



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

## EL FUEGO EN LA PREHISTORIA. UNA APROXIMACIÓN ARQUEO-EXPERIMENTAL AL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO A TRAVÉS DE LA MICROARQUEOLOGÍA

Aitor Burguet Coca

**ADVERTIMENT.** L'accés als continguts d'aquesta tesi doctoral i la seva utilització ha de respectar els drets de la persona autora. Pot ser utilitzada per a consulta o estudi personal, així com en activitats o materials d'investigació i docència en els termes establerts a l'art. 32 del Text Refós de la Llei de Propietat Intel·lectual (RDL 1/1996). Per altres utilitzacions es requereix l'autorització prèvia i expressa de la persona autora. En qualsevol cas, en la utilització dels seus continguts caldrà indicar de forma clara el nom i cognoms de la persona autora i el títol de la tesi doctoral. No s'autoritza la seva reproducció o altres formes d'explotació efectuades amb finalitats de lucre ni la seva comunicació pública des d'un lloc aliè al servei TDX. Tampoc s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant als continguts de la tesi com als seus resums i índexs.

**ADVERTENCIA.** El acceso a los contenidos de esta tesis doctoral y su utilización debe respetar los derechos de la persona autora. Puede ser utilizada para consulta o estudio personal, así como en actividades o materiales de investigación y docencia en los términos establecidos en el art. 32 del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual (RDL 1/1996). Para otros usos se requiere la autorización previa y expresa de la persona autora. En cualquier caso, en la utilización de sus contenidos se deberá indicar de forma clara el nombre y apellidos de la persona autora y el título de la tesis doctoral. No se autoriza su reproducción u otras formas de explotación efectuadas con fines lucrativos ni su comunicación pública desde un sitio ajeno al servicio TDR. Tampoco se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al contenido de la tesis como a sus resúmenes e índices.

**WARNING.** Access to the contents of this doctoral thesis and its use must respect the rights of the author. It can be used for reference or private study, as well as research and learning activities or materials in the terms established by the 32nd article of the Spanish Consolidated Copyright Act (RDL 1/1996). Express and previous authorization of the author is required for any other uses. In any case, when using its content, full name of the author and title of the thesis must be clearly indicated. Reproduction or other forms of for profit use or public communication from outside TDX service is not allowed. Presentation of its content in a window or frame external to TDX (framing) is not authorized either. These rights affect both the content of the thesis and its abstracts and indexes.

# EL FUEGO EN LA PREHISTORIA. UNA APROXIMACIÓN ARQUEO-EXPERIMENTAL AL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO A TRAVÉS DE LA MICROARQUEOLOGÍA

Aitor Burguet-Coca



TESIS DOCTORAL

Dirigida por

**Dra. Ethel Allué**

**Dr. Dan Cabanes**

**Dr. Rafael Mora**



UNIVERSITAT ROVIRA i VIRGILI

2020

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI  
EL FUEGO EN LA PREHISTORIA. UNA APROXIMACIÓN ARQUEO-EXPERIMENTAL AL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO  
A TRAVÉS DE LA MICROARQUEOLOGÍA  
Aitor Burguet Coca

**Aitor Burguet-Coca**

**EL FUEGO EN LA PREHISTORIA.  
UNA APROXIMACIÓN ARQUEO-EXPERIMENTAL AL  
REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO A TRAVÉS DE LA  
MICROARQUEOLOGÍA**

**FIRE IN PREHISTORY.  
AN ARCHAEO-EXPERIMENTAL APPROACH TO THE  
PYROARCHAEOLOGICAL RECORD BASED ON MICROARCHAEOLOGY**

**TESIS DOCTORAL**

Dirigida por  
**Dra. Ethel Allué**  
**Dr. Dan Cabanes**  
**Dr. Rafael Mora**



UNIVERSITAT ROVIRA i VIRGILI  
Departament d'Història i Història de l'Art

Tarragona

2020



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI  
EL FUEGO EN LA PREHISTORIA. UNA APROXIMACIÓN ARQUEO-EXPERIMENTAL AL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO  
A TRAVÉS DE LA MICROARQUEOLOGÍA  
Aitor Burguet Coca

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI  
EL FUEGO EN LA PREHISTORIA. UNA APROXIMACIÓN ARQUEO-EXPERIMENTAL AL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO  
A TRAVÉS DE LA MICROARQUEOLOGÍA  
Aitor Burguet Coca

*Als meus pares, Anna i Joan*

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI  
EL FUEGO EN LA PREHISTORIA. UNA APROXIMACIÓN ARQUEO-EXPERIMENTAL AL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO  
A TRAVÉS DE LA MICROARQUEOLOGÍA  
Aitor Burguet Coca

# Abstract

The goal of this Doctoral Thesis is to understand and characterize the technological, cultural and behavioral practice of prehistoric human groups through the investigation of fire in various prehistoric archaeological contexts of the Iberian Peninsula, as well as its approach through experimental contexts. The archaeological contexts included in this thesis are Cova Gran de Santa Linya (Les Avellanes-Santa Linya, Lleida) and El Mirador (Atapuerca, Burgos) with a chronology that ranges from the Middle Paleolithic to the Bronze Age. From these archaeological sites, we have analyzed the preserved pyroarchaeological record formed by flat and pit hearths from the Paleolithic sequences studied and by episodes of dung combustion in the case of records belonging to the Late Prehistory. At the same time, we have developed experimental programs linked to the different contexts analyzed to provide a referential framework to interpret the archaeological record and the observed phenomena. These experiments have allowed to strengthen the interpretations on the archaeological assemblages.

The methodology used is based on the application of microarchaeological techniques, mainly the analysis of phytoliths to characterize the botanical record and the Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) to characterize combustion through the study of minerals. Besides, for the recent contexts, spherulite assemblages, animal pen markers, have also been analyzed, and other mineralogical techniques such as XRD or the use of elemental microanalysis have been applied using ESEM.

Two hypotheses have been laid out in this Doctoral Thesis, which are linked hierarchically. The first hypothesis deals with the possibility of a better understanding of the formation processes and the preservation of the microarchaeological assemblage and the pyroarchaeological record in the studied contexts. The results in this area have shown how the pyroarchaeological record presents clear different preservation. This is explained by a balance between anthropic factors linked to human occupations and factors associated with the geological formation process. The characteristics of each factor and the incidence in the record result in lesser or greater preservation of the microarchaeological record in the combustion contexts.

Once the quality of this record has been evaluated and the main formation and alteration processes of the assemblage have been understood, we suggest that this type of record and these disciplines allow to understand and characterize the technological, cultural and behavioral practices of prehistoric human groups. On this subject, we have obtained relevant and transversal information on past lifeways. Issues such as herd seasonality, their diet and the economic, but also cultural, strategies of the shepherds to manage the pen enclosures. We have also addressed the dynamics and intensity of Palaeolithic occupations, identifying possible fuel gathering strategies, plant uses, as well as the technological capabilities linked to fire by Neanderthals and Anatomical modern Humans from the archaeological sequence studied.

To conclude, this Doctoral Thesis shows that the microarchaeological disciplines used are valid for investigating prehistoric style-of-life from a transversal perspective and taking as reference the pyroarchaeological record that these groups generated.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI  
EL FUEGO EN LA PREHISTORIA. UNA APROXIMACIÓN ARQUEO-EXPERIMENTAL AL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO  
A TRAVÉS DE LA MICROARQUEOLOGÍA  
Aitor Burguet Coca

# Resumen

El objetivo de esta Tesis Doctoral es entender y caracterizar la tecnología, la cultura y el comportamiento de los grupos humanos prehistóricos a través del estudio del fuego en varios contextos arqueológicos prehistóricos de la península ibérica, así como su aproximación mediante contextos experimentales. Los contextos arqueológicos incluidos en esta tesis son Cova Gran de Santa Linya (Les Avellanes-Santa Linya, Lleida) y El Mirador (Atapuerca, Burgos) con una cronología que abarca desde el Paleolítico medio hasta la Edad del Bronce. De estos yacimientos arqueológicos hemos analizado el registro piroarqueológico conservado formado por hogares planos y en cubeta para las secuencias Paleolíticas estudiadas y por episodios de combustión de excrementos en el caso de los registros pertenecientes a la Prehistoria reciente. Paralelamente, hemos desarrollado programas experimentales vinculados con los diferentes contextos analizados para proporcionar un marco referencial a los resultados arqueológicos y a los fenómenos observados. Esto nos ha permitido aportar una mayor robustez a las interpretaciones de los conjuntos arqueológicos. La metodología utilizada se basa en la aplicación de técnicas microarqueológicas, principalmente el análisis de fitolitos, para poder caracterizar el registro botánico de los conjuntos arqueológicos, así como la Espectrometría de Infrarrojos por Transformada de Fourier (FTIR) para caracterizar la combustión a través del estudio de los minerales. Además, para los contextos más recientes también se han analizado los conjuntos de esferulitas, marcadores de estabulación de animales y se han aplicado otras técnicas mineralógicas como la DRX o el uso del microanálisis elemental mediante el ESEM.

En esta Tesis Doctoral planteamos 2 hipótesis que se vinculan de forma jerarquizada. La primera hipótesis aborda la posibilidad de conocer mejor los procesos de formación y preservación del registro piroarqueológico a través de los conjuntos microarqueológicos de los contextos estudiados. Los resultados sobre este ámbito nos han mostrado como el registro piroarqueológico presenta una clara preservación diferencial. Esta se explica por un equilibrio entre factores de carácter antrópico vinculados a las ocupaciones antrópicas y factores de carácter geológico y de formación. Las características de cada uno de los factores y la incidencia en el registro proporcionan como resultados una menor o mayor preservación del registro microarqueológico de los contextos de combustión.

Una vez evaluada la calidad de este registro y comprendidos los principales procesos de formación y alteración del conjunto planteamos que este tipo de registro y estas disciplinas permitan comprender y caracterizar las prácticas tecnológicas, culturales y comportamentales de los grupos humanos prehistóricos. Sobre estos ámbitos hemos obtenido información relevante y de carácter transversal sobre los sistemas de vida del pasado. Hemos abordado temas sobre la estacionalidad de los rebaños, su dieta y las estrategias económicas, pero también culturales en relación con los pastores para gestionar los espacios de estabulación. También hemos abordado las dinámicas y la intensidad de las ocupaciones paleolíticas, identificando las posibles estrategias de recolección del combustible, usos de las plantas, así como las capacidades tecnológicas vinculadas con el fuego por parte de Neandertales y humanos anatómicamente modernos de la secuencia arqueológica estudiada.

En conclusión, esta tesis doctoral demuestra que las disciplinas microarqueológicas utilizadas son válidas para investigar los sistemas de vida prehistóricos desde una perspectiva transversal y tomando como referencia el registro piroarqueológico que estos grupos generaban.

# Resum

L'objectiu d'aquesta Tesi Doctoral és entendre i caracteritzar la tecnologia, la cultura i el comportament dels grups humans prehistòrics a través de la recerca del foc en diversos contextos arqueològics prehistòrics de la península Ibèrica, així com la seva aproximació mitjançant contextos experimentals. Els contextos arqueològics inclosos en aquesta tesi són Cova Gran de Santa Linya (les Avellanes-Santa Linya, Lleida) i El Mirador (Atapuerca, Burgos) amb una cronologia que engloba des del Paleolític mitjà fins a l'Edat del Bronze. D'aquests jaciments arqueològics hem analitzat el registre piroarqueològic conservat format per fogars plans i en cubeta per a les seqüències Paleolítiques estudiades i per episodis de combustió d'excrements en el cas dels registres pertanyents a la prehistòria recent. Paral·lelament, hem desenvolupat programes experimentals vinculats amb els diferents contextos analitzats per proporcionar un marc referencial als resultats arqueològics i als fenòmens observats. Això ens ha permès aportar una major robustesa a les interpretacions dels conjunts arqueològics. La metodologia utilitzada es basa en l'aplicació de tècniques microarqueològiques, principalment l'anàlisi de fitòlits, per poder caracteritzar el registre botànic dels conjunts arqueològics, així com l'Espectrometria d'Infrarojos per Transformada de Fourier (FTIR) per caracteritzar la combustió a través de l'estudi dels minerals. A més, per als contextos més recents també s'han analitzat els conjunts d'esferòlits, marcadors d'estabulació d'animals i s'han aplicat altres tècniques mineralògiques com la DRX o l'ús de la microanàlisi elemental mitjançant l'ESEM.

En aquesta tesi doctoral plantejarem 2 hipòtesis que es vinculen de forma jerarquitzada. La primera hipòtesi aborda la possibilitat de conèixer millor els processos de formació i preservació del registre piroarqueològic a través dels conjunts microarqueològics dels contextos estudiats. Els resultats sobre aquest àmbit ens han mostrat com el registre piroarqueològic presenta una clara preservació diferencial. Aquesta s'explica per un equilibri entre factors de caràcter antròpic vinculats a les ocupacions humanes i factors de caràcter geològic i de formació. Les característiques de cada un dels factors i la incidència en el registre proporcionen com a resultats una menor o major preservació del registre microarqueològic dels contextos de combustió.

Un cop avaluada la qualitat d'aquest registre i compresos els principals processos de formació i alteració del conjunt plantejarem que aquest tipus de registre i aquestes disciplines permeten comprendre i caracteritzar les pràctiques tecnològiques, culturals i comportamentals dels grups humans prehistòrics. Sobre aquests àmbits hem obtingut informació rellevant i de caràcter transversal sobre els sistemes de vida del passat. Hem abordat temes sobre l'estacionalitat dels ramats, la seva dieta i les estratègies econòmiques, però també culturals en relació amb la gestió dels espais d'estabulació per part dels grups de pastors. També hem abordat les dinàmiques i la intensitat de les ocupacions Paleolítiques, identificant les possibles estratègies de recollida del combustible, usos de les plantes, així com les capacitats tecnològiques vinculades amb el foc per part de Neandertals i humans anatòmicament moderns de la seqüència arqueològica estudiada.

En conclusió, aquesta tesi doctoral demostra que les disciplines microarqueològiques utilitzades són vàlides per a investigar els sistemes de vida prehistòrics des d'una perspectiva transversal i prenent com a referència el registre piroarqueològic que aquests grups generaven.



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI  
EL FUEGO EN LA PREHISTORIA. UNA APROXIMACIÓN ARQUEO-EXPERIMENTAL AL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO  
A TRAVÉS DE LA MICROARQUEOLOGÍA  
Aitor Burguet Coca

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI  
EL FUEGO EN LA PREHISTORIA. UNA APROXIMACIÓN ARQUEO-EXPERIMENTAL AL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO  
A TRAVÉS DE LA MICROARQUEOLOGÍA  
Aitor Burguet Coca

# Agraïments

No m'agradaria desmerèixer els següents capítols. Però per mi el més important és el que escriuré en els propers paràgrafs, perquè el millor d'aquesta tesi no és científic ni acadèmic, sinó personal i emocional. La tesi agafarà pols en alguna estanteria, però molta de la gent que he conegut i m'ha acompanyat tots aquests anys, així com les experiències que he recol·lectat, m'acompanyaran tota la vida. Com que no els podré esmentar entre fitòlits i *fumiers*, vull aprofitar per fer-ho aquí, en format capítol.

## 0.1 Directors de tesis

Gracias Ethel por ser brújula y mapa durante todos estos años y clau de volta de esta tesis. Tu perspectiva de antracóloga me han ayudado a entender mejor y de forma más global el registro del fuego, pero también me has enseñado mucho sobre arqueología, Prehistoria y ciencia. No creo que seas consciente de lo importante que has sido para mí, por la oportunidad que me diste, por todo el que he aprendido a tu lado y lo a gusto que he estado haciendo esta tesis contigo. Y los mejor de todo es que estoy convencido que esto es solo el comienzo.

Gràcies Dan per ser el catalitzador d'aquesta tesi, aportant bones idees i reptes constants. Vas acceptar la direcció sense gairebé conèixer-me i em vas deixar que et visites en alguns dels centres on has estat, Max Planck i Rutgers. Han sigut estades clau en el científic i personal que m'han enriquit en experiències i coneixements. Ens vam avançar al coronavirus i hem fet una tesis no-presencial, mantenint la distància social d'un oceà. Espero en el futur continuar treballant plegats, amb distància o sense, això tant és!

Gracias Rafa por ser la mejor escuela de arqueologia posible. No exagero si digo que casi todo lo que sé del trabajo de campo me lo has enseñado tu, compartiendo pinces, destornilladores, prismas y PDA's. Me acogisteis con 18 años, el verano anterior a empezar la uni, y ya son muchos pudiendo excavar en los yacimientos de la Noguera. Gracias por permitir incorporar Cova Gran en esta tesis y por contar conmigo todos estos años. Con vosotros, en Sant Llorenç, empezó todo y espero que continúe muchos años más.

Quiero sociabilizar con ellos tres los aciertos y virtudes de esta tesis y privatizar en mi persona todos los errores y que pueda haber en ella.

## 0.2 Fundació Atapuerca

Agradecer a la Fundació Atapuerca la ajuda predoctoral otorgada, que a parte de ayudarme económica me ha permitido formar parte de este proyecto, del cual aún, continuo fascinado por su capacidad humana y científica que hay detrás. Gracias a toda la gente de la Fundació Atapuerca, que me lo ha hecho todo muy fácil y especialmente a Eudald Carbonell por apoyar la investigación en arqueobotánica.

### 0.3 CEPAP-UAB

En el CEPAP-UAB tengo mis orígenes, esos que nunca se olvidan. Que veranos más buenos en Sant Llorenç y en el labo el resto del año con gente como Xavi Roda, Sus, Sofia, Nodsomi, Esther, Jeza, Miki Roy, Javi Plasencia, Paloma, Aníbal, Maria Lou, Joel, Iván, Roger, Javi Sánchez... Gracias a todos por acogerme, cuidarme, enseñarme tantas cosas y hacerme tan feliz!

Quiero hacer una mención especial a Jorge, porque ya son muchos años compartiendo y aprendiendo de todo lo que sabes, escuchando tus consejos e ideas. Y desde hace un tiempo me consultas y me preguntas y no sabes lo mucho que me flipa eso. ¡Gracias por recogerme a los 18 junto a Rafa y ayudarme a llegar hasta aquí!

I a tu Laura Pinto on et fico? Tu sempre inclassificable, gràcies per ser una gran amiga per compartir tants bons moments junts i per transcendir més enllà de l'arqueologia.

### 0.4 IPHES

A l'IPHES m'he fet gran i he agafat experiència. Crec que els anys de la tesi sempre es recorden, sobretot si han estat inoblidables. Han estat uns anys preciosos, especialment gràcies a tot el que envolta l'IPHES. La tesi és com un jaciment arqueològic: sense context els objectes que trobem no serveixen per res. He tingut la sort de trobat un context humà i científic extraordinari. Des del primer dia m'hi vaig sentir com a casa gràcies a la seva gent i a la seva forma de treballar i organitzar-se.

Gràcies als veterans que han aixecat l'IPHES i l'han posicionat entre els millors centres i que són exemples per als més joves: Pep, Bruno, Palmi, Rosa, Marina's, Marta, Andreu, Lucía, Manolo, Carlets, Robert, Gema, Gala, Miquel, Florant... Després dels sèniors i abans d'arribar als de la meva generació he decidit crear la categoria de semi-sèniors, perquè d'ells he après molt i a la vegada els he sentit sempre molt aprop: Antonio, Maria Soto, Patri, Lena, Juanma, Joana, Juanin, Elena, Tornero, John,... gràcies per ser referents propers amb els quals trobar experiències a seguir o consells per escolar. Sobretot gràcies a Juanin i Tornero per deixar-me participar dels vostres projectes i trencar els límits de la tesis.

Als de la meva generació. Crec que podem estar orgullosos de la solidaritat i suport mutu que ens donen uns als altres, on demostrem que cooperar és millor que competir. I començo pels del principi, gràcies Toni i Leo, que ens mantenim junts des del màster i que per molts anys sigui així. Gràcies per ser companys i amics tots aquests anys i formar part del grup dels imprescindibles. Però amb el temps i un cop iniciat el doctoral va arribar molta altra gent increïble: Ana, Blanca, Edgar, Irene, Adrián, Andión, Cris, Antonia, Carol, Chiara, Iván, Lou, Juan Marín, Roser, Diego, Gala, Juan, Paula, Jose, Arturo, Celia, Miguel, Héctor, Santi,... Gràcies a tots pel companyerisme, pels bons moments viscuts i tot el que encara queda. Molta sort als que ja són doctors i als que estan encara amb la tesi ànims i sort!

Un gracias especial para mi bro Raquel (que alegría el puñito de por la mañana), pero sobretodo gracias por la amistad sincera y calmada que hemos construido. Gracias por los ánimos, las cervezas, las conversaciones y la confianza.

Gràcies a l'UCO d'Arqueobotànica que cada dia és més gran i variada: Quico, Elodie, Marian, Celin, Jordi, Bàrbara, Sabrina i Nit. I cada dia hem de ser més per fer créixer l'interès per les plantes en el passat i per reivindicar-ns com a disciplina dins del camp de l'arqueologia.

Dins de l'IPHES m'agradaria fer un agraïment especial a algunes persones. A Josep Maria Vergès que m'ha deixat acompanyar-lo en alguna de les seves aventures (al corral, a Sicília o al Mirador), i tot i que sempre em dius que sóc un pesat, no pots negar que proporciono bones anècdotes. I com no podia ser d'altra manera a les Ises, per acompanyar-me dins i fora del l'IPHES i per donar-me caliu humà tots aquests anys. I si una persona em va rebre amb els braços oberts des del principi aquesta vas ser tu Isa. I des de llavors no has parat de donar-me consells, escoltar-me, animar-me, ensenyar-me i creure amb mi, sense encara saber el perquè de tot plegat. I això mai s'oblida. Gràcies de tot cor per tot.

### **0.5 Balaguer i comarca**

Qui perd els orígens perd identitat. I això no ho vull pas. Sé d'on vinc encara que últimament hi torni poc. Allí és on va començar tot, amb la meva primera excavació al Pla d'Almatà i més tard als diferents jaciments com la Cova Gran o La Roca dels Bous. Gràcies especialment a la muntanya de Montalegre que em va canviar la vida un dia de reis del 2015.

A Balaguer sempre que hi torno encara m'hi queda unes quantes persones que a més sempre han estat molt atentes del que feia, potser molts cops sense entendre-ho del tot. Gràcies, Àurea, Belén i Aurembiaix per fer que encara que el temps passi, tot sigui com sempre.

Ja fa molts anys i des de ven petit que comparteixo amb vosaltres mones, castanyades, cap d'anys, aniversaris o caps de setmana qualsevol i per això no hi podíeu faltar en uns agraïments com aquests: Carme Gracia, Carme Valls, Miracle, Laura, Alfonso, Sisco i Josep. I els "petits", Axel, Aurembiaix, Arnau, Nadir i Genís.

### **0.6 Tarragona**

Vaig créixer a Balaguer, però a vegades ja tinc dubtes quan em pregunten d'on sóc. Tarragona és casa, m'encanta aquesta ciutat i els seus carrers, me la sento meva. Especialment la Part Alta, on sempre em trobareu un 23 de setembre, i si tot va bé, la resta de l'any també. I això ha estat gràcies a la gent que m'he trobat, des de companys de pis que s'han convertit en amics com la Maddalen (i el Toni i el petit Ohian) o la Montserrat; la senyora María (l'alegria de la Baixada de la Pescateria), o la gent del mercat del fòrum (especialment als nostres pagesos de confiança) que cada dissabte ens aporten ous, mel, bacallà, vi, fruita, verdura i un somriure. I que dir de tota aquesta tropa variada que em fascina i em porta alegria de la bona, gràcies, Mire, Airy, Eli, Judit, Paula, Yas, Adri, Dídac, Anna i la petita Gala per fer-me sentir estimat.

### **0.7 Mongòlia**

Eran un asturiano, un murciano, un catalán y un basco-belga de expedición arqueológica en Mongolia... lo que puede parecer un chiste malo fue una de las experiencias más bonitas que me llevo de estos años. Creo que nunca más voy a dormir ni andar en sitios tan espectaculares como

esos. Ni voy a montar tantas veces una tienda de campaña, ni voy a hacer tantos kilómetros campo a través, ni... gracias Nils por la oportunidad y ánimos a ti también! Agradecer a toda la gente que participó en la campaña y al Max Planck de Jena y al National Museum of Mongolia por hacerla posible.

## **0.8 Familia**

Gràcies a la meva família que és petita i única: a la tieta M<sup>a</sup> Alba i al tiet Francesc, mai m'han faltat el vostre suport i estima; al Pau, al Boris, al Martí i al Jan, sempre és un plaer ser el cosí del mig, però el més alt de tots. Gràcies a la Sara, a la petita Max i a la que vindrà. Gràcies també a la Mariama, a la Abba i a la petita Sally per portar tanta alegria a casa, veure-us créixer és una sort immensa.

No em puc oblidar dels meus padrins i padrines per molt que no hi siguin, per tota l'estima que em van donar i tot l'afecte i orgull que sento per ells: gràcies, Elvireta, Tonet i Josep. I molt especialment gràcies, padrina Mercè per tot, aquesta tesi va per tu també.

## **0.9 El més important**

Ja fa uns quants anys que la felicitat porta el teu nom, Mónica. Compartir tot aquest temps ha estat enriquidor i màgic, perquè amb tu tot és senzill i ple d'alegria. Ets un exemple per mi, en lo personal i en lo científic. Junts fem un gran equip per afrontar el que hagi de venir, perquè tu i jo som un crit. Aquesta tesi també és teva, perquè te l'has llegit de fit a fit, perquè has estat un suport únic i incansable i perquè sense tu no hauria arribat a port. Gràcies infinites.

Gràcies, pare i mare per tot. Espero que us sentiu tan orgullosos de mi com jo me'n sento de vosaltres. Sou el meu referent per encarar la vida i em sento plenament identificat amb vosaltres i amb tot el que representeu, heu estat el meu millor context. Gràcies per donar-me suport tots aquests anys, perquè sense vosaltres res hagués estat possible. Us estimo infinit.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI  
EL FUEGO EN LA PREHISTORIA. UNA APROXIMACIÓN ARQUEO-EXPERIMENTAL AL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO  
A TRAVÉS DE LA MICROARQUEOLOGÍA  
Aitor Burguet Coca

# ÍNDICE

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. MOTIVACIÓN DEL ESTUDIO.....	4
1.2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	5
1.3. ESTRUCTURA DEL TRABAJO.....	6
CAPÍTULO 2 APROXIMACIÓN TEÓRICA AL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO .....	10
2.1. ¿QUÉ ES EL FUEGO?.....	12
2.1.1. ILUMINACIÓN.....	13
2.1.2. TRANSFORMACIÓN, CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS Y USOS MEDICINALES .....	13
2.1.3. OCUPACIÓN DE ESPACIOS FRÍOS .....	14
2.1.4. TRANSFORMACIÓN DE MATERIALES .....	15
2.1.5. LA FUNCIÓN SOCIAL DEL FUEGO .....	15
2.2. LA CADENA OPERATIVA DEL FUEGO .....	17
2.3. EL FUEGO COMO ARTEFACTO: APROXIMACIONES TEÓRICAS Y METODOLÓGICAS	23
2.4. LA IDENTIFICACIÓN DEL FUEGO EN EL REGISTRO ARQUEOLÓGICO .....	24
2.5. ETNOARQUEOLOGÍA Y ETNOGRAFÍA DEL FUEGO .....	30
CAPÍTULO 3 EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA.....	36
3.1. LAS ETAPAS DEL FUEGO Y SU MARCO CRONOTEMPORAL.....	38
3.2. EL FUEGO EN LAS SOCIEDADES CAZADORAS Y RECOLECTORAS.....	41
3.2.1. EL REGISTRO MÁS ANTIGUO DEL FUEGO EN EL PLEISTOCENO INFERIOR .....	41
3.2.2. LAS EVIDENCIAS DE USO DEL FUEGO EN EURASIA DURANTE EL PLEISTOCENO MEDIO.....	45
3.2.3. CONSOLIDACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL FUEGO POR PARTE DE LOS GRUPOS CAZADORES Y RECOLECTORES EUROPEOS.....	50
3.3. EL FUEGO EN LAS SOCIEDADES AGRO-PASTORILES MEDITERRÁNEAS .....	65
CAPÍTULO 4 METODOLOGÍA.....	74
4.1. UNA APROXIMACIÓN MICROARQUEOLÓGICA AL FUEGO.....	76
4.2. EL MUESTREO MICROARQUEOLÓGICO .....	76
4.3. LOS FITOLITOS.....	77
4.3.1. LA EXTRACCIÓN DE FITOLITOS .....	81
4.3.2. ANÁLISIS: IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS CONJUNTOS DE FITOLITOS .....	82
4.4. ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJOS POR TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR) .....	85
4.4.1. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA DE FTIR.....	86
4.4.2. INTERPRETACIÓN DE LOS ESPECTROS DE FTIR .....	86



## ÍNDICE

4.4.2.1. Carbonato cálcico .....	87
4.4.2.2. Arcillas.....	87
<b>4.5. EXTRACCIÓN DE LA FRACCIÓN INSOLUBLE AL ÁCIDO (AIF) .....</b>	<b>88</b>
<b>4.6. LAS ESFERULITAS .....</b>	<b>89</b>
4.6.1. EXTRACCIÓN Y RECUENTO DE LAS ESFERULITAS.....	90
<b>4.7. LA EXPERIMENTACIÓN COMO FUENTE DE CONOCIMIENTO ARQUEOLÓGICO .....</b>	<b>90</b>
<b>CAPÍTULO 5 EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO: EL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO DE LA SECUENCIA DE COVA GRAN DE SANTA LINYA.....</b>	<b>94</b>
<b>5.1. EL YACIMIENTO DE COVA GRAN.....</b>	<b>96</b>
5.1.1. EL NIVEL 497D .....	98
5.1.2. EL NIVEL S1D.....	100
<b>5.2. LAS ESTRUCTURAS DE COMBUSTIÓN DE COVA GRAN .....</b>	<b>101</b>
5.2.1. PROTOCOLO DE EXCAVACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE LOS HOGARES .....	101
5.2.2. EL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO PALEOLÍTICO DE COVA GRAN.....	101
<b>5.3. EL USO DEL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO SUPERIOR DE COVA GRAN .....</b>	<b>106</b>
5.3.1. MATERIALS 497D .....	106
5.3.2. RESULTADOS DE FTIR.....	108
5.3.3. RESULTADOS DE FITOLITOS.....	109
5.3.4. INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	111
<b>5.4. EL USO DEL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO MEDIO DE COVA GRAN .....</b>	<b>114</b>
5.4.1. MATERIALES S1D .....	114
5.4.2. CALIBRACIÓN DE LAS ARCILLAS.....	118
5.4.3. RESULTADOS.....	118
5.4.3.1. <i>Calibración arcillas</i> .....	118
5.4.3.2. <i>FTIR</i> .....	121
5.4.3.3. <i>AIF</i> .....	123
5.4.3.4. <i>Fitolitos</i> .....	124
5.4.4. INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	131
5.4.4.1. <i>El registro piroarqueológico de la unidad S1D</i> .....	131
5.4.4.2. <i>Procesos de formación y tafonomía</i> .....	132
5.4.4.3. <i>Los conjuntos de fitolitos: combustible y otros usos de las plantas</i> .....	134
5.4.4.4. <i>La calibración de las arcillas</i> .....	136
<b>5.5. EL PROGRAMA EXPERIMENTAL <i>FUEL AND FIRE</i>.....</b>	<b>138</b>
5.5.1. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIMENTACIÓN .....	139
5.5.2. MATERIALES .....	142
5.5.3. CARACTERÍSTICAS DE LA COMBUSTIÓN .....	143
5.5.3.1. <i>Hogar H1</i> .....	143
5.5.3.2. <i>Hogar H2</i> .....	145
5.5.3.3. <i>Hogar H3</i> .....	147

## ÍNDICE

5.5.3.4. Hogar H4.....	147
5.5.4. RESULTADOS MACROSCÓPICOS DE LA COMBUSTIÓN.....	147
5.5.5. RESULTADOS FTIR.....	150
5.5.6. INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	153
<b>CAPÍTULO 6 LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS: EL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO VINCULADO A LAS PRÁCTICAS GANADERAS DURANTE LA PREHISTORIA RECIENTE.....</b>	<b>158</b>
<b>6.1 PEN MANAGEMENT AND LIVESTOCK ACTIVITIES BASED ON PHYTOLITHS, DUNG SPHERULITES AND MINERALS FROM COVA GRAN DE SANTA LINYA (SOUTHEASTERN PRE-PYRENEES).....</b>	<b>160</b>
6.1.1. INTRODUCTION.....	160
6.1.2. SITE DESCRIPTION.....	162
6.1.3. MATERIALS.....	164
6.1.3.1. Archaeological samples.....	164
6.1.3.2. Modern plant reference collection.....	164
6.1.4. METHODS.....	165
6.1.4.1. FTIR (Fourier Transform Infrared spectroscopy).....	165
6.1.4.2. Phytoliths extraction.....	166
6.1.4.3. Acid Insoluble Fraction (AIF).....	166
6.1.4.4. Dung spherulites extraction.....	166
6.1.4.5. Modern plant reference collection.....	167
6.1.5. RESULTS.....	167
6.1.5.1. FTIR and bulk mineral composition.....	167
6.1.5.2. Phytolith assemblage integrity.....	169
6.1.5.3. Phytolith morphotypes.....	171
6.1.5.4. Modern plant reference collection.....	172
6.1.5.5. Dung spherulite results.....	172
6.1.6. DISCUSSION.....	174
6.1.6.1. Taphonomy and formation processes.....	174
6.1.6.2. Livestock activities.....	175
6.1.6.3. Pen management.....	176
6.1.6.4. Seasonality.....	177
6.1.7. CONCLUSIONS.....	178
<b>6.2 LA SECUENCIA DE ESTABULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS DE EL MIRADOR (ATAPUERCA, BURGOS).....</b>	<b>179</b>
6.2.1. INTRODUCCIÓN.....	179
6.2.2. EL YACIMIENTO DE EL MIRADOR.....	179
6.2.3. MATERIALES.....	184
6.2.4. RESULTADOS.....	187
6.2.4.1. Resultados FTIR.....	187
6.2.4.2. Resultados AIF.....	187
6.2.4.3. Resultados fitolitos y esferulitas.....	189
6.2.4.4. Resultados de los análisis estadísticos.....	196

## ÍNDICE

6.2.5. INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	197
6.2.5.1 <i>Los procesos de formación</i> .....	199
6.2.5.2. <i>MIR105</i> .....	201
6.2.5.3. <i>Sector 100, MIR104-MIR105</i> .....	204
6.2.5.4. <i>Sector 100 vs sector MIR</i> .....	205
<b>6.3. BUILDING A FUMIER: THE EFFECTS OF FIRE ON THE VEGETAL MICRO REMAINS AND ITS MINERALOGICAL SIGNAL .....</b>	<b>208</b>
6.3.1. INTRODUCTION.....	208
6.3.1.1. <i>Mas del Pepet experimental project</i> .....	210
6.3.1.2. <i>Mas del Pepet 2015 experimental season</i> .....	212
6.3.2. MATERIALS.....	215
6.3.2.1. <i>Corral Mas del Pepet</i> .....	215
6.3.2.2. <i>Muffle furnace replication</i> .....	215
6.3.3. METHODS .....	217
6.3.3.1. <i>Bulk mineral composition</i> .....	217
6.3.3.2. <i>FTIR</i> .....	218
6.3.3.3. <i>X-Ray Diffraction and elemental microanalysis with ESEM</i> .....	218
6.3.3.4. <i>Phytoliths</i> .....	218
6.3.3.5. <i>Pollen and NPP</i> .....	219
6.3.3.6. <i>Spherulites</i> .....	219
6.3.3.7. <i>Microremain Variation Index</i> .....	220
6.3.3.8. <i>Statistical analysis</i> .....	220
6.3.4. MINERALOGICAL RESULTS .....	221
6.3.4.1. <i>Bulk mineral composition</i> .....	221
6.3.4.2. <i>FTIR results</i> .....	221
6.3.4.3. <i>X-Ray diffraction and elemental microanalysis with ESEM results</i> .....	221
6.3.5. MICROBOTANICAL ASSEMBLAGE .....	224
6.3.5.1. <i>Phytolith results</i> .....	224
6.3.5.2. <i>Pollen and Non Pollen Palynomorphs (NPP) results</i> .....	227
6.3.5.3. <i>Phytoliths Variation Index results</i> .....	228
6.3.5.4. <i>Pollen Variation Index results</i> .....	229
6.3.5.5. <i>Microremain Variation Index: concentration vs dissolution</i> .....	230
6.3.5.6. <i>Multivariant analysis</i> .....	234
6.3.6. MUFFLE FURNACE RESULTS .....	236
6.3.6.1. <i>Mineralogical results</i> .....	236
6.3.6.2. <i>Microremain results</i> .....	239
6.3.7. DISCUSSION.....	240
6.3.7.1. <i>The mineralogical signal associated with combustion</i> .....	240
6.3.7.2. <i>Microarchaeological characterization of dung</i> .....	244
6.3.7.3. <i>Evaluation of the incidence of fire in the microarchaeological assemblages</i> .....	245
6.3.7.4. <i>Assessing the microarchaeological homogeneity of the experimental facies</i> .....	248
6.3.7.5. <i>Laboratory replication of controlled variables</i> .....	250
<b>CAPÍTULO 7 DISCUSIÓN .....</b>	<b>252</b>

<b>7.1. EL FUEGO EN LOS CONTEXTOS DE CAZADORES RECOLECTORES PALEOLÍTICOS. UNA APROXIMACIÓN ARQUEO-EXPERIMENTAL AL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO. .</b>	<b>254</b>
7.1.1. PROCESOS DE FORMACIÓN Y CONSERVACIÓN DEL RESIDUO DE LA COMBUSTIÓN.....	254
7.1.2. LA GESTIÓN DEL COMBUSTIBLE EN EL PALEOLÍTICO.....	256
7.1.3. EL IMPACTO TÉRMICO DE LA COMBUSTIÓN EN CONTEXTOS ARQUEOLÓGICOS PALEOLÍTICOS .....	259
7.1.4. LA PIROTECNOLOGÍA EN EL PALEOLÍTICO.....	260
<b>7.2. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS: EL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO VINCULADO A LAS PRÁCTICAS GANADERAS DURANTE LA PREHISTORIA RECIENTE .....</b>	<b>264</b>
7.2.1. LOS PROCESOS DE FORMACIÓN .....	264
7.2.2. LA ESTACIONALIDAD .....	265
7.2.3. LOS CONJUNTOS DE FITOLITOS .....	266
7.2.4. LAS ESFERULITAS.....	267
7.2.5. LA COMPOSICIÓN MINERALÓGICA.....	268
7.2.6. LAS ESTRATEGIAS DE MUESTREO EN SECUENCIAS DE FUMIERS.....	269
7.2.7. LA GESTIÓN DEL ESPACIO DE ESTABULACIÓN MEDIANTE LA QUEMA.....	269
<b>CAPÍTULO 8 CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS DE FUTURO .....</b>	<b>272</b>
<b>8.1. CONCLUSIONES.....</b>	<b>274</b>
<b>8.2. PERSPECTIVAS DE FUTURO .....</b>	<b>277</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>280</b>
<b>LISTA DE FIGURAS Y TABLAS.....</b>	<b>324</b>
LISTA DE FIGURAS .....	326
LISTA DE TABLAS .....	332

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI  
EL FUEGO EN LA PREHISTORIA. UNA APROXIMACIÓN ARQUEO-EXPERIMENTAL AL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO  
A TRAVÉS DE LA MICROARQUEOLOGÍA  
Aitor Burguet Coca

# Capítulo 1

## Introducción

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI  
EL FUEGO EN LA PREHISTORIA. UNA APROXIMACIÓN ARQUEO-EXPERIMENTAL AL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO  
A TRAVÉS DE LA MICROARQUEOLOGÍA  
Aitor Burguet Coca

## 1.1. MOTIVACIÓN DEL ESTUDIO

El uso del fuego es uno de los sucesos más relevantes de la evolución humana, que comportó importantes cambios biológicos, tecnológicos, adaptativos y económicos, y estuvo a la altura de otros grandes hitos como el bipedismo, el desarrollo de la tecnología o del comportamiento simbólico. El uso consciente del fuego es uno de los elementos que más nos diferencia del resto de animales. El dónde, el cómo y el cuándo tuvo lugar el proceso de uso y control del fuego y en qué momento tuvimos la capacidad de producirlo son algunos de los grandes interrogantes aún por resolver en el marco de los estudios en prehistoria y evolución humana.

La necesidad de dar respuesta a esta gran cuestión sobre la naturaleza humana ha llevado a muchas culturas pretéritas a desarrollar mitos para comprender el origen del fuego. El mito más conocido es sin duda el mito griego de Prometeo, al formar parte de nuestra cultura de base grecorromana. Este titán, temeroso porque el despistado Epimeteo había repartido todas las capacidades entre los animales y no le había entregado ninguna capacidad a los hombres y mujeres, robó el fuego a los dioses escondiéndolo en una caña hueca y entregándoselo (Souvirón 2018).

Muchas otras culturas generaron mitos para explicar la adopción del fuego: Matariswan en la mitología védica predecesora del actual hinduismo, Zhu Ray en la mitología China, Tohil en la mitología maya o Maui en la mitología polinesia (Frazer 1989). La existencia de diferentes mitos para explicar la adopción del fuego evidencia la importancia y el interés que tuvo y tiene el fuego entre culturas de diferentes partes del mundo. Las preguntas a las cuales daban respuesta los mitos son las mismas preguntas que nos hacemos hoy en día los arqueólogos y arqueólogas.

El fuego forma parte del registro arqueológico como cualquier otro elemento que tenga un origen antrópico. Aunque su presencia no es extraña en un gran número de secuencias arqueológicas, el registro piroarqueológico siempre ha despertado un menor interés en los estudios prehistóricos. La preservación diferencial en relación con otros registros, la dificultad de recuperarlo y preservarlo para su exposición o la necesidad de metodologías, técnicas y especialistas que no siempre estaban presentes en los equipos de trabajo han sido algunos de los motivos que pueden explicar la menor visualización y relevancia dentro de los estudios del pasado.

Sin embargo, subyacente a esta menor visualización, se encuentra principalmente una infravaloración hacia las conocidas como actividades cotidianas (Bardavio and González Marcén 1996; González Marcén et al. 2005; Hernando 2005). Entre estas actividades cotidianas, el fuego y las actividades vinculadas al mismo, como la recolección de la leña, el encendido o el mantenimiento del fuego, han sido prácticas consideradas de poco valor socioeconómico dentro de los sistemas de vida del pasado. Invisibilizarlas por comunes es una práctica habitual dentro del mundo de la arqueología y la antropología. Heizer (1963) en los años 60 ya hacía un repaso a la visión que arqueólogos y etnógrafos tenían de esta práctica percatándose que la recolección de leña y el uso del fuego eran consideradas tareas tediosas, oscura, aborrecibles y rutinarias.

No obstante, las prácticas cotidianas son para cualquier grupo, las prácticas esenciales que lo aprovisionan de los elementos que aseguraran su subsistencia y mantenimiento. Invisibilizarlas por



comunes, y despojarlas de su valor y su relevancia real es una práctica recurrente que aún continúa en buena parte de la práctica arqueológica.

El resultado es un sesgo y una invisibilización doble, por un lado, de las actividades y las prácticas relacionadas con lo cotidiano, y por el otro, de los sujetos que las llevaban a cabo, principalmente mujeres y niños (Hernando 2005; Montón Subías 2010). Ya es suficientemente fragmentario el registro arqueológico para además añadirse un segundo sesgo, jerarquizando y por ende superponiendo unas prácticas socioeconómicas por encima de otras.

Por la importancia del fuego como hito evolutivo y como problemática arqueológica con muchos interrogantes por resolver; por ser un registro muchas veces ignorado y que desoye una parte importante de los sujetos y sus actividades socioeconómicas en el pasado; y por ser un registro transversal y decisivo para abordar un gran número de problemáticas arqueológicas, nos disponemos a aproximarnos al registro piroarqueológico prehistórico desde la práctica microarqueológica.

## 1.2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Nuestra premisa inicial es que el fuego y su materialidad arqueológica es una de las construcciones antrópicas más importantes que se conservan en el registro arqueológico. Su alta carga antropogénica convierte el registro piroarqueológico en un archivo cultural y conductual de los grupos prehistóricos.

Con el fuego interaccionan o tienen vinculación un gran número de cadenas operativas estructurales en la subsistencia y mantenimiento del grupo. Además, es un polo de sociabilización e interacción, aglutinando y estructurando la vida en comunidad. Evolutivamente es uno de los hitos más importantes, que comportó cambios fundamentales en los sistemas de vida, que se fueron incorporando paulatinamente en el día a día del género *Homo*. Este hecho aportó un gran número de ventajas que pasaron a ser necesidades en los sistemas de vida prehistóricos y que se han mantenido utilizando diferentes tecnologías hasta nuestros días.

Por este motivo, nuestra hipótesis de partida es:

- H<sub>1</sub>: Desde el análisis de los conjuntos de fitolitos, esferulitas y minerales se pueden abordar los procesos de formación y preservación que han afectado al registro piroarqueológicos y evaluar la idoneidad del registro para realizar correctas interpretaciones.

Si se contrasta esta primera hipótesis como cierta, y los conjuntos analizados presentan un grado óptimo de preservación para su interpretación como resultado de una acción antrópica en el pasado, planteamos una segunda hipótesis:

- H<sub>2</sub>: La combinación de los análisis de fitolitos, esferulitas y minerales es una herramienta útil para descifrar desde el análisis del registro piroarqueológico los comportamientos culturales, tecnológicos y conductuales de los grupos prehistóricos.

Para dar respuesta a las dos hipótesis planteadas queremos también dejar plasmados una serie de objetivos concretos:

- Reflexionar sobre la materialidad del fuego en el registro arqueológico y su valor como artefacto, identificando los elementos básicos que componen el registro piroarqueológico y sus características a nivel macroscópico y microscópico.
- Analizar la secuencia de Cova Gran formada por unidades del Paleolítico medio y Paleolítico superior con el fin de:
  - a) evaluar la integridad del conjunto microarqueológico, comprendiendo los procesos de formación y posible alteración de los conjuntos microarqueológicos y del registro piroarqueológico acaecido en las unidades arqueológicas estudiadas;
  - b) interpretar los resultados obtenidos del análisis del registro piroarqueológico a nivel de organización socioeconómica de los grupos cazadores-recolectores y establecer sus estrategias y dinámicas de ocupación;
  - c) aproximarnos a las capacidades pirotecnológicas de neandertales y humanos anatómicamente modernos a partir del registro piroarqueológico.
- Generar un referente arqueo-experimental para poder caracterizar e interpretar el impacto térmico en relación con la formación del conjunto y sus implicaciones relativas a las dinámicas de ocupación (duración, intensidad, reiteración, etc.)
- Analizar las secuencias arqueológicas de Cova Gran y El Mirador pertenecientes a la Prehistoria reciente formadas por secuencias de acumulación y quema de excrementos con el fin de:
  - a) evaluar los procesos de formación y alteración del registro piroarqueológico y su incidencia en los conjuntos microarqueológicos;
  - b) interpretar los resultados obtenidos en relación con las dinámicas de uso de los espacios de estabulación y de las prácticas ganaderas llevadas a cabo;
  - c) caracterizar el tipo de rebaño estabulado y las prácticas vinculadas a su dieta y a su movilidad;
  - d) evaluar la posibilidad de establecer la estacionalidad del establecimiento del rebaño en la cavidad y obtener información sobre la dinámica de uso de las cuevas redil y sus implicaciones en los sistemas de movilidad de los pastores prehistóricos.
- Generar un referente arqueo-experimental a gran escala para comprender los procesos de formación de las secuencias de estabulación de ganado, la alteración de los conjuntos y la formación y disolución de minerales.

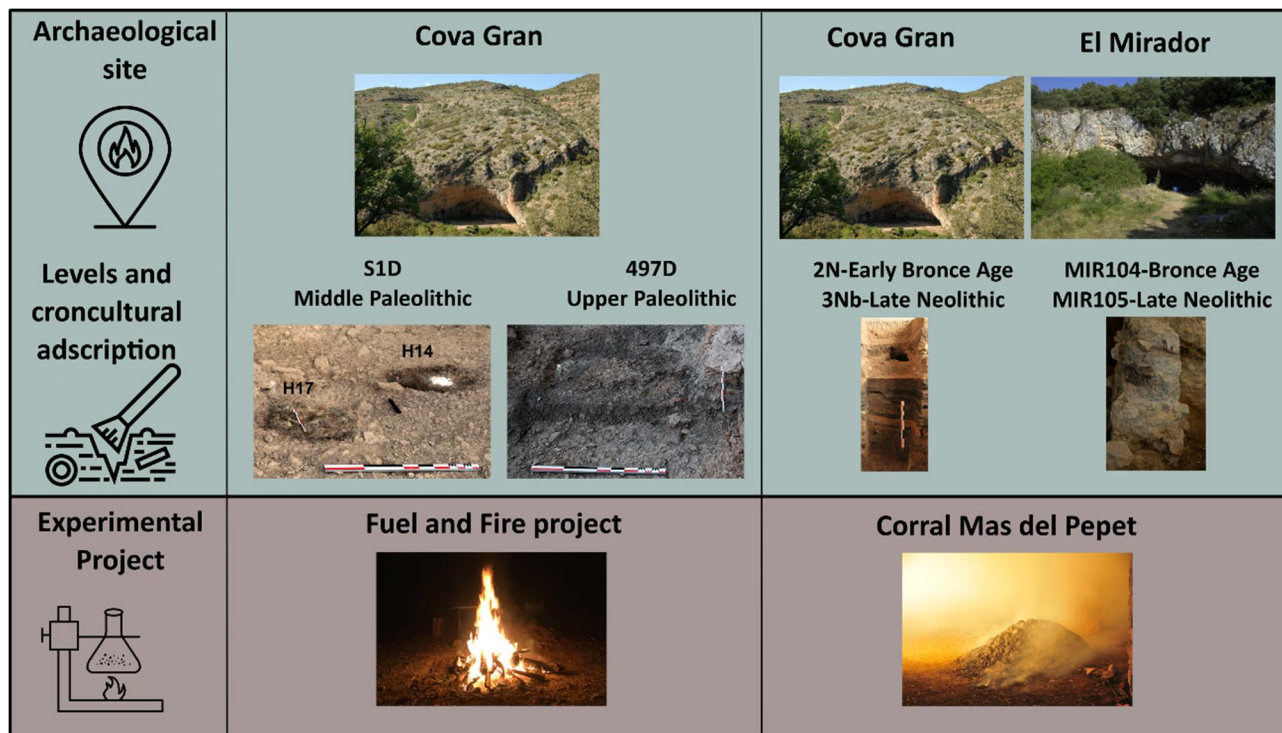
Para todo ello, en la presente tesis se analizan seis niveles arqueológicos procedentes de dos yacimientos prehistóricos diferentes, así como dos proyectos arqueo-experimentales surgidos de las problemáticas de cada una de las secuencias arqueológicas analizadas (Fig. 1.1).

### **1.3. ESTRUCTURA DEL TRABAJO**

La estructura de esta tesis doctoral titulada “El fuego en la Prehistoria. Una aproximación arqueo-experimental al registro piroarqueológico a través de la microarqueología” se compone de 8 capítulos con diferentes subapartados en el interior cada uno de estos.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

En los cuatro primeros capítulos desarrollamos la aproximación teórica, el estado de la cuestión y la metodología utilizada en esta tesis. En el **capítulo 1**, exponemos una breve motivación para argumentar la elección de la temática de la tesis y planteamos las principales hipótesis y los objetivos a alcanzar.



**Figura 1.1.** Esquema de las unidades arqueológicas y los proyectos arqueo-experimentales incluidos en esta tesis doctoral.

En el **capítulo 2** se presenta una síntesis sobre la importancia del fuego en los sistemas de vida prehistóricos y sus ventajas adaptativas que comporta su adopción. También se expone una conceptualización teórica sobre el registro del fuego considerado como un artefacto clave dentro del registro arqueológico, y se exponen cuáles son sus partes estructurales y las características básicas que lo definen. Finalmente, también se hace un breve repaso a los principales trabajos etnoarqueológicos y etnográficos vinculados al estudio del registro piroarqueológico.

En el **capítulo 3**, se presenta una revisión diacrónica sobre las principales problemáticas vinculadas al uso del fuego mediante la exposición de los debates y los registros arqueológicos que las suscitan. Este repaso bibliográfico se inicia con las primeras evidencias del fuego en África hasta el uso del fuego vinculado a las prácticas ganaderas durante la Prehistoria reciente.

En el **capítulo 4** que cierra este primer bloque, es donde explicamos las estrategias de muestreo y los métodos utilizados en esta tesis doctoral. Además, hemos incluido un apartado explicando las líneas básicas en que se han basado nuestras experimentaciones, no obstante, las características de cada una de ellas se expondrán de forma pormenorizada en los **capítulos 5 y 6**, junto con los materiales y los resultados arqueológicos.

Los **capítulos 5 y 6** corresponden al cuerpo principal de la tesis donde se presentan las secuencias y materiales estudiados, así como sus resultados e interpretación (Fig. 1.1). Cada unidad

arqueológica o secuencia estudiada, así como cada proyecto experimental planteado, tiene su propia discusión con el objetivo de seguir el esquema de materiales-resultados-discusión de los artículos científicos. Esta discusión e interpretación específica para cada contexto arqueológico o proyecto experimental se ha llevado a cabo sin que esto implique una renuncia a la discusión general de todos los datos obtenidos con otros registros y experimentaciones, tal como hemos realizado en el **capítulo 7**.

El **capítulo 5** hace referencia a los contextos vinculados a los grupos cazadores y recolectores paleolíticos. Hemos analizado las unidades arqueológicas 497D y S1D de Cova Gran, correspondientes al Paleolítico superior inicial y al Paleolítico medio final. En este capítulo no hemos seguido de forma estricta la secuencia cronológica, al exponer primero los resultados de la unidad arqueológica 497D. El motivo es que esta unidad arqueológica presenta unos resultados especialmente relevantes en relación con los procesos de formación y preservación del registro piroarqueológico en toda la secuencia. Estos resultados nos proporcionan una contextualización genérica de los procesos de formación geológicos de la secuencia paleolítica de Cova Gran, que nos son útiles para abordar posteriormente la unidad arqueológica S1D. En esta unidad arqueológica, con ocupaciones humanas vinculadas a los grupos neandertales, se ha identificado un abundante registro piroarqueológico con un óptimo grado de preservación para poder dar respuesta a un gran número de problemáticas arqueológicas. Finalmente, el **capítulo 5** incorpora un proyecto experimental específicamente adaptado al registro y a las problemáticas identificadas durante la excavación de la secuencia paleolítica de Cova Gran.

El **capítulo 6** es el que aborda las secuencias de acumulación y quema de excrementos en cuevas y abrigos ocupados por los grupos de pastores durante la Prehistoria reciente. La primera secuencia estudiada es la de Cova Gran de Santa Linya con el análisis de dos unidades arqueológicas, la 2N y 3Nb, con una cronología que abarca del Neolítico Final a la Edad del Bronce. Esta secuencia ha sido recientemente publicada en la revista *Archaeological and Anthropological Science* (Burguet-Coca et al. 2020). En este capítulo se reproduce de manera integral el artículo publicado en la revista, adaptado al formato general de esta tesis.

La segunda secuencia arqueológica estudiada en el **capítulo 6** es la del yacimiento de El Mirador. Los dos niveles estudiados corresponden al sector 100 del yacimiento y tienen un rango cronocultural que abarcan desde el Neolítico antiguo hasta la Edad el Bronce.

Finalmente, la parte experimental vinculada a la secuencia de estabulación se basa en el proyecto experimental del corral del Mas del Pepet. Este proyecto pretende reproducir de forma realista las pautas de acumulación y quema de estiércol en un espacio de estabulación actual (Vergès et al. 2016c). El texto está escrito en inglés ya que se trata de un trabajo en preparación que de forma inminente va a ser enviado a una revista *Open access* con el fin de aportar a la comunidad científica un referente para el análisis de este tipo de secuencias desde una perspectiva microarqueológica. Este es un trabajo colaborativo que incluyen otros microrrestos como pólenes y NPP, que han sido estudiados por la Dra. Isabel Expósito y aunque no sean parte de los resultados de esta tesis, consideramos fundamental incluirlos para tratarlos juntamente con los resultados de fitolitos, esferulitas y minerales.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

En el **capítulo 7** se desarrolla la discusión general de los resultados obtenidos en los diferentes registros arqueológicos y programas experimentales en relación con otros trabajos publicados sobre las diferentes temáticas tratadas. Finalmente, en el **capítulo 8** realizamos una síntesis de las principales conclusiones alcanzadas y proponemos una perspectiva de futuro para plantear los siguientes pasos a dar en las diferentes líneas de investigación abiertas con esta tesis doctoral.

# **Capítulo 2**

## **Aproximación teórica al registro piroarqueológico**

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI  
EL FUEGO EN LA PREHISTORIA. UNA APROXIMACIÓN ARQUEO-EXPERIMENTAL AL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO  
A TRAVÉS DE LA MICROARQUEOLOGÍA  
Aitor Burguet Coca

## 2.1. ¿QUÉ ES EL FUEGO?

El fuego es el resultado de la combustión por la cual partículas o moléculas incandescentes de combustible emiten energía. La combustión es una reacción química de oxidación que genera una reacción exotérmica desprendiendo energía en forma de luz o calor (Rossotti 1993). Para que se genere la combustión son necesarias 3 condiciones presentes en el planeta tierra desde hace como mínimo 400 Ma (Pyne 2001):

1. Combustible: formado habitualmente por carbono (C), hidrógeno (H) y en menor medida azufre (S).
2. Comburente: es decir, oxígeno (O), necesario para que se produzca y continúe el proceso de oxidación.
3. Temperatura: que tiene que ser suficiente para alcanzar el punto de ignición del combustible.

El fuego es un elemento que se encuentra de forma consustancial en la naturaleza. Mayoritariamente se origina a partir de relámpagos (Christian 2003), pero también con las erupciones volcánicas o las combustiones espontáneas de sustancias pirofóricas. El fuego es un proceso natural que desempeña un papel clave en la composición y mantenimiento del ecosistema a escala global (Scott 2000; Pausas and Keeley 2009).

La innovación tecnológica que supone el control del fuego es un cambio decisivo en el modo de vida de los grupos humanos prehistóricos. Junto con la bipedación, la fabricación de herramientas o el desarrollo de un pensamiento simbólico, es uno de los hitos más importantes de la evolución humana. El uso del fuego provocó muy posiblemente un cambio estructural en la dieta humana, la tecnología, el comportamiento y la organización de los primeros grupos humanos que lo incorporaron en su vida diaria (Oakley 1956; Heizer 1963; Cook 1964; Gregg and Grybush 1976; Perlès 1977; Clark and Harris 1985; Alperson-Afil and Goren-Inbar 2006; Gowlett 2006; Karkanas et al. 2007; Wrangham 2009; Shahack-Gross et al. 2014; Attwell et al. 2015; Shahack-Gross 2018).

El dominio del fuego puede ser uno de los avances tecnológicos que más nos diferencie del mundo animal. Algunos animales tienen ciertos grados de comunicación y lenguaje (Andrews 2015; Taylor 2016), mientras que otros son capaces de fabricar y usar herramientas de madera o piedra (Baber 2003; Shumaker et al. 2011; Sanz et al. 2013). Los animales acostumbran a reaccionar a los fuegos naturales, pero solamente el género *Homo* han sido capaces de aprender a dominarlo y generarlo cuando lo necesitan.

Las ventajas adaptativas del control del fuego tienen repercusiones en múltiples ámbitos, desde el mantenimiento del grupo (calor, luz, protección o cocción de los alimentos, entre otros) hasta la socialización, la cohesión y la transmisión del conocimiento entre los miembros del grupo. El fuego es un elemento central que estructura los espacios y las actividades de un grupo humano (Binford 1996; Pastó et al. 2000; Vaquero and Pastó 2001; Wiessner 2014; Shahack-Gross et al. 2014). Es un polo de atracción de las actividades domésticas, un espacio dentro del asentamiento donde se vinculan e interaccionan un gran número actividades.



La incidencia del fuego da respuesta a diferentes funciones que se inscriben en varios aspectos, que, en menor o mayor medida, aún perviven en nuestra vida diaria con otros formatos o tecnologías. Estas funciones son:

### **2.1.1. Iluminación**

El fuego permitió a los grupos humanos modificar los ritmos habitualmente marcados por la alternancia entre el día y la noche comunes en la mayoría de los animales. Yetish et al. (2015) demostró la importancia del fuego en sociedades preindustriales de África y América como un elemento que permite alargar la duración del día. Los grupos Hadza (Tanzania), los San (Kalahari) y Tsimane (Bolivia) se van a dormir entre 2.5 y 4.4 horas después de la puesta del sol (Yetish et al. 2015). Durante este tiempo encienden pequeños fuegos que tienen una potencia lumínica inferior a 5 lux (la luna llena genera aproximadamente 1 lux de potencia). Es decir, el momento de acostarse en estos grupos estaría más estrechamente relacionada con la temperatura ambiental y no tanto con la puesta del sol. Curiosamente, estas dinámicas del sueño y del tiempo de descanso son parecidas a las observadas en sociedades industriales.

La iluminación producida por el fuego fue necesaria para poder introducirse en el interior de las cavidades, permitiendo desarrollar en ellas expresiones artísticas (Leroi Gourhan 1984) o prácticas simbólicas (Soressi and d'Errico 2007; Jaubert et al. 2016). La Cueva de Bruniquel documenta de forma excepcional la utilización de la luz del fuego por parte de los Neandertales. Éstos, necesitaron de luz artificial para acceder al interior de la cueva, donde la luz natural no penetra, y donde se identificaron estructuras circulares junto con hogares (Jaubert et al. 2016). Estas evidencias estarían relacionadas con un comportamiento ritual o simbólico si las comparamos con registros similares del Paleolítico Superior (Soressi and d'Errico 2007; Jaubert et al. 2016)

### **2.1.2. Transformación, conservación de alimentos y usos medicinales**

La cocción de alimentos mejora su digestión y palatabilidad, siendo esto uno de los principales beneficios del fuego que llega hasta nuestros días (Carmody et al. 2011). Cocinar permite mejorar la calidad de la dieta, mejorando la absorción de los alimentos y disminuyendo la toxicidad de ciertas plantas y tubérculos (Aiello y Wheeler 1995; Carmody y Wrangham 2009). Además, el procesado de los alimentos disminuye la energía necesaria para su masticación, facilitando su consumo (Attwell et al. 2015).

El procesado de los alimentos aumenta la disponibilidad de recursos consumibles y facilita la adquisición de la energía necesaria para la supervivencia (ver Wrangham 2019). La cocción de los alimentos se asocia a cambios morfológicos como la disminución del tamaño de los dientes (Evans et al. 2016), un aumento de la capacidad craneal, y una reducción de los intestinos relacionada con una mejor adquisición de proteínas (Aiello and Wheeler 1995). Sin embargo, es posible que otros elementos influyeran en la evolución de la encefalización humana, como la estabilización de los aportes energéticos, la redirección de la energía a la locomoción, el crecimiento y la reproducción (Navarrete et al. 2011).

Wrangham (2009) propone que la cocción de alimentos fue el factor clave que provocó el salto evolutivo entre los habilinos (según Wrangham, *Australopithecus habilis* u *Homo habilis*) y *Homo erectus* hace 1.8 millones de años. Según esta hipótesis, el uso del fuego y el cocinado confirió ventajas biológicas a los primeros homínidos que procesaron alimentos. Sus cuerpos se adaptaron a la comida cocinada, provocando cambios en la anatomía, la fisiología, la ecología, el ciclo vital, la psicología y las relaciones sociales (Wrangham 2009). Esta hipótesis, que pone el cocinado en el centro del debate, tiene como punto débil la ausencia de registro arqueológico del fuego relacionado con *Homo erectus* y, en general, el que presenta una cronología con anterioridad a los 500 ka. Este obstáculo es rebatido por Wrangham, apelando a la “inestabilidad” del registro arqueológico y centrando todos sus argumentos en aspectos biológicos.

### 2.1.3. Ocupación de espacios fríos

La ocupación y supervivencia en zonas frías del planeta mediante el uso del fuego, es una de sus ventajas adaptativas más importantes (Attwell et al. 2015). Mientras que para la ocupación de zonas templadas el uso del fuego no parece necesario, sí que puede proporcionar claras ventajas en la ocupación de regiones frías, por encima del paralelo 40 (Gowlett 2006). Sin embargo, el registro arqueológico europeo carece de una vinculación entre las ocupaciones humanas documentadas a partir de los 800 ka en el norte del continente y el uso del fuego (Gowlett 2006; Parfitt et al. 2010; Stahlschmidt et al. 2015) (ver apartado 3.3).

El fuego en regiones frías no solamente cumple con las funciones más básicas, sino que es esencial para el mantenimiento del calor corporal durante la noche. En el marco de las constantes oscilaciones climáticas del Pleistoceno, caracterizadas por una alternancia constante entre momentos glaciares e interglaciares, el fuego pudo jugar un rol primordial en las posibilidades de supervivencia de los grupos humanos frente a condiciones ambientales adversas (Wolff et al. 2010; Moreno et al. 2014; Carrión et al. 2019).

Actualmente, el ser humano no resiste temperaturas por debajo de los 6 grados, incluso tratándose de grupos humanos adaptados al frío (Emslie-Smith et al. 1983). La ropa podría ser el elemento extrasomático que permitiría ocupar espacios fríos sin la necesidad de fuego. Hasta el momento, las evidencias más antiguas de uso de ropajes se han estimado en 170 ka en contextos africanos vinculados a humanos anatómicamente modernos (Toups et al. 2011). Ahora bien, la presencia de algún tipo de ropa sería esperable mucho antes, tal como atestiguaría la aparición de instrumentos líticos relacionados con el procesado de pieles (Gilligan 2010). Wales (2012) estimó, mediante paralelismos etnográficos, que los Neandertales llevarían cubierto como mínimo un 80% del cuerpo con algún tipo de ropaje. Asimismo, no es posible descartar que los homínidos del Pleistoceno Medio tuvieran una tolerancia al frío diferente a la nuestra o aplicaran diferentes estrategias alternativas al uso del fuego como la utilización de refugios, vestimentas, que estuvieran fisiológicamente mejor adaptados a las condiciones frías o que realizaran movimientos estacionales (Gilligan 2010; Rae et al. 2011; Stahlschmidt et al. 2015).

### 2.1.4. Transformación de materiales

En el registro arqueológico de la Prehistoria reciente es habitual documentar la aplicación de la pirotecnología en la transformación de barro en utensilios de cerámica o de minerales en bruto (mena) en herramientas de cobre, bronce o hierro.

Las primeras evidencias del uso del fuego para la transformación de materiales están relacionadas con los tratamientos térmicos de materiales líticos (especialmente sílex) para mejorar sus cualidades para la talla (Mandeville and Flenniken 1974; Boix Calbet 2012). Esta capacidad pirotecnológica plenamente consolidada aparece asociada a los humanos modernos durante el Middle Stone Age. Como ocurre, en los yacimientos surafricanos de Pinnacle Point (Brown et al. 2009) y Blombos Cave (Mourre et al. 2010), donde ya se ha identificado el tratamiento térmico de la silcreta. Recientemente esta práctica ha sido identificada en el yacimiento de Qesem con 300 ka de antigüedad, donde se ha podido realizar una aproximación a las paleotemperaturas a las que estuvieron expuestas las industrias líticas (Agam et al. 2020). La aparición en el registro de una tecnología transformadora requiere un conocimiento complejo del fuego y una capacidad cognitiva innovadora (Delagnes et al. 2016; Stolarczyk and Schmidt 2018).

La fabricación de adhesivos con materiales orgánicos como la resina de abedul o de pino, también requiere una tecnología específica donde el fuego desempeña un papel importante (Kozowyk et al. 2017). Estos procesos técnicos no son fáciles de identificar en el registro arqueológico, pero hay evidencias claras asociadas a su uso, tanto por parte de los Neandertales (Koller et al. 2001; Mazza et al. 2006; Pawlik and Thissen 2011; Niekus et al. 2019) como de los *humanos modernos* (Lombard 2007). A pesar de que se presupone que la obtención de estos adhesivos es tecnológicamente compleja, Kozowyk et al. (2017) demostró la posibilidad de obtenerlos sin la necesidad de condiciones materiales o técnicas sofisticadas.

### 2.1.5. La función social del fuego

La recolección del combustible, el encendido del fuego y su mantenimiento implican una importante interacción, sociabilización y cooperación entre los miembros del grupo (Twomey 2014). La planificación y anticipación son imprescindibles si se quiere mantener el fuego encendido largo tiempo, ya que es necesario recolectar suficiente combustible, por ejemplo, para poder pasar la noche sin que se apague. La necesaria sociabilización para reducir el coste de la gestión del fuego debía ser incluso más importante cuando los homínidos dependían de incendios naturales para poder disponer de fuego (Twomey 2014). Durante miles de años los grupos humanos dependieron de los fuegos naturales y de su capacidad de organización para mantenerlo encendido y protegido durante largo tiempo. La implicación sobre la gestión integral del fuego pudo significar un aumento del grado de sociabilización e de intercambio de información entre los miembros de un grupo.

El calor y la luz que ofrece el fuego es un punto de atracción para el desarrollo de las actividades sociales, a salvo de la climatología adversa y de posibles depredadores. Es por esto que el fuego proporciona el contexto perfecto para dejar de lado las actividades productivas y de subsistencia, y dedicar buena parte del tiempo que proporciona la luz del fuego para las actividades sociales

## CAPÍTULO 2. APROXIMACIÓN TEÓRICA AL REGISTRO DEL FUEGO

del grupo. Aunque su identificación en el registro se muestre en ocasiones de forma poco clara, el fuego es un polo de atracción idóneo para fomentar el aprendizaje social y la transmisión cultural (Boyd et al. 2011; Shahack-Gross et al. 2014; Barkai et al. 2017). En la mayoría de las sociedades cazadoras y recolectoras, los mitos y leyendas se cuentan a la luz del fuego. Estas incluyen una gran variedad de temas, desde anécdotas personales o de personas conocidas, hasta cuentos, aventuras o leyendas basadas en eventos pasados, narraciones sobre humanos y animales o mitos que abordan los orígenes, el orden o las instituciones del grupo (Scalise Sugiyama 2001; Coe et al. 2006).

Wiessner (2014) analizó la esfera social del fuego mediante el análisis de 174 conversaciones de los miembros Ju/'hoan (!Kung) surafricanos, comparando las temáticas de las conversaciones diurnas con las temáticas de las conversaciones nocturnas alrededor del fuego. En las conversaciones diurnas los temas principales versaban sobre la crítica, la queja y el conflicto, o sobre aspectos relacionados con la subsistencia. Las historias durante el día suponían solamente el 6%, mientras que al caer la noche y reunirse las personas relajadamente alrededor del fuego, las historias pasaron a representar el 81 % de las conversaciones.

Wiessner (2014) señala que los temas de conversación dominantes durante el día pasaron a tener una presencia mínima en las conversaciones nocturnas. Durante la noche las historias que explicaban principalmente los mayores del grupo pretendían enseñar las características, el funcionamiento y las reglas de algunas instituciones del grupo, con un componente aleccionador, recopilador de experiencias y de conocimiento. Las ceremonias rituales, energéticamente costosas y cognitivamente complejas, incluían baile y cante, se realizaban mayoritariamente durante la noche y reunían alrededor del fuego un gran número de personas.

El trabajo de Wiessner ilustra el tipo de sociabilización que pudo tener un grupo de cazadores y recolectores paleolíticos. Sin duda, durante o después de la adquisición y el uso del fuego, los grupos humanos experimentarían una sucesión de cambios que se extendieron en ámbitos como la crianza, el lenguaje, la simbología, el aprendizaje social, la transmisión cultural e institucional, la transmisión de normas culturales y la cooperación e intercambios intergrupales (Durkheim et al. 2001; Dunbar 2003; Tomasello et al. 2005; Tomasello y Carpenter 2007; van Schaik y Burkart 2010; Henrich et al. 2010; Hill et al. 2011; Boyd et al. 2011; Dediu y Levinson 2013).

La sociabilización que implica la gestión del fuego es el fundamento de la teoría sobre el proceso de encefalización, conocida por el nombre de *the social brain hypothesis* (Dunbar 2003, 2009). Esta hipótesis sugiere que el tamaño del cerebro de los homínidos del Pleistoceno evolucionó como resultado de entornos sociales exigentes. Las fases de mayor aumento del tamaño del cerebro se han identificado entre los 2.7 y 1.7 Ma, y más recientemente, entre los 500 y 300 Ka (Aiello y Dunbar 1993). Algunos autores consideran que hay una causa-efecto, y que estas dos etapas de crecimiento de la capacidad craneal coinciden con la etapa inicial del uso del fuego y con la etapa de su uso habitual, respectivamente (Gowlett 2006, 2016; Wrangham 2009; Attwell et al. 2015).

De esta hipótesis deriva la idea de que para hacer un seguimiento de todos los miembros de un grupo y gestionar las relaciones sociales, un individuo necesitaría un cerebro más grande para procesar la información sobre las identidades, las reputaciones y las lealtades (Gowlett 2006;

Attwell et al. 2015). Es complicado que una persona mantenga y proteja sola un fuego. Hay una serie de implicaciones cognitivas relativas al mantenimiento de un fuego relacionadas tanto con el intercambio entre miembros del grupo como con el conocimiento del entorno (Twomey 2013, 2014). El fuego podría implicar el reconocimiento de un objetivo compartido, la necesidad de organizar el trabajo y la planificación cooperativa para garantizar la continuidad del fuego (Twomey 2013). Esto implicaría un cambio muy importante en la estructura y la organización de los grupos humanos durante el Pleistoceno.

## 2.2. LA CADENA OPERATIVA DEL FUEGO

Las *chaînes opératoires* son unos instrumentos descriptivos y analíticos aplicados al estudio de los procesos tecnológicos que, a partir de los años 60' del siglo XX, se han aplicado para el estudio de diferentes registros arqueológicos (ver síntesis histórica en Karlin 1991 and Sellet 1993). La autoría del concepto y sus primera definiciones fueron acuñados por el antropólogo y sociólogo Marcel Mauss (Mauss 1947) y el prehistoriador André Leroi-Gourhan (Leroi-Gourhan 1964). Mauss defendía que la tecnología no se puede analizar de forma aislada del contexto histórico y de la influencia social del momento, idea resumida en el concepto de *the total social phenomenon*. Leroi-Gourhan en su obra *Le geste et la parole* (1964) fue el primero en sistematizar el análisis de las actividades técnicas y a aportar una primera definición al concepto: "*La technique est à la fois geste et outil, organisée en chaîne par une véritable syntaxe qui donne aux séries opératoires à la fois leur fixité et leur souples*" (Leroi-Gourhan 1964). Esta primera definición era eminentemente tecnológica y consideraba las cadenas operativas como series de operaciones técnicas que transforman la materia prima en un producto útil.

Actualmente, el concepto de cadena operativa se concibe como un instrumento analítico mucho más global, que va más allá de la segmentación de las acciones y de los procesos mentales requeridos para la manufactura de un artefacto, desde la materia prima al abandono del mismo (Sellet 1993). Las cadenas operativas como instrumentos analíticos no se centran solamente en la reconstrucción de cadenas técnicas, sino que intentan aunar los elementos interpretativos de los comportamientos económicos, sociales y simbólicos que subyacen en ellas. Este objetivo es plenamente compartido con los objetivos que tiene la arqueología en relación con los grupos humanos del pasado. Las diferentes etapas de una cadena operativa son siempre más o menos predecibles y no son más que el resultado de la interacción entre la materia y la dinámica antrópica a la que se ve sometida, es decir, entre la naturaleza y las comunidades humanas.

La flexibilidad de las cadenas operativas ha permitido que se hayan aplicado en el análisis de un gran número de procesos tecnológicos, y muy especialmente en las cadenas operativas líticas (Pelegri et al. 1988; Mora et al. 1991). Su flexibilidad y capacidad de integración y aplicación al registro arqueológico hace desaparecer las divisiones entre los aspectos ambientales, económicos, sociales y simbólicos, permitiendo abordar la tecnología desde una perspectiva holística (Martín-Torres 2002). Además, esta comprensión global de los procesos tecnológicos hace más necesaria que nunca la interacción entre la antropología y la arqueología para obtener un marco referencial y analítico válido.

## CAPÍTULO 2. APROXIMACIÓN TEÓRICA AL REGISTRO DEL FUEGO

La aplicación del concepto teórico de cadena operativa al fuego supone establecer un marco analítico referencial para entender su proceso tecnológico y su materialización en el registro. La propuesta que realizamos está formulada en relación con fuegos domésticos que presenta la madera como principal combustible. Por lo tanto, no integraría las secuencias de *fumiers*, ya que se trata de una práctica socioeconómica muy específica del uso del fuego no doméstico y con el estiércol como principal combustible.

La cadena operativa de la gestión del fuego presenta dependencias e interacciones con otras cadenas operativas, evidenciando el factor estructural del fuego como polo de atracción de la vida social y económica del grupo. En el esquema que presentamos en la figura 2.1 se muestra la cadena operativa de la gestión del fuego y sus principales interacciones con otras cadenas operativas que le preceden o con las que interactúa durante sus diferentes etapas. Las principales cadenas operativas vinculadas con la cadena operativa de la gestión del fuego son la cadena operativa de la gestión de la leña y la cadena operativa de la producción del fuego.

Las cadenas operativas vinculadas al fuego están constituidas por diferentes etapas que segmentan el proceso tecnológico en fases técnicas o gestuales y que acaban conformando una cadena operativa. Estas fases las hemos jerarquizado en dos tipos diferentes:

- **Fases estructurales:** son las fases básicas que componen una cadena operativa y sin las cuales no se completaría el proceso tecnológico.
- **Fases no estructurales:** son las fases opcionales o secundarias, es decir prescindibles, que no forman parte de la estructura básica y que no tienen por qué formar parte de la cadena operativa.

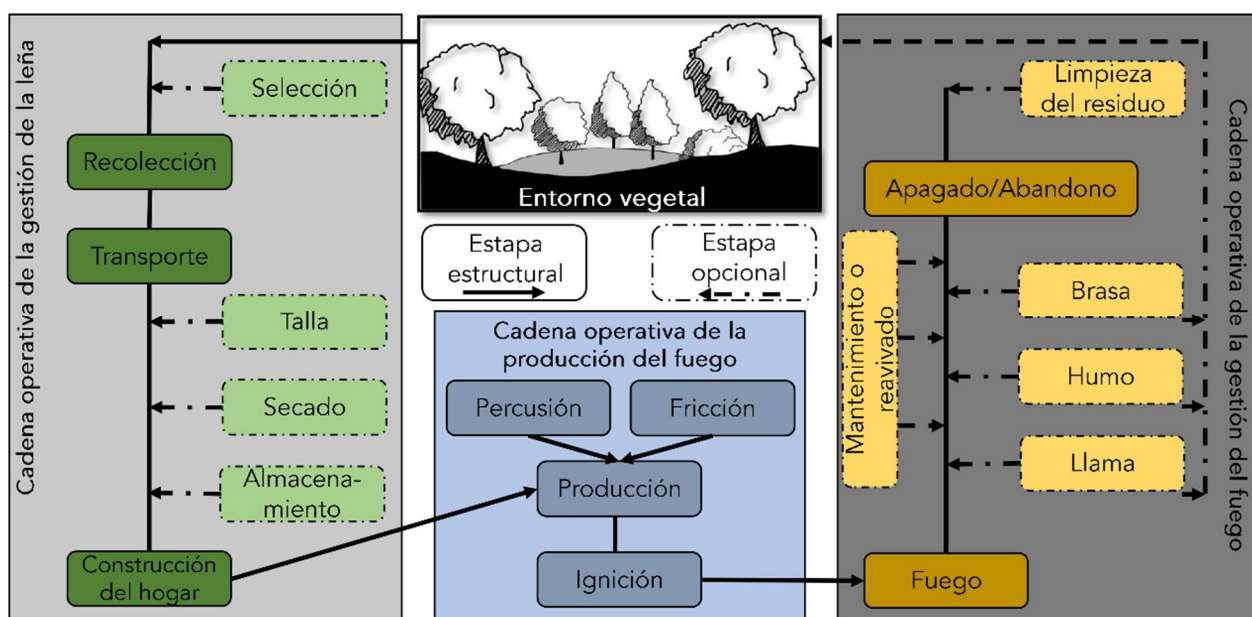
La cadena operativa de la gestión de la leña está compuesta por las etapas estructurales de la recolección, el transporte y la construcción del hogar (Fig. 2.1). Es decir, estas tres fases son las básicas implicadas en la recolección y gestión del combustible, que empieza con la captación del combustible en los entornos naturales hasta la preparación del hogar previo al encendido.

La primera fase estructural es la recolección, entendida como la recogida de la materia prima en el entorno natural. Aunque puede existir una importante variabilidad entre los combustibles recolectados, en contextos no industriales el combustible mayoritario fue y sigue siendo la madera. El combustible se recolecta en el área fuente mediante la tala o fragmentación de la leña. La recolección puede estar condicionada por aspectos ambientales como la disponibilidad de biomasa en el entorno (entornos de abundancia vs. entornos de escasez), la producción de madera muerta, la estación del año o la diversidad taxonómica. La concepción social de los entornos forestales se ha abordado mediante la etnoarqueología y se ha podido identificar la existencia de zonas de recolección específicas y delimitadas fruto de normas sociales y patrones culturales (Picornell-Gelabert 2009a, 2018).

El transporte del combustible a la zona de consumo es la segunda fase estructural de la cadena operativa de la gestión de la leña. Este transporte puede estar condicionado por la distancia entre el área de aprovisionamiento y el área de consumo o bien por los métodos de transporte que se empleen. En el transporte, se puede generar diferencias entre los sujetos que lo practican según

CAPÍTULO 2. APROXIMACIÓN TEÓRICA AL REGISTRO DEL FUEGO

el propósito. Trabajos etnoarqueológicos han evidenciado que el transporte destinado al consumo diario lo hacen habitualmente las mujeres, mientras que los hombres recolectan y transportan el combustible sólo para abastecer espacios propios y para ceremonias puntuales (Picornell-Gelabert 2009a). Otros trabajos etnohistóricos identificaron la participación de todo el grupo sin funciones específicas, pero la recolección final y el traslado lo realizaban las mujeres (Caruso et al. 2008). Los métodos pueden ser variados, usando cestas (Picornell-Gelabert 2009a, 2018) o mediante cuerdas (Caruso et al. 2008) y pueden condicionar el calibre del combustible recolectado.



**Figura 2.1.** Esquema de las diferentes cadenas operativa descritas en el texto: Cadena operativa de la gestión de la leña (izquierda); Cadena operativa de la producción del fuego (centro), Cadena Operativa de la gestión del fuego (derecha).

La última fase estructural es la construcción del hogar y hace referencia a la preparación del hogar para su encendido. La función del hogar puede ser el aspecto más relevante ya que puede influir en el tamaño, el tipo de combustible seleccionado y la cantidad utilizada. Es diferente la construcción de un hogar para el cocinado en el interior de una cabaña, en la que se primarán un tamaño de hogar reducido y la selección de leña pequeña que no genere mucho humo, que la construcción de un hogar al aire libre para la reunión del grupo (Zapata Peña et al. 2003; Picornell-Gelabert et al. 2011). En esta fase, los aspectos culturales también pueden ser elementos que condicionen la construcción de un hogar. En un mismo grupo pueden darse diferentes formas de construir un hogar según el propósito final (Picornell-Gelabert 2009a; Picornell-Gelabert et al. 2011; Henry and Théry-Parisot 2014). La construcción del hogar de una forma más expeditiva, con uso de troncos o ramas de gran tamaño que se van echando al fuego a medida que se van consumiendo ha sido observada etnoarqueológicamente (Caruso et al. 2008; Picornell-Gelabert 2009a). Éstos se combinan con hogares mucho más preconcebidos en tamaño y forma, que tienen propósitos como el de generar mucho o poco humo (Shahack-Gross et al. 2004).

Las etapas no estructurales en la cadena operativa de la gestión de la leña pueden ser muchas, entre las que queremos destacar la selección previa a la recolección, la tala, el secado y el

## CAPÍTULO 2. APROXIMACIÓN TEÓRICA AL REGISTRO DEL FUEGO

almacenamiento. Éstas tres últimas fases (tala, secado y almacenamiento) formarían parte de un proceso de gestión que puede realizarse o no cerca del área de consumo (Dufraisse et al. 2007; Picornell-Gelabert 2018).

La selección es una fase no estructural que estaría relacionada con la cadena operativa de la gestión de la leña, pero también como veremos más adelante con la cadena operativa de la gestión del fuego. Los elementos que intervienen en la selección del combustible son diversos y dependen de la abundancia, disponibilidad o calidad, así como de aspectos culturales. Lo que se propone desde la antracología, así como desde algunos estudios etnográficos disponibles, es que la selección del combustible no está basada estrictamente en una dinámica de costes-beneficio ni en las cualidades físico-químicas de cada especie (Chabal, 1991; Théry-Parisot 2001; Allué 2002; Dufraisse et al. 2007; Picornell-Gelabert 2009a, 2018; McCauley et al. 2020). Los criterios para la selección del combustible se mueven bajo parámetros funcionales como la abundancia, la distancia, el formato o el estado de la madera (Théry-Parisot 2001; Allué 2002). En la selección también puede influir la búsqueda de ciertos diámetros o cualidades de la madera, muy relacionadas con el tipo de uso que se quiere dar al hogar. Estos aspectos son los que están vinculados a la cadena operativa de la gestión del fuego, ya que en esta selección lo que se está buscando es la obtención de un tipo de combustión concreta, llama o brasas para calentar o cocinar, o humo para el ahumado de los alimentos. Finalmente, los aspectos culturales pueden impedir la selección de algunas especies por la presencia de tabúes culturales, que pueden tener un origen funcional (Picornell-Gelabert 2009a, 2018). La selección del combustible como marcador cultural a nivel grupal también puede estar relacionado con ciertos ritos o actividades simbólicas que implican la recolección de un taxón concreto o unas características determinadas.

La tala, el secado y el almacenamiento son fases no estructurales que dependen de factores como la duración de la ocupación, la disponibilidad del combustible o la posibilidad de acceder a su recolección a lo largo del año entre otros. Estas actividades no tienen por qué estar relacionadas con unas actividades de gestión sistemática, sino que en muchos casos son actividades expeditivas y poco estandarizadas (Dufraisse et al. 2007). La escasez del combustible o la dificultad de su recolección en algunos meses del año (por ejemplo, en la estación lluviosa) es lo que puede incidir en la necesidad de almacenar el combustible (Picornell-Gelabert 2018). La tala es una actividad que puede realizarse durante la preparación del hogar o vincularse con la mejora del almacenamiento. Sin embargo, una gestión del combustible mediante la tala también puede estar presente en la etapa de recolección para su extracción o para facilitar su traslado (Caruso et al. 2008).

La cadena operativa de la gestión de la leña finalizaría con la construcción del hogar y el uso del combustible, lo cual ya se enmarcaría en la cadena operativa de la gestión del fuego. Pero enlazando estas dos cadenas operativas, se situaría una tercera cadena operativa focalizada en generar la combustión: la cadena operativa de la producción del fuego (Fig. 2.1).

La cadena operativa de producción del fuego no será aplicable al análisis tecnológico de los grupos humanos que aún no presenten las condiciones técnicas para la producción de fuego (pirotecnología). La cadena operativa de la producción del fuego por tanto no estaría presente en



## CAPÍTULO 2. APROXIMACIÓN TEÓRICA AL REGISTRO DEL FUEGO

el registro durante miles de años, ya que durante buena parte de la Prehistoria los grupos humanos utilizaría el fuego sin saber cómo producirlo, simplemente adquiriéndolo de contextos naturales. Esta etapa en que los grupos humanos tendrían una fuerte dependencia de los fuegos naturales y los usarían de forma puntual, sin capacidad para mantenerlo ni producirlo sería equiparable al Modo 0 de la industria lítica, que implica un uso sin modificación aparente. Siguiendo esta comparación, el fuego que no se produce no deja evidencias materiales, y por tanto la captación del fuego natural no implica una modificación técnica de un recurso natural y la acción se limita a su transporte. La identificación del transporte del fuego desde un origen natural, a diferencia del que pasa con la industria lítica, es muy difícil de identificar en el registro arqueológico.

En el caso de que la cadena operativa de la producción del fuego se inscribiera en un contexto en que los grupos humanos dispongan de las capacidades pirotecnológicas, las dos formas principales de producción del fuego serían mediante percusión o mediante fricción y sus posibles variaciones técnicas (Perlès 1977; Collina-Girard 1998; Roussel 2005). Aunque los elementos que formarían esta cadena operativa son difíciles de identificar en el registro, existen algunos casos en que se han identificado en contextos Paleolítico (Sorensen et al. 2018)

La otra cadena operativa principal en nuestro esquema es la cadena operativa de la gestión del fuego, que tiene dos fases estructurales: encendido y apagado/abandono (Fig. 2.1). Es decir, la cadena operativa empieza con el encendido y termina con el apagado/abandono de la combustión de la estructura de combustión, aunque posteriormente pueda haber una limpieza del residuo. Si se generase un nuevo encendido en el mismo lugar comportaría el inicio de una nueva cadena operativa, aunque comparta el mismo espacio dentro de la ocupación y arqueológicamente sea en muchos casos difíciles de diferenciar.

Hacemos referencia de forma conjunto al apagado/abandono, ya que el final de la cadena operativa de la gestión del fuego no es una fase estática y bien definida, ya que el fuego es un elemento que tiene su propia dinámica. Es decir, la combustión puede continuar activa y dinámica sin que haya ocupación. Esta es una característica casi exclusiva del fuego, que como proceso técnico no necesita la interacción humana de forma continuada. Mientras que, siguiendo con el ejemplo de la talla lítica, no es concebible la talla sin un tallador, en el caso del fuego puede haber combustión sin una gestión antrópica del fuego.

Entre el encendido y el apagado/abandono se pueden sumar un número indeterminado de fases no estructurales que forman la gestión del fuego y que caracterizarían la complejidad en la función y el uso de las estructuras de combustión. Son etapas que se pueden repetir de forma continuada y cíclica sin un orden concreto durante todo el tiempo en el que la estructura de combustión esté activa o incluso estarían implicadas en las actividades ligas al mantenimiento y alargando del tiempo en que el hogar está activo. Estas fases no estructuradas buscan la generación de la llama, humo o brasas respondiendo a las necesidades económicas sociales o culturales de cada momento. También se incluiría en la gestión del fuego las posibles fases de reavivado o mantenimiento del fuego, que buscan prolongar y mantener las condiciones de la combustión en un momento determinante. Estas fases implican la gestión del fuego mediante la búsqueda de diferentes tipos de combustión. Por ejemplo, si la intención de la combustión es la de generar una

## CAPÍTULO 2. APROXIMACIÓN TEÓRICA AL REGISTRO DEL FUEGO

gran cantidad de humo, la gestión del fuego implicará el uso de madera verde. Esta, previamente y de forma intencional se ha tenido que seleccionar durante la cadena operativa de la gestión del combustible. Esto implica que esta fase de la cadena operativa de la gestión del fuego está vinculada en origen a la fase de selección de la cadena operativa de la gestión de la leña (Fig. 2.1). Esta relación vincularía dos cadenas operativas diferentes conformando un modelo de interacción complejo e interrelacionado. Aunque se ha tendido a considerar que la combustión tiene habitualmente un carácter expeditivo, esta vinculación entre cadenas operativas indican que hay una práctica predeterminada, previa a la gestión del fuego que vincula diferentes fases de distintas cadenas operativas.

La obtención de llamas o brasas puede estar condicionada directamente con la cocción de alimentos, pero también puede buscar la generación de calor mediante la llama o mediante la formación de braseros. Para la generación de brasas o llamas la selección del combustible no sería determinante ya que todos los combustibles leñosos pueden generar este tipo de combustión. En cambio, en las actividades de ahumado para la conservación o esterilización de alimentos (Jensen 1943) las condiciones del combustible sí que son importantes. Para la generación de humo se necesita combustible leñoso que conserve cierto grado de humedad o una selección de especies productoras de humo o incluso de humo aromatizante.

Finalmente hay que destacar la posibilidad de una fase no estructural de limpieza del residuo. Esta fase se realizaría posteriormente al apagado y estaría principalmente vinculada a la intención de reencender otra estructura o de reutilizar el espacio con otro propósito. No pensamos que la limpieza del residuo vaya acompañada de un abandono de la ocupación. La fase de limpieza implicaría la continuidad de la ocupación y correspondería el paso previo al inicio de otra cadena operativa, que implicase el encendido de otro hogar u otra cadena vinculado a un nuevo proceso técnico. Hemos considerado dentro de la cadena operativa de la gestión del fuego esta fase no estructural de limpieza, por el hecho que el que se limpia es el residuo de la combustión generado durante esta misma cadena operativa. Se podría también considerar otra cadena operativa específica sobre la limpieza, pero para una mayor integración y capacidad analítica del registro la hemos considerado parte de la cadena operativa de la gestión del fuego.

La fase de limpieza generaría arqueológicamente una estructura paralela a la estructura de combustión con unas características muy concretas, como podría ser una morfología convexa o una estructura en posición secundaria, sin impacto térmico en el sedimento. La gestión del residuo de la combustión supone implicaciones muy interesantes para el comportamiento humano, poniendo de relevancia la complejidad del comportamiento, la organización del espacio o la duración de la ocupación. Esta práctica ha sido identificada etnoarqueológicamente en diferentes grupos humanos y en el registro arqueológico (Pastó et al. 2000; Zapata Peña et al. 2003; Mallol et al. 2007; Picornell-Gelabert 2009a; Picornell-Gelabert et al. 2011; Vallverdú et al. 2012; Henry and Théry-Parisot 2014; Friesem et al. 2016)

En general, en todas las cadenas operativas vinculadas al fuego existen aspectos culturales, simbólicos o rituales que influyen en su gestión, que son difíciles de comprender partiendo exclusivamente del registro arqueológico. Estos aspectos pueden estar vinculados con el fuego

como elemento central alrededor del cual se celebra una ceremonia o rito, así como ser un elemento alrededor del cual se reúne el grupo para la transmisión de experiencias, aprendizajes y códigos morales informales tal como muestran trabajos etnográficos (Wiessner 2014) y etnoarqueológicos (Caruso et al. 2008). Todas estas actividades rituales y simbólicas son la base de la construcción de la identidad cultural de los grupos, mediante la tradición oral en que el fuego es un elemento material con profundas implicaciones y relevante importancia en la conformación de esta identidad cultural.

En resumen, las cadenas operativas vinculadas al fuego descritas previamente muestran claramente la complejidad de la gestión del fuego y sus implicaciones en la esfera social, económica, cultural y simbólica de los grupos humanos. Esta relación entre diferentes cadenas operativas tiene relevancia a nivel comportamental, puesto que indican capacidades cognitivas complejas basadas en la premeditación y la anticipación. Esto pone de relevancia una vez más que la gestión del combustible es una práctica cotidiana, y por ello imprescindible y estructural en la subsistencia de los grupos humanos que han incorporado la tecnología del fuego a sus conocimientos técnicos. Queda por tanto claro mediante plasmación de las cadenas operativas vinculadas al fuego que esta es una actividad compleja, la complejidad de las relaciones técnicas que se generan en el uso y la gestión del fuego, dejando atrás la idea de que se trata de una actividad repetitiva, tecnológicamente simple, sin un valor económico relevante o incluso sin relevancia social.

### **2.3. EL FUEGO COMO ARTEFACTO: APROXIMACIONES TEÓRICAS Y METODOLÓGICAS**

El estudio del fuego y sus implicaciones en los sistemas de vida del pasado ha sido una problemática muy poco trabajada en los estudios sobre arqueología y evolución humana. Los motivos pueden ser varios, pero los podríamos agrupar en dos grandes ideas: el poco interés por este tipo de registro y la menor preservación que en ocasiones presenta el registro piroarqueológico.

El registro que genera el uso y gestión del fuego y en general el registro botánico, tienen una baja presencia en la literatura arqueológica. La menor conservación de este tipo de registro, especialmente en yacimientos de cazadores y recolectores y, aunque en menor medida, en yacimientos de agricultores y ganaderos, supone no recibir el mismo trato que otros tipos de evidencias arqueológicas. En muchos casos el registro arqueobotánico solamente toma protagonismo cuando son considerados registros "excepcionales" como en los yacimientos de Geshar Benot Ya'aqov (Goren-Inbar et al. 2002b, a; Melamed et al. 2016) o la Draga (Palomo et al. 2014; López-Bultó et al. 2020); o bien, cuando se encuentran las evidencias más antiguas (Hardy et al. 2020; Conard et al. 2020). Si bien es cierto que el fuego y su materialización en el registro arqueológico en forma de carbones, cenizas y sedimentos alterados térmicamente tienen una conservación diferencial en relación con otros tipos de registros arqueológicos, como la industria lítica o la fauna; en algunas ocasiones, su escasez o ausencia es causada por la menor atención que reciben en las líneas de trabajos y objetivos científicos de los proyectos de investigación. Esto se traduce en la falta de protocolos de recuperación y muestreos sistemáticos o en la exclusión de líneas de investigación específicas sobre este tipo de registro y sus problemáticas asociadas.

## CAPÍTULO 2. APROXIMACIÓN TEÓRICA AL REGISTRO DEL FUEGO

Muchas veces las discusiones sobre el registro del fuego, y del registro arqueobotánico en general, son abordados por especialistas de una disciplina concreta generando que los debates y las aportaciones se circunscriban a la comunidad de especialistas interesados en una problemática muy específica. Esto conlleva que los datos que se puedan extraer de esta parte del registro no se acaben vinculando e integrando a debates más globales sobre la Prehistoria y la evolución humana. Por ello, parte de los resultados que se generan de este registro, no se incorpora en los discursos que estructuran el conocimiento, invisibilizando parte del registro y con ello sus implicaciones económicas, sociales y culturales para la comprensión de los sistemas de vida del pasado.

Para situar el fuego en el centro de los trabajos arqueológicos y etnográficos es necesario un cambio de paradigma y la creación de un referente analítico que aporte valor a las prácticas cotidianas. Para ello, es crucial identificar el objeto de estudio; por eso cada vez son más habituales conceptos como piroarqueología o pirotecnología. El fuego tiene que ser categorizado como artefacto antrópico, ya que es fuente de información de carácter tecnológico, económico y social, de la misma forma que los restos líticos o faunísticos. La concepción del registro del fuego como artefacto, lleva implícito una tecnología asociada, la pirotecnología, ya que el registro del fuego es el resultado de una actividad antrópica que necesitan fundamentos teóricos, metodológicos y técnicos para su análisis e interpretación. Para ello en los últimos años la piroarqueología se ha reivindicado como una disciplina que desde la transversalidad de métodos y técnicas tiene como objeto de estudio el registro piroarqueológico (Berna et al. 2007; Berna and Goldberg 2007; Roebroeks and Villa 2011; Courty et al. 2012; Bentsen 2014; Mentzer 2014; Goldberg et al. 2017; Sorensen 2017; Sorensen et al. 2018; Wroth et al. 2019; McCauley et al. 2020; Weiner et al. 2020). Los objetivos de esta piroarqueología van en relación con la puesta en valor del registro del fuego y el importante rol que ha jugado en los procesos tecnológicos, sociales y culturales a lo largo de la evolución del género *Homo*. Como ejemplo, en el marco de la UISPP (2018) se creó la *Pyroarchaeology commission*, para promover la piroarqueología como disciplina y tener una plataforma de intercambio y debate sobre la pirotecnología.

### **2.4. LA IDENTIFICACIÓN DEL FUEGO EN EL REGISTRO ARQUEOLÓGICO**

El fuego tiene una materialidad concreta en el registro arqueológico, identificable por los principales elementos que componen el registro piroarqueológico. La interacción entre un sustrato comúnmente formado por piedras, sedimento y materia orgánica, una fuente de combustión (por ejemplo, madera, estiércol o hueso) y una fuente de ignición genera un registro antrópico que arqueológicamente se clasifica como hogar o estructura de combustión (utilizaremos indistintamente ambos conceptos). Estas estructuras de combustión pueden representar en el registro tanto eventos individuales y de corta duración, como incluso minutos o horas, hasta actividades que persisten en el mismo lugar durante largo tiempo, pudiendo abarcar incluso estaciones o años (Henry 2012; Shahack-Gross et al. 2014; Carrancho et al. 2016b). Estas estructuras de combustión son elementos estructurales en la identificación de suelos de ocupación y como centros de organización del espacio y las actividades llevadas a cabo por parte de los grupos humanos (Binford 1996; Vaquero and Pastó 2001; Rolland 2004; Shahack-Gross et al. 2014). Es por tanto, el registro piroarqueológico, un elemento de análisis destacado para comprender los

## CAPÍTULO 2. APROXIMACIÓN TEÓRICA AL REGISTRO DEL FUEGO

principales cambios y continuidades acaecidos entre los grupos humanos prehistóricos, ya que nos aporta información de carácter económico, tecnológico y organizativo.

Consideramos que desde un punto de vista teórico todo proceso de combustión genera un registro piroarqueológico compuesto por dos elementos estructurales y estructurados, proponiendo las siguientes categorías (Fig 2.2 y 2.3):

1. El residuo de la combustión
2. El impacto térmico de la combustión

Son elementos estructurales porque son las dos partes diferenciadas en que se puede dividir una estructura de combustión con vinculación entre sí; mientras que son elementos estructurados porque se forman y aparece con una secuencia lógica y previsible en el registro, cuando este se encuentra en posición primaria.

Las estructuras de combustión *in situ* se identifican mediante el residuo y el impacto térmico sin importar si son visible o no, ya que puede ser que sea necesaria algún tipo de instrumento para su identificación microscópica (Fig. 2.2). Estos dos elementos, el impacto térmico y el residuo de la combustión se generan siempre después de una combustión, sin importar si el combustible es madera o estiércol; o si la función del hogar está relacionada con la cocción o con la esterilización de los espacios de estabulación de animales, por poner ejemplos extremos (Fig. 2.3). Esta categorización teórica por tanto incluye tanto los hogares de los grupos cazadores-recolectores, como los contextos de combustión más complejos de la Prehistoria reciente vinculados a la producción cerámica, metalúrgica o a la quema de excrementos en cuevas y abrigos.

El residuo de la combustión está compuesto principalmente por cenizas y carbones. El residuo puede ser identificable macroscópicamente por el color blanquecino que forman los componentes calcínicos y silíceos de las cenizas, pudiendo integrar partículas negruzcas de diferente tamaño formadas por el material carbonizado (carbones y microcarbones). La mayor o menor presencia de las partículas de carbón puede modificar la coloración hacia tonos más o menos grisáceos. También como resultado de la combustión podemos encontrar restos tanto líticos como faunísticos quemados, que pueden servir como elementos complementarios para la identificación indirecta de un hogar. La descripción, análisis e interpretación del residuo requiere instrumentos y técnicas microscópicas y mineralógicas, acompañada cuando sea posible por una identificación macroscópica durante el trabajo de campo

Las cenizas, el principal residuo de la combustión, cuando se generan a partir de plantas (leñosas o no leñosas) están compuestas por tres elementos principales: carbonato de calcio; fitolitos de sílice; y, sales solubles y otros minerales, presentes en el tejido de la plantas antes de la combustión (Canti 2003). Cuando el combustible es estiércol, los elementos serán en su mayoría los mismos. Ahora bien, los excrementos contienen microrrestos específicos como las esferulitas que se forman en los intestinos de los herbívoros, siendo el principal elemento diagnóstico para la identificación del uso de excrementos como combustible (Canti 1997, 1998, 1999; Shahack-Gross 2011; Gur-Arieh et al. 2013). La presencia de sales y otros minerales que se depositaron con los excrementos puede ser muy variada dependiendo de las condiciones de los excrementos antes de la

## CAPÍTULO 2. APROXIMACIÓN TEÓRICA AL REGISTRO DEL FUEGO

combustión, el tipo de rebaño y las zonas de pastoreo (Shahack-Gross 2011; Brönnimann et al. 2017; Abell et al. 2019).



**Figura 2.2.** Esquema de los elementos estructurales y estructurados que forman el registro piroarqueológico de un hipotético hogar plano

Los carbones son el otro elemento presente en el residuo de la combustión. Estos tienen un color negro, son opacos y su análisis se realiza mediante un microscopio óptico. A través de su análisis se pueden identificar taxonómicamente, evaluar las alteraciones tafonómicas para la comprensión del estado de la madera en el momento de la recolección (seca, verde, degradada) o analizar los

CAPÍTULO 2. APROXIMACIÓN TEÓRICA AL REGISTRO DEL FUEGO

anillos de crecimiento para establecer su calibre (Théry-Parisot et al. 2010; Euba et al. 2016; Allué et al. 2017, 2018; Vidal-Matutano et al. 2017; Allué and Mas 2020). El carbón arqueológico se forma en la fase de carbonización de la combustión donde la temperatura es baja  $>500\text{ }^{\circ}\text{C}$ , previamente a la fase de pirólisis, durante la cual se formarían las cenizas al alcanzar mayores temperaturas  $<500\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Braadbaart and Poole 2008). El carbón está compuesto principalmente por carbono (C), que presenta dos fases minerales diferentes dependiendo de la especie, la temperatura y las condiciones de la combustión (Cohen-Ofri et al. 2006).

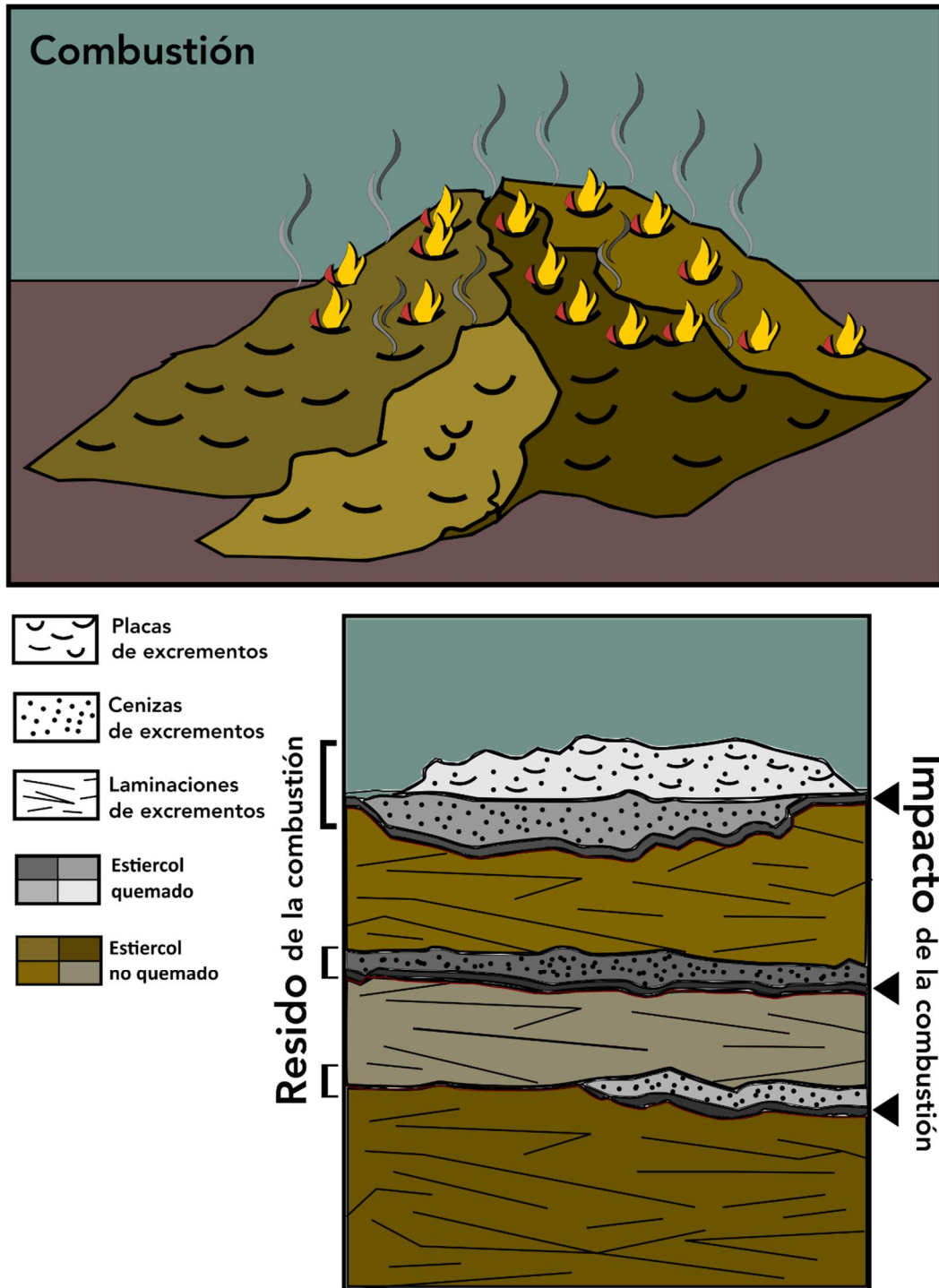


Figura 2.3. Esquema de los elementos estructurales y estructurales del registro piroarqueológico de una secuencia de acumulación y quema de excrementos tipo *fumier*

## CAPÍTULO 2. APROXIMACIÓN TEÓRICA AL REGISTRO DEL FUEGO

En condiciones reductoras o cuando la combustión no se completa del todo, la formación de carbón es más elevada. Dependiendo de la gestión del fuego la presencia de carbón puede ser mayor o menor; si el combustible es repetidamente desplazado al foco de la combustión, la presencia será menor que si se deja apagar de forma natural o de forma abrupta, hecho que facilitaría la carbonización del combustible.

A partir del estudio del residuo de la combustión se pueden abordar algunas de las principales problemáticas sobre el comportamiento humano del pasado. Entre ellas, hay que destacar la duración de las ocupaciones humanas o como el fuego en muchos casos estructura el espacio de hábitat y las diferentes actividades que se llevan a cabo en el mismo. El residuo de la combustión puede también ser clave para abordar problemáticas vinculadas a la gestión del combustible, la paleoeconomía del fuego y la pirotecnología de los grupos humanos. La formación del registro y de los procesos post-deposicionales también se pueden abordar desde el análisis del residuo de la combustión, ayudando a la comprensión de la conservación tanto del registro piroarqueológico como del conjunto de restos arqueológicos.

El impacto de la combustión es el otro componente que conforma una estructura de combustión. El concepto de impacto térmico hace referencia a cualquier modificación o alteración macro o microscópica que sufren los sedimentos, las rocas y los restos arqueológicos que conforman la parte basal de las estructuras de combustión. El impacto térmico, generalmente se documenta en los yacimientos arqueológicos por debajo de la estructura de combustión y arqueológicamente se identifica subyacente al residuo de la combustión. Sin embargo, también podríamos considerar impacto térmico las alteraciones que el fuego puede ocasionar por ejemplo en las paredes de las cavidades, aunque sea más difícil de identificar y de vincular a una estructura de combustión u ocupación concreta.

El impacto térmico ha estado ampliamente estudiado, especialmente desde la perspectiva de las alteraciones de los sedimentos. Entre las principales variables relacionadas con el impacto térmico en los sedimentos está la temperatura y la duración de la combustión, las características fisicoquímicas del sedimento (textura, composición, humedad, compactación, etc.) o su conductividad térmica (Canti and Linford 2000; Mentzer 2014; Aldeias 2017). Los resultados conocidos procedentes de réplicas experimentales de hogares aportan en algunos casos datos contradictorios en relación a la causa-efecto en la formación del impacto de la combustión (Campbell et al. 1994; Canti and Linford 2000; March et al. 2010, 2014). El gran número de variables que inciden y la variabilidad que presentan ha dificultado en muchos casos la comprensión lógica de cuáles son los mecanismos que inciden en la formación de las diferentes alteraciones (Mentzer 2014; Aldeias et al. 2016).

Entre las principales alteraciones identificadas y descritas en los yacimientos arqueológicos destaca la rubefacción como una de las más habitual y más ampliamente descritas (James et al. 1989; Soler 2003). La rubefacción se relaciona con la presencia en los sedimentos de minerales ricos en óxidos de hierro que al calentarse se transforman en hematita; generando una coloración rojiza de los sedimentos y/o rocas, fácilmente identificable en el registro arqueológico (Canti and Linford 2000). Ahora bien, su proceso de formación no está claro y la presencia de minerales ferruginosos en los



## CAPÍTULO 2. APROXIMACIÓN TEÓRICA AL REGISTRO DEL FUEGO

sedimentos no se puede relacionar directamente con la formación de la rubefacción (Canti and Linford 2000; March et al. 2010, 2014; Homsey and Sherwood 2010). Además, algunos sustratos están compuestos por sedimentos o materiales que no contienen hierro, por lo tanto no se puede considerar una constante que caracterice el impacto térmico de la combustión (Mentzer 2014). Finalmente, hay que destacar otros procesos que pueden ser confundidos con la rubefacción, como la entrada a la cueva de sedimentos rojizos que pueden confundirse con un impacto térmico antrópico, como ocurrió en el yacimiento de Zhoukoudian (Weiner et al. 1998; Goldberg et al. 2001). También pueden generarse enrojecimientos de los sedimentos por procesos post-deposicionales de carácter químico parecidos a la rubefacción (Karkanas et al. 1999, 2002; Karkanas 2010).

Otro tipo de impacto de la combustión es la que se identifica a partir de la coloración negruzca que adquieren los sedimentos arqueológicos (Mallol et al. 2013a, b). Estas coloraciones se han descrito habitualmente como *black layer* (Polo-Díaz et al. 2016; Égüez et al. 2016; Pérez et al. 2017; Rodríguez-Cintas and Cabanes 2017). Estas alteraciones se relacionan con sedimentos con un alto contenido en restos orgánicos, que mediante la alteración térmica se carbonizarían y generarían una coloración negruzca identificable macroscópicamente (Mallol et al. 2013a; Aldeias et al. 2016). Estas alteraciones pueden presentar una morfología convexa en los sedimentos, que no puede ser confundida con una preparación del suelo, sino que se relaciona con la incidencia desigual de la combustión entre el centro y la periferia del hogar (Mallol et al. 2013a; Aldeias et al. 2016). Canti and Linford (2000) observaron que, en condiciones reductoras, los óxidos de hierro que generalmente se relacionan con la rubefacción, pueden generar minerales de coloración negra o marrón como la maghemita.

El impacto de la combustión puede ser, en ocasiones, prácticamente invisible a simple vista y solamente ser detectado mediante la aplicación de técnicas microarqueológicas (Weiner 2010). En estos casos los cambios sólo son detectables mediante la utilización de técnicas como la Espectroscopia de Infrarrojos por transformada de Fourier (FTIR), la cual permite identificar estos cambios estructurales en los minerales en relación a la alteración térmica sufrida (Berna et al. 2007).

El principal problema en la comprensión del impacto térmico de la combustión es la falta de correlación causa-efecto, que lleva a obtener resultados poco concluyentes, difícilmente replicables, e incluso a veces contradictorios. Aldeias et al. (2016) apunta que parte del problema puede estar influido por el tipo de experimentación, basada en propuestas experimentales realistas y con muchas variables difíciles de controlar, dificultando la evaluación de su influencia en la formación del impacto térmico. En una de las pocas experimentaciones en condiciones controladas de laboratorio, se realizó una experimentación centrándose en la transmisión del calor en los sedimentos (Aldeias et al. 2016). Las variables consideradas incluían un abanico de características sedimentarias suficientemente amplio como para incluir la variabilidad de suelos documentados en la mayoría de los yacimientos arqueológico. El hecho que algunas variables, como tiempo o temperatura, fueran constantes permitía una mejor comprensión de las propiedades sedimentarias relacionadas con el impacto de la combustión; obteniendo datos cuantitativos y predictivos que puedan ser extrapolables a la mayoría de los yacimientos.

## CAPÍTULO 2. APROXIMACIÓN TEÓRICA AL REGISTRO DEL FUEGO

En todos los sedimentos utilizados en la experimentación, el calor penetró hasta los 10 cm, y las temperaturas detectadas llegaron hasta los 250 °C. A menor profundidad (2 cm), la temperatura presentó oscilaciones entre 400 y 800 °C, según el tipo de sedimento (Aldeias et al. 2016). La temperatura a poca profundidad es suficiente para alterar térmicamente sedimentos, materiales líticos y huesos. A pesar de que éstos y otros resultados son coincidentes con trabajos experimentales previos, la diferencia es que éstos han sido testados en un abanico muy amplio de condiciones sedimentarias, aportando una información general para cualquier tipo de yacimiento (Aldeias et al. 2016; Aldeias 2017).

La importancia arqueológica del impacto de la combustión viene dada por su mayor grado de conservación en el registro, ya que al formarse en el paleosuelo de la ocupación su conservación es mejor que la del residuo de la combustión. El residuo de la combustión formado mayoritariamente por cenizas y carbones presenta una alta probabilidad de disolución o desaparición, muchas veces por fenómenos simples como el viento. En cambio, el impacto de la combustión al formarse en unos sedimentos que no quedan expuesto y que se encuentran depositados en el yacimiento tienden a preservarse mejor. Su identificación en el registro arqueológico por debajo del residuo de la combustión es indicativa de que la combustión se produjo en ese mismo lugar. Cuando el impacto no va acompañado del residuo de la combustión, estamos delante de una evidencia indirecta del fuego, que marca su presencia en el registro y que requerirá un esfuerzo extra para poder analizarlo desde un punto de vista comportamental. Este tipo de evidencias indirectas son habituales en el registro arqueológico, ya que el residuo, especialmente las cenizas, se pueden ver alteradas fácilmente por diferentes procesos tafonómicos (Mentzer 2014). La identificación del impacto térmico también es relevante arqueológicamente ya que marca el paleosuelo de la ocupación y puede ser significativo en la disección de palimpsestos o para la identificación de eventos singulares de ocupación (Carrancho et al. 2016a; Machado and Pérez 2016; Martínez-Moreno et al. 2016; Spagnolo et al. 2016; Mora et al. 2020).

### **2.5. ETNOARQUEOLOGÍA Y ETNOGRAFÍA DEL FUEGO**

La etnoarqueología estudia el registro material de las sociedades actuales aportando a la arqueología referentes analíticos para la generación de marcos teóricos e hipótesis interpretativas (Roux 2007; David and Kramer 2015). Esta disciplina se consolida y se pone en valor en la práctica arqueológica, principalmente con el surgimiento de las corrientes procesualistas de la Nueva Arqueología Americana (Hernando Gonzalo 1995; David and Kramer 2015). A partir de los años 50' y 60' del siglo XX, este tipo de aproximaciones se incrementan y se constituyen como la base interpretativa y teórica de muchos análisis arqueológicos.

Los trabajos etnoarqueológicos proporcionan referentes válidos para la interpretación de los patrones observados en la cultura material (Roux 2007). La etnoarqueología es una herramienta que nos permite alejarnos de las percepciones actuales y las consideraciones etnocentristas, permitiéndonos analizar de forma crítica la formación del registro y sus interpretaciones, a partir de la observación de sociedades que se rigen por otros aspectos culturales, sociales y económicos diferentes a los nuestros (González Ruibal 2003).

## CAPÍTULO 2. APROXIMACIÓN TEÓRICA AL REGISTRO DEL FUEGO

Los usos de la etnoarqueología aplicada al registro arqueológico, no pueden ser indiscriminados ni directos. Hay que saber utilizar la información que nos aporta y analizarla de forma crítica y contextualizada en el entorno cultural en que se desarrolla. La etnoarqueología puede, por un lado, ofrecernos la posibilidad de desarrollar hipótesis interpretativas del registro arqueológico y, por otro lado, aportar apreciaciones importantes en el ámbito de la teoría arqueológica (Picornell-Gelabert 2009b, 2018). Lo que no puede aportar la etnoarqueología al estudio del pasado son explicaciones concretas de fenómenos, ni interpretaciones basadas en analogías directas que vinculen el presente etnoarqueológico y el pasado arqueológico (Roux 2007; Picornell-Gelabert 2018).

Las observaciones del registro piroarqueológico necesitan de referentes teóricos que nos permitan identificar dinámicas más allá de la materialidad del registro arqueológico, que en el caso que nos ocupa está formado principalmente por cenizas, carbones y material quemado. La etnoarqueología del fuego nos revela la complejidad y la variabilidad de las prácticas de la gestión y el uso del fuego, aportándonos una materialidad concreta contextualizada dentro de un sistema cultural, social y ecológico. El análisis de estas prácticas en sociedades vivas puede ayudarnos a concretar patrones generales que puedan ser útiles en la construcción de la teoría arqueológica sobre la gestión y uso del fuego por parte de los grupos humanos del pasado.

Los trabajos que abordan el uso y gestión del fuego desde una perspectiva etnoarqueológica no son muy abundantes ya que, al ser una temática poco tratada arqueológicamente, no ha despertado un gran interés en la generación de referentes etnoarqueológicos. Los trabajos disponibles hasta el momento se pueden dividir en dos grupos: los que se centran más en la recolección del combustible y los que abordan de forma más específica el residuo de la combustión.

El primero grupo de trabajos son los que trata aspectos relacionados con la recolección del combustible, considerando la relación entre el entorno natural y los grupos humanos. Estos trabajos han estado mayoritariamente liderados desde el campo de la antracología y se han centrado especialmente en grupos agro-pastoriles (Zapata Peña et al. 2003; Dufraisse et al. 2007; Picornell-Gelabert 2009a, 2018; Picornell-Gelabert et al. 2011; Henry and Théry-Parisot 2014). Una excepción sería el trabajo sobre los cazadores y recolectores de Tierra del fuego (Caruso et al. 2008), que se diferencia del resto de trabajos por ser una aproximación etnohistórica, es decir, sin una observación directa de los grupos y basada en fuentes etnográficas y textos históricos (Vila et al. 2007).

Todos estos trabajos analizan la paleoeconomía del combustible, tanto en entornos con abundancia de biomasa (Dufraisse et al. 2007; Picornell-Gelabert 2009a, 2018; Picornell-Gelabert et al. 2011) como con menor riqueza (Zapata Peña et al. 2003; Caruso 2010, 2015, 2019; Henry and Théry-Parisot 2014), para así comprender mejor la gestión del combustible leñoso que tienen los grupos humanos en diferentes entornos bioclimáticos.

Muchos de estos trabajos tienen como punto de partida la puesta en valor de las actividades cotidianas como es la recolección de la leña (Picornell-Gelabert 2009a), así como los sujetos principales que participan en ella y que en la mayoría de los casos son mujeres, niñas y niños

## CAPÍTULO 2. APROXIMACIÓN TEÓRICA AL REGISTRO DEL FUEGO

(Zapata Peña et al. 2003; Dufraisse et al. 2007; Caruso et al. 2008; Picornell-Gelabert 2009a; Picornell-Gelabert et al. 2011). A la vez, también aportan luz y un esquema novedoso sobre las concepciones sociales de los entonos vegetales por parte de los grupos, con normas y patrones socioculturales establecidos por la comunidad. Entre estas están la delimitación de zonas concretas de abastecimiento de la madera, las diferentes dinámicas en relación a la frecuencia en que ésta es recolectada y almacenada y los criterios predominantes en su selección, el uso y el abandono de los residuos (Zapata Peña et al. 2003; Dufraisse et al. 2007; Picornell-Gelabert et al. 2011; Henry and Théry-Parisot 2014).

La etnoarqueología ha permitido considerar simplistas algunas propuestas en relación a los criterios de selección del combustible, basadas en las calidades físico-químicas de la madera y en la concepción del coste-beneficio de la recolección. Se ha podido observar que existe una alta complejidad en la recolección y que, en muchos casos, dominan más criterios basados en el calibre, en el estado de conservación de la madera o en criterios de carácter cultural y simbólico (Zapata Peña et al. 2003; Dufraisse et al. 2007; Picornell-Gelabert 2009a, 2018; Henry and Théry-Parisot 2014). Bajo este nuevo punto de vista, la recolección adquiere un sentido dentro del grupo humano, formando parte de su esfera cultural que los identifica como grupo. Algunos grupos humanos llegan a considerar algunos taxones tabú, los cuales no pueden ser utilizados como combustible al llevar asociados infortunios y malos augurios (Picornell-Gelabert 2009a; Picornell-Gelabert et al. 2011).

El segundo grupo de trabajos etnoarqueológicos son los que se centran en el residuo de la combustión. Este tipo de trabajos no son muy abundantes dentro de la etnoarqueología, aunque ya existen algunas síntesis que incluso incorporan propuestas metodológicas (Friesem 2016; Mallol and Henry 2017). Estos trabajos están principalmente liderados por disciplinas microarqueológicas, como la micromorfología de suelos (Goldberg and Whitebread 1993; Mallol et al. 2007); el estudio de microrrestos como esferulitas, fitolitos o pseudomorfo de calcita (Gur-Arieh et al. 2013; Portillo et al. 2014, 2017); o, en algunos casos, la aplicación de un abanico de técnicas micromorfológicas, mineralógicas y arqueobotánicas (Shahack-Gross et al. 2004; Friesem et al. 2016).

Los pocos trabajos disponibles tratan varios aspectos relacionados con la combustión, tanto para el estudio del uso del fuego en contextos de cazadores y recolectores (Mallol et al. 2007; Friesem 2018) como de grupos agro-pastoriles (Goldberg and Whitebread 1993; Shahack-Gross et al. 2004; Gur-Arieh et al. 2013; Portillo et al. 2014, 2017). Entre los aspectos tratados por la etnoarqueología del fuego y desde una perspectiva geo-etnoarqueológica, término acuñado por Brochier et al. (1992), está el uso del residuo de la combustión como marcador de suelos de ocupación (Goldberg and Whitebread 1993) o bien la visibilidad de los asentamientos de pastores nómadas y su organización espacial a partir de la identificación de las cenizas (Shahack-Gross et al. 2004). Otros trabajos abordan aspectos relacionados con los procesos de formación y la alteración tafonómica del registro piroarqueológico en ambientes de sabana (Mallol et al. 2007) o en contextos de bosques tropicales (Friesem 2016).

Sobre la conservación de las estructuras de combustión, Mallol et al. (2007) pudo identificar cómo los hogares con un uso corto (15-20 minutos) generan un escaso residuo arqueológico, que

## CAPÍTULO 2. APROXIMACIÓN TEÓRICA AL REGISTRO DEL FUEGO

fácilmente puede verse alterado parcial o totalmente por los agentes climáticos derivados de la exposición subárea. La alteración total de los elementos diagnósticos de las estructuras de combustión también fue documentada en un trabajo etnoarqueológico desarrollado en zonas tropicales de la India (Friesem 2018). Las condiciones ambientales en esta zona fueron el principal factor de alteración al generar suelos muy ácidos que alteran los carbonatos de los huesos y las cenizas, generando minerales autigénicos (Friesem 2018).

En relación con los procesos que puede ayudar a la conservación del registro piroarqueológico, los trabajos etnoarqueológicos indican que la rápida sedimentación es el factor clave para una buena conservación ya que los protege de los agentes ambientales (Mallol et al. 2007). En el caso de los bosques tropicales, los hogares resguardados en abrigo presentaban una mejor identificación y conservación de las estructuras de combustión (Friesem 2018). Lo mismo ocurre en el caso de los Hadza, las estructuras del interior de las cabañas que quedaron cubiertas por hierba seca fueron los que preservaron mejor su estructura interna (Mallol et al. 2007).

Otro factor cultural relacionado con la conservación y la visibilidad del registro piroarqueológico es la limpieza del residuo de la combustión que realizan muchos grupos (Zapata Peña et al. 2003; Mallol et al. 2007; Picornell-Gelabert 2009a; Friesem et al. 2016). Friesem (2018) durante el análisis del registro etnoarqueológico dejado por los Nayaka (India), identificó constantes limpiezas del espacio que, junto a su multifuncionalidad, dificultaba en gran medida la identificación de las estructuras de combustión.

Mallol et al. (2007) intentó establecer la funcionalidad del hogar sin éxito, y se apunta que posiblemente sólo mediante una integración de resultados microarqueológicos y arqueobotánico, es posible establecer inferencias sobre la función específica de un hogar. En el trabajo de Friesem (2018), la mala conservación del registro mineral y sedimentario se ve compensado por la buena conservación de los conjuntos de fitolitos, considerándolos como un *proxy* útil en la identificación de zonas de actividad. Ahora bien, prácticas culturales como la limpieza y la multifuncionalidad de los espacios lo dificultan enormemente; evidenciando una vez más el reto que supone el estudio del registro arqueológico en zonas de bosques tropicales.

Finalmente, hay un grupo de trabajos etnoarqueológicos que se centran en el contenido microscópico resultado de la combustión (fitolitos, esferulitas y pseudomorfo de calcita). Estos trabajos abordan el análisis del estiércol como combustible en sociedades o grupos agropastoriles, mayoritariamente del Norte de África y Asia central (Miller 1984, 1996, 2013; Charles 1996; Anderson and Ertug-Yaras 1996; Gur-Arieh et al. 2013; Portillo et al. 2014, 2017; Spengler 2018).

El objetivo principal de estos trabajos es caracterizar el estiércol en sus diversos usos y en los diversos espacios donde se depositan. Hay que destacar el uso del estiércol como combustible, especialmente en la cocción mediante hornos de barro. Estos trabajos abordan también la composición de los conjuntos microscópicos antes y después de la quema del estiércol, para obtener referentes etnoarqueológicos y abordar los principales agentes tafonómicos relacionados con la combustión (Portillo et al. 2014, 2017). Especialmente interesante es el trabajo de Gur-Arieh et al. (2013) para poder identificar en el residuo de la combustión el principal combustible utilizado:

## CAPÍTULO 2. APROXIMACIÓN TEÓRICA AL REGISTRO DEL FUEGO

la madera o los excrementos de animales. Para ello desarrolla un cálculo de la relación entre las esferulitas (características del estiércol) y los pseudomorfos de calcita (característicos de la madera) obtenidos de las cenizas, para así poder comprender mejor la utilización de diferentes combustibles en contextos arqueológicos (Gur-Arieh et al. 2013).

Los trabajos etnoarqueológicos son los que tienen una mayor vinculación con los contextos piroarqueológicos, aunque como hemos podido ver son aún escasos. Es por ello por lo que no queríamos perder la oportunidad de reseñar algunas observaciones generadas en trabajos puramente etnográficos que pueden ser también de utilidad en la comprensión del registro piroarqueológico.

Para ello nos basaremos principalmente en una reciente síntesis etnográfica publicada por McCauley et al. (2020) que apunta a que el tema de la gestión y uso del fuego es un aspecto poco recogido por los etnógrafos, ya que estos prestaban mayor atención a los aspectos sociales y organizativos. Esto hace que los datos para la cuestión del fuego no estén siempre disponibles para los 93 grupos estudiados.

La mayoría de los grupos que integran esta síntesis sabían producir fuego por uno de los dos métodos tradicionales, aunque algunos dependían de la captación de los fuegos naturales. En todos los grupos la producción del fuego era exclusiva de los hombres, pero en algunos grupos el mantenimiento era exclusivo de las mujeres. Entre los métodos de producción existe un mayor uso de la fricción que la percusión, y algunos utilizaban los dos métodos de forma indistinta. La producción del fuego es una actividad que generalmente no implica mucho tiempo para los grupos estudiados; menos de 10 minutos en la mayoría de los casos. La tendencia mayoritaria se centra en reavivar, mantener e incluso trasladar el fuego y, sólo de forma ocasional, se prefería encender de nuevo un fuego. En relación con el combustible, la mayoría de los grupos estudiados utilizaban madera como combustible, y madera o hierba seca como material de ignición, entre otros.

Los usos del fuego documentados fueron los esperados, principalmente para cocinar, obtener calor o para usos rituales. Otros usos identificados en la bibliografía etnográfica fueron los relacionados con la modificación de materias primas, la obtención de luz, la conservación de alimentos o para evitar los ataques de animales, ya sean insectos o predadores. El fuego está presente en ritos relacionados con la muerte en la mayoría de los casos, seguido de ritos medicinales. La multifuncionalidad de los hogares era habitual, sin embargo, en el caso de los fuegos rituales a menudo su uso era exclusivo.

De todos estos datos etnográficos presentados por McCauley et al. (2020), podríamos destacar tres ideas clave, que nos parecen interesantes para establecer un marco teórico y analítico del registro piroarqueológico:

- La multifuncionalidad de los hogares podría dificultar la caracterización funcional de las estructuras de combustión, a excepción de los hogares rituales que en muchos casos tienen una función monoespecífica.
- La tendencia al mantenimiento continuo de los hogares con las implicaciones que tiene a nivel económico y organizativo; y que, en términos de recolección de combustible y

## CAPÍTULO 2. APROXIMACIÓN TEÓRICA AL REGISTRO DEL FUEGO

organización de las actividades relacionadas con el fuego, tendría una importancia relevante en las actividades del día a día del grupo e implicaría un nivel de organización alto.

- El uso mayoritario de la producción del fuego por fricción y una mayor tendencia al mantenimiento frente a la producción de nuevos fuegos dificultaría enormemente la identificación en el registro arqueológico de los elementos relacionados con la pirotecnología. El método de fricción a diferencia del de percusión tendría una conservación en el registro muy escasa a causa de su naturaleza orgánica de los materiales utilizados para el mismo.

En otros trabajo donde se analizan grupos actuales y subactuales, Scherjon et al. (2015) estudia la quema del entorno vegetal por parte de los nativos australianos y norteamericanos. Esta práctica tiene como objetivo obtener un entorno vegetal en mosaico, que promueva una mayor variabilidad de ambientes, ayudando a fomentar la diversidad de especies animales y vegetales y podría estar presente en el registro arqueológico del *Homo sapiens* o en un momento anterior (Scherjon et al. 2015). Las dificultades técnicas y metodológicas que implica la documentación de esta práctica son muchas. Aun así, hay algunas aproximaciones en las que se ha intentado identificar, con resultados negativos para la expansión de *Homo sapiens* en Europa Occidental (Daniau et al. 2010).

# **Capítulo 3**

## **El fuego y su rol en la Evolución Humana**



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI  
EL FUEGO EN LA PREHISTORIA. UNA APROXIMACIÓN ARQUEO-EXPERIMENTAL AL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO  
A TRAVÉS DE LA MICROARQUEOLOGÍA  
Aitor Burguet Coca

### 3.1. LAS ETAPAS DEL FUEGO Y SU MARCO CRONOTEMPORAL

Las propuestas teóricas que se han desarrollado para categorizar las diferentes etapas del control de los homínidos sobre el fuego, estructuran de forma progresiva esta interacción, dividiéndola en tres (Pruetz and LaDuke 2010; Chazan 2017) o cuatro (Sandgathe 2017; Sorensen 2017) etapas diferentes, hasta alcanzar la capacidad de controlar y producción del fuego (Tabla 3.1). Estas diferentes etapas del fuego, y las características tecnológicas, económicas y sociales que implican, son imprescindibles para establecer las secuencias cronológicas y espaciales en el registro arqueológico.

La mayoría de propuestas destacan una 1ª etapa de conceptualización o aprendizaje de qué es el fuego (Pruetz y LaDuke 2010; Chazan 2017; Sandgathe 2017; Sorensen 2017). Ésta se limitaría a una comprensión de los orígenes y efectos del fuego en entornos naturales. El comportamiento de los primates no humanos establece un marco referencial para el estudio de las interacciones fuego/homínidos durante esta etapa (Pruetz y LaDuke 2010; Pruetz y Herzog 2017).

Referencia	Nº de etapas	Etapas 1	Etapas 2	Etapas 3	Etapas 4
Sorensen 2017	4	Conceptualización y entendimiento del fuego	Uso pasivo del fuego	Control activo del fuego: el fuego se recolecta, preserva y se transporta	Producción artificial del fuego utilizando percusión de piedra o fricción de madera
Sandgathe 2017	4	Habitación a los fuegos naturales	Uso del fuego	Mantenimiento del fuego	Fabricación del fuego
Chazan 2017	3	Interacción oportunista con los fuegos naturales. Su uso se limita a donde y cuando está disponible	Desarrollo de las capacidades de mantenimiento del fuego asociadas al campamento base	Desarrollo de estrategias de contención del fuego y de técnicas para crearlas	
Pruetz and LaDuke 2010	3	Conceptualización del fuego: una comprensión del comportamiento del fuego, que permitiría las actividades próximas al fuego	Habilidad para controlar el fuego: conocimiento y habilidad para contener, mantener y extinguir el fuego	La habilidad de iniciar un fuego: el conocimiento y la tecnología necesaria para crear fuego a voluntad	

**Tabla 3.1** Resumen de las diferentes propuestas sobre la periodización del proceso de adquisición del fuego

Esta primera etapa podría ser equivalente a la desarrollada en el campo de la tecnología lítica, donde se considera que hay un primer momento, que correspondería a un Modo 0, estudiado a partir del registro de la cultura material generada por algunos primates (Haslam et al. 2009, 2017). Este modo 0 correspondería a un momento anterior a la fabricación de herramientas, en que los homínidos pudieron utilizar modos de adaptación extrasomática sin necesidad de modificar elementos naturales (Carvalho et al. 2008; Carvalho and Beardmore-Herd 2019). En cambio, el modo 1 supondría una modificación de la materia primera siguiendo unos parámetros culturales y tecnológicos. De la misma forma que con la industria lítica, el Modo 0 del fuego no generaría un impacto en el registro arqueológico, dificultando la identificación de estas primeras interacciones

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

con tan poca carga antrópica. Este modo 0 supone un reto para los arqueólogos que quieren estudio la adopción del fuego por parte de los primeros homínidos y es quizás la etapa menos estudiada hasta el momento.

Según los autores que estipulan cuatro etapas, la 2ª etapa se caracterizaría por el simple uso del fuego (Sandgathe 2017; Sorensen 2017). En cambio, los que solo consideran la presencia de tres etapas, incluyen también una cierta capacidad de mantenimiento (Chazan 2017; Pruett y Herzog 2017). Posiblemente esta 2ª etapa fue una de las más largas de todo el proceso y se relacionaría con el registro arqueológico del Pleistoceno inferior de África y del Pleistoceno medio de Eurasia. Durante esta 2ª etapa, no es extraña la ausencia en la mayoría de los yacimientos de evidencias de uso de fuego y su posible mantenimiento, puesto que los grupos dependerían exclusivamente de los fuegos naturales de su entorno para su posible uso y mantenimiento durante un tiempo determinado.

La 3ª etapa de algunos modelos y la 4ª de otros es en definitiva la misma. Sus implicaciones estarían relacionadas con la capacidad de consolidar habilidades anteriores, como el uso y el mantenimiento del fuego, e implantar una nueva habilidad tecnológica: la de producir el fuego. Esta nueva etapa es un salto adelante, que implica la consolidación del proceso tecnológico del fuego: la pirotecnología (Berna and Goldberg 2007; Courty et al. 2012; Bentsen 2014; Wroth et al. 2019).

La identificación de una producción del fuego controlada en el registro arqueológico es un debate abierto en los estudios piroarqueológicos actuales que tiene fuertes implicaciones sobre las capacidades tecnológicas, económicas y sociales de los grupos humanos del pasado (Roebroeks y Villa 2011; Sandgathe et al. 2011a, b; Sorensen et al. 2014; Dibble et al. 2017; Sorensen 2017). Entre las dificultades se encuentra la falta de evidencias directas de los elementos implicados en la producción del fuego, como piedras utilizadas como mecheros o palos utilizados en procesos de encendido mediante fricción o rotación, entre otros (Sorensen et al. 2014). Este momento pudo darse por parte de los Neandertales o sus antecesores directos en Europa (Roebroeks and Villa 2011; Sorensen et al. 2014, 2018; Sorensen 2017; Sorensen and Scherjon 2018) o, según las propuestas de varios autores, estar solamente adscritos a la aparición de *Homo sapiens* (Sandgathe et al. 2011b, a; Dibble et al. 2018).

La adopción de la pirotecnología implica en momentos prehistóricos e históricos el surgimiento de un amplio abanico de aplicaciones en diferentes procesos tecnológicos desde la fabricación de cerámica hasta la tracción a vapor. El proceso tecnológico asociado con el fuego incrementará su complejidad a partir del Neolítico y más tarde con la llegada de la metalurgia. Esta tendencia a una mayor complejidad técnica de los procesos pirotecnológicos está relacionada con la fabricación de cerámica, objetos metálicos o vidrio y otras aplicaciones a procesos tecnológicos y productivos (Goudsblom 1994). Estos usos se desarrollarán en paralelo al uso del fuego en el ámbito doméstico, relacionado con las actividades de cocción de alimentos, iluminación y generación de calor. Estos usos sólo se han visto modificados por la llegada de los combustibles fósiles en algunas regiones del mundo, ya que actualmente buena parte de la población mundial todavía mantiene las mismas funciones del fuego, siendo la leña el principal combustible.

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

Las diferentes etapas del fuego llevan asociadas términos que las caracterizan. La terminología utilizada en cada etapa presenta variaciones en los conceptos utilizados y en pocos casos definiciones asociadas de los mismos (ver Sandgathe 2017). En algunos casos, varios términos son utilizados en un mismo texto como sinónimos sin una descripción clara del significado. El concepto “control” implica para varios autores cualquier evidencia de su uso, sea cual sea la intensidad de la evidencia (Clark and Harris 1985; Bellomo 1993, 1994; Goren-Inbar et al. 2004; Wrangham 2009; Aldeias et al. 2012; Alperson-Afil 2012, 2017; Wrangham 2017). El opuesto a este control sería el “no-control” del fuego por parte de los grupos humanos. Otros autores diferencian entre “uso” y “control”, el primer término para identificar las primeras interacciones y el segundo para evidenciar una mayor y mejor capacidad de gestión o de mantenimiento (James et al. 1989; Goren-Inbar et al. 2004; Sorensen 2017). Pero a la vez “uso y control” también pueden ser utilizados conjuntamente para una misma etapa que no implica producción (Alperson-Afil y Goren-Inbar 2006, 2010; Twomey 2013; Stahlschmidt et al. 2015). El concepto “uso habitual” también se contrapone en muchas ocasiones al simple “uso” y no implica la capacidad tecnológica de producirlo (Karkanias et al. 2007; Roebroeks y Villa 2011; Shimelmitz et al. 2014). Otros términos utilizados son variaciones de los primeros, como el “uso oportunista” o “uso fortuito”, como etapa previa al “control” del fuego (Bentsen 2014; Shimelmitz et al. 2014).

El otro debate es si el término “control” o “uso controlado” implica o no la capacidad tecnológica de producir el fuego. Mientras que en otros términos como “uso”, “uso habitual”, “uso oportunista” o “uso fortuito”, la no-producción del fuego queda clara y el término “control” se ha identificado con la capacidad de los homínidos de disponer del fuego cuando era necesario (Alperson-Afil 2008, 2012; Brown et al. 2009; Attwell et al. 2015). Conceptos como “producción de fuego” o “habilidad de encender y controlar el fuego” son más explícitos en su significado, aunque poco utilizados (Sorensen et al. 2014).

El registro arqueológico evidencia que la adquisición de las habilidades entorno al fuego fue un proceso largo y lento con diferentes escenarios espaciotemporales. También cabe suponer que no fue un proceso lineal. Es muy posible que, especialmente en las primeras etapas, las poblaciones usaran y dejaran de usar el fuego, en un ir y venir de una habilidad compleja, aún no inscrita en el comportamiento humano. Además, la historia del uso del fuego puede haber incluido múltiples ejemplos de poblaciones que no usan el fuego después de largos períodos de tiempo haciéndolo (Sandgathe et al. 2011b). A nivel regional, el desarrollo del uso del fuego no es un proceso homogéneo, tal y como demuestra el registro del Levante mediterráneo (Karkanias et al. 2007; Roebroeks and Villa 2011; Shahack-Gross et al. 2014).

A todo esto, hay que añadir el tipo de evidencia que deja el fuego en el registro arqueológico, especialmente en las etapas más antiguas (James et al. 1989; Alperson-Afil and Goren-Inbar 2006; Berna et al. 2012; Hlubik et al. 2017, 2019). La no-conservación no puede ser una excusa para la ausencia de búsqueda de este tipo de registros. Es un tipo de evidencia que se ha mostrado como un elemento clave del proceso evolutivo y de los sistemas de vida del pasado, que no puede quedar relegado en un segundo plano en los estudios sobre Evolución Humana. Metodológicamente hay que avanzar en la generación de patrones y referentes conocidos que

puedan atestiguar las diferentes formas que presenta el fuego en el registro arqueológico y como la pirotecnología puede identificarse en el registro arqueológico.

## **3.2. EL FUEGO EN LAS SOCIEDADES CAZADORAS Y RECOLECTORAS**

El objetivo de este subapartado es intentar aunar algunos de los registros clave para abordar los principales debates, corrientes y teorías sobre el uso del fuego a lo largo del registro vinculado a los cazadores recolectores del Pleistoceno. La revisión pretende repasar los contextos que más han aportado al conocimiento y los principales debates sobre el registro del fuego.

### **3.2.1. El registro más antiguo del fuego en el Pleistoceno inferior**

La constatación de un importantísimo avance tecnológico dentro del proceso evolutivo y adaptativo como es la adopción del fuego es un asunto complejo y debatido, sobre todo en cronologías antiguas. A un registro escaso y fragmentado se le añade la incertidumbre de las evidencias existentes. Además, la entidad de las evidencias, la recurrencia en relación con el total de yacimientos y la alta presencia de fuegos naturales en espacio de sabana hace pensar en la posibilidad que no todos ellos sean el resultado de un comportamiento humano.

El estudio de las evidencias más antiguas de fuego ha sido un importante laboratorio metodológico para dar respuesta a una de las cuestiones más interesantes, pero a la vez difíciles de abordar en evolución humana: cuándo y dónde hubo las primeras interacciones entre los homínidos y el fuego. Es posible que estos primeros usos fueran tan esporádicos que no llegaran ni a dejar huella en el registro. Ahora bien, el afán de buscar respuestas a estas dos preguntas ha provocado que muchos investigadores desarrollen nuevas metodologías, que buscan primero evidenciar la presencia del fuego, para posteriormente demostrar su origen antrópico o natural.

Algunas metodologías desarrolladas para estos contextos integran FTIR o fitolitos en sus análisis. La experimentación también ha sido una aproximación habitual para describir patrones conocidos en la incidencia del fuego en el registro. Todas estas metodologías desarrolladas para contextos antiguos son la base metodológica que se aplica en contextos mucho más recientes donde las evidencias de fuego son más inequívocas y están menos cuestionadas.

Las primeras evidencias de fuego se localizarían en el Este de África con cronologías entorno a 1Ma (Berna et al. 2012) (Fig. 3.1). Ahora bien, este tipo de registro se puede considerar escaso, de poca entidad y casi siempre envuelto en polémica. Estos registros presentan algunas dificultades para demostrar la presencia de fuego y sobre todo en atestiguar su carácter antrópico. Entre las dificultades que presentan se encuentra el hecho de documentarse en yacimientos al aire libre, con la incidencia de fuertes procesos postdeposicionales que pueden borrar hasta las evidencias más claras de fuego (Goldberg et al. 2017; Sandgathe and Berna 2017). Asimismo, existen fuegos naturales, habituales en contextos de sabana, que añaden a la dificultad de documentar el impacto térmico, y la necesidad de discernir entre fuego natural y fuego antrópico (Goldberg et al. 2017).

Las investigaciones que proponen el inicio del uso del fuego entre 1.7 y 1.5 Ma en el Este de África, se basan en los principios teóricos que se han resumido en la *cooking hypothesis* (Wrangham 2009, 2017) y en las evidencias identificadas en Koobi Fora (Hlubik, et al. 2019). Esta teoría apunta a que

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

algunos caracteres morfológicos que aparecen con el *Homo erectus*, como el tamaño reducido de sus dientes, requeriría del cocinado de los alimentos para su consumo (Evans et al. 2016). Los alimentos cocinados aportarían un mayor retorno calórico que provocarían el aumento del cerebro y del cuerpo (Wrangham 2009). Para defender esta idea, Wrangham (2009) desarrolla una aproximación desde diferentes campos de la ciencia, para demostrar la eficiencia de consumir alimentos cocinados. Aunque estos autores no defienden la capacidad tecnológica de producción del fuego por parte de estos homínidos del Pleistoceno inferior, sí que consideran que los incendios naturales habituales en zonas de sabanas serían el primer contacto entre los homínidos y el fuego. Para ello, destacan por ejemplo, estudios primatológicos donde se observa la naturalización que hacen los chimpancés de los incendios naturales (Pruetz and Herzog 2017).

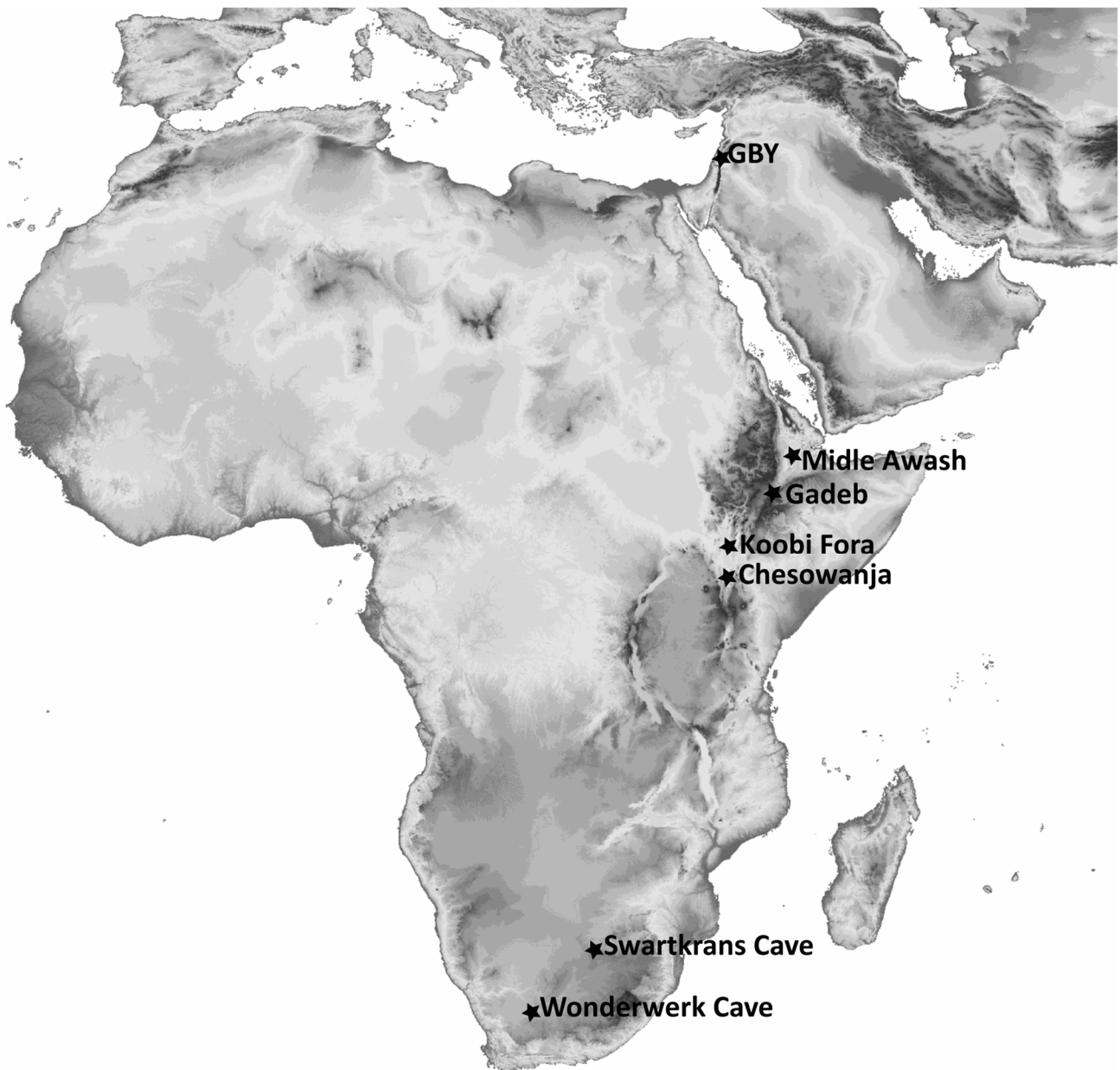


Figura 3.1. Localización de los yacimientos africanos mencionados en el texto

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

Uno de los yacimientos con evidencias de fuego más antiguo y ampliamente referenciado es Koobi Fora en Kenia (James et al. 1989; Goren-Inbar et al. 2002; Attwell et al. 2015; Gowlett 2016; Sandgathe and Berna 2017). En las excavaciones de los años 70' en las localidades FxJ20 East y FxJ20 Main se identificaron manchas rubefactadas datadas en 1.5 Ka (Clark and Harris 1985). Éstas fueron consideradas por parte de los investigadores las primeras evidencias de uso de fuego por parte de los homínidos del Pleistoceno Inferior. Para demostrar la presencia de fuego y el origen antrópico de las rubefacciones, se aplicaron estudios de paleomagnetismo, fitolitos, análisis espacial y arqueología experimental (Clark and Harris 1985; Bellomo 1993, 1994; Bellomo and Kean 1997).

Excavaciones recientes también documentaron presencia de manchas rubefactadas y otros elementos que apuntarían a la presencia de fuego en diferentes localidades de Koobi Fora (Hlubik et al. 2017, 2019). La aproximación a una evidencia de fuego de 1.5 Ma se realizó desde una perspectiva multidisciplinar, combinando métodos de excavación modernos con el análisis espacial, métodos estadísticos, FTIR de sedimentos y de huesos y arqueología experimental, para la determinación de la alteración de los artefactos líticos y micromorfología de suelos. Sin embargo, en sus conclusiones no acaban afirmando la capacidad de usar o controlar el fuego, sino simplemente documentan la asociación *"between fire and hominin behavior in the Early Pleistocene"* (Hlubik et al. 2019: 225).

Otros yacimientos habitualmente referenciados con presencia de combustión son Gadeb (Etiopía), Chesowanja (Kenia), Middle Awash (Etiopía) y Swartkrans (Sur-África), todos ellos con cronologías entorno a los 1.5 Ma (James et al. 1989) (Fig. 3.1). Las evidencias documentadas en estos yacimientos son en muchos casos evidencias indirectas y poco diagnósticas. Ninguno de estos yacimientos presenta evidencias de cenizas ni carbones; el registro pirotecnológico se basa en rocas fragmentadas por fuego, áreas rubefactadas, arcillas alteradas térmicamente y huesos quemados (Clark and Harris 1985; Clark 1987; James et al. 1989). Todos estos yacimientos han sido cuestionados y tienen hipótesis alternativas a la presencia de fuego antrópico: termoalteración de las rocas por actividad volcánica (Gadeb); combustión natural de arbustos (Chesowanja); la asociación fortuita del registro arqueológico con el registro termo alterado (Middle Awash); y la dudosa identificación de las alteraciones térmicas del registro faunístico (Swartkrans) (James et al. 1989).

Wonderwerk Cave es uno de los candidatos más robustos para ser el registro más antiguo con una de las evidencias más claras de fuego antrópico. Este yacimiento surafricano tiene una cronología de 1 Ma y a diferencia de otros registros con presencia de fuego se trata de un yacimiento en cueva. En la unidad 10 del yacimiento, el análisis de micromorfología y FTIR permitió identificar acumulaciones de cenizas de plantas. A su vez, el análisis de los huesos a partir de láminas delgadas mostró una combustión de cómo mínimo 500 °C; mientras que los análisis de los huesos con diferentes coloraciones, también reportó evidencias de combustiones a temperaturas de hasta 400 °C, sin documentarse presencia de huesos calcinados (> 700 °C). En el análisis de los sedimentos, los espectros de las arcillas muestran alteraciones térmicas a una temperatura de 400-700 °C. Estos microanálisis del conjunto se combinan con descripciones macroscópicas hechas de los sedimentos y los materiales durante el trabajo de campo y con la identificación de la presencia de fuego

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

antrópicos en la misma unidad (Beaumont 2011). Estas dos escalas de análisis soportarían pues la hipótesis de la presencia de fuegos en el interior de la cavidad, asociados con ocupaciones Achelenses. Los fuegos naturales y la autocombustión de guano quedan descartados por el predominio de las cenizas dentro de la unidad 10 y la ausencia de fosfatos formados a alta temperatura. A diferencia de otras evidencias de fuego, Wondewerk cave muestra acumulaciones de cenizas *in situ* a 30 metros de distancia de la entrada actual (Berna et al. 2012). Las evidencias de Wondewerk cave parecen indiscutibles y posiblemente sea la principal evidencia arqueológica que puede soportar la *cooking hypothesis* de Wrangham (2009).

Fuera de África, concretamente en la orilla del lago Hula (Israel), con una cronología de 790 ka, cabe destacar el yacimiento de Gesher Benot Ya'aqov (GBY), por su magnífica conservación del registro vegetal y donde también se ha atestiguado la presencia de fuego (Goren-Inbar et al. 2002; Alperson-Afil and Goren-Inbar 2010; Melamed et al. 2016). El estudio del registro pirogénico ha llevado consigo el desarrollo de una metodología para la identificación de evidencias de fuego en el yacimiento (Goren-Inbar et al. 2004; Alperson-Afil y Goren-Inbar 2006, 2010; Alperson-Afil 2008, 2012, 2017; Alperson-Afil et al. 2009). El estudio se basa en la premisa que el material quemado (especialmente el material lítico de pequeño tamaño) mantiene su origen espacial y, por lo tanto, su distribución se puede interpretar como evidencia indirecta de la presencia de hogares. Para ello se estudia la distribución espacial del material lítico de sílex quemado y no quemado, separándolo por tamaños (microartefactos  $\leq 2$  cm y macroartefactos  $\geq 2$  cm). La relación espacial del material quemado y no quemado genera clústeres que son interpretados como restos de hogares, llamados "*phantom hearths*", interpretados como evidencias indirectas del uso del fuego por parte de los homínidos que ocuparon este territorio (Alperson-Afil and Goren-Inbar 2010). Estas evidencias no se documentan en una sola unidad, sino que son recurrentes en una secuencia de ca. 100 ka entre el Pleistoceno inferior e inicios del Pleistoceno medio (Goren-Inbar 2000). La secuencia de Gesher Benot Ya'aqov mostraría por primera vez el fuego como una actividad diaria, con las capacidades pirogénicas y de organización de grupo que esto implicaría. Además, los autores identifican una organización de las diferentes actividades alrededor de estos hogares (Alperson-Afil and Goren-Inbar 2010; Alperson-Afil 2017; Alperson-Afil et al. 2017).

A pesar del esfuerzo para argumentar la presencia de fuego en la secuencia de Gesher Benot Ya'aqov, hay autores que no consideran que sea una evidencia inequívoca de fuego antrópico y sugieren la posibilidad de ser el resultado de fuegos naturales, ya que se trata de un yacimiento al aire libre (Berna et al. 2012).

Con una cronología parecida de alrededor de 800 ka pero en el sur de la península ibérica se ha publicado la presencia de elementos alterados térmicamente en el yacimiento de Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar (Walker et al. 2016; Rhodes et al. 2016). Se compone de un conjunto de huesos e industria lítica en sílex localizados en el sondeo realizado en el interior de la cavidad. La caracterización del material como quemado se ha realizado combinando el análisis macroscópico con varias técnicas analíticas, como la termoluminiscencia en el caso del sílex y el FTIR, ESR o SEM en el caso de los huesos. Delante estas evidencias los investigadores son prudentes en la interpretación, considerándolo un evento antrópico de fuego sin hablar ni de control, ni de uso habitual.



### 3.2.2. Las evidencias de uso del fuego en Eurasia durante el Pleistoceno medio

Algunos autores proponen que es en el Pleistoceno medio, y más concretamente entre los 400-300 ka, cuando empiezan aparecer con cierta recurrencia en el registro arqueológico europeo evidencias de fuego (Roebroeks and Villa 2011). Este aumento en los registros demostrarían que en estas cronologías ya se estaría produciendo un uso habitual del fuego por parte de los grupos humanos (Roebroeks y Villa 2011). Si consideramos que el primer poblamiento de Europa se produciría en algo más de 1 Ma (Carbonell et al. 2008), los primeros homínidos que llegaron y ocuparon el continente lo hicieron sin la ventaja del uso del fuego durante como mínimo 600 ka. Esto es lo que indica el registro arqueológico hasta el momento; sólo con la posible excepción del yacimiento de Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar (Walker et al. 2016; Rhodes et al. 2016).

Como ya ocurría con el registro piroarqueológico africano, algunas de las evidencias más antiguas en Europa son fragmentarias y controvertidas, procedentes en muchos casos de excavaciones antiguas. Algunos ejemplos de este tipo de registros serían los yacimientos franceses de St. Estève-Janson (James et al. 1989), Blassac-les-Battants y La Cotte de Saint Brelae (Bates et al. 2013); los yacimiento checos de Prezletice y Stránská Skála I (Valoch 1995); Sandalja Cave I en Croacia (Valoch 1995); los yacimientos ingleses de Swanscombe, Hoxne y Marks Tey (Oakley 1956; James et al. 1989); Vertesszöllös en Hungría (James et al. 1989; Kretzoi and Dobosi 1990); Bilzingsleben en Alemania (Mania and Mania 2005) o Maastricht-Belvédère en Holanda (Roebroeks 1988; Roebroeks et al. 2012) (Fig. 3.2).

En algunos casos nos encontramos con evidencias que presentan problemas de datación, como el yacimiento de Menez-Dregan en la costa Atlántica. Menez-Dregan presenta varias manchas negras que han sido interpretadas como hogares asociadas a carbones y a herramientas quemadas en algunos niveles de la secuencias (Monnier et al. 2016). Las dataciones por ESR propusieron una datación de entre 465-380 Ka, pero las dataciones por TL aportaron una fecha mucho más reciente (Falguères et al. 2008; Monnier et al. 2016).

Uno de los primeros registros que ha sido considerados como evidencias del uso del fuego lo encontramos en Beeches Pit (Inglaterra) con una cronología de 400 ka (Gowlett et al. 2005; Gowlett 2006). Beeches Pit presenta una serie de evidencias indirectas como material lítico y huesos con claras evidencias de calcinación que han llegado a los investigadores a considerar la utilización de estos huesos como combustible (Preece et al. 2006). Pero las evidencias más claras del yacimiento interpretadas como hogares son machas oscuras delimitadas con rubefacciones (Gowlett 2006). La latitud septentrional del yacimiento es lo más interesante puesto que, a pesar de que hay presencia humana en estas latitudes con cronologías más antiguas, en Beeches Pit es la primera vez que estas ocupaciones van acompañadas del uso del fuego.

Gruta de Aroeira con una tecnología achelense y restos humanos asociados presenta uno de los registros de fuegos antrópicos más antiguos del suroeste de Europa (Daura et al. 2017; Sanz et al. 2020). Recientemente se ha publicado las evidencias piroarqueológicas en este yacimiento portugués que con una cronología de 400 ka presenta dos acumulaciones discretas de material quemado formado por huesos, carbones y posibles cantos quemados. La aplicación del análisis de

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

FTIR a los huesos indicaría la presencia de diferentes grados de alteración, incluyendo alteración a alta temperatura por encima de los 650 °C que junto con los resultados de una aproximación multianalítica que ha permitido definir este conjunto como un producto del uso antrópico del fuego (Sanz et al. 2020).

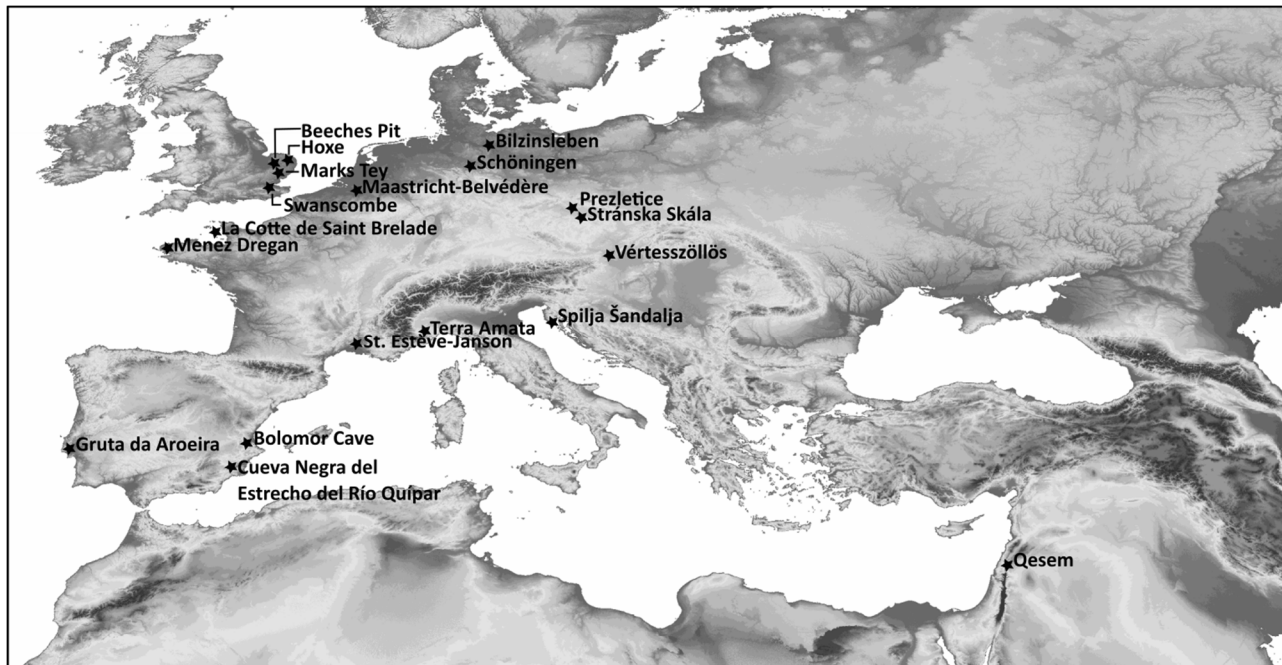


Figura 3.2. Localización de los yacimientos con cronología de Pleistoceno medio mencionados en el texto

El yacimiento de Schöningen ha tenido una vinculación intermitente con el fuego. El yacimiento situado al Norte de Alemania presenta un registro excepcional que documenta el uso y gestión de un amplio abanico de recursos bióticos y abióticos relacionadas con la caza y el trabajo de la madera para la fabricación de herramientas por parte de los últimos *H. heidelbergensis* (Conard et al. 2015). El conjunto de jabalinas, lanzas y palos apuntados fabricados en madera es uno de los más antiguos (ca. 320 ka) y mejor conservados (Schoch et al. 2015; Conard et al. 2020). Uno de estos palos trabajados está quemado, lo que supondría una de las evidencias más antiguas del uso del fuego para el trabajo de objetos (Schoch et al. 2015). Ahora bien, este es un objeto poco recurrente dentro del conjunto de Schöningen y la historia de la investigación sobre el fuego en este yacimiento aún lo hacen más excepcional. La presencia de fuego en Schöningen había sido identificada macroscópicamente durante los trabajos de excavación y publicada como evidencias de uso del fuego (ver referencias en Stahlschmidt et al. 2015). En la unidad 13 II-4 fueron identificados varias estructuras de combustión, que posteriormente y a partir de un estudio multidisciplinar, que incorporaba el uso de FTIR, ha podido demostrar que no se trataban de evidencias de fuego (Stahlschmidt et al. 2015). Los autores hacen una propuesta muy interesante del proceso de análisis de este tipo de evidencias antiguas. Este proceso de valoración del registro del fuego se divide en tres fases: 1) demostrar que las evidencias se han originado o se han visto alteradas por el fuego; 2) demostrar que este fuego tiene un vínculo con una actividad antrópica; 3) evaluar si esta evidencia está relacionada con el uso, el control, el uso habitual del fuego (Stahlschmidt et al. 2015).

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

Los resultados de este estudio han terminado concluyendo que Schöningen no contiene evidencias de control ni uso del fuego, poniendo en duda también el registro de Beeches Pit al no incluir estudios de los sedimentos y centrarse en el análisis macroscópicos de sedimentos y materiales (Stahlschmidt et al. 2015).

Dentro del debate sobre las ocupaciones humanas en zonas frías, Stahlschmidt et al. (2015) proponen que la presencia humana en espacios localizados por encima del paralelo 50° se hubiera podido llevar a cabo sin un control ni uso habitual del fuego. Es bien cierto, que mientras las evidencias de presencia humana en estas latitudes son claras a partir de los 800 ka (Parfitt et al. 2010), el registro pirogénico está escasamente documentado, ya sea por factores tafonómicos o por un factor comportamental por parte de los grupos humanos. Otros autores piensan que la ocupación de estos nuevos espacios al Norte de Europa requieren el uso del fuego para la supervivencia de los grupos humanos y defienden un problema en la identificación del registro pirogénico en cronologías antiguas (Gowlett 2006).

El yacimiento de Zhoukoudian (China) tiene una historia parecida a la Schöningen, con una constante controversia en relación con el uso o no del fuego por parte del *H. erectus pekinensis*. Los primeros estudios se realizaron en los años 20' y 30', cuando se publicó el control del fuego en diferentes unidades de la Localidad 1 de Zhoukoudian, con una cronología de 460 ka para la capa 10; y 300 ka para la capa 4 (Gao et al. 2017). El registro relacionado con la presencia de fuego estaba formado por huesos y rocas quemadas así como semillas de *Celtis*, carbones y cenizas (Black 1926). Desde ese momento, Zhoukoudian pasó a ser una de las evidencias más antiguas no sólo del uso sino también del control del fuego, según la interpretación de los mismos autores (Black 1926).

Esto fue así hasta la revisión del material y las evidencias por parte de Binford et al. (1985), que cuestionó la interpretación general del yacimiento, la asociación entre materiales y las evidencias de cenizas. Binford et al. (1985, 1986) descartó la fuerte presencia de animales en la formación del conjunto y un posible uso del fuego por parte de *H. erectus pekinensis*.

El primer análisis microarqueológico de los materiales y sedimento llegó a finales de los años 90'. Este nuevo estudio, descartó la presencia de ceniza en la capa 10 y 4, pero identificó mediante FTIR la presencia de macro y microfauna quemados, en porcentajes parecidos a los identificados en yacimientos con claro uso de fuego como Hayonim o Kebara (Weiner et al. 1998). La ausencia de cenizas y de hogares *in situ* llevó a considerar estos huesos evidencias dudosas, puesto que los huesos quemados muy posiblemente fueron arrastrados desde el exterior (Weiner et al. 1998; Goldberg et al. 2001). La atestiguación del uso del fuego en el yacimiento de Zhoukoudian parecía descartado.

Recientemente, un equipo chino ha re-excavado parte de la localidad 1 en la sección este, reabriendo el debate sobre la presencia de fuego en este yacimiento. Para este equipo, que aún no ha alcanzado las unidades más antiguas (capa 10), pero si una de las capas que formó parte de este debate (la capa 4), la presencia de fuego es clara. En esta capa han encontrado varias evidencias del uso del fuego, algunas tan claras como áreas rubefactadas, huesos y calizas quemadas (Gao et al. 2017). Experimentalmente también han intentado demostrar que la madera

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

utilizada generaría porcentajes muy bajos de agregados de silicio, todo ello para rebatir los trabajos previos de Weiner et al. (1998) y Goldberg et al. (2001) y concluir que si hay elementos suficientes para poder hablar de un uso y mantenimiento del fuego en las parte de la secuencia estudiada hasta el momento (Gao et al. 2017).

Terra Amata en Niza (Francia) es otro yacimiento altamente referenciado como una evidencia de uso de fuego (James et al. 1989; de Lumley 2006; Roebroeks and Villa 2011; Hlubik et al. 2017; Lumley 2017), con una cronología de 380 ka (Falguères et al. 1988). El registro del fuego documentado en este yacimiento se basa en la identificación de diferentes hogares, carbones de *Pinus sylvestris*, así como conchas e industria lítica quemadas (de Lumley 1969). La interpretación inicial incluía una cabaña en el centro del yacimiento en la cual se localizaría un hogar, y aunque esta propuesta fue más tarde descartada, no pasó lo mismo con el registro de fuego identificado.

La secuencia de Cova de Bolomor con una cronología de entre ca. 350 y 100 ka, contiene varios niveles con presencia de hogares. La unidad más antigua con presencia de fuego es la XIII, datada alrededor de los 228 ka, siendo una de las evidencias más clara de la península ibérica y del sur de Europa (Fernández Peris et al. 2012). En otras unidades como la II, IV and XI también se han identificado estructuras de combustión. En toda la secuencia, los hogares tienen morfologías simples, no se encuentran sobreimpuestos y son planos. En la unidad más antigua con presencia de fuegos de la secuencia, se han podido documentar dos hogares de unos 5-8 cm de potencia que forman parte de la misma ocupación. El primero de los hogares presenta internamente 3 facies internas, una facies de calcinación en el techo, una facies carbonosa en el medio y una facies enrojecida de intensidad variable en la base. El segundo de los hogares presenta una morfología más difusa y presenta las mismas fases que el anterior, pero en menor dispersión vertical (Fernández Peris et al. 2012; Vidal-Matutano et al. 2019). La micromorfología de estos dos hogares ha podido confirmar la descripción de las facies y la identificación de cenizas en forma de cristales pseudomorfos de calcita con presencia de materia orgánica.

Estos dos hogares son una evidencia clara de hogares estructurado con presencia de cenizas y de las otras facies que acostumbran a acompañar la combustión *in situ*, capa carbonosa y rubefacción. La identificación se ha hecho mediante dos escalas de análisis diferentes, la macro y la micro, descartando posibles procesos post-deposicionales y la incidencia de posibles fuegos naturales. En relación con la ocupación humana, los hogares de toda la secuencia están relacionados con ocupaciones de corta duración, con pocos hogares por unidad, no muy grandes (< 1 m) y con ausencia de recurrencia en la combustión (mono-fases).

En el área de Levante, el uso del fuego se documenta de forma esporádica en la parte baja de la secuencia de Quesem cave con cronologías de más de 300 ka (Karkanas et al. 2007). Ahora bien, no es hasta el contacto entre la parte inferior y superior de la secuencia, datada en 300 ka, donde se identifica por primera vez un uso habitual del fuego a partir de un hogar central con varias reutilizaciones (Shahack-Gross et al. 2014). Éste se caracteriza por tener una superficie de aproximadamente 4 m<sup>2</sup>, con una estratigrafía interna con cuatro facies diferentes, en una potencia de uno 40 cm (Shahack-Gross et al. 2014). El registro pirogénico de Qesem está ampliamente aceptado como uno de los más antiguos con evidencias claras de uso reiterado del fuego (Meignen

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

et al. 2000; Goren-Inbar et al. 2002; Berna and Goldberg 2007; Roebroeks and Villa 2011; Goldberg et al. 2017; Hlubik et al. 2017; Sandgathe and Berna 2017), con una función estrechamente relacionada con el asado y cocinado de animales (Blasco et al. 2014, 2019; Barkai et al. 2017).

Una combinación de micromorfología de suelos, FTIR y fitolitos es la que ha permitido identificar el uso habitual del fuego en este yacimiento (Shahack-Gross et al. 2014). En este caso, tanto los fitolitos como los FTIR mostraron resultados negativos. La calcita presentaba un origen geogénico, posiblemente fruto de la recristalización, y la arcilla no estaba alterada térmicamente. Además, las concentraciones de fitolitos eran muy bajas. La identificación de la combustión fue posible a partir del uso de micro-FTIR aplicado a los huesos, que mostró una alteración por encima de los 500 °C. Por otra parte, la micromorfología permitió identificar cenizas de madera *in situ* en las capas blancas-grises identificadas macroscópicamente. Las capas marrones oscuras intercaladas entre las grises claro presentaban características parecidas, pero con una presencia inferior de cenizas y huesos quemados. La superposición de estas capas en un espacio concreto del yacimiento fue lo que permitió proponer a los autores una repetición en la utilización de un espacio central relacionado con uso habitual del fuego, en como mínimo dos ciclos diferentes de uso. Cada uno de estos ciclos muestra internamente microlaminaciones indicativas de episodios consecutivos de uso del fuego. La utilización de un mismo espacio para un mismo propósito, junto con la abundancia del registro lítico llevó a los autores a plantear una ocupación recurrente por parte de un grupo numeroso con una percepción clara del espacio y su organización (Speth 2012).

Durante el Pleistoceno medio las evidencias del fuego están presentes en el registro arqueológico, pero considerando la dinámica general parece difícil poder hablar de uso habitual del fuego. Muchos de los registros continúan siendo revisados e reinterpretados como es el caso de Zhoukoudian o Schöninguen.

Roebroeks y Villa (2011) propusieron que el uso habitual del fuego en Europa aparece alrededor de los 300-400 ka. Pero en su propuesta se basan en generar una base de datos con todos los yacimientos con presencia de fuego clasificados por Estadios Isotópicos Marinos (MIS), sin detenerse a evaluar la calidad y la naturaleza de la evidencia, ni en el rango temporal en que se documenta estas. Es decir, acaban generando una propuesta generalista basada en el criterio de presencia o ausencia de fuego en un yacimiento. En esta propuesta confieren el mismo valor a las evidencias de una secuencia continua, clara y directa de fuego como a un yacimiento con una evidencia puntual, dudosa e indirecta (Roebroeks and Villa 2011).

Hay numerosas secuencias en cueva y abrigo del Pleistoceno medio en que la ausencia de fuego es total, como es el caso de la secuencia de la Gran Dolina de Atapuerca (Allué et al. 2015; Rosell et al. 2017), Caune de l'Arago (de Lumley 2006; Barsky et al. 2019) o Visogliano rockshelter (Falguères et al. 2008). En secuencias como la de Gran Dolina o Caune de l'Arago, la ausencia de fuego es clara y no puede relacionarse con problemas estratigráficos, puesto que se han excavado en extensión y tiene detrás equipos multidisciplinares trabajando en ellos.

El número de yacimientos con cronologías de entre 300 y 400 ka con presencia de uso de fuego no genera una recurrencia suficiente en el registro, para situar en este rango cronológico el uso habitual del fuego. Las evidencias claras (como en el nivel XVII de Bolomor) son poco frecuentes

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

(solamente dos hogares) y con una cronología más reciente (230 ka). Solamente el yacimiento de Qesem presenta un uso habitual del fuego claro, aunque responde a una dinámica humana muy específica como son los conjuntos Acheulo-Yabrudenses del Levante. Estos conjuntos presentan novedades en relación a los conjuntos Achelenses adscritos a *Homo erectus* y entre ellas se encuentra el uso habitual del fuego (Speth 2012; Barkai and Gopher 2013).

Por lo tanto, si entendemos como uso habitual del fuego la recurrencia de evidencias de fuego en el registro en un espacio-tiempo determinado, la mayor parte del Pleistoceno medio euroasiática con sus diferentes homínidos (*H. erectus*, *H. heidelbergensis*, *H. antecesor*) no utilizaron de forma habitual el fuego, así como muestra el registro arqueológico reseñado hasta el momento. Esto abre otras preguntas interesantes en relación con la subsistencia y ocupación de nuevos entornos ecológicos, como podría ser el continente asiático por parte de *H. erectus*. También en Europa sería interesante ver como estos homínidos ocuparon espacios por encima del paralelo 45° en cronologías muy antiguas, sin que de momento haya aparecido un registro pirogénico asociado a la ocupación de estos entornos de alta rigurosidad climática. La revisión aquí presentada parece indicar que la gestión y uso del fuego no se documenta en las secuencias de forma clara y continuas durante el Pleistoceno medio, puesto que tanto temporal como espacialmente las evidencias del uso de fuego no presentan una suficiente recurrencia en el registro.

#### **3.2.3. Consolidación de la tecnología del fuego por parte de los grupos cazadores y recolectores europeos**

La consolidación de la tecnología del fuego es un hito evolutivo semejante a la fabricación de herramientas por parte del género *Homo*. Conocer "cuando" y "donde" apareció la tecnología del fuego es un debate aún abierto, que a diferencia del inicio de la tecnología lítica datada en 3.3 Ma (Harmand et al. 2015), está aún por resolver. Es, por lo tanto, uno de los grandes debates que queda pendiente en la comprensión tecnológica del género *Homo*.

A pesar de que existen trabajos antiguos que ya abordaban esta problemática desde una perspectiva regional y diacrónica (Oakley 1956; Heizer 1963; Perlès 1977; Laloy and Massard 1984; Clark and Harris 1985a; Barbetti 1986; James et al. 1989; Olive and Taborin 1989), es recientemente cuando el uso y gestión del fuego por parte de los grupos humanos ha vuelto a ser foco de controversia entre los investigadores (Roebroeks and Villa 2011; Sandgathe et al. 2011a; Gowlett and Wrangham 2013; Sorensen et al. 2014; Gowlett 2016; Hlubik et al. 2017, 2019; Dibble et al. 2018).

En el panorama europeo, se ha debatido mucho sobre el uso habitual del fuego y las capacidades pirotecnológicas de los grupos humanos del Pleistoceno medio y superior. Un punto de partida del debate lo podemos encontrar en la publicación de Roebroeks and Villa (2011), donde proponían una primera hipótesis cronológica, fijando los parámetros en que se ha movido este debate. De este primer trabajo, se desprende que hay tres etapas diferenciadas en que el registro arqueológico muestra una vinculación diferente entre el fuego y los grupos humanos. Para establecer estos tres momentos los autores se basan en una revisión bibliográfica de todas las evidencias de fuego del registro arqueológico, clasificándolas en un marco cronológico amplio

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

como son los estadios isotópicos marinos. Para evaluar la confianza del registro propusieron una valoración numérica del 0 al 3, en que 0 es la ausencia de evidencia y 3 una evidencia clara.

La primera etapa que propone el artículo es aquella que se inicia con las primeras ocupaciones humanas ca. 1.1-1.2 Ma (Carbonell et al. 2008) hasta los ca. 400 ka, un período aproximado de 700 ka años en que los grupos humanos europeos no utilizarían el fuego, ni en las ocupaciones más al norte del continente (Roebroeks and Villa 2011). La segunda etapa estaría vinculada con el uso habitual del fuego, que se iniciaría entre los 400 ka y los 300 ka. Para Roebroeks y Villa (2011) en estas cronologías ya habría suficientes evidencias piroarqueológicas que apuntarían a un uso habitual del fuego, sin que esto implique que en esta etapa los homínidos tuvieran la capacidad de producirlo. Parece claro que a la luz de las evidencias que tenemos hasta ahora el registro no es suficientemente sólido para hablar de uso habitual por parte de los grupos humanos del Pleistoceno medio europeo. Las evidencias son poco claras, en la mayoría de los casos indirectas (huesos e industria alterada térmicamente) y no todos los yacimientos tienen cronologías claras ni presentan trabajos que estudien en profundidad los procesos de formación y las alteraciones tafonómicas.

La última etapa definida por Roebroeks and Villa (2011) coincidiría con la segunda mitad del Pleistoceno medio con un aumento de yacimientos asociados al Paleolítico medio con registros cada vez más claros de evidencias de fuego, desde el MIS 5 hasta el MIS 3 (ca. 132-24 ka). Estos registros indicarían según los autores que los Neandertales consolidarían la pirotecnología entre sus capacidades tecnológicas. Para Roebroeks and Villa (2011), las capacidades pirotecnológicas de los Neandertales fueron iguales a las desarrolladas por *Homo sapiens*. Incluso, llegan a considerar que algunas capacidades tecnológicas complejas como el tratamiento térmico de materiales podrían estar asociado a los Neandertales Europeos (Mazza et al. 2006) en vez de a evidencias asociadas a *Homo sapiens* identificadas en yacimientos surafricanos (Brown et al. 2009).

La respuesta a este artículo no tardó en llegar de la mano de Sandgathe et al. (2011a, 2011b) criticando la calidad de muchas de las evidencias en que se fundamentaba la propuesta de Roebroeks y Villa (2011). Criticaban también la agrupación en estadios isotópicos de las evidencias de fuego del registro, puesto que los autores lo hacían sin tener en cuenta la calidad de los indicios, siendo los yacimientos de cronologías más antiguas los que presentarían un registro poco claro a causa de procesos tafonómicos y de conservación. En esta misma línea, criticaban también que no cuantificaran mejor que proporción de un yacimiento presentaba evidencias de fuego, ya que en el artículo se tomaba todo el yacimiento como unidad. Los autores proponían utilizar la ocupación como un elemento más específico para valorar temporalmente las evidencias de fuego, y obtener así una visión más global de la presencia real del uso del fuego en el registro europeo.

La idea que defiende Sandgathe et al. (2011a, 2011b) y que después defenderán en otros artículos (Dibble et al. 2017, 2018a) consiste en que los yacimientos de Pech de l'Azé IV y Roc de Marsal en la Dordoña francesa sólo presentan evidencias de fuego en los episodios cálidos; mientras que en las ocupaciones vinculadas con momentos fríos el registro piroarqueológico está ausente. Esto indicaría que los Neandertales del suroeste de Francia no tendrían la capacidad técnica para producir fuego, puesto que si así fuera habría más evidencias en yacimientos del Paleolítico medio,

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

y especialmente en los que se correlacionan con momentos fríos. Por tanto, no dudaban de las capacidades de utilizar fuego por parte de los grupos Neandertales, pero si su capacidad de producirlo, considerando que lo más plausible es pensar que dependerían de los fuegos naturales provocados por los rayos, que son más habituales en los momentos cálidos y secos. Por este motivo, consideran que en los yacimientos estudiados por Sandgathe y colegas la dinámica de ausencia/presencia del fuego según el momento climático de la ocupación sería indicativo de la ausencia de capacidades pirotecnológica por parte de los Neandertales del sur-oeste de Francia (Sandgathe et al. 2011a, a; Dibble et al. 2017, 2018a).

La propuesta de la dependencia de los Neandertales hacia los fuegos naturales para su uso doméstico (Sandgathe et al. 2011b, a; Dibble et al. 2017, 2018a), fue rebatida por Sorensen (2017), quien contraargumentó cada una de las ideas planteadas con nuevos registros, datos actuales y experimentales. Además Sorensen se centró en localizar en el registro arqueológico las evidencias directamente vinculadas a la producción del fuego por parte de los Neandertales (Sorensen et al. 2014, 2018). Sorensen (2017) plantea que una mayor presencia de rayos no está directamente relacionada con la formación de incendios; observa como la señal de microcarbones en *cores* marinos no disminuye significativamente en eventos estadales fríos y muestra registros arqueológicos con dinámicas opuestas, con la presencia de fuego en momentos fríos y una disminución del registro piroarqueológico en momentos cálidos. También contrargumenta algunas ideas relacionadas con la estacionalidad y las dinámicas de la ocupación, la disponibilidad del combustible en el entorno, la preservación del registro o aspectos relacionados con la excavación y el muestreo (Sorensen 2017).

Más allá de la discusión concreta generada por estos y otros autores, sobre las capacidades pirotecnológicas de los Neandertales, el registro piroarqueológico vinculado con las ocupaciones Neandertales es claro y abundante en muchos yacimientos europeos. Ahorabien, diferenciar entre el uso habitual y la producción del fuego no es fácil; y la mera recurrencia y abundancia del registro piroarqueológico puede no ser suficiente para poder hablar de producción, es decir, de pirotecnología. Considerando una revisión más estricta de la interpretación del registro piroarqueológico, el uso habitual o la producción puede cambiar si se consiguen documentar las evidencias directas de la producción. Por lo tanto, el registro de la producción del fuego es uno de los elementos clave para identificar la capacidad pirotecnológica de los Neandertales, pero a la vez su identificación en el registro entraña una gran dificultad.

La producción del fuego se basa en dos técnicas principales: la producción por fricción entre dos maderas o la producción por percusión entre dos materiales líticos (Perlès 1977; Collina-Girard 1998). La producción por fricción es difícil de documentar en el registro, dada la naturaleza orgánica de los elementos que la componen, y no ha sido identificada nunca en el registro arqueológico Paleolítico. La producción por percusión tiene más posibilidades de documentarse en el registro lítico. Aún así, ha sido un elemento al que se ha prestado poca atención y los pocos trabajos existentes han sido publicados recientemente (Roussel 2005; Sorensen et al. 2014, 2018).

Acorde con Sorensen et al. (2014) la producción de fuego mediante percusión estaría compuesta por dos elementos, uno pasivo, posiblemente de sílex, y otro activo, compuesto por algún mineral



### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

rico en sulfuro de hierro, como la marcasita o la pirita ( $\text{FeS}_2$ ). En el registro arqueológico, la presencia de restos de minerales de sulfuro de hierro es escasa, siendo aún más escasas las evidencias de haber sido utilizados para la producción de fuego por percusión (Sorensen et al. 2014). La presencia de estos minerales en contextos Paleolíticos es poco habitual, incluso en cronologías de Paleolítico superior, en que se asume que los grupos humanos tienen un completo control de la pirotecnología. Su presencia puntual en el registro con evidencias claras de uso no aparece hasta el Paleolítico superior final (Sorensen et al. 2014). Posiblemente, procesos corrosivos capaces de descomponer la pirita y la marcasita cuando entran en contacto con la humedad del aire (Larkin 2011; Leduc et al. 2012) podrían explicar la ausencia en el registro Paleolítico (Sorensen et al. 2018).

Las trazas de percusión que pueden quedar del uso de instrumentos líticos de sílex para la producción de fuego, ha sido un fenómeno poco estudiado en los contextos paleolíticos, hasta hace pocos años. En el registro no se había llegado a identificar trazas que macroscópicamente se pudiesen vincular con la producción del fuego. Además, cabría la posibilidad que hasta bien entrado el Paleolítico Superior no existieran herramientas líticas especializadas que se utilizaran como pedernal. Por lo tanto, un uso expeditivo y ocasional del instrumento activo o pasivo en la producción de fuego por percusión, aún dificultaría más la identificación de este tipo de trazas por la falta de recurrencia en el uso (Sorensen et al. 2014).

No obstante, mediante la utilización de referentes experimentales, Sorensen et al. (2018) pudo caracterizar un tipo de traza de uso vinculadas al golpeo de las superficies de sílex con minerales ricos en sulfuro de hierro para la producción de fuego. La aplicación de los resultados experimentales en más de 20 yacimientos musterienses franceses facilitó la identificación en el registro de estas trazas vinculadas a la producción del fuego. Sin embargo, en todos estos yacimientos solamente unas 20 piezas bifaciales presentaban estas marcas de uso vinculadas con la producción del fuego, y un gran número de yacimientos con resultados negativos (Sorensen et al. 2014, 2018).

La identificación de estas trazas de uso vinculadas a la producción del fuego por percusión, junto con otros pequeños conjuntos interpretados con la misma funcionalidad (Rots 2001, 2011), demostrarían la producción de fuego por parte de los Neandertales en diferentes yacimientos franceses (Sorensen et al. 2018). A su vez, la extendida ausencia en yacimientos con abundante registro piroarqueológico demostraría la alta complejidad que implica identificar esta práctica en el registro arqueológico, tanta en contextos asociados a Neandertales como a grupos de humanos a los que se les atribuye plenas capacidades pirotecnológicas, como los grupos cazadores-recolectores del Paleolítico superior. La falta de recurrencia en la producción del fuego en forma de *tool-kit* y los procesos tafonómicos que afectan a los minerales ferruginosos parecen ser las principales causas de la dificultad de identificar la pirotecnología, dejando sin respuesta clara el cuándo y el dónde aparecen las primeras capacidades pirotecnológicas durante la prehistoria.

Dada la escasez del registro vinculado a la producción, queda repasar el registro piroarqueológico como evidencia directa del uso del fuego, aunque sea más difícil de vincularlo a la producción de éste. En los últimos tiempos han aparecido nuevas y mejores aproximaciones y se ha prestado una

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

mayor atención al registro piroarqueológico, permitiendo avanzar notablemente en el conocimiento que tenemos de la tecnología del fuego entre los grupos de cazadores-recolectores del Paleolítico. A continuación, se presentan algunos de los registros europeos más destacados para entender la importancia del registro piroarqueológico asociado a los Neandertales (Fig. 3.3)

En el yacimiento de Lusakert Cave se desarrolló una aproximación novedosa al registro piroarqueológico, con un alta capacidad de discernir entre fuegos antrópicos y naturales (Brittingham et al. 2019). Con una cronología de ca. 60-40 ka, este yacimiento presenta estructuras de combustión, carbones y huesos quemados. En la secuencia se aplicó una aproximación basada en la abundancia de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP). Estos compuestos se producen durante la combustión y según el número de anillos que los componen son una señal de incendios forestales (HAP ligeros) o de combustión local (HAP pesados). En el análisis de la secuencia, se pudo correlacionar la presencia de cada tipo de compuesto con la dinámica de la ocupación humana y las dinámicas paleoambientales de la región. Esto permitió observar que no había una correlación entre los incendios naturales marcados por los HAP ligeros y los HAP pesados vinculados al uso del fuego en la cavidad, y que éstos últimos estaban correlacionados con las ocupaciones Neandertales del yacimiento. Esto llevó a Brittingham et al. (2019) a proponer que los Neandertales dispusieran de plenas capacidades pirotecnológicas en la región del Cáucaso, al no coincidir la dinámica antrópica con la dinámica de fuegos naturales.

Considerando la idea de Sandgathe et al. (2011a) de que esta capacidad pirotecnológica podría presentar variables regionales dentro de las poblaciones Neandertales, se puede afirmar que el trabajo de Brittingham et al. (2019) identificaría en el yacimiento de Lusakert Cave un grupo con capacidades pirotecnológicas. Estos resultados nos podrían estar indicando la existencia de dinámicas regionales en las capacidades pirotecnológicas de los Neandertales.

En la Península griega y las Islas del Egeo, se hallan una serie de yacimientos clave que para adquirir una visión global del registro piroarqueológico durante el Paleolítico medio en esta región (Tourloukis and Harvati 2018). El Paleolítico medio es el período mejor representado en las secuencias griegas, con más de 240 yacimientos. No obstante, solamente cinco yacimientos en cueva presentan una secuencia suficientemente potente, bien datada y con cierto grado de registro piroarqueológico: Asprochaliko, Theopetra, Kalamakia, Lakonis y Klissoura (Tourloukis and Harvati 2018).

Theopetra cave, situada en la región de Tesalia, es una de las secuencias más largas y mejor estudiadas hasta el momento, con ocupaciones que abarcan los últimos 130 ka, desde el Paleolítico medio y superior hasta la transición Mesolítico-Neolítico. Las ocupaciones adscritas al Paleolítico medio abarcan del MIS 6/5e hasta el MIS3 (Karkanas et al. 2015). Las unidades arqueológicas (II2, II4, II6, II11) están formados por potentes y complejos horizontes de combustión con subcapas superpuesta de color blanquecino, rojizo, negruzco y grisáceo (Tsartsidou et al. 2015; Karkanas et al. 2015). Las secuencias de combustión identificadas fueron el resultado de diferentes episodios en que los grupos humanos realizaron hogares planos generando laminaciones horizontales de cenizas sin ningún elemento definitorio (Tsartsidou et al. 2015). Los análisis de fitolitos realizados permitieron comparar los conjuntos documentados en los niveles antrópicos y los documentados

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

en las unidades geológicas, indicando el origen antrópico de las unidades con abundantes estructuras de combustión (Tsartsidou et al. 2015). El registro antracológico de la secuencia han permitido hacer una reconstrucción del entorno vegetal y ambiental, observando como las ocupaciones de mayor intensidad corresponderían con momentos de bonanza climática. En los momentos asociados a condiciones climática más frías, las ocupaciones en la cavidad serían inexistentes (Ntinou and Kyparissi-Apostolika 2016). Los procesos postdeposicionales de carácter mecánico y químico han sido bien estudiados en este yacimiento, puesto que los procesos acaecidos son complejos, con variaciones laterales y verticales (Karkanas et al. 1999, 2000; Karkanas 2001). Sin embargo, los fitolitos de las estructuras de combustión presentan una relativa buena conservación (Karkanas 2001; Tsartsidou et al. 2015).

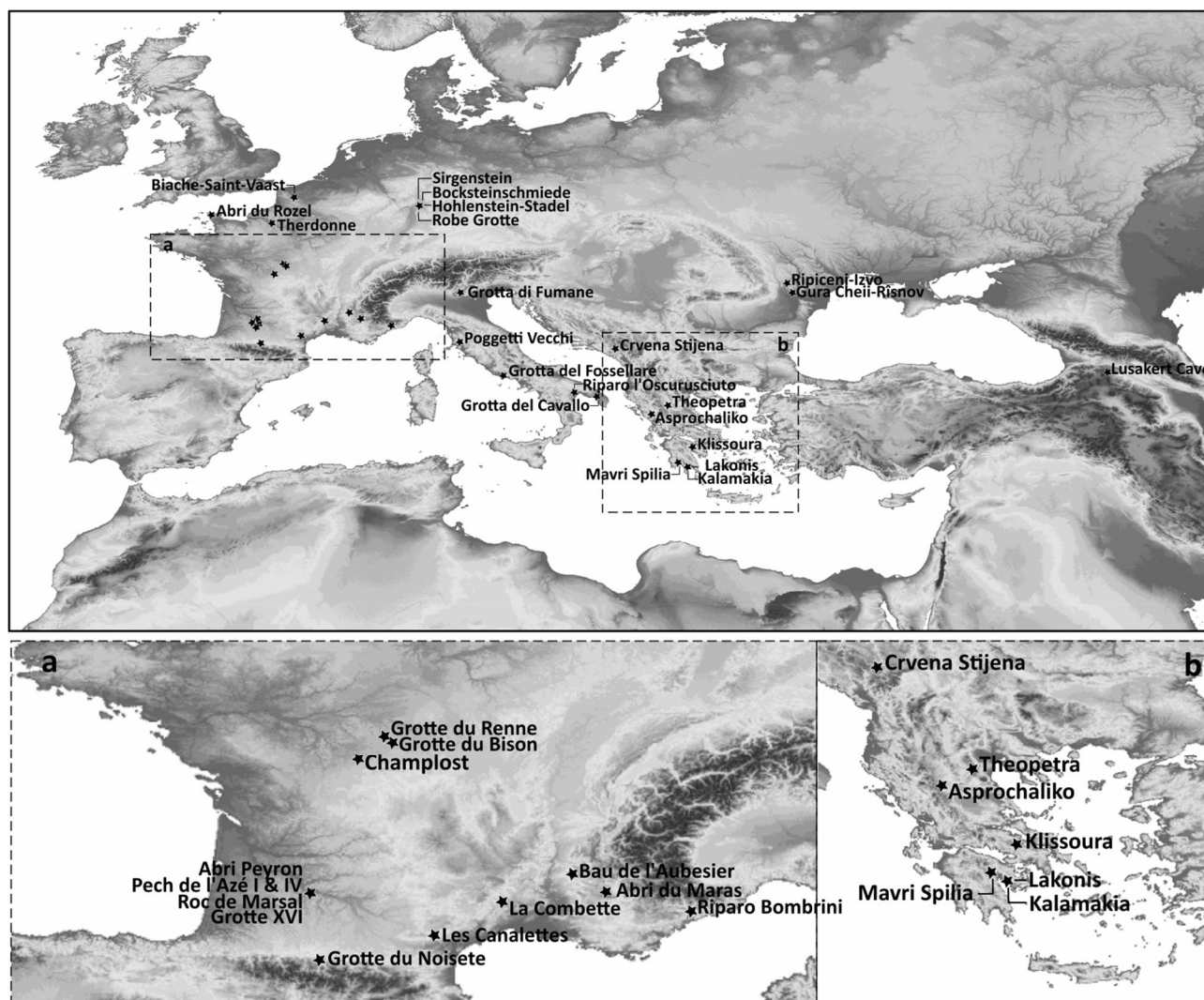


Figura 3.3. Localización de los yacimientos de Paleolítico medio mencionados en el texto

Klisoura Cave es la otra gran secuencia griega, localizada en la península del Peloponeso, con una secuencia que abarca desde el Paleolítico medio hasta el Mesolítico (Koumouzelis et al. 2001; Karkanas 2010). La parte de la secuencia musteriense está menos estudiada, con una escasa batería de dataciones por C14, que solamente nos pueden situar en un momento entre los 49 y los 60 ka (Khun et al. 2011; Starkovich 2012). Los sedimentos de los niveles de Paleolítico medio tienen un aporte natural, a diferencia de las unidades adscritas al Paleolítico superior y formadas

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

principalmente por un aporte antrópico (Karkanas 2010). Existen algunas referencias a varias estructuras de combustión, con presencia de cenizas y carbones, pero de momento no hay trabajos específicos publicados (Koumouzelis et al. 2001; Karkanas 2010)

Al sur de la península del Peloponeso, se encuentran los yacimientos de Kalamakia, Lakonis y Mavri Spilia, con ocupaciones adscritas al Paleolítico medio (Darlás 2007; Tourloukis and Harvati 2018). Kalamakia es una cueva con una secuencia de más de 7 metros de potencia, que cronológicamente abarca de los 100 a los 40 ka, y donde se documentaron restos humanos adscritos a *Homo neanderthalensis* (De Lumley et al. 1994; Harvati et al. 2013). En la unidad IV, en el techo de la secuencia y con una datación cercana a los 40 ka se documentaron restos de cenizas y carbones interpretados como un hogar (De Lumley et al. 1994; Darlás and De Lumley 2003).

A pocos kilómetros de distancia, se localiza el yacimiento de Lakonis con una cronología similar a Kalamakia (100-40 ka) y también con restos humanos (Harvati et al. 2003). En la ocupación más reciente de este yacimiento, se documentaron dos secuencias de hogares superpuestos (ca. 40 ka cal BP) (Elefanti et al. 2008). Estas secuencias corresponderían a episodios de combustión prolongados y repetitivos, con una buena conservación de las cenizas y de fragmentos vegetales, indicando la buena conservación de las estructuras (Panagopoulou et al. 2004; Elefanti et al. 2008).

En la misma región que Kalamakia y Lakonis, recientemente se ha documentado una nueva secuencia arqueológica, Mavri Spilia, adscrita por su industria lítica al Paleolítico medio, pero sin una datación directa por el momento (Garefalakis et al. 2018). En esta cueva, se han identificado restos de huesos asociados a restos de hogares (Tourloukis and Harvati 2018; Garefalakis et al. 2018).

Por lo que respecta a la península Itálica, hay dos yacimientos destacados en el estudio y comprensión del uso y gestión del fuego por parte de los Neandertales, puesto que disponen de un registro bien conservado, así como varios trabajos publicados al respecto. Se tratan de los yacimientos de la Grotta di Fumane al norte y Ripparo l'Oscurusciuto al sur. En otros yacimientos, como Riparo Bambini, Grotta del Fossellone, Grotta del Cavallo o Poggetti Vecchi, también se han descrito hogares o evidencias de uso del fuego en sus secuencias musterienenses.

Ripparo l'Oscurusciuto es una abrigo con ocupaciones del Paleolítico medio datadas entre los 42 y los 55 ka (Spagnolo et al. 2016; Boscato and Ronchitelli 2017). En diferentes subunidades de la secuencia arqueológica, se han podido identificar varias estructuras de combustión, de diferente tamaño y con una buena preservación (Spagnolo et al. 2019). La unidad estratigráfica más interesante es la SU 13 con 9 estructuras de pequeño tamaño (20-30cm) y una de mayor tamaño parcialmente cortada por la vertiente (Spagnolo et al. 2016, 2019). El análisis espacial, combinado con una aproximación microarqueológica (FTIR, micromorfología y fitolitos), ha permitido identificar la distribución lineal y en paralelo a la pared de los hogares, generando una estructuración de las actividades de los grupos Neandertales que ocuparon el abrigo (Spagnolo et al. 2016, 2019; Boscato and Ronchitelli 2017). Estos hogares separan una zona exterior, con abundante material arqueológico, de una interior, donde hay una sustancial reducción de las evidencias de ocupación. Esta unidad ha sido definida como un corto palimpsesto, donde se ha podido aislar un evento de ocupación, y el estudio espacial ha podido identificar una área

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

dormitorio (*sleeping area*) entre la línea de hogares y la pared del abrigo (Spagnolo et al. 2016, 2019). Estos mismos hogares, también delimitan el espacio exterior, donde las actividades mayoritariamente documentadas hacen referencia a la talla lítica y al procesado de restos faunísticos. Riparo l'Oscurusciuto es un buen ejemplo en la comprensión de la ocupación de los espacios de hábitat entre los grupos Neandertales, ya que muestra como la estructuración de las diferentes actividades y uso del espacio estaban estrechamente vinculados a las estructuras de combustión como un elemento central en la organización de la ocupación.

La Grotta di Fumane es otro de los yacimientos con evidencias claras de fuego en niveles de Paleolítico medio. Las unidades A5 y A6 son las que presentan un mayor número de estructuras de combustión, correspondientes al Paleolítico medio final (44-43 ka) (Peresani et al. 2008). En la mayoría de los casos, se trata de estructuras planas, de poca potencia y distribuidas por las diferentes zonas de la ocupación sin un patrón concreto. La estructura interna de los hogares está generalmente formada por la capa carbonosa y, ocasionalmente, se identifica la presencia de rubefacciones en la base. En algunas estructuras pequeñas se conservan además capas cenicientas de poca potencia. Para la unidad A6, están disponibles los resultados de micromorfología, y para el resto de unidades hay estudios antracológicos que muestran un dominio de *Picea/Larix* como combustible (Peresani et al. 2011). Para la unidad A9 (47 ka) también está reseñada la identificación de 50 estructuras de combustión, algunas de ellas presentan superposición, están asociadas a áreas *toss* y la mayoría de ellas se encuentran localizadas en la entrada de la cavidad. No hay un trabajo descriptivo ni analítico sobre estas estructuras, pero se dispone de un trabajo antracológico, que apunta un dominio de la vegetación asociada a un clima frío con una alta presencia de taxones como *Larix/Picea* (Basile et al. 2014).

Al noroeste de Italia, el yacimiento de Riparo Bombrini, con una secuencia de transición Paleolítico medior-superior, presenta evidencias de estructuras de combustión (Holt et al. 2019). En la unidad IV, donde se documentan las ocupaciones Neandertales y con una datación de Paleolítico medio final (ca. 42 ka), se han identificado evidencias asociadas a trazas de combustión (Douka et al. 2012; Holt et al. 2019). Los hogares identificados son discretas concentraciones de sedimentos alterados, ricos en carbones e interpretados como "*informal hearths*", puesto que no presentan una preparación. La localización de los hogares y el hecho que su presencia en la secuencia coincida con los campamentos interpretados como campos base logísticos, llevó a sugerir a los autores que estos estructurarían la ocupación y generarían un espacio interpretado como área dormitorio (Riel-Salvatore et al. 2013).

Otros yacimientos con dataciones de Paleolítico medio final donde aparecen reseñadas la presencia de estructuras de combustión son Grotta del Fossellone y Grotta del Cavallo. Las diferentes unidades identificadas en Grotta del Fossellone presentan de forma continua la presencia de estructuras de combustión en la entrada de la cavidad, alguna de ellas de varios centímetros de potencia, fruto de la recurrencia en su uso. En las unidades más antiguas (F27-F25) se llega a describir como la matriz sedimentaria está constituida principalmente por cenizas (Vitagliano and Bruno 2012). En Grotta del Cavallo, en las diferentes unidades musterienenses hay reseñadas la presencia de estructuras de combustión (Zanchetta et al. 2018), sin que haya una descripción más exhaustiva ni un análisis más profundo de ellas.

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

Finalmente, hay que destacar para el contexto italiano el yacimiento Poggetti Vecchi, que con una cronología de ca. 171 ka, presenta evidencias indirectas de fuego. Este yacimiento es conocido por la conservación de un conjunto de 58 palos cavadores, fabricados en madera de boj (*Buxus sempervirens*) y que están parcialmente quemados. Aunque en el yacimiento al aire libre no se identificó ninguna estructura de combustión, la carbonización de los palos es una muestra del uso del fuego para el endurecimiento de la madera durante el proceso de fabricación por parte de los Neandertales (Aranguren et al. 2007). Poggetti Vecchi además de ser una de las evidencias más antiguas de uso del fuego en la península Itálica, es una de las evidencias más claras de la variabilidad de usos que tenía el fuego para los grupos Neandertales.

En la zona de Europa central y del Este, hay diversas referencias sobre el uso del fuego y estructuras de combustión. No obstante, muchas provienen de excavaciones antiguas y se limitan a reseñar la presencia de estas evidencias sin desarrollar estudios concretos. Aún así, se documentan algunos yacimientos interesantes con abundante registro piroarqueológico en los Balcanes, como Crvena Stijena, que presenta una amplia secuencia, bien estudiada y publicada (Whallon 2017; Bradák et al. 2020).

En el sur de Alemania, hay varios yacimientos en la región de Swabian Jura con evidencias de fuego. Se tratan de los yacimientos de Sirgenstein, con hogares identificados en su secuencias, y los yacimientos de Grobe Grotte, Bocksteinschmiede o Hohlenstein-Stadel, con acumulaciones de huesos quemados (Conard et al. 2012). Estas acumulaciones son interpretadas como estructuras de combustión, con restos de huesos utilizados como combustible y se vinculan a una falta de disponibilidad de combustible leñoso en el entorno (Conard et al. 2012).

Con respecto a Rumania, cabe destacar entre los yacimientos de Paleolítico medio, el yacimiento de Ripiceni-Izvor (Mertens 1996) con una cronología adscritas al Paleolítico medio final (Honea 1981, 1984). En este hay documentados hogares de gran tamaño (90-140 cm) y con potencias de hasta 12 cm, con presencia de cenizas y asociados a restos líticos y faunísticos (Mertens 1996).

El yacimiento de Crvena Stijena presenta una amplia secuencia con presencia de hogares planos, con todos los elementos internos bien conservados. Esta secuencia arqueológica abarca ocupaciones desde el Paleolítico medio hasta niveles Mesolíticos (Whallon 2017). En el ámbito del estudio de las estructuras de combustión hay un importante trabajo planteado desde una perspectiva descriptiva, analítica y experimental (March et al. 2017). March (2017) presenta un estudio de las unidades XX y XXIV (48 ka y 78 ka, respectivamente), donde se analiza un palimpsesto de hogares mediante la identificación de las diferentes facies cenicientas, negruzcas y rubefactadas. Entre los diferentes análisis realizados, hay una aproximación de carácter experimental que intenta explicar a qué temperatura se formó el impacto térmico, obteniendo una temperatura superior a los 600 °C para la formación de la rubefacción y de unos 300 °C para las capas negras identificadas por debajo de las cenizas. El estudio de las relaciones y los diámetros de los hogares identificados en Crvena Stijena identificó asociaciones de dos hogares para cada ocupación, observando como en muchos casos un hogar grande va asociado a otro más pequeño (March et al. 2017). Esta dinámica, según March et al. (2017), es un comportamiento recurrente vinculado al uso regular del fuego y a la construcción social del espacio por parte de los

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

Neandertales. En relación con la funcionalidad de los hogares, el análisis de los lípidos y los ácidos grasos ha permitido identificar un importante uso del fuego relacionado con el cocinado de carne, posiblemente de animales omnívoros. Crvena Stijena es un buen ejemplo de cómo obtener información sobre diferentes aspectos como el uso y gestión del fuego, la concepción espacial o la complejidad comportamental de los grupos Neandertales a partir del análisis del registro piroarqueológico.

El registro piroarqueológico francés como es bien conocido es notablemente amplio, a consecuencia de una gran tradición arqueológica. Sin embargo, faltan registros bien trabajados más allá de los anteriormente mencionados de Roc del Marsal (Sandgathe et al. 2011a; Aldeias et al. 2012; Goldberg et al. 2012; Wroth et al. 2019) y Pech de l'Azé (Sandgathe et al. 2011a; Goldberg et al. 2012). Sandgathe et al. (2011a, p. 220) no tiene en cuenta algunos yacimientos franceses por la falta de publicación de los resultados, llegando a considerar que solamente el 10 % del total de yacimientos excavados durante el siglo XX está actualmente publicado. Por lo tanto, vamos a intentar repasar algunas de las secuencias y yacimientos franceses más interesantes, sin pretender exponer un listado exhaustivo de todos los yacimientos con evidencias de fuego.

Uno de los yacimientos con trabajos específicos sobre el registro piroarqueológico es la Grotte XVI. Esta se localiza dentro de un conjunto formado por más de 23 cuevas y abrigos. Grotte XVI presenta en la unidad C evidencias claras del uso del fuego por parte de los Neandertales (Rigaud et al. 1995). Sobre esta secuencia, que presenta ocupaciones tanto del Paleolítico medio como del Paleolítico superior, hay publicados resultados de micromorfología, fitolitos y FTIR (Karkanas et al. 2002). La unidad C presenta importantes procesos diagenéticos, especialmente en la parte central de la cavidad, donde las cenizas se encuentran muy alteradas. Éstas han sufrido procesos diagenéticos al reaccionar con agua rica en fosfatos procedentes de las acumulaciones de guano de la cavidad, transformando las cenizas en apatita carbonatada (Karkanas et al. 2002). Los elementos diagnósticos de la combustión se identificaron a partir de la observación macroscópica de capas superpuestas de diferentes coloraciones, las concentraciones de fitolitos de madera y la presencia de carbones e industria lítica quemada (Karkanas et al. 2002).

En el sureste de Francia, el yacimiento de La Combette presenta varias unidades con múltiples evidencias de uso del fuego por parte de Neandertales, que ocuparon este yacimiento entre los 70 y los 45 ka (final del MIS 5 y todo el MIS4) (Kreutzer et al. 2015). Las unidades F-G del yacimiento presentan una matriz formada principalmente por cenizas indicativas de una intensa ocupación. La unidad E también presenta estructuras de combustión, pero es especialmente la unidad D, la más interesante puesto que se trata de una ocupación discreta con diferentes hogares estructurando el espacio (Teixer et al. 2003). El estudio antracológico y tafonómico de la madera muestra que los Neandertales recolectarían principalmente madera muerta del entorno (Texier and Théry-Parisot 2006). Los estudios paleoecológicos e isotópicos aplicados a los restos antracológicos, correlacionarían algunas de las ocupaciones con presencia de fuego con momentos fríos (Audiard et al. 2019).

Las excavaciones recientemente retomadas en el Abri du Maras, han permitido identificar en los dos niveles arqueológicos de la unidad 4 claras evidencias de uso de fuego, a partir de la

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

identificación de cenizas y material lítico y óseo quemado (Moncel et al. 2010, 2015). Esta unidad, excavada en extensión, presentaría un rango cronológico que abarca buena parte del MIS 5 e inicios del MIS4 (91-72 ka) (Moncel and Michel 2000). Asimismo, en las excavaciones antiguas realizadas durante los años 50' y 60' también se documentó la presencia de estructuras de combustión en las unidades inferiores 8/7 (Combiere 1967).

Al sureste de Francia, en el sur del macizo central, se localiza el abrigo de les Canalettes. Su secuencia, de alrededor de 2 m de potencia y formada por tres unidades, tiene una datación para la unidad superior de ca. 70 ka, situando la secuencia entre el límite del MIS 5 y MIS 4 (Meignen 1990). La gran concentración de carbones asociados a material arqueológico quemado evidencia el uso frecuente del fuego durante las diferentes ocupaciones, sin embargo, la identificación de estructuras formales en la secuencia no ha sido siempre posible. El aspecto más destacable de este yacimiento está relacionado con el combustible; en la secuencia dominada el uso de *Pinus* cf. *sylvestris* pero se añade el uso de lignito procedente de una afloramiento local situado entre 7 y 15 km de distancia (Théry et al. 1996; Théry-Parisot and Meignen 2000). El uso de lignito no ha sido interpretado como una respuesta a un momento de escasez de biomasa forestal, sino que podría deberse a usos específicos con la intención de explotar sus propiedades. No es descartable a pesar de todo que su uso fuera oportunista, vinculado a la simple recolección como un combustible más por parte de los grupos Neandertales (Théry et al. 1996; Théry-Parisot and Meignen 2000).

En la zona de la Normandía, al norte de Francia, se documentaron en la unidad F2 (ca. 107 ka; MIS 5e-MIS 5d) del yacimiento de Abri du Rozel, diversos hogares ricos en cenizas, carbones y asociados a restos de industria lítica y fauna (van Vliet-Lanoë et al. 2006). La superposición de los hogares muestra un mínimo de 5 ocupaciones, cuya individualización fue compleja, pero permitió observar cómo los hogares se distribuían en diferentes zonas del abrigo. Según van Vliet-Lanoë et al. (2006), la escasa entidad de las ocupaciones estaría relacionada con ocupaciones cortas de un pequeño grupo que utilizarían el abrigo de forma puntual. Es interesante señalar que la identificación de pequeñas laminaciones de sedimentos eólicos, con ausencia de restos de combustión, ha permitido separar con claridad las ocupaciones (van Vliet-Lanoë et al. 2006).

También en el norte de Francia, se encuentran los yacimientos de Biache-Saint-Vaast y Therdonne (Hérisson et al. 2013). Se trata en ambos casos de excavaciones antiguas y de urgencia con un trabajo posterior de análisis de los materiales para abordar específicamente la problemática sobre el uso del fuego por parte de los primeros Neandertales. Biache-Saint-Vaast, presenta una cronología de inicios del MIS 7 para los niveles con presencia más clara de fuego (unidades IIA y IIbase) (Hérisson et al. 2013), mientras que Therdonne es un poco más reciente con una datación de 178 ka (final MIS 7) para la principal unidad de la secuencia (Gadebois et al. 2010).

Therdonne es de los dos yacimientos el que presenta las evidencias más claras, con varias manchas ricas en materia orgánica que posiblemente sufrieron importantes procesos que afectaron a su conservación. Aun así, estas áreas ennegrecidas han sido analizadas químicamente y contrastadas experimentalmente, llegando a la conclusión de que son antrópicas y coincidentes con la disposición espacial del material lítico quemado (Hérisson et al. 2013).



### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

Biache-Saint-Vaast tiene claras evidencias de uso del fuego, basadas en la presencia diferencial de la combustión de restos faunísticos en forma de clústers y donde algunos taxones faunísticos tienen una alteración térmica preferente. Esto lleva a los responsables del estudio a inferir que el principal uso del fuego estaría relacionado con la transformación de alimentos (Hérisson et al. 2013).

En el suroeste francés, más concretamente en la región de la Dordoña, se localizan los yacimientos de Pech de l'Azé I y Abri Peyron, con cronologías de Paleolítico medio final (Soressi et al. 2013). Pech de l'Azé I presenta una secuencia con 4 unidades adscritas al musteriense de tradición acheliana (Soressi and Maureille 2000; Soressi et al. 2013). En la unidad 3, con una datación de ca. 51 ka, se identificó la mayor parte del registro piroarqueológico conformado por laminaciones rojizas y negras, identificadas mediante el estudio micromorfológico de la secuencia. En las muestras micromorfológicas, se pudieron identificar huesos quemados y carbonatos derivados de las cenizas (Soressi et al. 2013). Abri Peyron, presenta unas dataciones entre los 47 y los 41 ka para la unidad L-3A, donde se pudo distinguir una estructura de combustión *in situ* formada por carbones y huesos quemados (Soressi et al. 2013).

Otros yacimientos donde se ha reportado la presencia del registro piroarqueológico en contextos de Paleolítico medio son la Bau de l'Aubesier, La Grotte du Renne y Grotte du Bison. La Bau de l'Aubesier es un abrigo de grandes dimensiones, con una secuencia adscrita cronológicamente al final del Pleistoceno medio (Blackwell et al. 2000). En la unidad H-1 se documentaron horizontes negruzcos formados por abundantes carbones y material lítico y faunístico quemado, junto con restos humanos (Lebel and Trinkaus 2002). La vinculación con un uso, mantenimiento e incluso producción de fuego es para los autores aparente, a pesar de la dificultad para identificar una estructuración clara de estos elementos.

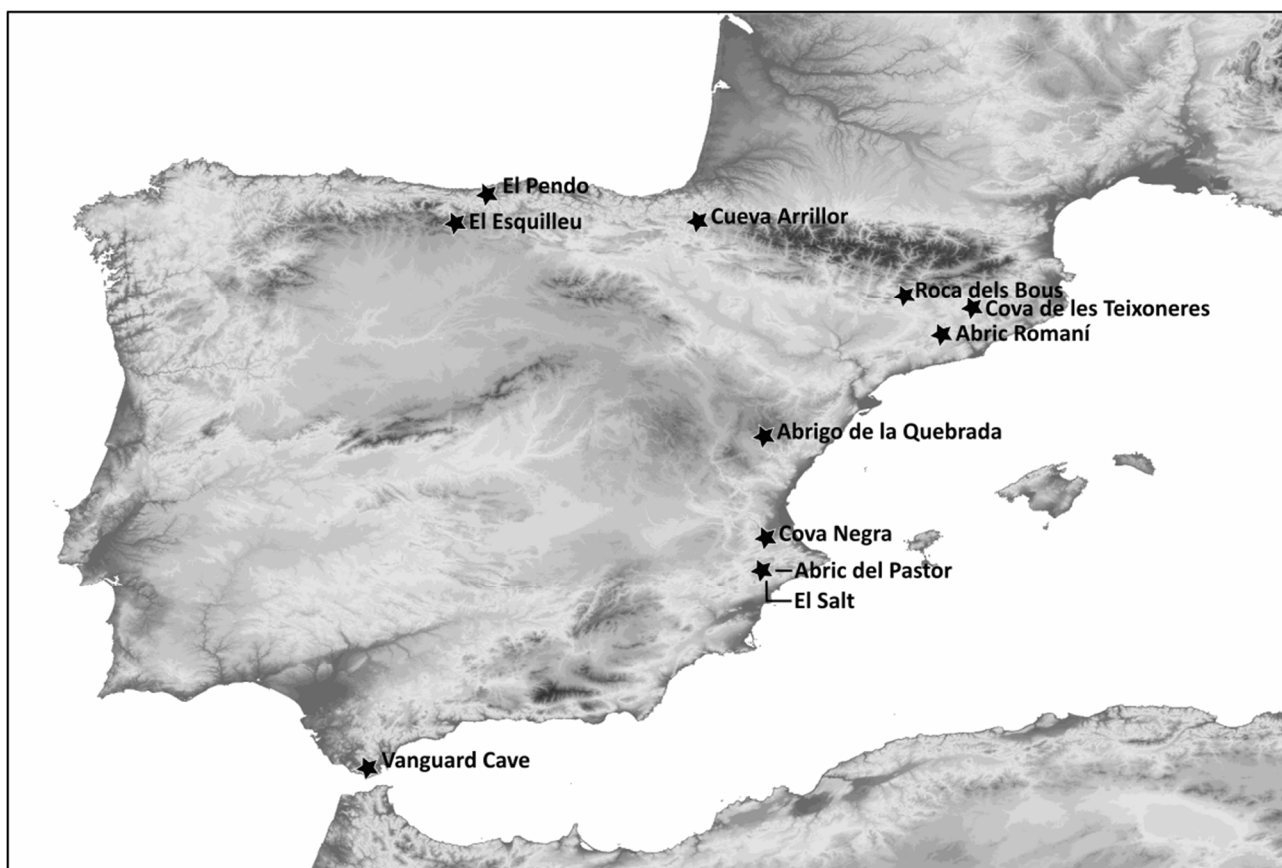
Algunas de las secuencias clásicas francesas, como la Grotte du Renne o la Grotte du Bison, presentan hogares que según las escasas descripciones se tratarían de hogares construidos (Leroi-Gourhan 1961; David et al. 2009). Otro yacimiento remarcable como es La Grotte du Noisetier, se sitúa en la vertiente norte de los Pirineos, con más de 10 estructuras de combustión en la unidad 1a, datada por C14 en 42 ka (Mourre et al. 2004). También existen yacimientos al aire libre como Champlost, al norte de la Bourgogne, con evidencias de fuego en forma de cenizas, carbones y sedimentos quemados (Krier and Girard 1982; Farizy 1988).

En la península ibérica, el marco biogeográfico de esta tesis, existen varios registros piroarqueológicos reseñables para comprender mejor las capacidades pirotecnológicas de los Neandertales (Fig. 3.4). En el Norte de la Península, existen varios yacimientos con evidencias de fuego asociadas a niveles de ocupación del Paleolítico medio. Entre los más destacados están El Esquilleu, Cueva de Arrillor y El Pendo.

El yacimiento de El Esquilleu constituye una de las secuencias musterienses más largas de la zona cantábrica, con una ocupación del abrigo desde el MIS 3 y hasta inicios del MIS 2 (entre los 60 y 20 ka) (Baena et al. 2012; Yravedra and Uzquiano 2013). En la unidad C, en la parte media de la secuencia, se han documentado los niveles con mayor impacto antrópico y mediante el análisis micromorfológico se ha observado la presencia de procesos diagenéticos moderados (Mallol et al. 2010). En esta unidad, los conjuntos de fitolitos estudiados presentan una buena conservación y

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

han podido ser abordados en los diferentes niveles. En las muestras procedentes de un hogar del nivel XXI, se identificaron grandes concentraciones de fitolitos de madera, indicando su uso como principal combustible. Ahora bien, el uso de los huesos como combustible también ha sido propuestos para los mismos niveles, aunque esta combustión podría también estar relacionada con actividades de limpieza (Mallol et al. 2010; Yravedra and Uzquiano 2013), puesto que existe una abundancia de combustible vegetal potencialmente explotable en los entornos del yacimiento (Uzquiano et al. 2012). En el resto de niveles de la unidad, los conjuntos de fitolitos indican una mezcla entre residuos procedentes de la combustión con otras actividades antrópicas (Cabanes et al. 2010). La asociación entre la presencia o ausencia de cenizas y la identificación del grado de alteración de los conjuntos de fitolitos de poáceas es la que ha permitido identificar zonas de *beddings* asociadas a estos hogares (Cabanes et al. 2010; Mallol et al. 2010).



**Figura 3.4.** Localización de los yacimientos con cronologías de Paleolítico medio mencionados en el texto

En la vertiente mediterránea, existe un importante registro piroarqueológico asociado a los Neandertales, donde ya existe con anterioridad evidencias de fuego por parte de los grupos humanos del Peistoceno medio (Fernández Peris et al. 2012). Asociado a los grupos Neandertales existen evidencias del uso del fuego en los yacimientos de Cova Negra, Abric del Pastor, El Salt y el Abrigo de la Quebrada.

Cova Negra presenta evidencias de fuego que no han sido estudiadas en profundidad, pero si descritas en algunos trabajos. Se han documentado niveles de cenizas carbonatadas en algunas unidades, así como cenizas dispersas y rubefacciones en la unidad III (Villaverde et al. 1996; Arsuaga et al. 2007; Eixea et al. 2020). Estas rubefacciones presentaban un diámetro de entre 40

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

y 50 cm y fueron considerados como claras estructuras de combustión (Villaverde et al. 1996). Las dataciones de estas evidencias piroarqueológicas no son claras, pero para la unidad III existe una datación por TL de ca. 200 ka.

En el término municipal de Alcoi, se localizan los yacimientos de El Salt y Abric del Pastor. En el Abric del Pastor se han documentado diversos hogares que han podido ser estudiados de forma multidisciplinar, incluyendo el análisis de fitolitos y la Espectroscopía de Infrarrojos. La secuencia del Pastor presenta una adscripción al MIS 4 y una datación para la unidad IV de 63 ka (Mallol et al. 2019). Las estructuras de combustión han sido documentadas en la mayoría de unidades, pero especialmente en la unidad IV, donde se han podido documentar la presencia de cenizas y de los impactos térmicos de la combustión (Vidal-Matutano et al. 2017; Mallol et al. 2019). Los hogares presentan una relación espacial con los restos procedentes de la talla lítica y del procesado de animales (Mallol et al. 2019).

A pocos kilómetros del Abric del Pastor, se encuentra el yacimiento de El Salt con una secuencia de MIS 3 (60-45 ka), con un abundante y bien conservado registro piroarqueológico (Mallol et al. 2013; Galván et al. 2014). Las estructuras de combustión de El Salt son estructuras simples, donde se conservan las cenizas y del que se han realizado estudios micromorfológicos, lipídicos, antracológico así como mineralógicos y de fitolitos (Mallol et al. 2013; Vidal-Matutano 2016; Rodríguez-Cintas and Cabanes 2017; Vidal-Matutano et al. 2017; Leierer et al. 2019). La presencia de estos hogares ha permitido la identificación de diferentes ocupaciones, que conforman los niveles de palimpsesto de El Salt. Esto ha permitido trabajar espacialmente la distribución de los hogares, que se localizan de forma preferente cerca de la pared, asociados a actividades de talla y procesado de animales (Machado and Pérez 2015; Vidal-Matutano 2016). En una misma ocupación, se documentan hogares de diferentes dimensiones y de poca potencia (1-3 cm) que registrarían una temperatura media de unos 450-500 °C, pudiendo llegar a identificarse material quemado a temperaturas de hasta 700-800 °C (Mallol et al. 2013).

El Abrigo de la Quebrada es otro de los yacimientos del Levante mediterráneo con una secuencia musterense, que comprende niveles con una cronología que va de los 40 ka hasta los 80 ka (Eixea et al. 2011a, b; Esteban et al. 2017). Los hogares documentados aparecen superpuestos entre sí, formando palimpsestos y afectados en parte por procesos de pisoteo. Macroscópicamente los hogares están bien preservados, aunque no siempre tienen conservadas las cenizas y, en algunos casos, sólo se puede documentar las alteraciones sedimentológicas relativas a la acción térmica (Eixea et al. 2011a). Los hogares presentan poca potencia y unas dimensiones de 30-40 cm los más pequeños y hasta 70-80 cm los más grandes. La localización de estos hogares parece ser recurrente espacialmente, en la zona más protegida del abrigo (Eixea et al. 2011a). El análisis de los fitolitos y los minerales de los hogares y sedimentos relacionados identificó que la principal aportación vegetal por parte de los Neandertales estaba principalmente vinculada a la recolección de madera como combustible. Los estudios mineralógicos también permitieron identificar cenizas dispersas, fruto de la reiterada ocupación del espacio y relacionadas con los procesos de pisoteo (Esteban et al. 2017).

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

El Abric Romaní, corresponde a un abrigo travertínico, localizado en un espacio de conexión entre la costa y el interior a través del río Anoia. El yacimiento cuenta con una larga secuencia, que abarca de los 110 ka hasta los 39 ka (MIS 5-3), de la cual hasta el momento sólo se conoce la parte superior comprendida entre los 40 y los 70 ka (Vaquero et al. 2013; Sharp et al. 2016). En todas las unidades arqueológicas, se ha documentado la presencia de abundantes estructuras de combustión, con un dominio en toda la secuencia de *Pinus sylvestris* como principal combustible (Allué et al. 2017). La mayoría de las estructuras presentan una morfología plana, sin preparación ni elementos que delimitan las estructuras. No obstante, hay un pequeño número de estructuras que presentan concavidades (excavadas o naturales), así como piedras asociadas alrededor o en el interior de los hogares vinculadas a su funcionalidad. El hecho de que el Abric Romaní se excave en extensión, ha permitido estudiar mejor la organización espacial y la disección de las ocupaciones de cada unidad arqueológica. El estudio de este amplio registro piroarqueológico, ha permitido conocer mejor la concepción espacial de los grupos Neandertales, los diferentes usos del fuego y su materialización en el registro arqueológico (Pastó et al. 2000; Vaquero et al. 2001; Vallverdú et al. 2005, 2010, 2012). La presencia de los hogares también ha permitido abordar los modelos de ocupación de los Neandertales en lo que atañe a la disección de las ocupaciones que forman cada unidad arqueológica (Rosell et al. 2012b, a; Vaquero et al. 2012; Carrancho et al. 2016). El Abric Romaní es posiblemente uno de los mejores registros para abordar la piroarqueología neandertal en un sentido amplio y cronológicamente diacrónico. La buena conservación del registro y la potencia cronológica de las ocupaciones, así como la extensión de la zona excavada, permite profundizar en diversos aspectos relacionados con el fuego y la vinculación de los Neandertales con la pirotecnología.

La Roca dels Bous, en la vertiente sur del pre-pirineo, presenta ocupaciones del Paleolítico medio final con un importante registro piroarqueológico en las dos principales unidades documentadas hasta la fecha: N10 y N12 (Martínez-Moreno et al. 2006, 2016). Estas dos unidades presentan 20 y 22 hogares respectivamente en unos 100m<sup>2</sup>, siendo unos de los elementos más importantes del registro. Los hogares mayoritariamente presentan estructuras planas, aunque también hay algunos ejemplos en cubeta o aprovechando depresiones naturales, con unas dimensiones variables, que van de los 30 cm a los 3 m (De la Torre et al. 2012; Roy Sunyer et al. 2017). El estudio de los hogares en las diferentes unidades ha sido clave para comprender las dinámicas de las ocupaciones, así como reseguir y aislar los diferentes eventos que forman las unidades arqueológicas (Martínez-Moreno et al. 2016). Los hogares de la Roca del Bous presentan en algunos casos reutilizaciones de los espacios, formando superposiciones de hogares generados en diferentes ocupaciones. Aunque el estudio espacial de las ocupaciones ha podido mostrar vinculaciones entre varios hogares y los restos líticos y faunísticos, su adscripción a una misma ocupación y su sincronía no siempre ha sido posible, dada la dificultad del análisis espacio-temporal del yacimiento (De la Torre et al. 2012; Martínez-Moreno et al. 2016).

Existen otros yacimientos peninsulares con registro piroarqueológico, que aparecen simplemente reseñados en algunas de sus publicaciones, sin que existan trabajos que aborden su importancia ni su rol en el registro. Entre estos, destaca el yacimiento de la Cova de les Teixoneres (Rosell et al. 2010; Picin et al. 2020) con hogares planos identificados a partir de la rubefacción o Vanguard's

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

Cave, con presencia de hogares relacionados con el procesado y consumo de recursos marinos (Stringer et al. 2008). En la vertiente atlántica, hay referencias sobre la presencia de hogares en los yacimientos de Cueva de Arrillor, con un horizonte de fuegos con una elevada concentración de carbones y restos de fauna (Montes Barquín 2014), o El Pendo, con un hogar datado en 39 ka (Montes Barquín 2014).

Es importante señalar, ante la síntesis de los registros más relevantes asociados a los grupos neandertales presentada, la parcialidad de los estudios de muchos de estos registros. Se vuelve evidente que buena parte del registro piroarqueológico aún debe ser estudiado y abordado de forma multidisciplinar para poder conocer con mayor robustez la importancia del fuego en los sistemas de vida Neandertales. Queda medianamente claro que el registro piroarqueológico está presente en el contexto europeo y vinculado a ocupaciones Neandertales desde el MIS6/5 hasta el final del Paleolítico medio. No parece que haya dudas de que el registro piroarqueológico del Paleolítico medio presenta una más que probable vinculación con la capacidad pirotecnológica de los Neandertales. La recurrencia e importancia en el registro europeo parece que así lo atestigua, aunque las evidencias directas de la producción sean pocas. No obstante, se torna necesario poder concretar a nivel crono-temporal, si es una capacidad tecnológica que aparece desde los primeros momentos o en una fase más final; en qué ámbitos; y con qué funciones específicas dentro de los sistemas de vida de los grupos Neandertales. Es también necesario abordar la ausencia del registro en algunos de los yacimientos y vincularlo a explicaciones más plausibles, ya sea asociándolas a dinámicas de la ocupación o a procesos tafonómicos. El mayor interés en el registro piroarqueológico y las innovaciones metodológicas harán progresivamente aflorar los registros menos evidentes, ayudando a completar el registro piroarqueológico Neandertal.

### **3.3. EL FUEGO EN LAS SOCIEDADES AGRO-PASTORILES MEDITERRÁNEAS**

La formación de las sociedades Neolíticas produjo un cambio en la esfera económica, ideológica y social en relación con los grupos cazadores y recolectores Mesolíticos (Halstead 2012). La expansión, el tiempo y la profundidad de este cambio es el foco central sobre los procesos de neolitización en Europa (Rojo Guerra et al. 2012). A pesar de que el foco se ha centrado especialmente en los cambios económico y productivos, existen otros ámbitos en los que se identifica una cierta continuidad en las formas y los procesos tecnológicos y culturales. Una de esas continuidades es la vinculación con el fuego que podrían tener estas comunidades agrarias y pastoriles. Si bien es cierto que hay importantes novedades en los usos y funciones del fuego a lo largo de la Prehistoria reciente, existe un sustrato base o unos usos y gestiones que se incorporaron a los sistemas de vida en algún momento del Paleolítico y que continuaran presentes en los sistemas socioeconómicos de los grupos agrícolas y ganaderos prehistóricos. El uso del combustible leñoso, las funciones del fuego en el ámbito doméstico y la gestión de éste, muy posiblemente no sufrió grandes cambios durante el Neolítico, y casi podríamos decir, hasta la incorporación de la electrificación en los hogares durante el siglo XX. Si que aparecieron nuevas formas de uso del fuego en la esfera económica, como la producción cerámica y metalúrgica, así como en el mundo funerario, con el uso de la incineración como rito funerario.

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

Estos cambios identificados a partir del Neolítico, en pocos casos son abruptos. Por ejemplo, la domesticación de animales no hace desaparecer la caza de animales salvajes que en algunos casos pueden tener una presencia importante en los conjuntos (von Lettow-Vorbeck and Morales 2012; Martín et al. 2014). Lo mismo pasa con la agricultura, que lejos de ser un proceso de sustitución de la recolección, es una novedad que convive perfectamente con la práctica de la recolección. En el tema que nos ocupa, el fuego y la pirotecnología, el proceso es muy similar, con una serie de novedades en los ámbitos de aplicación, pero manteniendo unas continuidades claras con los periodos previos y unos procesos tecnológicos que tienen su origen en los sistemas de vida cazador y de recolector del paleolítico.

En la Prehistoria reciente, la modificación y transformación de minerales naturales mediante el fuego para la obtención de objetos y herramientas de cerámica, cobre o bronce fue un proceso tecnológico que marcó los principales cambios identificados en el registro piroarqueológico postpaleolítico. Todo el conocimiento pirotecnológico implicado en estas novedades técnicas no se generó en su totalidad a partir de la llegada del Neolítico, sino que fue un proceso acumulativo con aspectos ya presentes durante el Paleolítico. La modificación de material lítico para mejorar la talla (Mandeville and Flenniken 1974; Brown et al. 2009; Mourre et al. 2010; Boix Calbet 2012; Delagnes et al. 2016), el endurecimiento de la madera mediante el uso del fuego (Schoch et al. 2015; Aranguren et al. 2018) o las capacidades de control de temperatura necesarias para la formación de pegos o adhesivos naturales (Grünberg 2002; Mazza et al. 2006; Niekus et al. 2019) son algunas de las aplicaciones y técnicas pirotecnológicas iniciadas durante el Paleolítico y que son la base tecnológica de la producción metalúrgica y cerámica de la Prehistoria reciente. Hay por otro lado, algunas novedades importantes, como la incorporación de un nuevo sistema de cocción mediante hornos ligado a los nuevos alimentos o una actividad vinculada a la producción agrícola como es la deforestación mediante el uso del fuego. Estas nuevas prácticas ligada a la búsqueda de nuevas zonas agrícolas son un buen ejemplo de cómo la pirotecnología no está solamente asociada a actividades que se desarrollan en el espacio de hábitat, sino que tiene una fuerte vinculación y funcionalidad en las prácticas económicas.

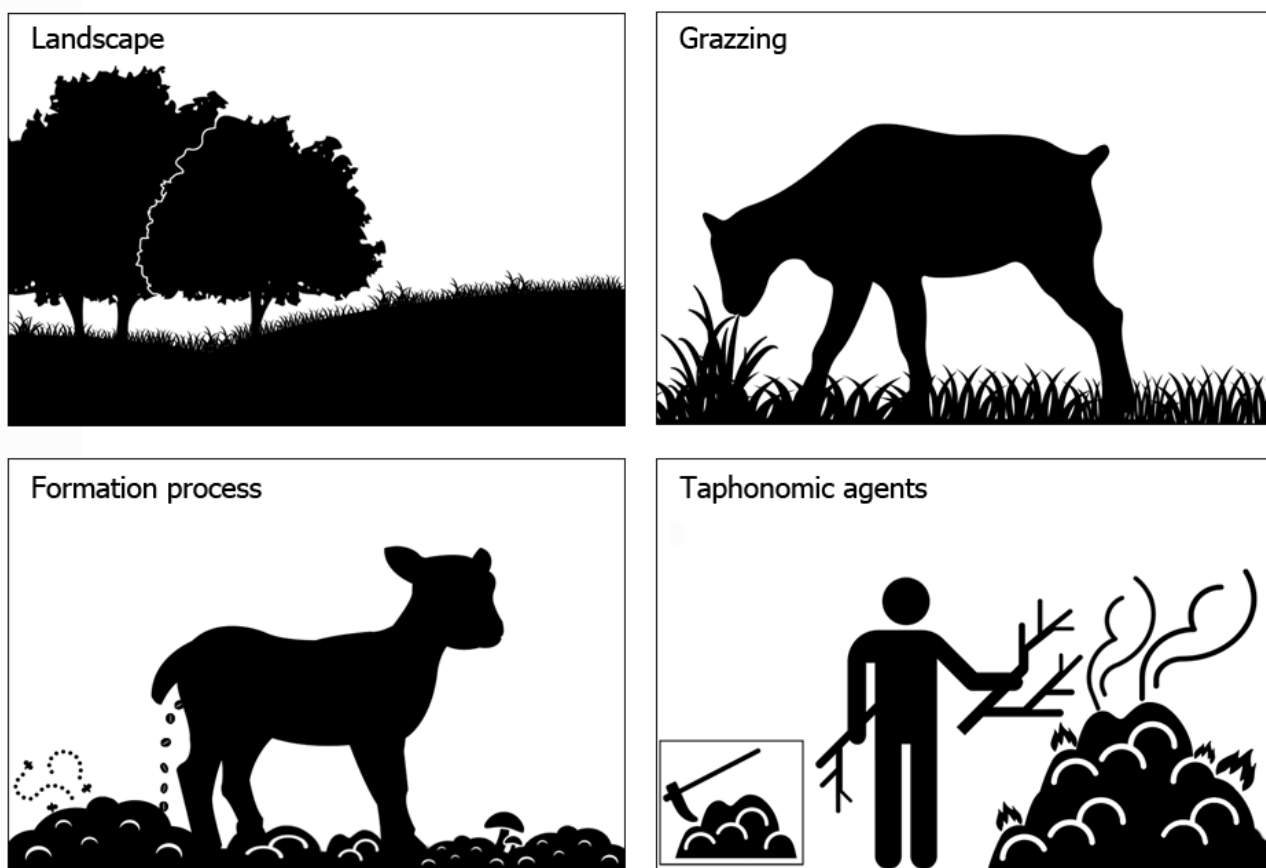
Entre las continuidades más claras que podríamos encontrar en el uso y función del fuego podríamos encontrar la transformación de alimentos, la iluminación o la generación de calor, usos que continúan hasta nuestros días en muchos lugares del mundo con pocos cambios aparentes. Todos estos usos, funciones y tecnologías vinculadas al fuego presentan cambios, continuidades o novedades durante la Prehistoria reciente. Las cuevas redil y las secuencias de *fumier* son de los ejemplos más claros, de como el fuego es un instrumento tecnológico que puede dar una respuesta a una necesidad vinculada a las actividades ganaderas.

El concepto de cueva redil hace referencia a los espacios de estabulación de animales, utilizando habitualmente cuevas y abrigos naturales como corrales para guardar el ganado. Aunque esta práctica en menor o mayor medida aún estuvo presentes hasta finales del siglo XX (Solecki 1979; Violant i Simorra 1985; Acovitsioti-hameau et al. 1999; Seguí 1999; Solà i Mas 2003), en el registro arqueológico la mayoría de cuevas redil crono-culturalmente corresponden al Neolítico, Calcolítico, Edad del Bronce y Edad del Hierro (Angelucci et al. 2009).

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

Brochier (Brochier 1991; Brochier et al. 1992) fue el primer autor que describió y analizó este tipo de secuencias desde un punto de vista geoarqueológicos y geo-etnoarqueológico. Diferenció lo que consideró una cueva redil *sensu stricto* (*grottes bergerie*), caracterizada por ser principalmente usada para la estabulación de animales, de las cuevas hábitat-redil (*hábitat-bergerie*), las cuales a parte del uso como espacio de estabulación de animales, fueron utilizadas para otras prácticas económicas, como la gestión de los productos agrícolas como espacio de hábitat (Brochier 1991b, 2005).

El tipo de secuencia arqueológica que se identifica en las cuevas redil se conoce con el término francés de *fumier* (Brochier 2002). Las secuencias de *fumiers* son complejas estratigrafías formadas por sedimentos antrópicos fruto de la acumulación de excrementos quemados y no quemados (Brochier et al. 1992; Angelucci et al. 2009) (Fig. 3.5).



**Figura 3.5.** Esquema de los procesos de formación implicados en las secuencias de *fumiers*, desde el consumo del alimento por parte de los animales hasta la quema del estiércol acumulado (Vergès et al., 2016).

Macroscópicamente se identifican por la formación sucesiva de finas capas sub-horizontales, que presentan terminaciones abruptas y habituales cambios laterales (Macphail et al. 1997; Golberg and Macphail 2006; Angelucci et al. 2009; Friesem 2016). Estas características están relacionadas con los procesos de formación de la secuencia vinculados a episodio de combustión de estiércol, que habitualmente aparecen intercalados con capas de estiércol sin quemar. La combustión es la causante de otra de las características macroscópica de las secuencias de *fumiers*, como son las coloraciones que el estiércol quemado y parcialmente quemado presenta (Angelucci et al. 2009). Las variadas coloraciones cromáticas de las secuencias de *fumiers* estaría relacionadas con las

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

condiciones y las características de la combustión y las condiciones que presenta el estiércol antes de la quema.

Para comprender estos procesos de formación y delimitar la información que aporta cada una de estas capas, se ha propuesto y aplicado en algunos yacimientos un método de descripción y análisis basado en *facies*. Estas son unidades arqueo-sedimentarias caracterizadas por una coloración, textura y composición resultado del proceso de formación que puede estar vinculado o no a la combustión (Angelucci et al. 2009). Estas facies son recurrentes en la mayoría de las secuencias de *fumiers*, indicativo de que las características y los procesos de formación de cada facies son transversales y aplicables a todas las secuencias, tal como demuestra su aplicación práctica (Vergès et al. 2016a).

La quema de excremento responde a una doble necesidad: por un lado la quema de estiércol que genera una reducción considerable del volumen, que puede llegar a ser de hasta del 90% (Acovitsioti-hameau et al. 1999; Shahack-Gross et al. 2005; Vergès et al. 2016c). Esto permitiría la reutilización de las cuevas y abrigos en futuras ocasiones, evitando el colapso total que inhabilitara su uso. El segundo objetivo que se busca con la quema del estiércol, es esterilizar el corral de parásitos y otros organismos que pudiesen afectar al rebaño, especialmente a las crías (Brochier 1991b; Acovitsioti-hameau et al. 1999).

Los procesos de formación en un *fumier* son complejos, puesto que vinculan prácticas antrópicas relacionadas con la gestión de los espacios de estabulación, con una acumulación formada por la deposición de los animales y que se ve alterada en parte o en su totalidad por la quema del residuo. El proceso empieza en el entorno de la cueva redil, donde los rebaños pastorean y consumen recursos vegetales, que varían según la especie de animal, su edad, los recursos vegetales potencialmente consumibles o la gestión del rebaño por parte de los pastores.

La deposición de los excrementos se realiza durante las estancias en la cueva, y la cantidad de excrementos acumulados dependerá del tiempo que los animales pasen cercados, el tipo de animal estabulado y el tamaño del rebaño. En la deposición también hay implicados posibles inputs antrópicos, en forma de camas o mediante la aportación de algún tipo de aporte suplementario en forma de forraje. Este aporte vegetal extra puede quedar bien identificado en las secuencias o puede verse mezclado con las deposiciones de excrementos del rebaño (Miller 1984, 1996, 2013; Charles 1996).

Finalmente, existe una gestión antrópica del espacio, un aspecto económico, pero a la vez cultural sobre cómo dar respuesta a la necesidad de esterilizar el redil y reducir el volumen para poder reutilizar el espacio de la estabulación. Para ello, hay información arqueológica, etnográfica y experimental que es la base para la interpretación de los procesos de formación de estos contextos. Los dos elementos clave es el cuándo y el cómo se realiza esta quema.

Todo parece indicar que la quema se producía tiempo después de su último uso y poco antes de la reutilización del espacio. Etnográficamente se ha documentado como la combustión se realizaría a finales de verano o a principio de otoño, previo a una larga fase en que el redil se dejaría desocupado para que los excrementos pudieran secarse (Brochier et al. 1992; Acovitsioti-hameau



### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

et al. 1999). Experimentalmente se ha observado la imposibilidad de quemar el estiércol acumulado si no hay una fase de secado, ya que la concentración de orines y excrementos frescos hace imposible la combustión (Vergès et al. 2016c). Arqueológicamente se observa como los suelos de estabulación presentan características relacionadas con la exposición subárea de los excrementos, indicativa del periodo de secado de los excrementos. Además, se identifica como las cenizas de los techos de los episodios no presentan elementos detríticos, indicando que el tiempo entre combustión y reocupación fue corto (Polo-Díaz et al. 2016).

Los registros muestran que la quema se realizaría a partir de uno o varios montones. Así lo indican los resultados de varios yacimientos peninsulares, como San Cristóbal (Polo-Díaz et al. 2016), El Portalón (Carretero et al. 2008), El Mirador (Angelucci et al. 2009), y en diferentes yacimientos del norte de Italia (Boschian and Montagnari-Kokelj 2000), evidenciando que es un comportamiento habitual en todo el contexto mediterráneo. En trabajos etnográficos se ha documentado el uso de paja y/o ramas (Acovitsioti-hameau et al. 1999) para el encendido, de la misma forma que se han identificado capas de cenizas de ramas y madera en el techo de los montones arqueológicos, evidenciando el uso de un material intermedio para el encendido (Polo-Díaz et al. 2016).

La combustión que se genera con la quema de estiércol dejado secar y mediante montones tiene unas características diferentes a las que podemos observar con el uso de la leña como combustible. La combustión de estiércol es larga, puede llegar hasta semanas o meses (Acovitsioti-hameau et al. 1999; Vergès et al. 2016c). Esto es a causa de la lenta combustión, caracterizada por una casi ausencia de llamas, puesto que el combustible está altamente compactado; y, aunque se amontone, la entrada de oxígeno es poca y la alta presencia de humo genera una atmósfera reductora que contribuye a la lenta combustión (Vergès 2011; Martín-Rodríguez and Vergès 2016; Vergès et al. 2016c). Este hecho tiene importantes implicaciones en la organización de los grupos pastoriles, ya que la quema de las cuevas tendría que ir acompañado de una planificación a corto-medio plazo, para que la cueva redil estuviese lista para la siguiente visita del rebaño.

El fenómeno de las cuevas redil y de las secuencias de *fumiers*, es principalmente mediterráneo (Angelucci et al. 2009) y es común en toda la cuenca mediterránea. Parece que no hay grandes diferencias en esta práctica, sin embargo, sí que hay algunas regiones que presentan una mayor concentración de yacimientos.

La primera de las regiones a destacar son las del Midi Francés, donde una serie de yacimientos han sido estudiados principalmente por Jacques Élie Brochier, el pionero en el estudio de este tipos de contextos desde la micromorfología (Brochier 1991b, 1993, 1995; Brochier et al. 1999; Brochier and Claustre 2000).

El trabajo realizado en esta región del sur de Francia y Andorra ha permitido conocer un gran número de yacimientos con un amplio abanico cronológico: con yacimientos del Neolítico antiguo, como Combe Obscure o Balma Margineda (Brochier 1991a, 1993, 1995); Neolítico medio, como Baume de Fontbrégoua, Font-Juvéal o Roc Dourgne (Brochier 1991b, 1993); hasta ocupaciones del Bronce, como Baume Ronze o Caune Bélesta (Brochier et al. 1999; Beeching et al. 2000; Brochier and Claustre 2000).

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

La disponibilidad de un gran número de yacimientos en un mismo territorio ha permitido abordar aspectos relacionados con la territorialidad y los patrones de asentamiento de estos grupos agropastoriles. En el caso del Midi Francés se ha podido observar cómo hay una compleja red formada por hábitats al aire libre vinculados con cuevas redil (Brochier 2005; Helmer et al. 2005). Estas cuevas redil se utilizarían de forma puntual, especialmente en primavera y verano. La presencia de estabulación de animales en estas cuevas arrancarían durante el Neolítico antiguo, con un máximo apogeo de su uso durante el Neolítico medio. A partir del Neolítico final, las ocupaciones en estas cuevas redil son menores y más esporádicas (Brochier 1991b, 2005).

Una segunda región con importantes yacimientos es la zona Pre-alpina y de la Liguria, donde hay abundantes yacimientos, ampliamente estudiados y con secuencias muy completas. Uno de los yacimientos clave que alberga una de las secuencias Neolíticas más largas de la Italia septentrional es Arene Candide (Rowley-Conwy 1991; Maggi et al. 1997). En ella se han documentado de forma continua desde el Neolítico antiguo hasta el Neolítico medio, secuencias de estabulación y quema tipo *fumier* (Macphail et al. 1997). Este yacimiento tendría diferencias estacionales, donde se combinaría su uso exclusivo como corral con su uso como redil-hábitat (Rowley-Conwy 1991, 2000).

En la región Pre-alpina se han documentado una serie de yacimientos, algunos en altitudes por encima de los 1000 m. Entre los que presentan secuencias de cuevas redil se encuentran Egozwill 3 (Rasmussen 1993; Gibaja et al. 2017), Grande Rivoire (Nicod et al. 2008; Delhon et al. 2008) y Grotte Gardon (Perrin et al. 2002; Voruz et al. 2004). En esta región aparecen cuevas redil desde el Neolítico antiguo, aunque la práctica de la quema del estiércol no se documenta en las diversas secuencias hasta el Neolítico medio. Esta práctica tiene una continuidad en el registro en algunas cavidades con secuencias de *fumiers* adscritas al Neolítico final y Edad del Bronce (Brochier and Beeching 1994; Beeching 2003).

En el yacimiento de Egozwill 3 se ha podido documentar ya desde el Neolítico antiguo la aportación de forraje a la cueva en forma de hojas y ramas para la alimentación del rebaño durante el inicio de la primavera (Rasmussen 1993). En las ocupaciones Neolíticas de la Grande Rivoire existe un completo estudio de los restos arqueobotánicos, incluidos los fitolitos. Estos indican una importante presencia de morfologías de plantas dicotiledóneas. El conjunto de los resultados arqueobotánicos indicarían que no solamente hay un consumo de poáceas por parte del rebaño, sino que hay un posible aporte en forma de forraje leñoso en toda la secuencia neolítica. Hay que destacar también la presencia de taxones relacionados con su uso veterinario y fungicida (Nicod et al. 2008). Con esta función se han identificado la presencia de abeto que se relacionaría con el cuidado de las crías, así como de muérdago utilizado por los pastores como suplemento alimentario y como uso veterinario. Otro taxón que aparece de forma recurrente en algunos contextos de *fumier* es el tejo (Thiébaud 2005; Allué et al. 2009). Este taxón puede provocar la intoxicación de los animales, por ello su presencia en el registro ha sido habitualmente interpretada en relación a sus propiedades insecticidas, fungicidas y antimicrobianas (Delhon et al. 2008).

Una de las áreas mediterráneas con más concentración de yacimientos con cuevas redil es la identificada en la región adriática, muchos de ellos en contextos de karst y cuevas del centro sur de los Balcanes y en el noreste y costa este de Italia. En el Carso de Istría, hay más de 100 cavidades

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

en las que se han identificado ocupaciones prehistóricas, de las cuales han sido excavadas una veintena (Bonsall et al. 2016). En las localidades de Grotta de Azzurra, Caterina y dell'Edera se documenta la presencia de episodios de deposición y quema de excrementos, en una región en que el pastoreo fue la base económica durante el Neolítico (Bonsall et al. 2016). El estudio micromorfológico de estos tres yacimientos muestran largas secuencias Neolíticas de *fumiers*, con abundante presencia de fitolitos y esferulitas fecales (Boschian and Montagnari-Kokelj 2000). La identificación de reelaboraciones y pisoteos es común en las muestras analizadas, así como la identificación de montones de ceniza en unos contextos de por sí pobres artefactualmente (Boschian and Montagnari-Kokelj 2000).

En otros yacimientos en el Corso de Istria, como la Cueva Pupicina o Mala Triglavca, la presencia de sedimentos relacionados con contextos de redil se mezcla con abundantes restos cerámicos y faunísticos, indicativos del uso de la cueva como hábitat-redil desde el Neolítico medio hasta la Edad del Hierro (Miracle and Forenbaher 2005; Mlekuž 2009). Cueva Pupicina presenta una secuencia más completa, con ocupaciones del Neolítico medio, Neolítico final y Edad del Bronce medio y con presencia de estabulación de animales en la cavidad. Sin embargo, la quema del estiércol sólo se identifica en las unidades del Neolítico medio, donde la ocupación es mucho más intensa pese a que el cercado de animales se produciría recurrentemente (Miracle and Forenbaher 2005). Los episodios en que el estiércol no es quemado, muy posiblemente responderían a una ocupación más puntual y espaciadas en el tiempo, en que no sería necesario quemar el estiércol para esterilizar ni para reducir el volumen acumulado (Miracle and Forenbaher 2005; Boschian and Miracle 2007).

Para la costa italiana del Adriático también hay algunos yacimientos importantes en que el uso de las cuevas como redil con combustión de estiércol es continua a lo largo de la secuencia. Los dos yacimientos principales serían los de Grotta dei Piccioni y la Grotta Sant'Angelo, con secuencias de *fumiers* con cronologías más recientes, ya que esta práctica se empieza a utilizar durante el Neolítico final y durante la Edad del Bronce (Iaconis and Boschian 2007; Di Fraia and Tiberio 2008). Estas cavidades y otros yacimientos de la región formarían una red regional con ocupaciones tanto al aire libre cercanas a campos de cultivo como en cuevas y con usos más relacionadas con el pastoreo en los límites de las zonas de cultivo (Pessina and Tiné 2008).

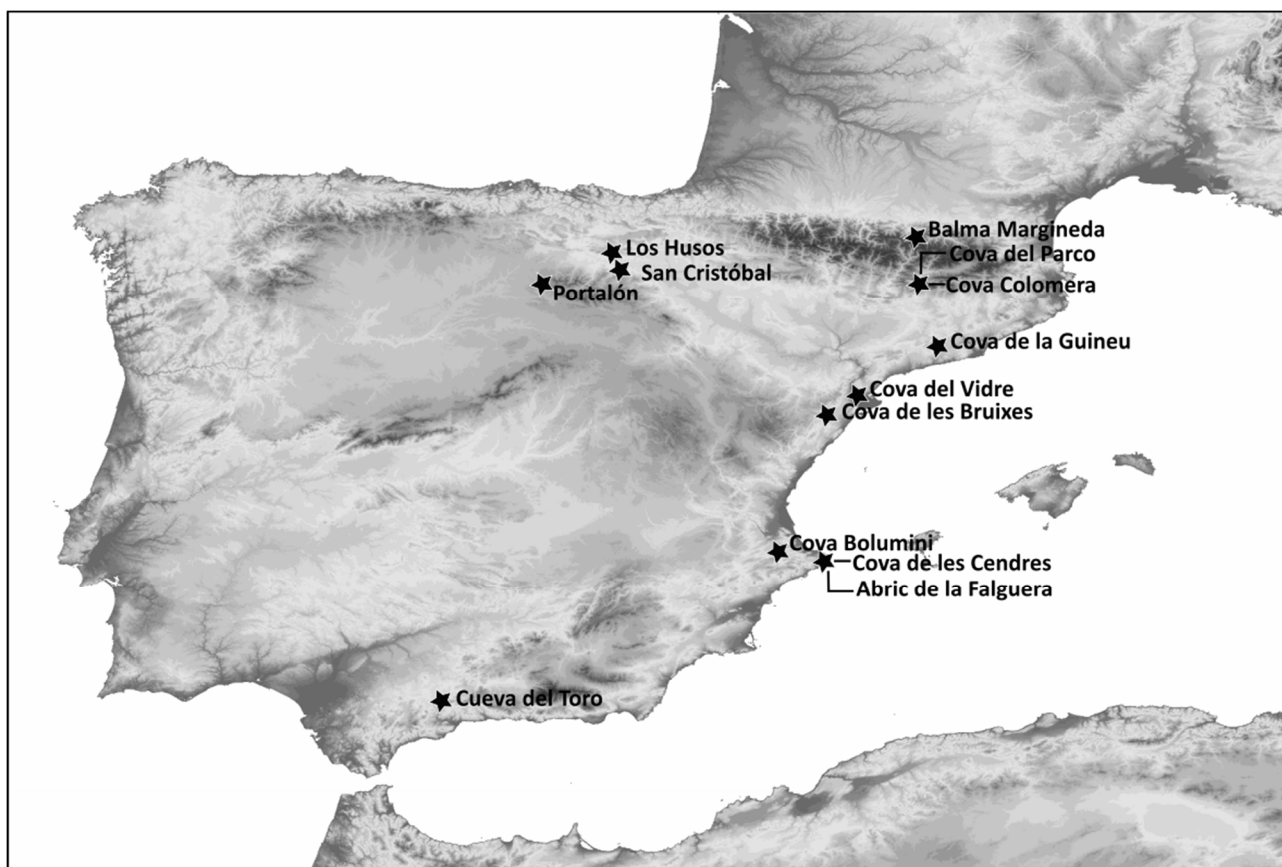
En la península ibérica, existe un gran número de yacimientos con secuencias de *fumiers*, distribuyéndose entre la zona de la cuenca del Ebro, el Levante y el nordeste peninsular y la zona cantábrica (Fig. 3.5). Las cuevas redil son un tipo de secuencias que en los últimos años han sido objeto de un gran interés científico, comportando el estudio y publicación de muchas de ellas, permitiendo estudiar estas secuencias desde diferentes aproximaciones (Vergès et al. 2016b).

Cronológicamente la quema de estiércol ya aparece a partir del Neolítico antiguo con yacimientos como Cova de les Bruixes (Mesado et al. 1997) y Cova d'en Pardo en el Levante Valenciano; Cova Colomera (Oms et al. 2008), Cova de la Guineu (Bergadà 1997; Bergadà et al. 2005; Morales et al. 2013), Cova del Vidre (Bergadà 1995, 1997) y Cova del Parco (Bergadà 1997) en el noreste peninsular; y Los Husos II (Polo-Díaz and Eraso 2010), Peña Larga (Fernández-Eraso et al. 2015) y

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

El Mirador (Expósito and Burjachs 2016; Vergès et al. 2016a; Expósito et al. 2017) en el Norte peninsular.

Ahora bien, es durante el Neolítico medio y Neolítico final cuando esta práctica tiene una mayor intensidad. Con esta cronología se han identificado secuencias de fumiers en Cova Gran de Santa Linya (Polo-Díaz et al. 2014), Cova Bolumini (Badal 1999), Cova de les Cendres (Bernabeu and Molina Balaguer 2009) o Abric de la Falguera (Garcia and Aura 2006) en la zona del Levante y el nordeste Peninsular; y Cueva del Toro (Cámalich et al. 2004; Égüez et al. 2016) en el sur peninsular.



**Figura 3.6** Yacimientos con secuencias de fumiers localizados en la península ibérica y mencionados en el texto

Durante el Calcolítico, el número de yacimientos con registro de cuevas redil y *fumiers* disminuye, aunque no está claro si es una cuestión relacionada con la práctica pastoril o con los registros de este período que podrían ser menores por el lapso que significa dentro de la Prehistoria reciente. Algunas de las pocas secuencias Calcolítica son San Cristóbal (Fernández-Eraso and Polo-Díaz 2008; Alonso-Eguíluz 2012; Polo-Díaz et al. 2016), los Husos I (Fernández-Eraso and Polo-Díaz 2008; Polo-Díaz and Eraso 2010) y Portalón (Carretero et al. 2008) en el norte de la Península; y Cinto Mariano (Cabanilles et al. 2005) en el Mediterráneo.

Finalmente, durante la Edad del Bronce, aunque existen buenos registros, se observa como la intensidad de las ocupaciones y las prácticas de combustión de los excrementos en las cuevas se reduce. La causa podría ser el uso del estiércol en las actividades agrícolas, hecho que provocaría que estos excrementos pasen a ser un subproducto de la actividad ganadera (Boschian and Miracle 2007). Entre los yacimientos peninsulares más destacados con secuencias de la Edad del Bronce,

### CAPÍTULO 3. EL FUEGO Y SU ROL EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

hay que destacar Cova de les Bruixes (Mesado et al. 1997), Cova de les Cendres (Bernabeu and Molina Balaguer 2009), Cova Gran (Polo-Díaz et al. 2014) o El Mirador (Cabanès et al. 2009; Vergès et al. 2016a).

En la mayoría de las cuevas redil de la península ibérica su uso se relaciona con ocupaciones estacionales, independientemente de si las ocupaciones son más o menos largas. Estas cuevas redil formarían parte de una red de asentamientos tanto en cueva como al aire libre, vinculados con los sistemas de vida pastoriles. Esta dinámica de ocupación estacional dentro de una red más amplia de asentamientos ya ha sido observada para diferentes regiones mediterráneas.

Un ejemplo del patrón de red de asentamientos con dinámicas y usos diversos es el planteado para la Rioja Alavesa, donde se han estudiado diferentes yacimientos como Los Husos I y II, San Cristóbal o Peña Larga (Fernández-Eraso and Polo-Díaz 2008; Fernández Eraso 2013; Fernández-Eraso et al. 2015). Estas cuevas, con unas secuencias vinculadas principalmente a las actividades pastoriles estarían relacionadas con yacimientos al aire libre de la zona que presentan amplias secuencias de ocupación con espacios de hábitat y almacenamiento (Fernández-Eraso et al. 2015).

Una dinámica territorial similar sería la propuesta para el Abric de la Falguera en Alcoi (García and Aura 2006). Mientras que durante las primeras ocupaciones del abrigo la utilización como redil no es muy intensa, hacia el IV milenio las ocupaciones se vuelven más largas e intensas, hecho que provoca la necesidad de la quema ocasional de los excrementos. En la misma región donde se localiza el Abric de la Falguera, se localizan otros asentamientos en cuevas y al aire libre con cronologías parecidas y usos variados. Este hecho junto con las escasas evidencias de hábitat documentadas en el Abric de la Falguera hacen pensar en que esta cavidad sería solamente un punto en una red de hábitats más complejos y con un uso diferenciado (García and Aura 2006).

Otro ejemplo de vinculación entre yacimientos de un mismo territorio es el propuesto para la zona del Prepirineo, con yacimientos como Cova Gran como centro de agrupación de ganado para realizar algún tipo de movimiento de rebaños en que otros yacimientos, como Cova Colomera o Cova del Parco, serían otros punto de parada dentro del territorio (Polo-Díaz et al. 2014). La posición de todos estos yacimientos dentro de la red hidrográfica de la región y dentro de las principales unidades biogeográficas de la zona así como las características de la cavidad de Cova Gran y la tradición histórica en la zona hizo plantear esta hipótesis (Polo-Díaz et al. 2014). En el mismo sentido pero a una escala territorial mayor, Oms et al. (2008) planteó que estos yacimiento del Prepirineo estarían vinculados con otros, como Cueva Chavez o Els trocs, en relación a una economía agropastoril que implicaría movimiento de los rebaños en las diferentes estaciones del año.

# Capítulo 4

## Metodología

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI  
EL FUEGO EN LA PREHISTORIA. UNA APROXIMACIÓN ARQUEO-EXPERIMENTAL AL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO  
A TRAVÉS DE LA MICROARQUEOLOGÍA  
Aitor Burguet Coca

## 4.1. UNA APROXIMACIÓN MICROARQUEOLÓGICA AL FUEGO

La microarqueología es el concepto teórico, metodológico y práctico que aborda el registro antrópico microscópico. El concepto, acuñado por Weiner (2010), es la propuesta en la que se basa esta tesis doctoral en que se analiza el registro piroarqueológico "invisible", es decir, aquel que solamente es identificable, cuantificable o analizable mediante algún tipo de instrumento científico. La microarqueología aborda, por un lado, el registro macroscópico mediante el análisis microscopio de los materiales de los cuales está compuesto y, por el otro lado, la matriz sedimentaria en que se deposita este registro. Por lo tanto, la microarqueología está intrínsecamente ligada tanto al registro macro como al registro microscópico. Las dos escalas de análisis son necesarias para afrontar el registro arqueológico y toda la información que necesitamos para entender el comportamiento humano se extraerá mediante la combinación de estos dos registros (Weiner 2010).

El registro microarqueológico estudiado en esta tesis se centra, por un lado, en los fitolitos y las esferulitas analizados mediante un microscopio petrográfico, y por el otro, los conjuntos de minerales analizados mediante el espectrómetro de infrarrojos. En esta tesis se ha concebido el fuego como un artefacto y, por lo tanto, se considera el estudio tanto de la composición de los artefactos (hogares o episodios de combustión) como la matriz sedimentaria que envuelven estos artefactos piroarqueológicos.

La utilización de estas disciplinas microarqueológicas ha sido una selección premeditada, ya que su combinación en el análisis del registro piroarqueológico abarca los diferentes elementos que componen las estructuras de combustión (ver apartado 2.4). Por un lado, el estudio de fitolitos y esferulitas intenta abordar la identificación y caracterización del combustible documentado en el residuo de la combustión, ya sea madera o estiércol. Por otro lado, la identificación del impacto térmico y la parte mineral del residuo de la combustión se aborda mediante la Espectroscopia de Infrarrojos por Transformada de Fourier (FTIR). Esta técnica es la que nos permite identificar las cenizas que forman el residuo y el impacto térmico en los sedimentos arqueológicos mediante la identificación de las alteraciones de los minerales como la arcilla.

## 4.2. EL MUESTREO MICROARQUEOLÓGICO

Los sistemas de muestreo de los registros microarqueológicos no son homogéneos. Son necesarias cantidades y formas de recogida diferentes, según el tipo de análisis a la que se someta la muestra (Weiner 2010). Sin embargo, en este trabajo el estudio de los conjuntos de fitolitos, FTIR y esferulitas presentan necesidades en el muestreo muy parecidas. Esto nos ha permitido realizar un muestreo conjunto mediante la toma de una sola muestra, posibilitando el muestreo de la misma unidad, estructura o facies en el mismo punto. La principal ventaja del muestreo conjunto es la integración de los datos microarqueológicos obtenidos.

Las cantidades iniciales para los tres análisis son de pocos miligramos. La extracción de fitolitos requiere un máximo de 50 mg (Katz et al. 2010); la extracción de esferulitas un máximo de 40 mg (Gur-Arieh et al. 2013); y unos 10 mg para la preparación de las pastillas de Kbr para su análisis mediante la Espectroscopia de Infrarrojos por Transformada de Fourier (FTIR) (Weiner et al. 1993).



## CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

Por lo tanto, un total de unos 100 miligramos de sedimento es suficiente para un análisis global que incluya fitolitos, esferulitas y FTIR. Para los muestreos, se han utilizado tubos cónicos tipo *Eppendorf* (1.5 ml) como recipiente, recogiendo la cantidad suficiente de sedimento para los análisis e incluyendo una reserva para posibles repeticiones o nuevos análisis. La escasa cantidad de sedimento necesaria nos ha permitido un muestreo de alta resolución arqueológica, posibilitando la recogida de más de una muestra para un mismo contexto arqueológico. La recogida de muestras se ha realizado siguiendo unas pautas comunes, si bien adaptadas al tipo de contexto a muestrear y la pregunta arqueológica a responder. Todas las muestras se han tomado en contextos claros, alejados de alteraciones y mezclas entre contextos. Se han realizado limpiezas previas de la superficie o sección a muestrear para evitar contaminaciones. Asimismo, se ha realizado un registro fotográfico previo y posterior al muestreo.

En todos los casos se han tomado las coordenadas de las muestras y se han integrado dentro del sistema de excavación y toma de registros de cada yacimiento. De esta forma, los muestreos y por consiguiente el registro microarqueológico, se integran dentro de los sistemas de excavación y en sus bases de datos como un registro arqueológico más.

Otro aspecto que considerar es el número de muestras a tomar. El muestreo en muchos casos se ha realizado en excavaciones en curso, con la imposibilidad de tomar nuevas muestras en años posteriores. Esto ha hecho que no se pudiera realizar un primer diagnóstico sobre la conservación del registro microarqueológico para posteriormente trazar una estrategia de muestreo acorde a los resultados previos. Lo que se ha intentado hacer es tomar un número de muestras significativas de cada unidad, facies o estructura en relación con su tamaño y potencia, aun sabiendo que finalmente no todas las muestras serían procesadas.

La comprensión de los contextos arqueológicos muestreados y de las secuencias también ha sido una parte muy importante en la planificación de los muestreos. Habitualmente, he podido tomar las muestras personalmente y he participado activamente en las excavaciones para entender el contexto arqueológico y las problemáticas del yacimiento. Excavar activamente estructuras de combustión o secuencias de *fumier* ha sido clave para entender su desarrollo interno y sus características, así como para entender el registro arqueológico que las acompaña.

### 4.3. LOS FITOLITOS

Los fitolitos son biomineralizaciones de sílice hidratado ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) que se forman en las plantas a lo largo de su vida (Piperno 1988, 2006; Cabanes 2020). Su composición está formada mayoritariamente de sílice y entre un 4 y un 9% de agua, aunque también tiene otros elementos en pequeñas cantidades como el Al, Fe, Mn, P, Cu, N y C (Jones and Beavers 1963; Weiner 2010). Estos microrrestos tiene un tamaño microscópico de entre 10 y 30  $\mu\text{m}$ , aunque en ocasiones pueden llegar a tener hasta 1000  $\mu\text{m}$  de diámetro (Piperno 1988). Los fitolitos tienen una coloración transparente y opalescente en condiciones naturales, mientras que los que han estado alterados térmicamente pueden presentar una apariencia opaca y sin brillo (Parr 2006). El índice de refracción de los fitolitos varía entre 1.41 y 1.47. Los valores superiores de 1.40 se relacionan con la alteración térmica del fitolito, mientras que por debajo son indicativos de su no alteración

#### CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

(Elbaum et al. 2003). La densidad de los fitolitos también es variable y presenta un rango entre 1.5 y 2.3 g/ml (Ryan 2014). El punto de fisión de la sílice que compone los fitolitos se encuentra entre los 900 y 1000 °C, aunque a partir de los 700 °C ya pueden verse alterados (Piperno 2006).

La sílice es uno de los elementos más presentes en la corteza terrestre (Klein and Hurlbut 2006), y es, de hecho, en el agua del subsuelo donde empieza el proceso de formación de los fitolitos. Las plantas absorben la sílice disuelto en el agua subterránea en forma de ácido monosilícico ( $H_4SiO_4$ ) y, a través de la xilema, llega a las partes aéreas de las plantas. Parte de esta sílice se precipita y cristaliza en el interior de las células, en las paredes celulares y en el espacio intercelular en forma de ópalo (Piperno 2006). Este proceso se ve influido por una serie de factores que van a ser determinantes en la producción de los fitolitos. Entre estos factores estarían el clima en que crece la planta, la cantidad de sílice del subsuelo, el tipo de suelo, la edad de la planta, el taxón, la presencia de agua o la transpiración de la planta (Piperno 1988; Rosen and Weiner 1994).

No hay un consenso científico para la función de los fitolitos en las plantas (Nawaz et al. 2019). Por un lado, algunos trabajos han apuntado a la posible función como elemento estructural del crecimiento de las plantas (Epstein 2001), mientras que otras propuestas consideran que los fitolitos realizan la función de sistema defensivo contra los herbívoros (Lucas et al. 2000; Fauteux et al. 2005; Taylor et al. 2009) generando estrías que pueden ser observadas a partir de análisis de microdesgaste dental (Walker et al. 1978; Gallego-Valle et al. 2020). Otras hipótesis explican la producción de fitolitos en las plantas para combatir el estrés hídrico (Meunier et al. 2017) o el aumento de la salinidad (Tuna et al. 2008), o como un mecanismo contra patógenos (Kim et al. 2002; Alhousari and Greger 2018).

La deposición de los fitolitos en los contextos sedimentarios sucede una vez que la planta muere, se descompone o se quema, con un tipo de deposición que se puede considerar *in situ* (Madella and Lancelotti 2012). Los fitolitos no sufren transportes a grandes distancias, con la excepción de los contextos de dunas donde pueden ser transportados por tormentas de arenas (Piperno 2006). Una vez depositados, los procesos de translocación o percolación pueden afectar los conjuntos (Alexandre et al. 1997a; Fishkis et al. 2010a, b), aunque en general estos se pueden considerar imperceptibles (Grave and Kealhofer 1999).

Los procesos pre y post-deposicionales que pueden afectar los conjuntos de fitolitos son de carácter químico y/o mecánico y en muchos casos su presencia está relacionada con el contexto sedimentario en el que se hayan depositado (Osterrieth et al. 2009; Cabanes et al. 2011; Wu et al. 2012; Cabanes and Shahack-Gross 2015). Algunos procesos de extracción también pueden ser dañinos para investigar las estructuras multicelulares de los fitolitos (Jenkins 2009).

Los suelos alcalinos son los que pueden afectar más la conservación de los conjuntos de fitolitos desde un punto de vista químico, sobre todo si el pH es superior a 8 (Piperno 2006). Ahora bien, en condiciones de suelos básicos, los fitolitos presentan una buena conservación. La disolución de los fitolitos tiene una incidencia diferencial según el morfotipo y el tipo de decoración que presente (Cabanes et al. 2011; Cabanes and Shahack-Gross 2015). Asimismo, el fuego afecta a los fitolitos, como mínimo a partir de los 700 °C, y, una vez quemados, aparentemente son más susceptibles a la disolución que los no quemados (Cabanes et al. 2011).

#### CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

Los fitolitos son un tipo de restos arqueobotánicos que se caracteriza por su buena conservación, sin embargo, existen algunos factores tafonómicos determinantes que pueden generar un sesgo en los conjuntos (Albert et al. 2006; Jenkins 2009; Delhon 2010; Cabanes et al. 2011; Shillito 2011; Madella and Lancelotti 2012). Su buena conservación frente a otros registros arqueobotánicos se relacionada principalmente con dos factores singulares: su composición mineral y que su conservación no requiere de un proceso específico para su conservación, como la carbonización en el caso de semillas y carbones. Por este motivo, no es extraño encontrar fitolitos en contextos donde la preservación general del registro botánico es escasa.

Arqueológicamente los fitolitos tienen la potencialidad de mostrar en el registro todas las partes de las plantas: hojas, tallo, inflorescencia, frutos, semillas, madera y corteza (Rapp and Mulholland 1992). Además, los fitolitos se producen, aunque en diferente cantidad, en plantas herbáceas y leñosas (arbustos y árboles). Por lo tanto, registran un rango botánico mucho más amplio que otras disciplinas, con la potencialidad además de mostrar las partes anatómicas de las plantas. Este hecho es fundamental para entender el uso y la gestión de las plantas por parte de los grupos humanos.

Ahora bien, los fitolitos presentan dos problemas importantes como son la multiplicidad y la redundancia (Piperno 2000). La multiplicidad implica que un taxón puede producir un gran número de fitolitos sin ser ninguno de ellos diagnósticos, mientras que la redundancia alude al hecho de que diferentes taxones puedan producir una misma morfología de fitolitos. Estos dos inconvenientes se han abordado principalmente desde el uso de los análisis morfométricos de los fitolitos (Ball et al. 1996, 1999, 2006, 2009, 2016; Zhao y Piperno 2000; Portillo et al. 2006; Out y Madella 2016) o, en menor medida, mediante el uso de láminas delgadas (Vrydaghs et al. 2016).

Actualmente, los fitolitos tienen una amplia aplicación a diferentes problemáticas, entre ellas las arqueológicas. El estudio de fitolitos es una disciplina cada vez más recurrente en los trabajos arqueológicos, ya sea aportando resultados propios o combinándose de forma multidisciplinar con otras disciplinas, expandiéndose cada vez más sus aplicaciones (Hart 2011; Zurro et al. 2016; Neumann et al. 2017a). Asimismo, los estudios sobre fitolitos abarcan una amplia cronología, ya que existen estudios de fitolitos que comprenden desde períodos geológicos anteriores al Cuaternario (Strömberg 2002; Prasad 2005) hasta momentos históricos (Pető et al. 2015; Dunseth et al. 2019) y actuales con su aplicación a estudios etnoarqueológicos (Tsartsidou et al. 2008, 2009; Gur-Arieh et al. 2013; Portillo et al. 2014; Jenkins et al. 2017; Lancelotti et al. 2017)

Las problemáticas arqueológicas en que se inscriben y aportan información los fitolitos son amplias y variadas. Entre ellas destacan el origen y la dispersión de las plantas domésticas (Rosen 1992; Tubb 1993; Weisskopf et al. 2014; Wu et al. 2014), las prácticas agrícolas (Harvey and Fuller 2005) o los sistemas de irrigación (Rosen and Weiner 1994; Madella et al. 2009). Los espacios de estabulación, especialmente las secuencias de *fumiers* (Delhon et al. 2008; Cabanes et al. 2009; Lancelotti et al. 2014; Alonso-Eguíluz et al. 2016; Polo-Díaz et al. 2016a) y algunas prácticas pastoriles como el *foddering* (Tsartsidou et al. 2008), también han sido abordadas a partir del estudio de los conjuntos de fitolitos.

#### CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

La dieta mediante el análisis del contenido en calcio dental (Henry et al. 2012; Power et al. 2015, 2018; Hardy et al. 2017; Bucchi et al. 2019) o de los recursos vegetales no domésticos potencialmente explotables (Madella et al. 2002; Esteban et al. 2018) también han formado parte de las problemáticas en que se inscribe el estudio de los fitolitos. Además, se ha aplicado el estudio de los fitolitos en el análisis espacial de los yacimientos (Rosen 2003; Henry and Albert 2004; Portillo et al. 2009; Cabanes et al. 2012), el combustible y la gestión del fuego (Albert 2000, 2003; Cabanes et al. 2002; Rodríguez-Cintas and Cabanes 2017; Wroth et al. 2019) o en la identificación de estructuras de hábitat como las áreas dormitorio en forma de *beddings* (Goldberg et al. 2009; Cabanes et al. 2010; Wadley et al. 2020)

Los fitolitos son uno de los microrrestos más utilizados en el análisis de residuos en los estudios funcionales de diferentes objetos arqueológicos, como los instrumentos líticos tallados (Kealhofer et al. 1999), los recipientes cerámicos (Petó et al. 2013) y los conjuntos macrolíticos (Pearsall et al. 2004; Portillo et al. 2013). Otras problemáticas en que se inscriben los análisis de fitolitos son la identificación del trabajo de cestería (Ryan 2011; Wendrich and Ryan 2012) o los procesos de formación del registro (Cabanes et al. 2009; Friesem et al. 2014).

Fuera del contexto arqueológico también se han utilizan los fitolitos como *proxy* paleoambiental, mediante el análisis de los conjuntos y su adscripción ecológica, especialmente en el caso de las poáceas considerando su tipo de grupo fotosintético C3 o C4 (Twiss et al. 1966; Twiss 1992). Asimismo, existen muchos trabajos que analizan los fitolitos en su globalidad, para inferir diferentes tipos de contextos vegetales a partir de la composición de los conjuntos (Piperno and Becker 1996; Barboni et al. 1999; Mercader et al. 2000, 2013; Wallis 2001; Carter 2002; Bamford et al. 2006; Albert et al. 2015; Gao et al. 2018; Rodríguez-Cintas et al. 2020). Es frecuente el uso de índices y ratios en las reconstrucciones paleovegetales y paleoclimáticas, basados en la caracterización de las comunidades vegetales basadas en la composición de los grupos de fitolitos identificados (Alexandre et al. 1997b; Barboni et al. 1999, 2007; Gu et al. 2008; Neumann et al. 2017b). Algunos de ellos se centran en aspectos paleovegetales como la *woody/grass ratio* (Bremond et al. 2008), mientras que otros tienen un sentido más paleoclimático como el *humidity/aridity index* (Bremond et al. 2005), entre muchos otros índices existentes (Gao et al. 2018b; Alexandre et al. 2018).

De forma más transversal, la utilización de los fitolitos para el análisis de isótopos estables y dataciones radiocarbónicas se ha aplicado tanto a la investigación arqueológica como a la paleoecológica (Hart 2016). El carbono ocluido en el interior de los fitolitos durante el proceso fotosintético ha sido utilizado para dataciones radiocarbónicas, con un interés principalmente paleoecológico (Wilding 1967; Piperno 1988). Actualmente, esta función de los fitolitos se ha retomado con aplicaciones tanto arqueológicas como paleoambientales (Piperno and Jones 2003; Piperno 2003; Ball et al. 2016; Zuo et al. 2016; Asscher et al. 2017). Ahora bien, algunos estudios que han testado la fiabilidad de esta tipología de datación han llegado a cuestionar el método, argumentando la obtención de ciertos valores anormales en las dataciones (Santos et al. 2010).

Los estudios isotópicos de los fitolitos se han centrado principalmente en las señales isotópicas del  $\delta^{13}\text{C}$  y del  $\delta^{18}\text{O}$ , que aportan una visión de las condiciones climáticas y de los contextos vegetales del pasado (Rashid et al. 2019). El análisis de la señal isotópica del carbono de los fitolitos aporta

información relevante para la diferenciación entre el tipo de vegetación  $C_3$  y  $C_4$ , siendo un marcador interesante para analizar los cambios paleoecológicos cuando se combina con otros *proxis* como el *Soil Organic Matter* (SOM) (Kelly et al. 1998; Alexandre et al. 1999).

Los valores de isótopos de oxígeno de los fitolitos pueden tener una aplicación paleoclimática, ya que se relacionan con la humedad y la temperatura en la que creció la planta (Hodson et al. 2008; Hodson 2018). Los valores de oxígeno obtenidos son buenos indicadores del registro climático terrestre, de la temperatura y la precipitación media anual, así como de la humedad relativa (Shahack-Gross et al. 1996; Alexandre et al. 2012, 2018). Aun así, su uso como proxy climático es complejo y está condicionado por múltiples variables, como la disolución o la alteración térmica de los fitolitos o bien el origen anatómico de los morfotipos (Webb and Longstaffe 2006; Hodson et al. 2008; Prentice and Webb 2016; Hodson 2018).

### 4.3.1. La extracción de fitolitos

Con el desarrollo de la disciplina, han ido apareciendo diferentes métodos para la extracción de fitolitos (Powers and Gilbertson 1987; Lentfer and Boyd 1998, 2000; Madella et al. 1998; Albert et al. 1999; Albert and Weiner 2001; Costa et al. 2016). La propuesta más reciente ha sido la de Katz et al., (2010) (Fig 4.1), las ventajas de la cual han promovido su extensa aplicación a numerosos contextos arqueológicos (Shahack-Gross et al. 2014; Gur-Arieh et al. 2014; Esteban et al. 2017, 2018; Alonso-Eguíluz et al. 2016; Friesem et al. 2016; Rodríguez-Cintas and Cabanes 2017; Wroth et al. 2019; Dunseth et al. 2019).

Entre estas ventajas se incluyen el rápido procesado (inferior a 30 minutos), la baja cantidad de sedimento necesario (entre 20 y 50 miligramos), el bajo coste que tiene el material fungible utilizado (alrededor de 1 €) y la escasa complejidad técnica y de procesos de laboratorio que implica el procesado.

El proceso de extracción de fitolitos se inicia con el secado de la muestra en un horno durante un mínimo de 24h a 60 °C. Una vez secado el sedimento, entre 20 y 50 miligramos de la fracción fina se introducen en un tubo de punta cónica tipo *Eppendorf* de 0.5 ml (Fig 4.1b). Las cantidades iniciales dependen del tipo de registro analizado y de la mayor o menor presencia de fitolitos. En algunos casos, las concentraciones de fitolitos son muy altas y para su óptima observación y recuento se ha tenido que optar por procesar cantidades muy bajas. En cambio, en algunos contextos muy pobres, para poder llegar al número mínimo de fitolitos identificados hemos tenido que procesar una cantidad inicial cercana a los 50 mg, el máximo permitido por la propuesta metodológica utilizada. El peso inicial queda siempre anotado para poder hacer los cálculos cuantitativos.

El primer paso del proceso consiste en atacar la muestra con 50  $\mu$ l de ácido clorhídrico (HCl) a 6N, mediante una pipeta de precisión, con el fin de disolver los carbonatos, así como posibles pequeños fragmentos de hueso presentes en la muestra (Fig 4.1c). Se deja actuar el ácido y mediante pequeños golpes se ayuda a la activación de este (Fig 4.1d). Una vez el burbujeo del ácido ha cesado se añaden 450  $\mu$ l de sodium polytungstate (SPT,  $\text{Na}_6(\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40})\cdot\text{H}_2\text{O}$ ) a una densidad de 2.4 g/ml (Fig 4.1e). La muestra es agitada durante unos segundos y posteriormente

se introduce en un baño de ultrasonidos durante 10 minutos (Fig. 4.1f-g). Se vuelve a agitar y se centrifuga durante 10 minutos a 5000 rpm (Fig. 4.1g). La densidad final después de mezclar el SPT y HCl es de 2.26 g/ml, lo cual equivale a la densidad necesaria para que se separen mediante la centrifugación la parte mineral (cuarzo y arcilla), que se depositará en el fondo del vial, de los fitolitos y la materia orgánica, que quedará en el sobrenadante (Fig. 4.1i-j). El sobrenadante se trasvasa a otro vial de 0.5 ml y se agita para homogeneizar el contenido (Fig. 4.1k). Finalmente, una parte alícuota de 50 µl se monta sobre un portaobjetos y se cubre con un cubreobjetos (24x24 mm) (Fig. 4.1l-m).

### **4.3.2. Análisis: identificación y cuantificación de los conjuntos de fitolitos**

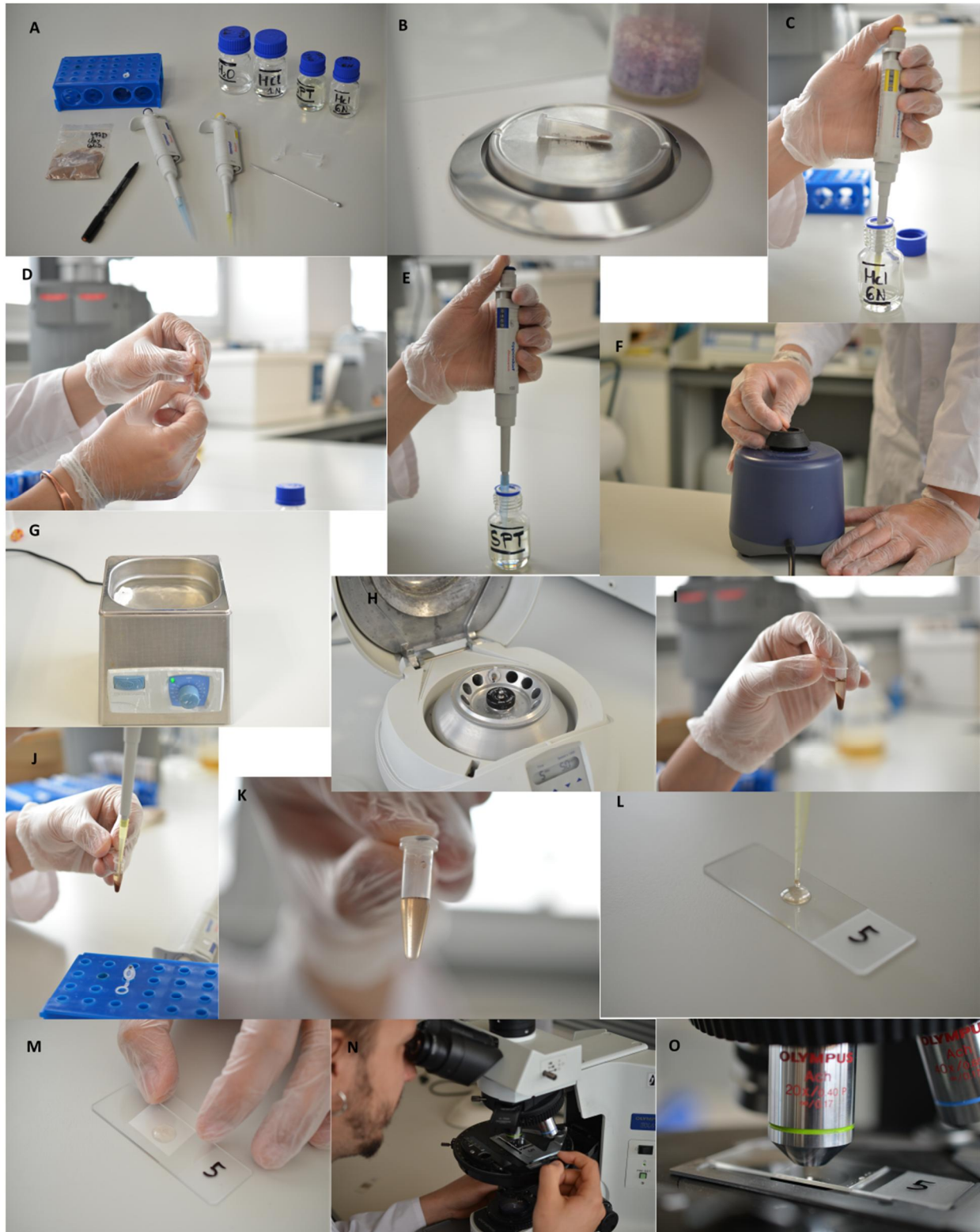
El análisis microscópico se ha realizado mediante un microscopio óptico de luz transmitida Olympus BX41, a x200 y x400 aumentos (Fig. 4.1n-o). El análisis en el microscopio se divide en dos partes: el análisis morfológico y el análisis cuantitativo.

El análisis morfológico consiste en la identificación a x400 aumentos de los morfotipos presentes en la muestra, hasta llegar a un mínimo de 200 fitolitos individuales identificados, considerado el número mínimo para recoger la variabilidad presente en la muestra analizada (Albert and Weiner 2001). Las estructuras multicelulares se identifican y se cuantifican el número de fitolitos que las conforman, pero estos no contabilizan para el mínimo de 200 fitolitos. La identificación morfológica de los fitolitos se ha realizado mediante la comparación con bibliografía especializada en diferentes familias y tipos de vegetación (Twiss et al. 1969; Piperno 1988, 2006; Mulholland and Rapp 1992; Ollendorf 1992; Pearsall and Dinan 1992; Rosen 1992; Twiss 1992), así como mediante la utilización de colecciones de referencia (Albert et al. 1999, 2000; Tsartsidou et al. 2007) y bases de datos en línea, como la *PhytCore* (Albert et al. 2016).

La terminología en la clasificación de los diferentes morfotipos se ha basado en el origen celular donde se formaron, y cuando éste no se ha podido determinar, se han descrito su morfología y decoraciones. Las descripciones se han basado en el *International Code for Phytolith Nomenclature 1.0* (Madella et al. 2005) y la nueva versión 2.0 de la misma (Neumann et al. 2019) (Tabla. 4.1).

La segunda parte del proceso de análisis es la cuantificación de la riqueza de la muestra. El análisis cuantitativo se realiza a x200 aumentos y se basa en el recuento de todos los fitolitos comprendidos en 16 campos completos de la lámina. Los campos son seleccionados de forma aleatoria, sin repetirse y que cubran diferentes partes de la superficie de la lámina. Los datos cuantitativos obtenidos de este conteo son posteriormente tratados mediante una fórmula que extrapola el número de fitolitos identificados en el total de la lámina. Posteriormente, se calculan las concentraciones de fitolitos en relación con un gramo de sedimento y un gramo de AIF (Albert et al. 1999; Albert and Weiner 2001).

CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA



**Figura 4.1.** Imágenes del proceso de extracción de fitolitos y de su análisis mediante microscópico óptico. a) kit necesario para la extracción de fitolitos. B) proceso de pesado de la muestra en un eppendorf de 0.5 ml c) pipeteo de los 50 µl de ácido clorhídrico (HCl) a 6N para la eliminación de los carbonatos d) proceso de reacción de la muestra con el ácido clorhídrico e) pipeteo de los 450 µl de SPT a 2.4 g/ml f-h) agitación, baño de ultrasonidos y centrifugado de la muestra para poder separar la materia orgánica y los fitolitos en el sobrenadante i) detalle de la parte mineral de la muestra concentrada en el fondo del vial j) pipeteo del sobrenadante de la muestra k) sobrenadante una vez separada de la parte mineral e introducido en un nuevo eppendorf l-m) montaje de una alícuota de 50 µl en un portaobjetos y un cobre de 24x24 n-o) observación al microscopio a x200 y x400 aumentos.

CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

ICPN 2.0	CODE	Taxonomic affiliation	Anatomic plant part
CONICAL	Con	Cyperaceae	-
CYLINDRICAL STRIATE	Cyl_Sul	Dicotyledonous	-
TRACHERY	Tra	Dicotyledonous	-
TRACHEARY BORDERED	Tra_Bor	Dicotyledonous	-
TRACHEARY PITTED	Tra_Pit	Dicotyledonous	-
AMOEBOID CLAVATE	Amo_Cla	Dicotyledonous	Fruits
HAIR BASE	Hai_Bas	Dicotyledonous	Leaves
POLYGONAL ACICULAR	Pol_Bul	Dicotyledonous	Leaves
AMOEBOID CRENATE	Amo_Cre	Dicotyledonous	Leaves
ELLIPSOIDAL DENTATE	Ell_Den	Dicotyledonous	Wood and Bark
ELLIPSOIDAL ENTIRE	Ell_Ent	Dicotyledonous	Wood and Bark
ELLIPSOIDAL GRANULATE	Ell_Gra	Dicotyledonous	Wood and Bark
AMOEBOID ENTIRE	Amo_Ent	Dicotyledonous	Wood and Bark
AMOEBOID GRANULATE	Amo_Gra	Dicotyledonous	Wood and Bark
AMOEBOID DENTATE	Amo_Den	Dicotyledonous	Wood and Bark
BLOCKY	Blo	Dicotyledonous	Wood and Bark
BLOCKY GRANULATE	Blo_Gra	Dicotyledonous	Wood and Bark
TABULAR ENTIRE	Tab_Ent	Dicotyledonous	Wood and Bark
TABULAR GRANULATE	Tab_Ent_Gra	Dicotyledonous	Wood and Bark
POLYGONAL ENTIRE	Pol_Ent	Dicotyledonous	Wood and Bark
SPHEROID PSILATE	Sph_Psi	Dicotyledonous	Wood and Bark
SPHEROID ORNATE	Sph_Orn	Dicotyledonous	Wood and Bark
SPHEROID CLAVATE	Sph_Cla	Dicotyledonous	Wood and Bark
CYLINDRICAL DENTATE	Cyl_Den	Grasses	Inflorescence
ACICULAR	Aci	Grasses	Inflorescence
ELONGATE DENDRITIC	Elo_Den	Grasses	Inflorescence
ELONGATE DENTATE	Elo_Det	Grasses	Inflorescence
ELONGATE DENTATE GRANULATE	Elo_Den_Gra	Grasses	Inflorescence
ELONGATE CLAVATE	Elo_Cla	Grasses	Inflorescence
ELONGATE CLAVATE GRANULATE	Elo_Cla_Gra	Grasses	Inflorescence
PAPILLATE	Pap	Grasses	Inflorescence
BULLIFORM FLABELLATE	Bul_Fla	Grasses	Leaves/Stem
CYLINDRICAL ENTIRE	Cyl_Ent	Grasses	Leaves/Stem
CYLINDRICAL GRANULATE	Cyl_Gra	Grasses	Leaves/Stem
ELONGATE ENTIRE	Elo_Ent	Grasses	Leaves/Stem
ELONGATE ENTIRE GRANULATE	Elo_Ent_Gra	Grasses	Leaves/Stem
ELONGATE SINUATE	Elo_Sin	Grasses	Leaves/Stem
ELONGATE ENTIRE	Elo_Ent	Grasses	Leaves/Stem
ACUTE BULBOSUS	Acu_Bul	Grasses	Leaves/Stem
STOMATA	Sto	Grasses	Leaves/Stem
TRACHEARY ANNULATE/HELICATE	Tra_Ann	Monocotyledonous	-
CYLINDRICAL BULBOUS	Cyl_Bul	Monocotyledonous	-
CYLINDRICAL SINUATE	Cyl_Sin	Monocotyledonous	-
ELONGATE CRENATE	Elo_Cre	Monocotyledonous	-
ELONGATE CRENATE GRANULATE	Elo_Cre_Gra	Monocotyledonous	-
SPHEROID ECHINATE	Sph_Ech	Palms	-
CRENATE	Cre	Poaceae	-
RONDEL	Ron	Poaceae	-
TRAPEZOID	Trz	Poaceae	-
BILOBATE	Bil	Poaceae	-
CROSS	Cro	Poaceae	-
POLYLOBATE	Pol	Poaceae	-
SADDLE	Sad	Poaceae	-

Tabla 4.1. Listados de los morfotipos y su adscripción taxonómica y anatómica según el ICPN 2.0.



## 4.4. ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJOS POR TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)

La Espectroscopia de Infrarrojos por Transformada de Fourier (FTIR) es una técnica que permite caracterizar y comparar la composición de una muestra y la concentración de los diferentes componentes que la integran (Margaris 2014). La Espectroscopia de Infrarrojos permite el análisis tanto de muestras orgánicas como inorgánicas, sin importar si su estructura es cristalina o amorfa (Smith 2011). El hecho que dispongamos de un amplio abanico de posibilidades para analizar diferentes materiales, junto con la escasa cantidad de muestra necesaria, su bajo coste y la rapidez en la obtención de los resultados, hace que actualmente se aplique al análisis tanto de artefactos como de sedimentos (Weiner 2010).

La espectrometría de infrarrojos se basa en la interacción entre la muestra y el haz de luz (Smith 2011). Parte de la radiación de infrarrojos del emisor es absorbida por la muestra, haciendo vibrar sus enlaces químicos. Esto hace que el receptor reciba menos radiación en algunos números de onda específicos, que se plasman en el espectro mediante una serie de picos. Los conjuntos de picos de absorción corresponden con un enlace o una red de enlaces. Esto nos permite identificar la composición de nuestra muestra a partir del análisis de la posición y la morfología de los diferentes picos que conforman el espectro (Weiner 2010). Habitualmente, los materiales que se analizan en arqueología se identifican en el espectro medio, en una posición de onda de entre 4000 y 400  $\text{cm}^{-1}$  (Monnier 2018).

Una de las primeras problemáticas en la que se vio involucrada la espectrometría de infrarrojos fue en el análisis de los procesos de formación y diagénesis de cuevas y abrigos Pleistocénicos (Weiner and Bar-Yosef 1990; Schiegl et al. 1996, 2004; Karkanas et al. 1999, 2004; Albert 2000). Los sedimentos en este tipo de contextos tienen diferentes orígenes (geogénico, antropogénico o biogénico) y sufren una variedad de procesos químicos, físicos, mecánicos y biológicos que pueden afectar al registro (Goldberg and Sherwood 2006). Todos estos procesos de formación y de alteración pueden ser abordados a partir del análisis de los sedimentos mediante FTIR (Monnier 2018). Los primeros trabajos se centraron en los procesos de formación y la preservación del registro mineralógico en los yacimientos de Kebara (Weiner et al. 1993) y Hayonim (Weiner et al. 2002); otros se centraron en la alteración de las cenizas por procesos químicos que provocaban una reducción del volumen en relación con el volumen inicial (Schiegl et al. 1996). Karkanas et al. (2000) aplicó la espectrometría de infrarrojos a la identificación de los procesos de formación autogénicos, relacionándolos con su causa, así como con la distribución de los huesos y la alteración de las cenizas.

La espectrometría de infrarrojos también ha sido una herramienta clave para entender las condiciones de preservación de los fitolitos mediante el análisis de los sedimentos donde quedaron depositados (Albert et al. 1999, 2000, 2012; Albert 2003; Cabanes et al. 2012; Esteban et al. 2017, 2018; Rodríguez-Cintas and Cabanes 2017). La preservación del registro faunístico y, especialmente del colágeno de los huesos, ha sido otro de los aspectos que ha abordado la espectrometría de infrarrojos. Algunos de los primeros trabajos testaron la preservación del colágeno y otras proteínas necesarias para la datación de los restos (Weiner and Bar-Yosef 1990) o

para la correcta extracción de isotopos (Yizhaq et al. 2005). En este mismo sentido, el uso de FTIR es una buena aproximación metodológica para obtener el índice de cristalinidad del hueso (Weiner and Bar-Yosef 1990) y evaluar su estado de conservación (Trueman et al. 2004, 2008). De esta misma forma, la espectrometría de infrarrojos es aplicada al análisis de restos óseos humanos, ya que la valoración que permite hacer de la preservación mineral del hueso (hidroxiapatita) es clave para descartar las muestras que contengan poca información o que la señal isotópica se haya podido ver afectada (Sponheimer and Lee-Thorp 1999; Wright 2010).

La acción antrópica en el registro zooarqueológico también es evaluable mediante espectrometría de infrarrojos. La acción del fuego produce cambios en la estructura cristalina de los huesos, y estos cambios se ven reflejados en los espectros. Los cambios en la posición, la intensidad o la ausencia de algunos picos es indicativo de la temperatura a la que ese hueso se vio expuesto y puede ser una forma complementaria al uso de las coloraciones para identificar los diferentes estadios de combustión de los huesos (Stiner et al. 1995; Munro et al. 2007).

#### 4.4.1. Preparación de la muestra de FTIR

En esta tesis utilizamos el método por KBr para la obtención de los espectros, al tratarse un proceso sencillo y rápido. La propuesta que se ha seguido es la descrita en Weiner et al. (1993). La muestra arqueológica antes de ser analizada tiene que haber pasado por un proceso de secado previo, que permita eliminar toda la humedad. Una vez seca, se coge una cantidad de 10 mg de fracción fina que se moltura levemente con un mortero de ágata. Una vez molturado el sedimento se descarta en su mayor parte y se deja una pequeña fracción de aproximadamente 1 mg. Este primer molturado nos permite homogeneizar estos 10 mg y sacar una muestra más representativa del sedimento analizado.

La parte de la muestra seleccionada se mezcla con aproximadamente 40 mg de Bromuro potásico (KBr) y con el mortero de ágata se vuelven a molturar y mezclar los dos elementos. Finalmente, la muestra se prensa durante unos segundos para poder compactar la mezcla, formando una pastilla sólida.

El equipo utilizado para la obtención de los espectros ha sido el *Fourier Jasco FT/IR-600 PLUS spectrometer* del *Servei de Recursos Científics i Tècnics (SRCiT)* de la *Universitat Rovira i Virgili (URV)*. La obtención de los espectros se ha centrado en el rango espectral que va de 4000 a 400  $\text{cm}^{-1}$ , con una resolución de la absorbencia de 4  $\text{cm}^{-1}$  mediante 32 escaneos por muestra. El programa utilizado para la identificación e interpretación de los espectros ha sido el *Software OMNIC™ Specta* y el *SpectraGryph 1.2.8*.

#### 4.4.2. Interpretación de los espectros de FTIR

El análisis de la composición mineralógica y de los procesos diagenéticos de los sedimentos se ha realizado mediante la comparación con bibliografía especializada (Berna et al. 2007; Chu et al. 2008; Regev et al. 2010; Poduska et al. 2011) y con estándares de referencia (Weiner 2010). Se ha instalado en el programa OMNIC la biblioteca *Infrared Spectra Library*, especializada en materiales

arqueológicos y de acceso abierto<sup>1</sup>, desarrollada por el *Weizmann Institute of Science*. Esta biblioteca nos ha permitido comparar nuestros espectros con referenciales arqueológicos e identificar picos desconocidos de los espectros.

Entre los objetivos del análisis de los espectros está la identificación de algunos procesos diagenéticos relacionados con la combustión. Entre estos, los más comunes han sido la identificación de la alteración térmica de las arcillas y el origen de la calcita.

#### 4.4.2.1. Carbonato cálcico

Uno de los minerales más comunes en arqueología son los polimorfos de carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ). El carbonato de calcio se documenta en seis polimorfos diferenciables, tres de los cuales son muy comunes en contextos arqueológicos: calcita, aragonita y monohidrocalcita.

La calcita es uno de los minerales más abundante, ya que se documenta en piedras calizas, en ceniza de madera, en encalados de cal, en algunas conchas o en las esferulitas identificadas en las heces de algunos animales (si están quemadas). La aragonita también está presente en las conchas de moluscos y en pequeñas cantidades se relaciona con el estiércol de oveja (Weiner 2010; Toffolo and Boaretto 2014; Toffolo 2020). La monohidrocalcita ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) también se ha documentado a partir de trabajos etnoarqueológicos en estercoleros de caprinos (Canti 1997; Shahack-Gross et al. 2003).

Para la caracterización del origen y las condiciones de la formación de la calcita (geogénico vs antropogénico) hemos seguido la propuesta de Regev et al. (2010) y Poduska et al. (2011), basadas en el método de la *grinding curve*. Este método permite identificar el origen de la calcita independientemente del nivel de moltura de la muestra. Pero para que se pueda determinar el origen de la calcita, ésta tiene que estar bien preservada; el no coincidir con ninguna curva de referencia podría denotar una calcita que ha sufrido alteraciones diagenéticas, tratarse de calcita secundario o haberse visto afectada su estructura molecular. Los diferentes patrones que forman parte del estudio también nos indican la formación de calcita a alta temperatura (caracterizada por una calcita muy desordenada) o la formación de yeso al interactuar con el agua.

#### 4.4.2.2. Arcillas

Las arcillas, se encuentran de forma habitual en los contextos arqueo-sedimentarios, siendo las más comunes la caolinita, la illita y la esmectita, entre otras (Weiner 2010). La identificación de los diferentes tipos de arcilla mediante FTIR es complicada, ya que arqueológicamente no se encuentran de forma pura, sino mezclada.

---

<sup>1</sup> El enlace a la web de descarga gratuita de la librería es: <https://www.weizmann.ac.il/kimmel-arch/infrared-spectra-library>

## CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

El trabajo que estableció los criterios para la identificación de la alteración térmica de la arcilla se basó en los cambios que se producen en los diferentes picos diagnósticos de la arcilla en relación con las diferentes temperaturas expuestas (Berna et al. 2007). La caracterización de la arcilla quemada se basa en la observación de 4 picos principales. Los picos  $3,625\text{cm}^{-1}$  (pico 1) y  $517\text{cm}^{-1}$  (pico 5) están presentes o ausentes según la temperatura a la que se altera la arcilla. El pico  $913\text{cm}^{-1}$  (pico 3) se muestra presente y varía en amplitud según la variación de la temperatura. El pico principal de la arcilla (pico 2), el más alto dentro del espectro, es también el más determinante, ya que cambia de localización según la variación de la temperatura. Se localiza en la posición  $1,029\text{cm}^{-1}$  cuando la arcilla no está alterada y va variando hasta la posición  $1,085\text{cm}^{-1}$ , cuando la arcilla ha alcanzado los  $1.100^{\circ}\text{C}$ .

Debido a que los minerales de arcilla presentan comportamientos diferentes según el tipo de arcilla que los componen, Berna et al. 2007 recomiendan realizar una calibración con arcillas locales sin alterar para optimizar la identificación de la temperatura a la que los sedimentos han sido alterados.

Para mejorar la interpretación de los espectros arqueológicos, cuando ha sido posible, hemos expuesto arcillas locales sin alterar a diferentes temperaturas para producir espectros de referencia. En otros casos, se ha analizado la composición de las arcillas del yacimiento y se ha creado con las mismas proporciones la arcilla, mezclando diferentes tipos de arcilla comercial. Esto nos ha permitido mejorar la interpretación de los espectros y hacer más robusto el análisis de las arcillas arqueológicas y sus alteraciones térmicas.

Para la calibración de las arcillas se ha utilizado una mufla (*Nabertherm*), donde se han quemado las arcillas durante 4h a un rango de temperatura de entre 0 y  $1000^{\circ}\text{C}$ , cada 100 grados. Las arcillas quemadas han sido posteriormente analizadas mediante FTIR, siguiendo el mismo procedimiento que en las muestras arqueológicas.

### 4.5. EXTRACCIÓN DE LA FRACCIÓN INSOLUBLE AL ÁCIDO (AIF)

Cada vez más la cuantificación de los conjuntos de fitolitos por gramo de sedimento se está sustituyendo por la cuantificación de los fitolitos por gramo de Fracción Insoluble al Ácido (AIF por sus siglas en inglés) de cada una de las muestras. Los procesos diagenéticos, sobre todo en contextos de cueva y abrigo, pueden provocar una afectación diferencial de las concentraciones de fitolitos (Schiegl et al. 1996). Para poder sortear este efecto en los conjuntos y obtener datos cuantitativos comparables entre yacimientos o entre niveles de un yacimiento, se incluirá en esta tesis los resultados cuantitativos expresados en fitolitos por gramo de AIF.

El procedimiento para la obtención de la AIF se basa en la eliminación de los componentes principales de los sedimentos (materia orgánica, carbonatos y fosfatos). El cálculo del peso perdido en cada una de las fases de la obtención de la AIF es, paralelamente, una aproximación cuantitativa a la composición de los sedimentos en relación con la materia orgánica, los carbonatos-fosfatos y la AIF, formada principalmente por fitolitos, cuarzo y arcilla (Albert 2000; Karkanis et al. 2002). El proceso de la obtención de la AIF, aún no está estandarizado, aunque tiene su origen en el método de extracción de fitolitos (Albert et al. 1999; Albert 2000).

## CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

Para esta tesis doctoral el proceso de obtención de la AIF se ha aplicado a todas las muestras con análisis de fitolitos siguiendo un mismo procedimiento. La cantidad inicial para la AIF es de alrededor de 50 mg, los cuales son pesados en una balanza de precisión (Precisa-XB120A, SD 0.0001g) e introducidos en un tubo cónico tipo *Eppendorf* de 1.5 ml. La muestra es atacada con 1000 ml de HCl a 1N, y se debe esperar hasta que la reacción haya cesado. Seguidamente, se agita y se centrifuga a 5000 rpm durante 5 minutos, se decanta el HCl y se añade agua destilada para lavar la muestra. El centrifugado, el decantado y la adición de agua se repite 3 veces. Se introduce la muestra en un horno calefactor durante 24 h a 60 °C para evaporar el agua y secar la muestra. Una vez seca la muestra, se realiza el segundo pesado con el que se calcula la pérdida de carbonatos y fosfatos. Posteriormente, la muestra se traspasa a un crisol y se quema durante 4h a 600 °C, para poder calcular la pérdida de materia orgánica. El peso final después de la quema es el que corresponde a la AIF, formada por fitolitos, cuarzo y arcillas. El valor de la AIF es el que se utiliza para el cálculo de la concentración de fitolitos por gramo de AIF. Para ello se aplica la misma fórmula descrita en Albert and Weiner (2001), modificada para obtener el resultado cuantitativo en relación con la proporción de AIF documentada en cada una de las muestras.

### 4.6. LAS ESFERULITAS

Las esferulitas son microrrestos (5-20  $\mu\text{m}$ ) compuestos por carbonato de calcio que se generan en los intestinos de los animales durante la digestión (Brochier et al. 1992; Canti 1997, 1998, 1999). Se desconoce el proceso de formación de las esferulitas en los intestinos, aunque es probable que esté relacionado con la secreción de biomineralizaciones por parte de algunas bacterias (Rodríguez-Navarro et al. 2007; Shahack-Gross 2011). Una vez expulsadas junto con los excrementos, las esferulitas son fácilmente identificables microscópicamente mediante un microscópico óptico de luz transmitida.

Las esferulitas son transparentes cuando se observan en luz polarizada plana (*plane polarized light*, PPL), aunque frecuentemente también presentan planos estructurados y materia orgánica que les otorgan cierta coloración (Canti and Nicosia 2018). En cambio, usando luz polarizada cruzada (*crossed polarized light*, XPL) se forma en su interior una extinción cruzada, un fenómeno óptico que genera una cruz oscura (isogira) en el interior y que puede estar acompañada de circunferencias de colores cuando presenta una alta birrefringencia.

El número de esferulitas producidas depende de las especies, pero los valores son más significativos en los excrementos de algunos animales, como ovejas y cabras (Elliott et al. 2014). Los excrementos de animales rumiantes y herbívoros son los que más producen este tipo de microrrestos, mientras que los de omnívoros presentan valores más bajos y en los de carnívoros son casi ausentes. Los excrementos de animales domésticos producen un mayor número de esferulitas, aunque también se han identificado su producción en excrementos de animales salvajes como la cabra montesa, las palomas, las ratas y las gacelas (Goren 1999). También existen variaciones en la producción de esferulitas según la edad del animal, por ejemplo, observándose que los individuos inmaduros de oveja producen una cantidad inferior a la de los adultos (Elliott et al. 2014). La conservación de las esferulitas será buena siempre que el contexto en que se encuentren depositadas en suelos alcalinos ( $\text{pH} > 7$ ) y presentan una baja preservación cuando el

suelo está por debajo de un pH de 6 (Canti 1999), ni se vean alteradas por temperaturas superiores a 600 °C (Matthews 2010).

Las esferulitas actúan en los contextos arqueológicos como marcadores de la deposición de excrementos y, por lo tanto, de la estabulación de animales (Brochier et al. 1992; Canti 1999; Shahack-Gross et al. 2003; Shahack-Gross 2011; Portillo and Albert 2011). Su análisis se ha empleado para identificar los espacios de estabulación y como marcador de actividades domésticas (Henry and Albert 2004; Albert et al. 2008; Cabanes et al. 2009; Portillo et al. 2010, 2014; Portillo and Albert 2011; Alonso-Eguíluz et al. 2016; Smith et al. 2018)

#### **4.6.1. Extracción y recuento de las esferulitas**

La extracción de las esferulitas para su observación se ha realizado durante mucho tiempo a partir de un procesado muy simple. Éste consistía en mezclar una alícuota de la muestra con algún medio viscoso como el *Entellan*. Recientemente, Gur-Arieh et al. (2013) diseñó un nuevo procedimiento basado en la propuesta de Katz et al. (2010) para la extracción de fitolitos. En este nuevo método se sustituye el *Entellan* por un líquido denso como es el SPT (*Sodium polytungstate*,  $(\text{Na}_6(\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40})\cdot\text{H}_2\text{O})$ ).

El procedimiento necesita entre 5 y 40 mg de sedimento, dependiendo del tipo de muestra. Una muestra actual o experimental necesita menos de 10 mg, mientras que los contextos arqueológicos requerirán más cantidad, según la riqueza que presenten. Una vez pesada la cantidad inicial con una báscula de precisión (Precisa XB120A, SD 0.0001g), el sedimento se tamiza con un tamiz de 150 µm de luz de malla para eliminar las partículas más grandes que las esferulitas. Si es necesario se puede utilizar una espátula para ayudar a disgregar el sedimento y mejorar el tamizado. Una vez tamizados los sedimentos, se introducen en un tubo cónico tipo *Eppendorf* y se añade una 500 µm de SPT a una densidad de 2.4 g/ml. La muestra se agita antes de introducirla en un baño de ultrasonidos durante unos 10 minutos para favorecer la disgregación de las partículas. Antes de pasar al montado de la muestra esta se vuelve a agitar, se pipetea una alícuota de 50 µl y se cubre con un cubreobjetos de 24x24 mm. El conteo se ha realizado mediante un microscopio óptico *Olympus BX41* a x400 aumentos mediante luz polarizada (PPL), ya que la birrefringencia de las esferulitas facilita su identificación. Los resultados se expresan de forma estandarizada en esferulitas por gramo de sedimento, calculando su contenido en un gramo de sedimento mediante el uso de la ecuación descrita en Gur-Arieh et al. (2013).

### **4.7. LA EXPERIMENTACIÓN COMO FUENTE DE CONOCIMIENTO ARQUEOLÓGICO**

En este apartado queremos expresar los parámetros básicos, el tipo de experimentación y las premisas metodológicas y conceptuales en que se ha basado los proyectos experimentales incluidos en esta tesis. El desarrollo específico de las metodologías y los materiales de cada una de las experimentaciones se tratarán en cada caso de estudio (ver capítulos 5.5 y 6.3). En este apartado expondremos únicamente los principios básicos que han estructurado nuestros proyectos experimentales.

#### CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

La experimentación en arqueología se desarrolló durante los años 60' del siglo XX de la mano de diferentes corrientes teóricas como la Nueva Arqueología o el materialismo histórico (Ascher 1961a, b; Coles 1973, 1979; Saraydar and Shimada 1973; Ingersoll et al. 1977). La arqueología experimental aparece en el marco del interés de estas corrientes teóricas con el fin de desarrollar una arqueología basada en criterios y métodos científicos, siendo la base experimental clave en el nuevo paradigma arqueológico. Si la arqueología quería formar parte de las ciencias sociales, necesitaba obtener observaciones y conocimiento que no sólo proviniesen del registro arqueológico. Es en este momento en el que la experimentación aplicada a problemáticas arqueológicas se estructura basándose en el método hipotético-deductivo como el resto de las ciencias experimentales. Actualmente, la experimentación en arqueología está plenamente integrada en la disciplina arqueológica y es un método cada vez más recurrente para contrastar la formulación de hipótesis. Otro valor importante de la experimentación en arqueología es la generación de nuevas observaciones, que generen a su vez nuevas proposiciones explicativas de los fenómenos estudiados sin partir de hipótesis previas (Morgado and Baena Preysler 2011). Este es el valor más interesante de la experimentación en arqueología, ya que nos permite observar fenómenos inesperados alrededor de la explicación que se hace del registro arqueológico.

El registro piroarqueológico, como otros aspectos del estudio del pasado, necesita establecer claros vínculos con un referente experimental conocido, que permita relacionar los comportamientos y actividades humanas con la materialidad que estas dejan en el registro arqueológico. Particularmente nos hemos planteado problemáticas relacionadas con los procesos de formación y los posibles sesgos tafonómicos que sufre el registro microarqueológico.

La comprensión de los procesos de formación y de conservación de los diferentes elementos que conforman el registro piroarqueológico es un aspecto muy importante para abordar aspectos relacionados con la pirotecnología de los grupos humanos. Por esta razón, la identificación de éste registro y sus alteraciones es el objetivo principal de los proyectos experimentales de esta tesis.

En el marco de esta tesis doctoral se han desarrollado dos tipos de experimentaciones, con objetivos y características que los hacen complementarios entre ellos.

- **Experimentaciones controladas mediante mufla.** Este tipo de experimentación nos permite controlar muy bien una o dos variables (por ejemplo, tiempo y temperatura) y sus resultados. Además, permite realizar las primeras aproximaciones a los posibles resultados de la experimentación simulada y obtener varias repeticiones de una misma experimentación de forma rápida y con la certeza de que las variables implicadas presentan las mismas condiciones. En cambio, tiene la desventaja de simplificar los procesos y las variables que integran la experimentación (Tringham 1978). Los procesos pueden parecer poco realistas en comparación con los que acontecieron en los yacimientos arqueológicos, pero esta información es clave en la comprensión y planteamiento de proyectos experimentales.
- **Experimentos integrales y de larga duración.** Estos buscan ser lo más realistas posible al proceso o fenómeno que se quiere analizar. El objetivo es obtener unos resultados que sirvan para dar respuestas a hipótesis complejas y que los resultados puedan servir como

#### CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

analogía a los resultados obtenidos en el registro arqueológico. En este tipo de experimentaciones es clave la planificación y la multidisciplinariedad en la interpretación de los resultados obtenidos. Abordar desde diferentes disciplinas el fenómeno a estudiar es muy importante para la comprensión de los resultados experimentales que presenten una alta complejidad. Este tipo de experimentaciones tienen una difícil comprensión de todas las variables implicadas, pero ayudan a comprender las tendencias generales de los procesos o fenómenos a estudiar. Resultan especialmente relevantes puesto que a partir de su aplicación es posible discriminar variables que después pueden ser analizadas en condiciones controladas o en nuevas experimentaciones integrales (Ascher 1961a).

Cuando se combinan los dos tipos de experimentación, los resultados e hipótesis contrastadas tienen la robustez necesaria para ser usadas mediante la analogía relacional que caracteriza la arqueología experimental (Ingersoll et al. 1977).

Reynolds (1999) clasificó los proyectos experimentales en 5 tipos diferentes (*construct; processes and function experiments; simulation; eventual trial* y *technological innovation*). En esta tesis principalmente hemos desarrollado experimentos que formarían parte de dos grupos diferentes:

- **Simulation:** este grupo hace referencia a las experimentaciones sobre procesos de formación y tafonomía.
- **Eventuality trials:** engloba experimentaciones de larga duración, que analizan procesos complejos con muchas variables, algunas de ellas desconocidas.

Estas experimentaciones sobre procesos de formación y otros aspectos tafónomicos del registro requieren considerar el factor tiempo, el elemento que más las diferencia del registro arqueológico. En las experimentaciones nunca se pueden alcanzar el tiempo de formación del registro arqueológico y, por lo tanto, no se puede controlar todas las interacciones de las variables en la escala arqueológica y geológica de formación del registro. Este es un límite difícil de superar y que asumimos.

El vínculo entre el presente experimental y el pasado sociocultural de los fenómenos estudiados se realiza mediante dos principios que los integra y conecta, y que son la base en la que se sustenta la experimentación en arqueología como ciencia experimental (Morgado and Baena Preysler 2011):

- **Actualismo o uniformidad:** este concepto se basa en la posibilidad de reproducir en condiciones concretas del presente los procesos de formación y las dinámicas socioculturales de los grupos humanos del pasado.
- **Simulación:** este concepto implica que las diferentes variables seleccionadas pueden ser estudiadas en el presente mediante la simulación de la interacción de dichas variables en función del tiempo.

Además de estos principios, que son la base teórica que sustenta la experimentación en arqueología como método empírico de contrastación de hipótesis, hay otros elementos que han caracterizado nuestros proyectos experimentales. Estos pensamos que pueden ser la base



#### CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

metodológica común que guíen una correcta práctica experimental y que hemos resumido en los siguientes puntos:

- **Hipótesis arqueológica:** todas las experimentaciones tienen una cuestión arqueológica detrás. Muchas de ellas han surgido durante el trabajo de campo, que ha permitido identificar diferentes fenómenos arqueológicos que no podíamos explicar o que tenían varias posibles respuestas a su formación. Para ello se empleó la experimentación como método de resolución de cuestiones arqueológicas concretas de cada yacimiento. También se ha utilizado la experimentación para la resolución de cuestiones más generales, relacionadas con dinámicas de formación o alteración que pudiesen ser identificadas en un tipo de secuencia más genérica.
- **Observaciones previas:** Las experimentaciones planteadas partían de experiencias previas en que se trataron problemáticas parecidas. Las experiencias previas fueron tanto experimentos pilotos como participaciones activas en proyectos experimentales análogos. Estas experiencias previas nos ayudaron en la configuración y el planteamiento de los proyectos experimentales, en la reducción de los posibles errores en la toma y observación de datos o en la identificación de las variables principales de los fenómenos allí estudiados.
- **Multidisciplinariedad:** La experimentación no puede aislar los fenómenos que pretende estudiar del contexto en el que se generan, especialmente al abordar fenómenos arqueológicos complejos. Por lo tanto, así como se ocurre en la práctica arqueológica, los datos experimentales tienen que ser estudiados de forma interdisciplinar. El análisis de datos desde diferentes disciplinas ayuda a reforzar las observaciones realizadas y tiene un mayor valor explicativo de los fenómenos estudiados.
- **Repeticiones:** Las repeticiones en la experimentación nos permitirán obtener unos resultados generados por un fenómeno causa-efecto concreto, observable y cuantificable, descartando la aleatoriedad. Las experimentaciones tienen que generar una información válida para rechazar o aceptar una hipótesis con certeza. Es para asegurar la fiabilidad de nuestra experimentación que son tan importantes las repeticiones ya que reducen el grado de incerteza de nuestros resultados. El número mínimo de repeticiones es difícil de establecer, ya que las circunstancias de cada experimentación pueden ser variables.

# **Capítulo 5**

## **El fuego en el Paleolítico: el registro piroarqueológico de la secuencia de Cova Gran de Santa Linya**

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI  
EL FUEGO EN LA PREHISTORIA. UNA APROXIMACIÓN ARQUEO-EXPERIMENTAL AL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO  
A TRAVÉS DE LA MICROARQUEOLOGÍA  
Aitor Burguet Coca

## Introducción

En este capítulo se presentan dos unidades arqueológicas de la secuencia paleolítica de Cova Gran, seleccionadas al considerarse representativas de los dos momentos tecno-culturales y biológicos diferenciados identificados en esta secuencia. Por un lado, la unidad arqueológica 497D se relaciona con ocupaciones de humanos anatómicamente modernos del Paleolítico Superior Inicial y, por otro lado, el nivel S1D, con ocupaciones neandertales adscritas la Paleolítico medio final. El análisis y la comparativa del registro piroarqueológico de estas dos unidades nos permitirá abordar aspectos relacionados con los procesos de formación del registro, así como aspectos relacionados con las habilidades pirotecnológicas de los grupos cazadores y recolectores que ocuparon este yacimiento.

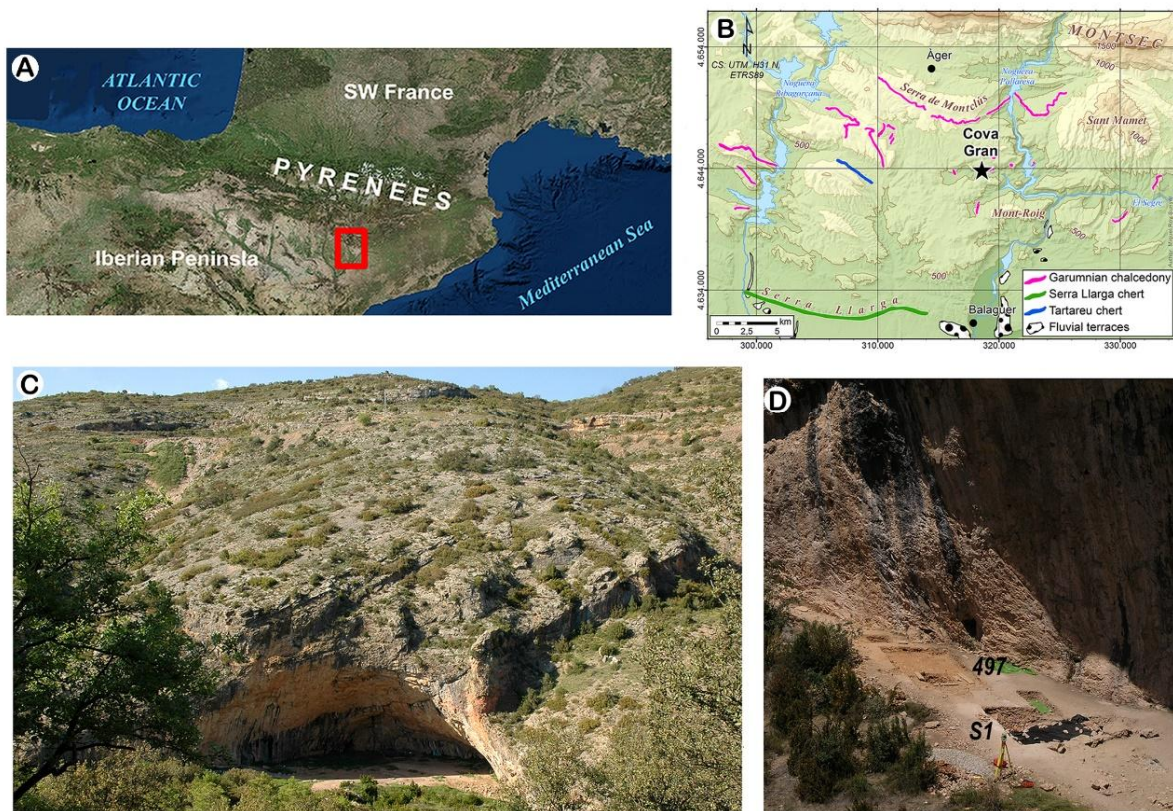
En paralelo al análisis de los dos niveles arqueológicos, hemos desarrollado un proyecto experimental para poder resolver algunas de las problemáticas detectadas durante el trabajo de campo. El proyecto experimental se ha centrado en abordar la identificación del registro piroarqueológico y las diferentes partes que lo componen. Estos resultados son extrapolables a las problemáticas arqueológicas formando un flujo continuo de información entre la parte arqueológica y la experimental.

## 5.1. EL YACIMIENTO DE COVA GRAN

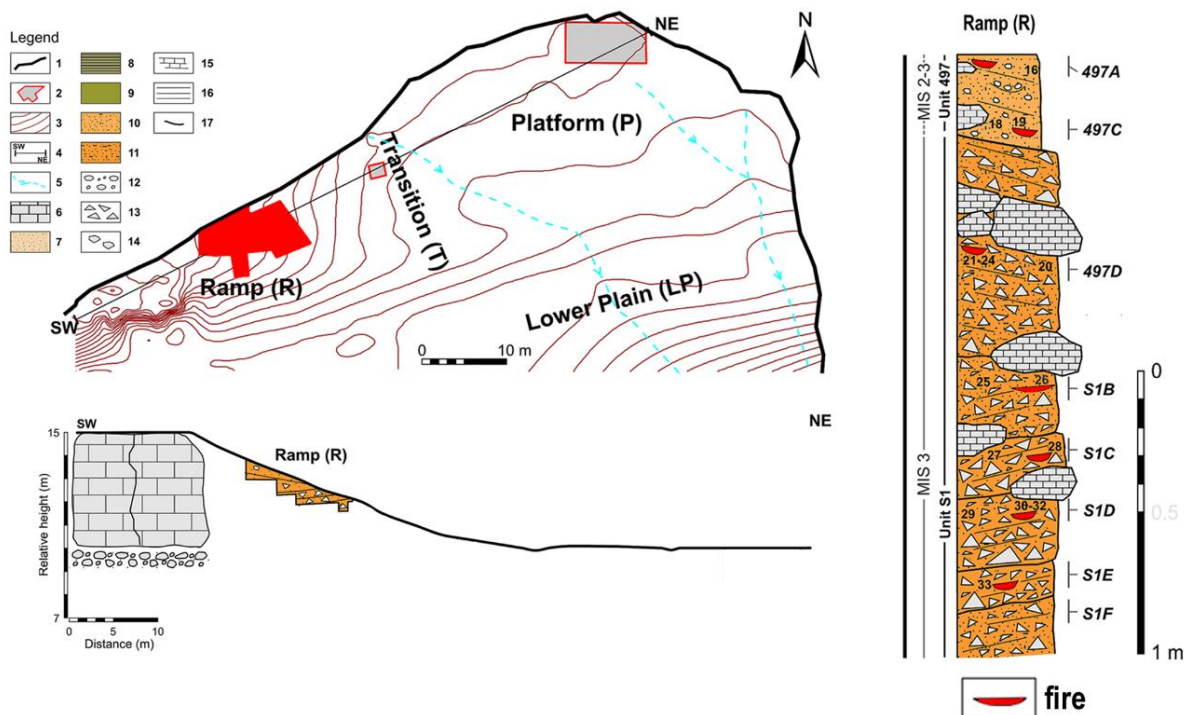
Cova Gran es un abrigo de grandes dimensiones, localizado a unos dos kilómetros del municipio de Santa Linya (Les Avellanes, Lleida) (Fig. 5.1), en una zona de contacto entre la Depresión del Ebro y las primeras estribaciones montañosas al sur del Prepirineo (X = 318,541 Y = 464.3877 UTM H31N ETRS89, 385 m.s.n.m.). El abrigo se sitúa en una pequeña barra caliza (Serrat del Bepó) y está rodeado de montañas de altitud media (entre 500 y 800 m) que conforman la denominada Solana del Mont-Roig, un contrafuerte de las *Serres marginals* del Prepirineo (Benito-Calvo et al. 2011; Roy Sunyer et al. 2013). El Torrent de Sant Miquel que transcurre por delante del yacimiento se activa estacionalmente y supone un corredor transversal acuático que conecta las cuencas de los ríos Noguera Pallaresa y Noguera Ribagorçana (Martínez-Moreno et al. 2007). Estos cursos fluviales transversales conectan grandes entidades biogeográficas como la Cuenca del Ebro y las *Serres marginals* y exteriores de los Pirineos.

La importancia de la secuencia arqueológica de Cova Gran radica en el amplio rango cronológico que abarca, con evidencias de presencia humana a lo largo de los últimos 50.000 años (Fig. 5.2). En esta secuencia se detectan diferentes períodos clave que pueden aumentar nuestra comprensión de las dinámicas humanas y culturales durante el Pleistoceno superior y el Holoceno en el noreste de la península ibérica (Mora et al. 2011, 2014). Entre los hitos evolutivos más importantes registrados en la secuencia cronocultural de Cova Gran destaca la desaparición de los Neandertales y el surgimiento de una nueva tradición tecno-cultural correspondiente al Paleolítico superior inicial (Martínez-Moreno et al. 2010; Polo-Díaz et al. 2016; Mora et al. 2018).

CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO



**Figura 5.1.** Situación geográfica de Cova Gran. A) Localización de la zona de contacto entre la Cuenca del Ebro y el Pirineo sur en la península ibérica. B) Marco general de las primeras estratificaciones del sureste del Prepirineo. C) Vista general del abrigo. D) Excavación de las unidades sedimentarias 497 (niveles Paleolítico superior inicial) y S1 (Paleolítico medio final). Las capas de del Paleolítico superior inicial, excepto la unidad arqueológica 497D, se vieron gravemente afectadas por la erosión de la peniente.



**Figura 5.2.** Plano general del abrigo con la posición del Sector Rampa (modificado Mora et al. 2011). A la derecha está la secuencia litoestratigráfica del sector Rampa con las unidades sedimentarias 497 y S1.

Las tareas de excavación, llevadas a cabo desde 2004, nos han permitido identificar la secuencia sedimentaria a partir de tres áreas de excavación de diferentes dimensiones distribuidas en distintas localizaciones del abrigo. El área principalmente estudiada se corresponde con el sector Rampa (R) y se ubica al oeste del depósito a más de 9 metros del lecho del torrente con unas dimensiones aproximadas de 60 m<sup>2</sup>. Al menos siete ocupaciones del Paleolítico medio final y tres del Paleolítico superior inicial (Martínez-Moreno et al. 2010; Mora et al. 2018) han sido identificadas en orden estratigráfico (Fig. 5.2).

El estudio de las fábricas sedimentarias y el registro arqueológico de diferentes estratos del sector Rampa, han permitido evaluar el impacto de los procesos sincrónicos y post-deposicionales por actividad natural y antropogénica, concluyendo que el registro arqueológico se vio mínimamente afectados por las dinámicas tafonómicas (Benito-Calvo et al. 2009, 2011; Polo-Díaz et al. 2016); a pesar de que sí afectó a la preservación del registro zooarqueológico (Samper Carro et al. 2020). Los procesos de formación predominantes en el registro sedimentario son el resultado de la caída gravitacional de clastos subangulares y bloques de origen autóctonos, pudiendo descartarse la contribución del torrente en el sector Rampa del depósito (Benito-Calvo et al. 2011) (Fig. 5.2).

### 5.1.1. El nivel 497D

Dentro el sector Rampa (R) de Cova Gran, en este capítulo abordaremos algunas estructuras de combustión del nivel 497D, que junto con los niveles arqueológicos 497A y 497C forman la unidad estratigráfica 497 (Fig. 5.3).

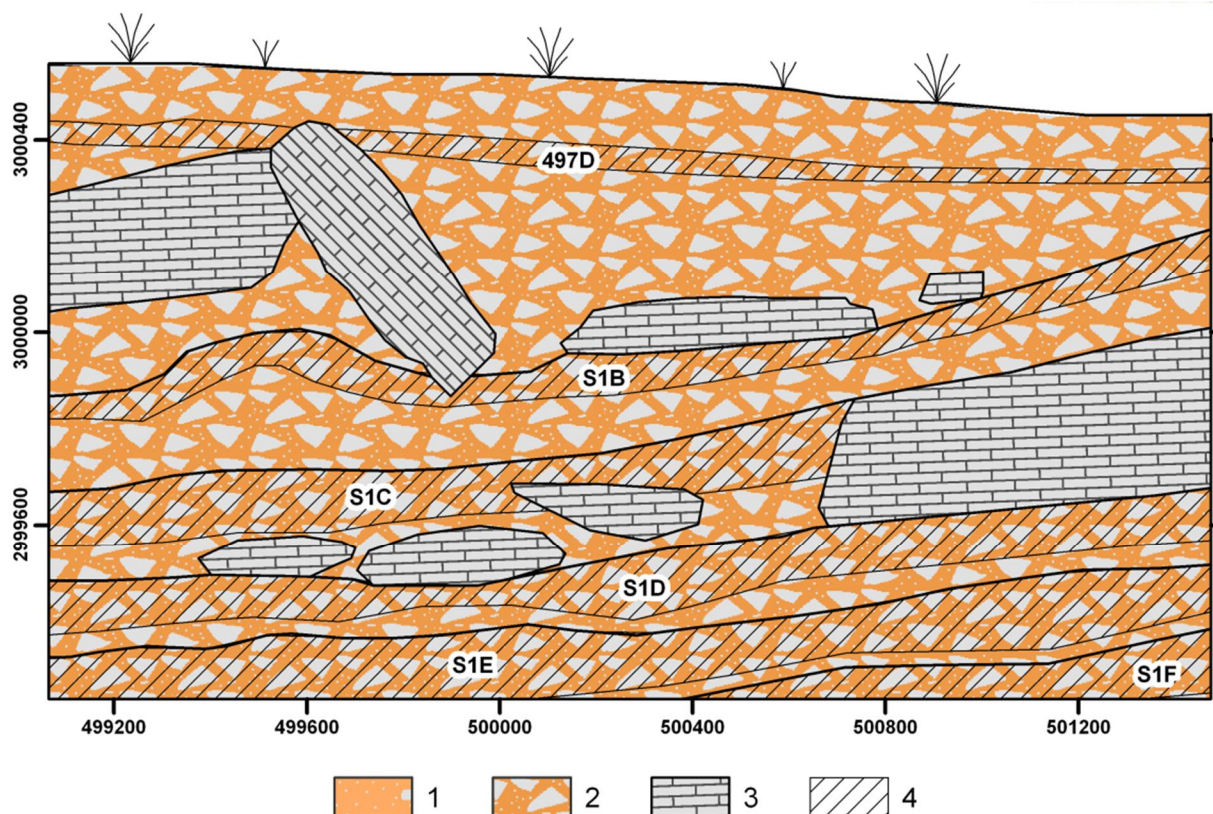
El cuerpo sedimentario de la unidad 497 está compuesto por materiales autóctonos, caracterizados por gravas finas y muy finas con una morfología redondeada y sub-redondeada (Fig. 5.3). La matriz de arena está compuesta por un 40% de arenas lutíticas. La calcita y el cuarzo están presentes en partes iguales, junto con pequeñas cantidades de albita, illita y clorita (Benito-Calvo et al. 2009).

El nivel arqueológico de 497D corresponde al Paleolítico superior inicial, siendo esta la unidad más antigua del Paleolítico superior de Cova Gran (Martínez-Moreno et al. 2010). La unidad tiene una morfología irregular, formada por sedimentos granulares y bloques angulares de dimensiones variables, gravas calizas y arena (Fig. 5.3). El principal proceso de formación es un fenómeno mecánico de erosión y caída de bloques de la pared y techo de la cueva (Martínez-Moreno et al. 2010). Este tipo de procesos se relacionan con condiciones climáticas frías y la circulación de agua. No hay evidencias de filtraciones, crioturbaciones o deficiencias en el registro de materiales del nivel 497D.

El nivel 497D tiene una inclinación de 15° y una pendiente subhorizontal hacia el este donde se aplanan debido a la línea erosiva que delimita el sector Rampa. El nivel arqueológico 497D se caracteriza por ser una unidad homogénea, de escaso espesor y bien definida por estratos estériles de entre 20-50 cm que ha permitido un correcto control contextual y estratigráfico (Fig. 5.3). Dentro de la unidad se han discriminado un mínimo de cuatro fases de ocupación y abandono, a partir de la dispersión vertical de los materiales y los hogares. Estas fases varían en el espacio y el tiempo según diversos parámetros, pero se caracterizan por ocupaciones de corta duración ligadas a una alta movilidad residencial (Martínez-Moreno et al. 2010; Mora et al. 2020).



## CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO



**Figura 5.3.** Sección estratigráfica transversal de unidad S1 del sector Rampa. Leyenda: 1, arenas y arcillas con clastos redondeados y subredondeados; 2, clastos angulares con matriz de arenas, arcillas y limos; 3, bloques de caliza; 4, niveles arqueológicos.

Este nivel arqueológico presenta un conjunto lítico de más de 8.000 artefactos, con predominio de sílex (99%), procedente de afloramientos locales del Cretácico Superior/Paleoceno (Martínez-Moreno et al. 2012; Roy Sunyer et al. 2013). El conjunto se caracteriza por la presencia de sistemas de talla para la obtención de productos laminares de varios tamaños. Predomina la explotación unidireccional de núcleos piramidales mal preparados con aristas irregulares (Martínez-Moreno et al. 2010, 2012; Roy Sunyer et al. 2013). Algunos núcleos tienen series de extracción muy cortas utilizando ángulos naturales, lo que evidencia una explotación expeditiva. Los conjuntos retocados están formados por buriles, raspadores y láminas de dorso (Mora et al. 2011). El conjunto presenta algunas características asociadas al Auriñaciense mediterráneo, aunque tipológicamente carece de fósiles directores, y difiriendo de los tecno-complejo de la cultura Auriñaciense (Martínez-Moreno et al. 2010, 2012).

El conjunto de fauna está formado por los restos de *Stephanorhinus* sp., *Equus caballus*, *Cervus elaphus* y *Capra pirenaica* (Samper Carro et al. 2020). También es destacable un conjunto de 36 conchas marinas perforadas correspondientes a *Nassarius pygmaea* y *Antalis* sp., posiblemente recolectadas del mar Mediterráneo, que se ubicarían a unos 150 km de Cova Gran (Martínez-Moreno et al. 2010, 2012)

El nivel arqueológico 497D se atribuye cronológicamente al Estadio Isotópico Marino 3 (MIS 3), así como toda la unidad sedimentaria S1. Se han obtenido un total de seis fechas, una por TL y el resto por C<sup>14</sup> AMS, utilizando diferentes protocolos (Tabla 5.1).

CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

Level	Sampel	Ref. Lab.	Method	Protocol	Age (Cal BP)	Context	Reference
497D	Marine Shell	OxA-19250	C14 AMS	Car DS	31260±260	Level	Mora et al. 2011
497D	Charcoal	Beta-207578	C14 AMS	ABA	37020±860	Level	Martínez-Moreno et al., 2010
497D	Charcoal	AA 68834	C14 AMS	A	36800±850	Hearth	Martínez-Moreno et al., 2010
497D	Charcoal	AA 68834	C14 AMS	AAA	37330±760	Hearth	Martínez-Moreno et al., 2010
497D	Charcoal	AA 68834	C14 AMS	ABOX	39650±900	Hearth	Martínez-Moreno et al., 2010
497D	Burned flint	AA 68834	TL	-	36610±4056	Level	Mora et al. 2011

**Tabla 5.1.** Contexto cronométrico disponible para la unidad arqueológica 497D.

Las dataciones radiométricas realizadas sobre carbones reportan fechas que se superponen al intervalo más antiguo de la datación por TL. Por tanto, se considera que el evento documentado en el nivel arqueológico 497D tiene un rango cronológico entre 40 y 36 ka cal. BP (Martínez-Moreno et al. 2010; Mora et al. 2011). Los autores consideran la fecha obtenida de la concha marina como una edad mínima, ya que se detectaron problemas asociados con la acumulación de carbonatos secundarios, que el protocolo Car DS no pudo resolver (Mora et al. 2011).

### 5.1.2. El nivel S1D

Se han identificado hasta cinco niveles arqueológicos en la unidad sedimentaria S1 (S1B, S1C, S1D, S1E, S1F). Estos niveles arqueológicos tienen un espesor entre 10 a 15 cm, con abundante material lítico tallado en sílex y cuarcita (Mora et al. 2011, 2018). Las fechas radiométricas obtenidas para el nivel arqueológico S1D se relacionan con las ocupaciones neandertales del MIS 3, en un rango entre 41 y 37 ka cal. BP (Mora et al. 2011) (Tabla 5.2). Las características tecno-tipológicas y las fechas crono-culturales del conjunto, sitúan el nivel arqueológico S1D en el Paleolítico medio final (Mora et al. 2011, 2018).

Level	Sample	Ref. Lab.	Method	Protocol	Age (Cal BP)	Context	Reference
S1D	Charcoal	Beta-187423	C14 AMS	ABA	36620±8950	Hearth	Martínez-Moreno et al., 2010
S1D	Charcoal	Beta-207575	C14 AMS	ABA	36710±970	Hearth	Martínez-Moreno et al., 2010
S1D	Charcoal	Beta-195431	C14 AMS	ABA	37360±810	Hearth	Martínez-Moreno et al., 2010
S1D	Burne flint	MAD-5574BIN	TL	-	41308±3979	Level	Mora et al., 2011

**Tabla 5.2** Contexto cronométrico disponible para la unidad arqueológica S1D

Los métodos de reducción más comunes identificados en los niveles arqueológicos del Paleolítico medio están esencialmente dirigidos a la producción de lascas. Se identifican dos métodos de reducción diferentes, el expeditivo unifacial y el bifacial volumétrico, con un Levallois preferencial y otros métodos de Levallois centrípeto recurrente (Martínez-Moreno et al. 2010; Mora et al. 2018) (Martínez-Moreno et al.2010; Mora et al.2018).



Los conjuntos de fauna incluyen la presencia de *Stephanorhinus sp.*, *Equus caballus*, *Equus cfr. Hydruntinus*, *Cervus elaphus* y *Capra yrenaica* con abundantes evidencias de modificación antrópica (marcas de corte, fracturas en fresco, marcas de impacto y alteración por fuego) (Martínez-Moreno et al. 2010; Samper Carro et al. 2020).

Los diferentes niveles arqueológicos que forman la unidad S1, exhibe un buzamiento de los niveles arqueológicos hacia el oeste, opuesto al documentado en los niveles del Paleolítico superior inicial. La unidad S1 consta de desprendimientos de depósitos de rocas autóctonos (Fig. 5.3) compuestos por clastos angulares y muy angulares mal clasificados (Benito-Calvo et al. 2011). La matriz limitada consiste en arenas limosas-arcillosas, con predominio de minerales similares a la calcita y la dolomita (Benito-Calvo et al. 2009). La matriz sedimentaria del nivel S1D tiene un componente antrópico importante, identificado por la predominancia en el nivel de una coloración ennegrecida generalizada combinada con acumulaciones de ceniza carbonatadas.

## **5.2. LAS ESTRUCTURAS DE COMBUSTIÓN DE COVA GRAN**

### **5.2.1. Protocolo de excavación y documentación de los hogares**

Los hogares se excavaron y documentaron aplicando el mismo protocolo en toda la secuencia. Este protocolo se basó en la definición y documentación de la superficie de los hogares basándose en criterios como el cambio de color, la presencia de cenizas o la presencia de rocas naturales alteradas térmicamente y artefactos arqueológicos quemados (materiales óseos y líticos). Una vez que se reconoció la forma de la superficie del hogar, se utilizó una estación total para georreferenciar las coordenadas 3D para describir la forma y la dispersión en planta. A continuación, el hogar se divide en dos mitades: una mitad se excava para describir la secuencia interna y en ella se realiza el primer muestreo (Fig. 5.4), y la segunda mitad se utiliza para confirmar la estratigrafía interna descrita en la primera mitad. Las muestras de micromorfología se toman de la segunda mitad aprovechando el perfil (Polo-Díaz et al. 2016).

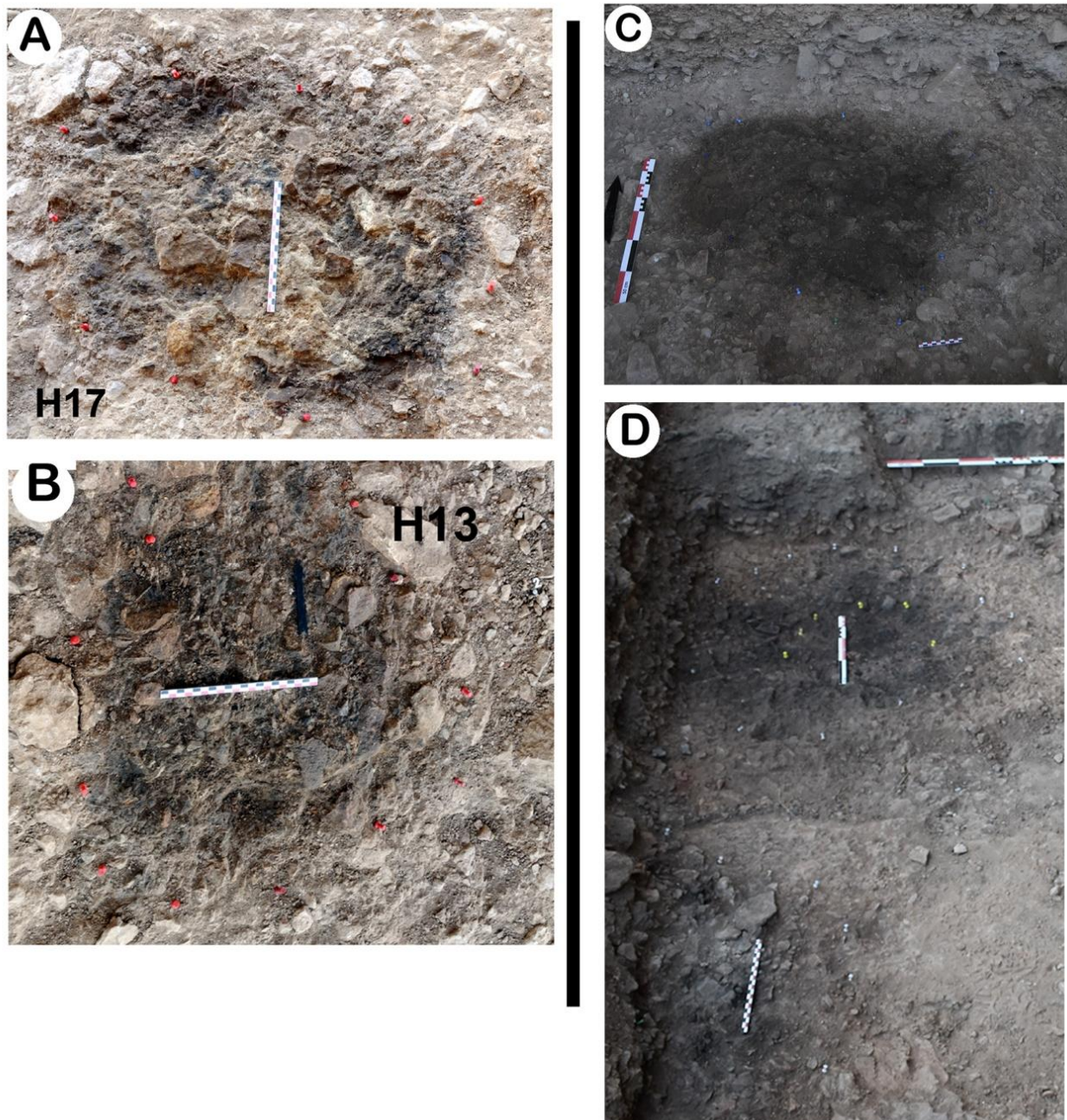
Para describir la forma general de los hogares, la morfología interna y el grosor, se documentaron la superficie del hogar y las secciones finales de acuerdo con la forma en la base. Todos los sedimentos se conservaron para la recuperación de carbón vegetal mediante flotación. Se llevaron a cabo muestreos específicos de sedimentos para diferentes análisis que incluyeron micromorfología, análisis de fitolitos y FTIR. Todos los artefactos arqueológicos y otros restos del interior de los hogares fueron identificados como parte de la estructura para la posterior discriminación en el análisis espacial del material arqueológico. Seguidamente, se procede a la documentación fotográfica, a las descripciones escritas de las observaciones y los muestreo y al dibujo de las secciones y superficies.

### **5.2.2. El registro piroarqueológico paleolítico de Cova Gran**

La presencia de hogares es continua en la secuencia tanto de Paleolítico medio tardío como de Paleolítico superior inicial, compuesta por siete y tres niveles arqueológicos, respectivamente. Hasta la fecha se han identificado más de 80 estructuras de combustión (Tabla 5.3) (Mora et al. 2018).

## CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

Independientemente de su atribución crono-cultural, en esta base de datos, los hogares excavados son catalogados según dos atributos: sistema constructivo y morfología. A nivel constructivo, existen hogares que se instalaron directamente en el suelo (hogares planos), mientras que otros se



**Figura 5.4.** Hogares planos. A (H17) y B (H13) son hogares excavados en la unidad arqueológica 497D, atribuidos al Paleolítico superior inicial. Su contexto deposicional se muestra en la Fig. 5.6 C) Hogares planos del nivel S1B (Paleolítico medio final). D) Dos hogares planos adyacentes al nivel S1E (Paleolítico medio final). Se muestra la diferencia de tamaños entre los hogares del Paleolítico superior inicial y Paleolítico medio final.

construyeron o emplearon depresiones naturales (hogares en cubeta). La disposición del impacto térmico basal, ubicado en la base de la superficie termoalterada, es el atributo que distingue a los hogares planos; el impacto térmico cóncavo en la base y en las paredes definen los hogares en cubeta hechos en concavidades excavadas o en depresiones naturales. El segundo atributo

CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

analizado es la morfología del área termoalterada, diferenciado entre formas circulares o elipsoidales, generalmente de menos de 1 m de diámetro, y parches irregulares o grandes áreas globulares, que corresponden a un foco de combustión que puede alcanzar varios metros de diámetro. A pesar de que la morfología de estas acumulaciones puede ser difícil de describir con precisión, es evidente que fueron formadas por sucesivas instalaciones adyacentes o superpuestas de un número indeterminado de hogares.

Unit	Level	Surface (m2)	Thick (cm)	Cultural attribution	# structures	Flat Hearths	Pit Hearths	Dumping ashes	Patches
497	497A	19	5-10	EUP	2	0 (0%)	2 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
497	497C	37	5-10	EUP	3	0 (0%)	2 (66%)	1 (33%)	0 (0%)
497	497D	63	10-15	EUP	13	2 (15%)	8 (62%)	0 (0%)	3 (23%)
S1	S1B	69	15-20	LMP	3	2 (66%)	1 (33%)	0 (0%)	0 (0%)
S1	S1B1	55	5-10	LMP	4	2 (50%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (50%)
S1	S1C	61	5-10	LMP	15	11 (73%)	2 (13%)	1 (7%)	1 (7%)
S1	S1C1	19	4-5	LMP	3	2 (66%)	1 (33%)	0 (0%)	0 (0%)
S1	S1D	36	10-15	LMP	20	20 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
S1	S1E	18	10-15	LMP	15	15 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
S1	S1F	15	5	LMP	4	4 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

**Tabla 5.3.** Caracterización de las estructuras de combustión en las unidades arqueológicas del Paleolítico superior inicial y Paleolítico medio final.

Durante la excavación de los hogares existe un atributo difícil de cuantificar que correspondería con el impacto antrópico sobre las superficies excavadas. A nivel espacial, se pueden identificar diferentes modelos o tipos de actividad de combustión. Por una parte, se detecta un modelo de bajo impacto antrópico, basado en una actividad de combustión restringida en espacios discretos, correspondiendo a hogares dispersos y con límites precisos entre un área alterada y una inalterada. Por otra parte, se detectan zonas en los que se identificaron focos de combustión, pero en los que la repetida instalación de otros hogares continuos y/o superpuestos puede ocurrir en áreas más grandes. Estas áreas caracterizadas por la reinstalación de un número indeterminado de hogares en la misma área indica un alto impacto antrópico.

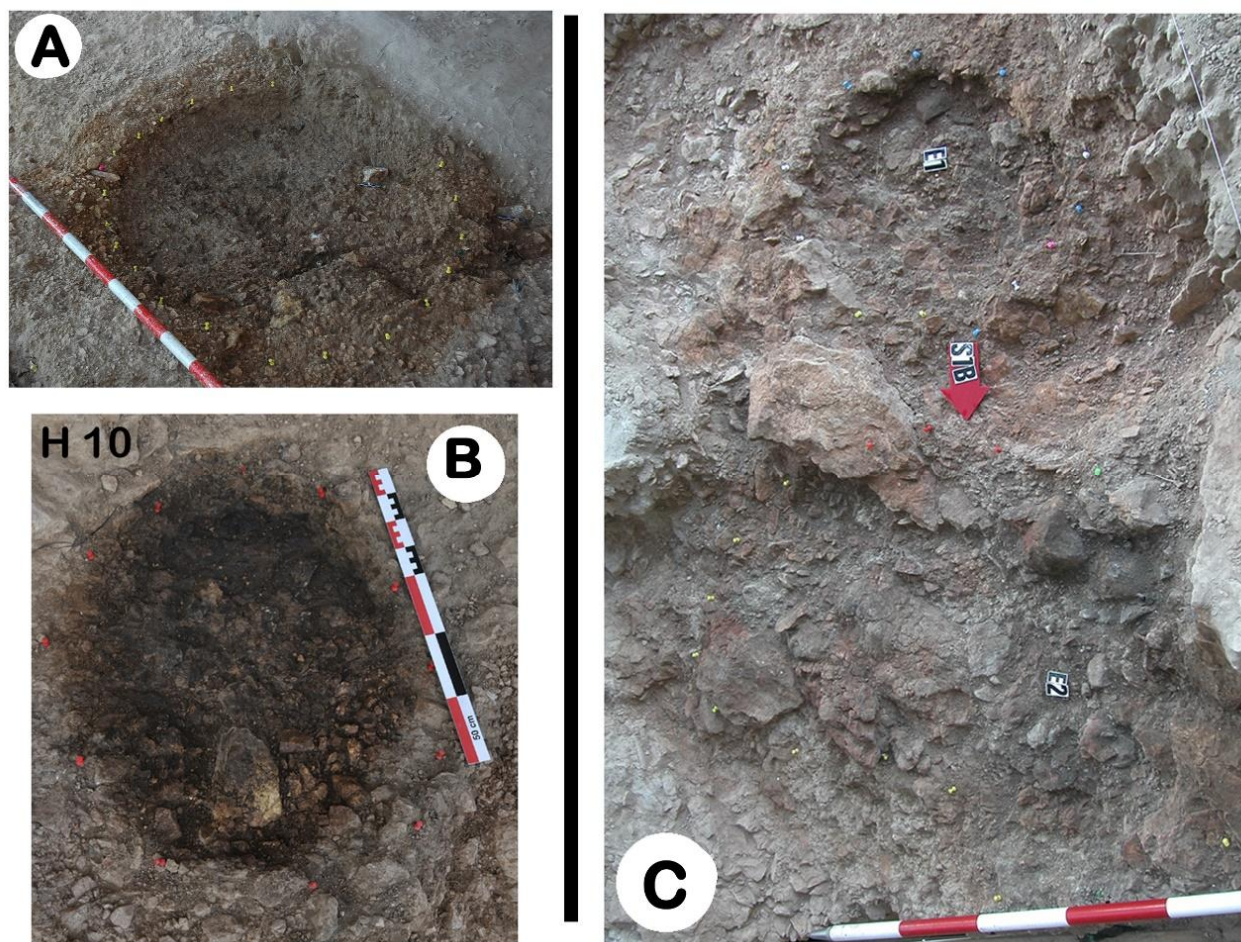
En este capítulo investigaremos si estas diferencias cualitativas entre los modelos de bajo y alto impacto antrópico pueden relacionarse con eventos de ocupación. Estos eventos de ocupación podrían ser una consecuencia de hogares sincrónicos o un número indeterminado de visitas durante un período más corto y afectar los patrones de asentamiento y movilidad, como se analiza a continuación.

Otro elemento a destacar es el posible uso de piedras en el perímetro exterior del hogar, que puede estar relacionado con piedras para cocinar o calentar. Las observaciones realizadas durante la excavación son fundamentales para detectar posibles comportamientos involucrados en la construcción de estos hogares. Varios factores dificultan determinar si las acciones se centraron en actividades domésticas esenciales o en actividades sociales. El contexto sedimentario compuesto por clastos heterométricos impide la identificación de las disposiciones de bloques que delimiten parcial o totalmente el perímetro de las zonas de combustión, o de clastos de tamaño medio o grande en el interior o adyacentes a los hogares. En cambio, sí que generalmente es posible determinar si se trata de bloques que se cayeron y cubrieron el hogar una vez que ya no estaba en uso, por la ausencia de evidencias e termoalteración. De acuerdo con este registro, en los niveles



## CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

adscritos al Paleolítico superior inicial hay un predominio de hogares en forma de cubeta que contienen cenizas y capas negras formadas por materiales carbonizados, y en la parte superior de la estratigrafía interna, estos hogares muestran en su base y paredes una superficie rubefactada (rojiza). La mayoría de estos hogares tienen una forma circular u ovalada con estigmas diagnósticos relacionados con la combustión, como el color, los carbones o materiales arqueológicos y rocas naturales quemados. Visualmente, estos hogares están ubicados en superficies discretas en las que el sedimento termoalterado se puede distinguir del sedimento no alterado tanto en hogares planos como en cubeta. Estas características nos permiten delimitar los hogares dentro del contexto arqueológico (Fig. 5.5 y Fig. 5.6a). A su vez, se han documentado algunos casos de posibles vertidos de cenizas (Miller et al. 2010; Mallol et al. 2013a) como también pequeños impactos térmicos que no tienen suficiente entidad arqueológica para ser considerados un hogar, y que se han denominado "manchas" (Tabla 1).



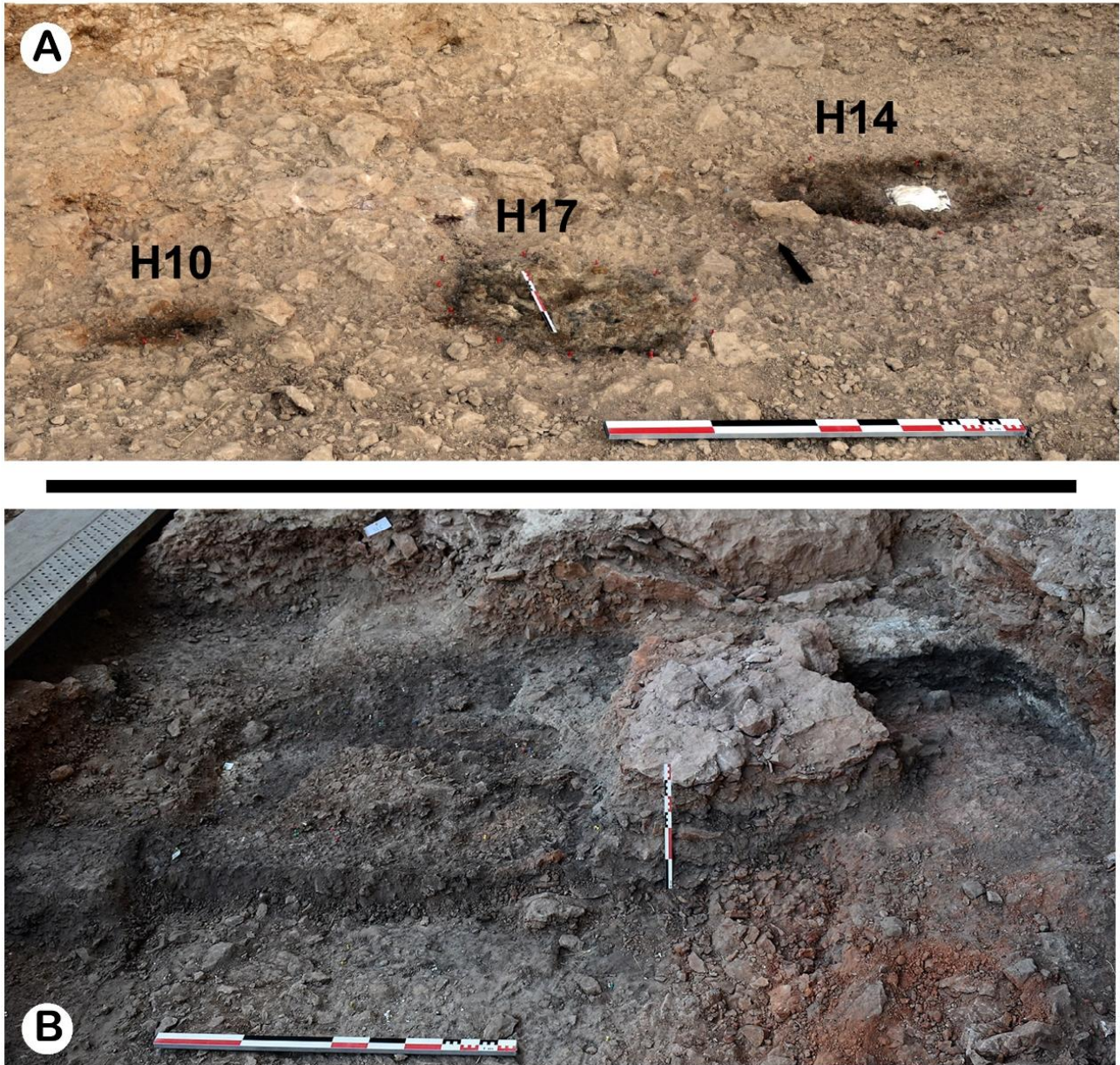
**Figura 5.5.** Hogares en cubeta. A) Cubeta en la unidad arqueológica 497A, con su parte superior afectada por la erosión, ya que se encuentra a unos pocos centímetros del suelo actual (EUP). B) Hogar en cubeta (H10), perteneciente a la unidad arqueológica 497D; su relación con otros hogares en esta capa se observa en la Fig. 5.6. C) Hogar en cubeta (arriba) y hogar plano (abajo) de la unidad arqueológica S1B (Paleolítico medio final). Se pueden observar sedimentos rojizos que afectan a un gran bloque que articula ambos hogares.

Los niveles de Paleolítico medio tardío han reportado hogares en su mayoría planos, aunque los hogares en cubeta se identifican al menos en tres niveles arqueológicos en proporciones bajas (S1B, S1C y S1C1) (Fig. 5.5). La preservación de estos hogares, así como su estructura interna, es



## CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

buena en los niveles de Paleolítico medio, con impacto antrópico en todas las unidades (Polo-Díaz et al. 2016). En estas, la presencia recurrente de capas de cenizas mineralizadas identificadas en la parte superior de los hogares sugiere la posible reacción del agua con los residuos de combustión (cenizas). Debajo de estas capas, hay capas orgánicas de color marrón-negro (Polo-Díaz et al. 2016).



**Figura 5.6.** Impacto antropogénico sobre el sedimento. A) Presencia de varios hogares en la unidad arqueológica 497D (Paleolítico superior inicial) en que existe un perímetro preciso alrededor de la superficie termoalterada. Varios indicadores contextuales sugieren que estos hogares adyacentes no ocurrieron simultáneamente (Mora et al., 2020) B). Acumulación de hogar en el área excavada correspondiente a los niveles arqueológicos S1D y S1E LMP. Las superficies termoalteradas se extienden por toda la zona central y tienen continuidad lateral a ambos lados, especialmente a la derecha. La acumulación de residuos de combustión sugiere un alto impacto antropogénico.

La mayoría de los hogares formados por capas de ceniza mineralizada se conservan en las unidades S1D y S1E. En estas unidades, los hogares planos formados por capas de ceniza mineralizada tienen formas irregulares como resultado de la superposición potencial de diferentes hogares. A nivel macroscópico, las áreas de combustión se formaron por la acumulación de hogares, a veces

adyacentes o superpuestos durante un evento de ocupación, creando áreas de combustión extensas con perímetros difusos que afectan superficies mayores de 15-20 m<sup>2</sup> (Fig.5.5, Fig. 5.6). Su delimitación durante el proceso de excavación puede resultar difícil; sin embargo, su identificación y correlación puede ser confirmada por los perfiles estratigráficos de la excavación (Fig. 5.6).

### 5.3. EL USO DEL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO SUPERIOR DE COVA GRAN

#### 5.3.1. Materials 497D

El estudio de fitolitos y FTIR se basó en 21 muestras de la unidad 497D recogidas durante varias campañas de excavación entre los años 2006 y 2010. El número de muestras analizadas por cada hogar ha variado según el número de muestras disponibles. Las muestras pertenecen a 11 de los 12 hogares documentados (Tabla 5.4 y Fig. 5.7). La mayoría de las estructuras de combustión estudiadas tienen forma ovalada y morfología en cubeta. Sus dimensiones no superan en ningún caso el metro de diámetro y el espesor identificado se sitúa entre 3 y 10 centímetros. 16 muestras proceden del interior de los hogares y 5, del área circundante, empleadas como muestras de control.

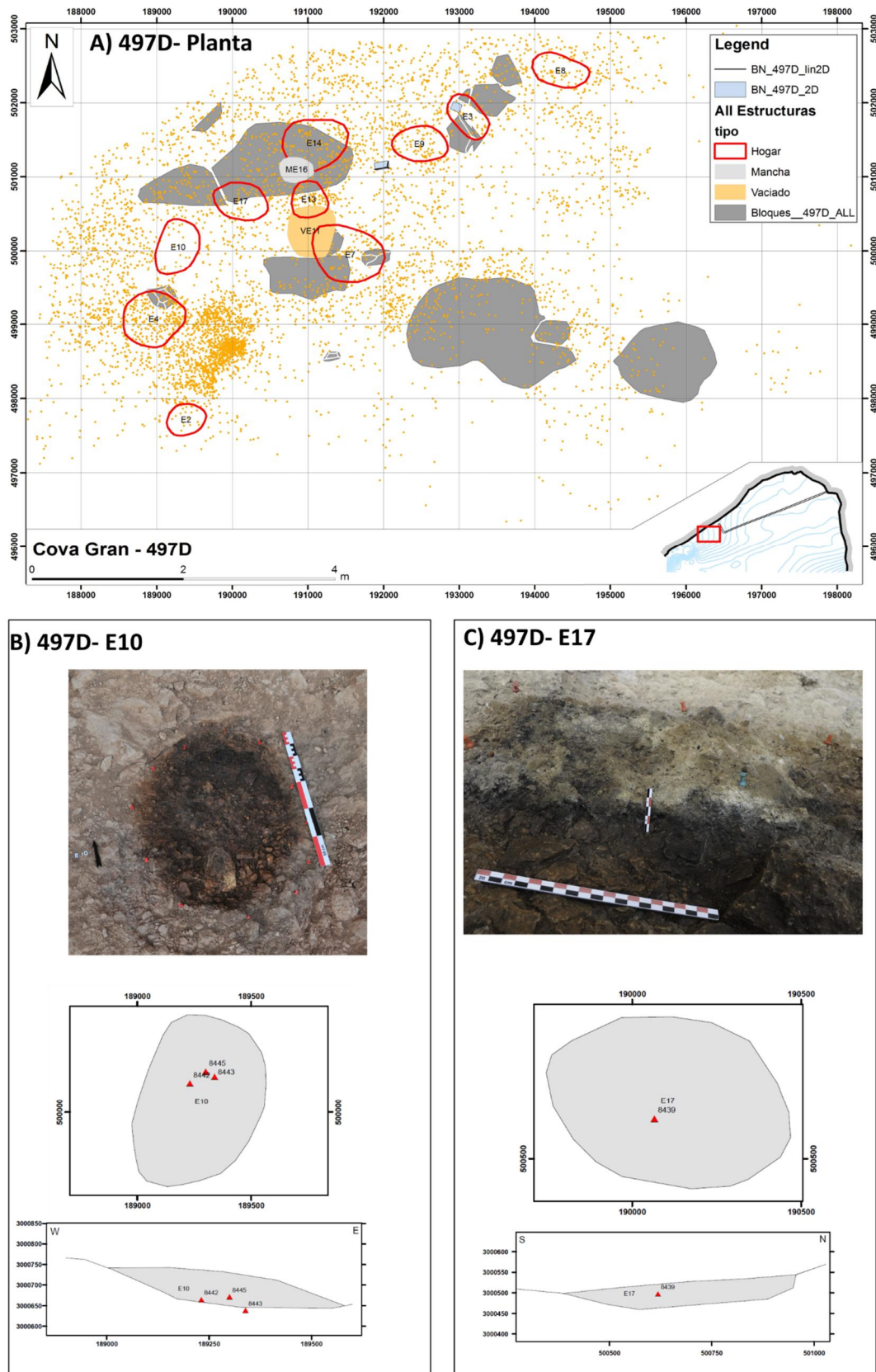
Structure	Sample	Context	Shape	Morphology	Max. axis	Thickness (cm)
E2	8455	Hearth	Oval	Pit hearth	50	6
E2	8456	Hearth	Oval	Pit hearth	50	6
E3	8446	Hearth	Oval	Pit hearth	68	5,8
E3	8449	Hearth	Oval	Pit hearth	68	5,8
E4	8459	Hearth	Circular	Pit hearth	74	7,8
E7	8428	Hearth	Oval	Pit hearth	92	10,5
E7	8431	Hearth	Oval	Pit hearth	92	10,5
E8	8451	Hearth	Oval	Flat hearth	76	2,63
E9	8453	Hearth	Oval	Flat hearth	73	5
E10	8442	Hearth	Oval	Pit hearth	74	9
E10	8443	Hearth	Oval	Pit hearth	74	9
E10	8445	Hearth	Oval	Pit hearth	74	9
E11	8432	Spot ashes	Oval	Pit hearth	70	6
E13	8435	Hearth	Oval	Pit hearth	52	4,5
E14	8437	Hearth	Circular	Pit hearth	86,5	9,5
E17	8439	Hearth	Circular	Pit hearth	75	7
E2	8454	hearth-related sediment	-	-	-	-
E4	8457	hearth-related sediment	-	-	-	-
E7	8430	hearth-related sediment	-	-	-	-
E8	8450	hearth-related sediment	-	-	-	-
E11	8433	ashes-related sediment	-	-	-	-

**Tabla 5.4.** Relación de las muestras analizadas con los hogares de procedencia y sus características

Se han realizado tres tipos de estudios sobre cada una de las 21 muestras: análisis morfológico y cuantitativo de los conjuntos de fitolitos; análisis mineralógico mediante la técnica de Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR), así como el análisis cuantitativo de componentes sedimentarios mediante extracción del AIF. Todas las muestras se geolocalizaron utilizando una estación total para georreferenciar la posición dentro de los hogares y la superficie de la unidad (Tabla 5.4 y Figura 5.7).



CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO



**Figura 5.7.** Proyección del registro piroarqueológico y arqueológico de la unidad arqueológica 497D. A) Plantas general de la unidad arqueológica 497D con la localización de todos los hogares y bloques de la unidad, así como del material arqueológico (puntos amarillos). B) Fotografía general del impacto térmico de la estructura de combustión E10 y localización de las muestras analizas en la plata y sección del hogar. C) Detalle de la secuencia interna del hogar E17 y la localización de la muestra analiza en la plata y sección del hogar.

### 5.3.2. Resultados de FTIR

Los resultados mineralógicos de las muestras tomadas en el interior de los hogares indican que la calcita es el componente principal, seguida de la arcilla y, finalmente, el cuarzo (Tabla 5.5). En la mayoría de las muestras del interior de los hogares la arcilla está alterada térmicamente. Según los patrones experimentales obtenidos específicamente para esta secuencia y las referencias publicadas (Berna et al. 2007; Weiner 2010), la temperatura a la que se expuso la arcilla no pudo superar los 400 °C. El origen de la calcita es mayoritariamente geogénico; sólo tres muestras del interior de los hogares E7 y E8 del nivel 497D tienen calcita pirogénicas en forma de ceniza.

Structure	Sample	Context	Phyt. counted	Phyt. g/sediment	Phyt g/AlF	Main Mineral components	Calcite origin
E2	8455	H	4	64	7368	Ca, Cl(nb), Qz	Geogenic
E2	8456	H	1	16	1750	Ca, Cl(nb), Qz	Geogenic
E3	8446	H	3	49	3565	Cl(b), Ca, Qz,	Geogenic
E3	8449	H	10	160	12634	Cl(b), Ca, Qz	Geogenic
E4	8459	H	5	80	9657	Ca, Cl(nb), Qz	Geogenic
E7	8428	H	31	496	119107	Ca, Cl(nb), Qz	Pyrogenic (Ash)
E7	8431	H	31	499	105103	Ca, Cl(b), Qz	Pyrogenic (Ash)
E8	8451	H	46	754	69990	Ca, Cl(b), Qz	Pyrogenic (Ash)
E9	8453	H	28	447	40855	Cl(b?), Ca, Qz	Geogenic
E10	8442	H	2	33	6530	Ca, Cl(b), Qz	Geogenic
E10	8443	H	7	114	11618	Ca, Cl(b), Qz	Geogenic
E10	8445	H	0	0	0	Ca, Cl(b), Qz	Geogenic
E11	8432	SA	8	128	29494	Ca=Cl(nb), Qz	Geogenic
E13	8435	H	2	32	3193	Cl(nb), Ca, Qz	Geogenic
E14	8437	H	32	516	122652	Ca, Cl(nb), Qz	Geogenic
E17	8439	H	10	160	17921	Ca, Cl(nb), Qz	Geogenic
-	8430	C	0	0	0	Cl(nb), Ca, Qz	Geogenic
-	8433	C	0	0	0	Cl(nb), Ca, Qz	Geogenic
-	8450	C	0	0	0	Ca, Cl(nb), Qz	Pyrogenic (Ash)
-	8454	C	1	16	1868	Ca, Cl(nb), Qz	Geogenic
-	8457	C	0	0	0	Ca, Cl(nb), Qz	Geogenic

**Tabla 5.5.** Resultados de los análisis de fitolitos y FTIR de los hogares del nivel 497 de Cova Gran. H=Hearth; SA=Spot Ashes; C=Control sample. Ca=Calcite; Cl=Clay; Qz=Quartz; Dah=Dahllite (carbonated hydroxylapatite); b=thermally altered clay; nb= not thermally altered clay. Los Minerales se han ordenado según la altura relativa de los picos en los espectros de FTIR.

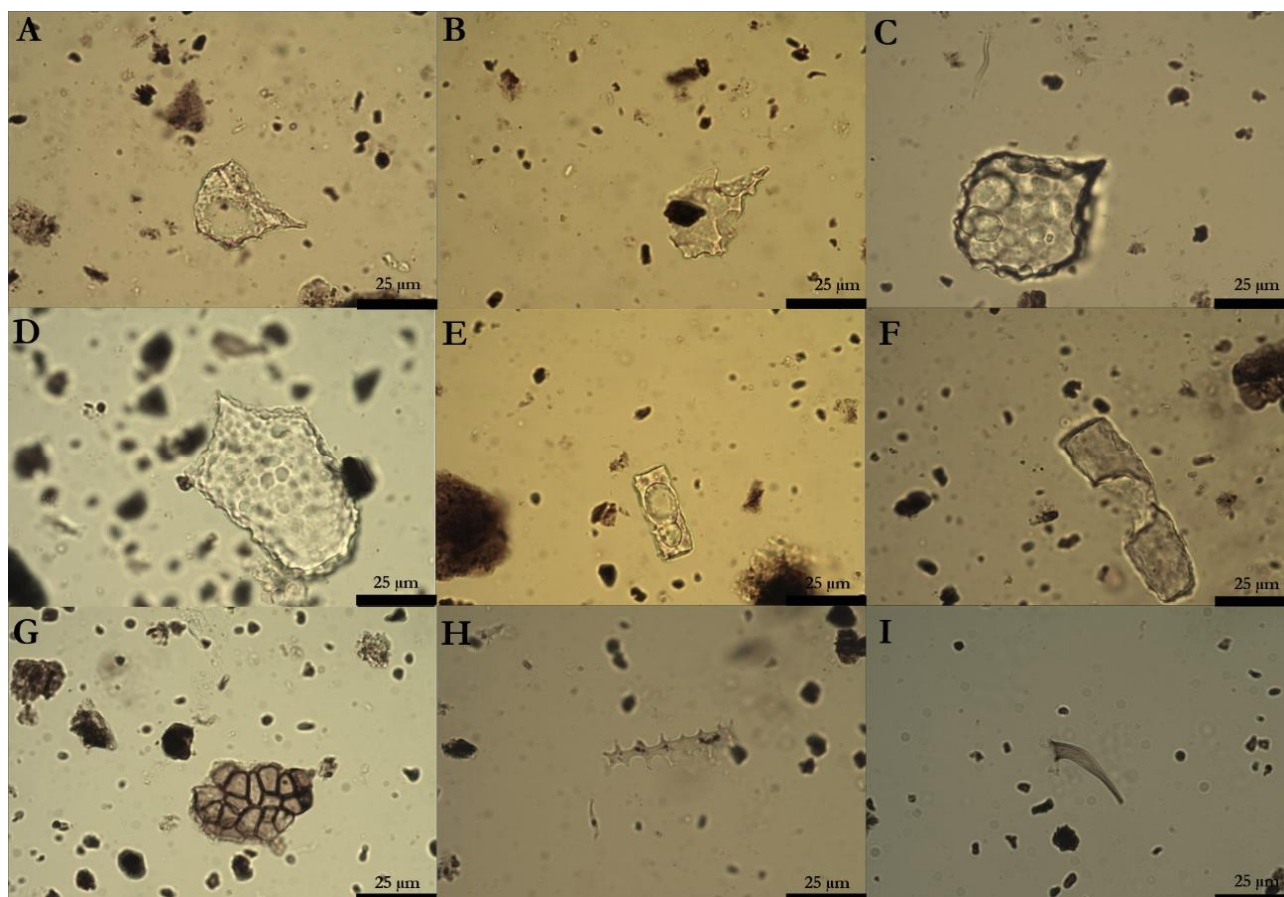
En las muestras de control la composición mineralógica presenta mayores valores de arcilla en relación con la calcita, con presencia de cuarzo también (Tabla 5.5). La arcilla de esas muestras no presenta alteraciones térmicas en ningún caso y la calcita de cuatro de las cinco muestras de control tiene un origen geogénico. Las cenizas identificadas como calcita pirógena es muy inestable y se dispersa fácilmente por factores meteorológicos como el viento (Regev et al. 2010).



### 5.3.3. Resultados de fitolitos

Debido a que no fue posible identificar morfológicamente el mínimo requerido de 200 fitolitos individuales en ninguna de las 21 muestras, los resultados del nivel 497D deben ser interpretados con cautela y utilizados principalmente para abordar los procesos tafonómicos y de formación que han generado un conjunto escasamente preservado (Tabla 5.6). Las cinco muestras tomadas de los sedimentos relacionados con los hogares tienen entre 0-1 fitolitos identificados. Por el contrario, de las 16 muestras del interior de los hogares el número de fitolitos identificados es más alto, de hasta 27 fitolitos para la muestra 8451.

Las morfologías formadas en las plantas monocotiledóneas predominan en los resultados conjuntos de todo el nivel (Tabla 5.6), mientras que las dicotiledóneas representan el 19.6 del total de morfologías identificadas (Tabla 5.6). El 34.9% de los fitolitos de las muestras del interior de los hogares presentan morfologías alteradas. Las morfologías relacionadas con la madera/corteza (ELIPSOID ENTIRE, SPHEROID PSILATE y BLOCKY) son las más abundantes. Entre las plantas monocotiledóneas, el 10.26% corresponden anatómicamente a inflorescencias de poáceas (ELONGATE DENTATE y ACICULAR) y el 35.04% a hojas (BULLIFORM FLABELLATE, CYLINDRICAL ENTIRE y ELONGATE ENTIRE) (Fig. 5.8).



**Figura 5.8.** Imágenes microscópicas de los morfotipos de fitolitos identificados en las muestras de los hogares. A-B) Fitolitos alterados por *weathered*, muy posible pertenecientes a BULLIFORM FLABELLATE. C-D) BULLIFORM FLABELLATE con alteración parcial de su superficie. E-F) Fitolito indeterminable con una elevada alteración química (*weathered alteration*). G) POLIGONAL ENTIRE adscrito a hoja/tallo de gramínea. H) ELONGATE DENTATE adscrito a la inflorescencia de las poáceas. I) ACUTE BULBOUS adscritas a hojas/tallo de gramínea.

CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

Sample	Site	Context	Altered		Grasses		Grass leaf			Grass inflor		Wood and Bark				Total phyt ident.
			Weathered morpho	Ronde l	Bulliform flabellate	Cylindrical entire	Elongate entire	Acicular	Elongate dentate	Ellipsoi entire	Blocky	Polygonal entire	Spheroid entire			
8455	E2	H	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4
8456	E2	H	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
8446	E3	H	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5
8449	E3	H	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10
8459	E4	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8428	E7	H	6	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1	13
8431	E7	H	2	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
8451	E8	H	2	1	0	1	4	1	1	1	16	0	0	0	1	27
8453	E9	H	1	0	2	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	7
8442	E10	H	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
8443	E10	H	4	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6
8445	E10	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8432	E11	SA	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
8435	E13	H	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3
8437	E14	H	11	0	5	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	18
8439	E17	H	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
8454	E2	C	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
8457	E4	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8430	E7	C	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
8450	E8	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8433	E11	C	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
All samples	497D	Total Ident. Phyt. %	40	1	41	12	23	117								
		%	34,2	0,9	35,0	10,3	19,7	100								

Tabla 5.6. Resultados de fitolitos de las muestras analizadas de la unidad arqueológica 497D. H=Hearth; SA=Spot Ashes; C=Control simple. 1. Sample; 2. Site; 3. Level

Los morfotipos más comúnmente identificados son los de hoja/tallo de poáceas (BULLIFORM FLABELLATE), junto con los de inflorescencias de poáceas (ELONGATE DENTATE) y las formadas en corteza/madera (BLOCKY). Las células cortas de poáceas o *Grass silica Short-cell phytoliths* (GSSCP) están prácticamente ausentes en el conjunto.

### 5.3.4. Interpretación y discusión de los resultados

La presencia de morfotipos de fitolitos erosionados (*weathered morphotypes*) puede ser el resultado de múltiples factores que han alterado y disuelto los fitolitos en la unidad 497D. Los fitolitos alterados son probablemente el resultado de una combinación de procesos de formación con aspectos antrópicos, como la gestión del combustible y la dinámica de ocupación (Fig. 5.9).

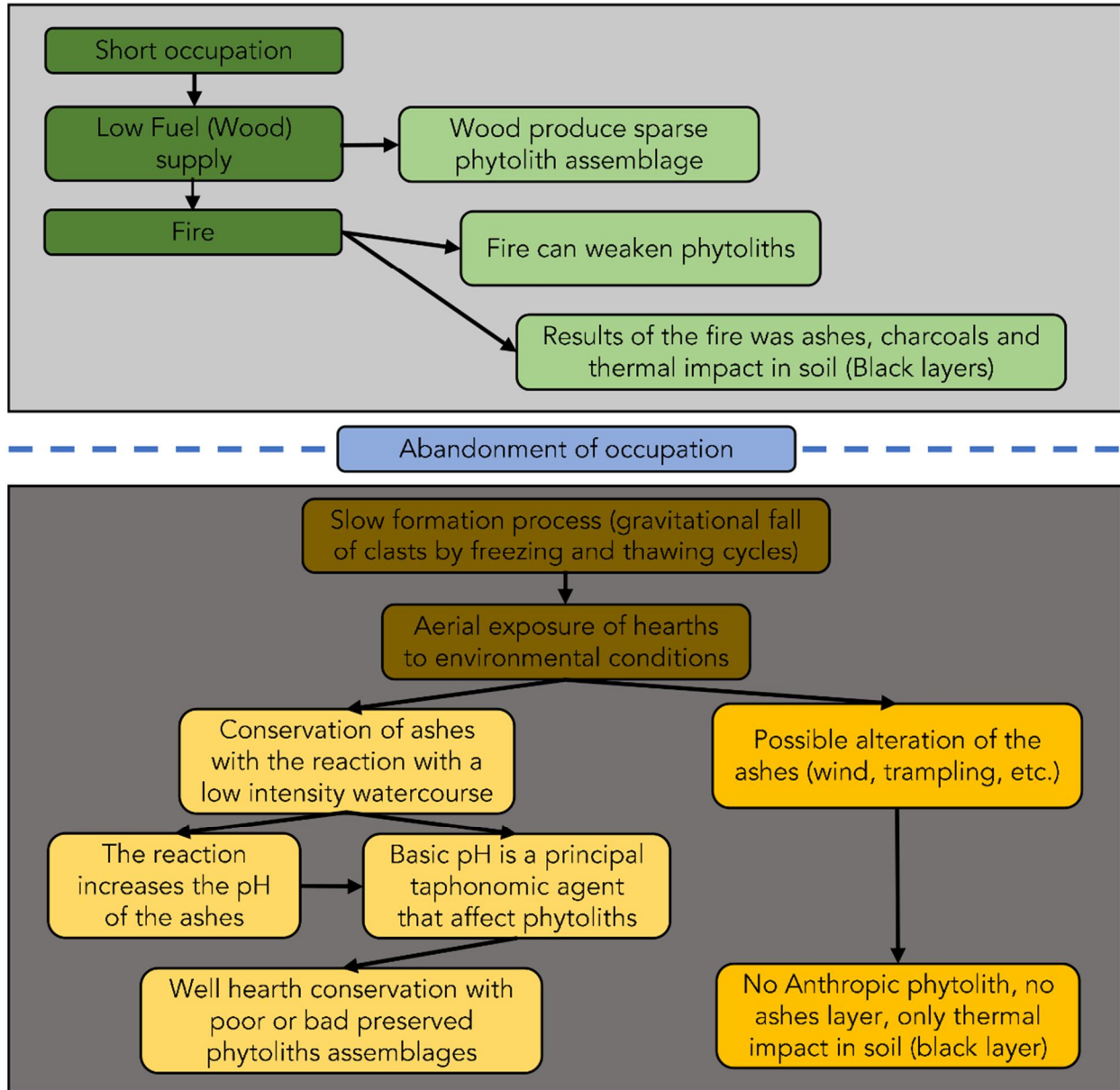
Los procesos de formación y las características sedimentarias de la unidad 497D se pueden resumir en dos factores principales. El proceso de formación endógeno es el primer factor, generado por acumulaciones de clastos y bloques debido a la gravedad, así como granos individuales liberados durante la desintegración de las paredes por disolución (Benito-Calvo et al. 2009, 2011). El agente causal de estos procesos es el agua que se filtra por las paredes del abrigo y que, en condiciones climáticas frías, se congela y descongela, agrietando o desgastando el lecho rocoso. Estos procesos de formación autóctona se encuentran documentados en la parte superior de la unidad sedimentaria S1, donde se identifican la unidad arqueológico 497D y las unidades arqueológicas de Paleolítico Medio tardío más recientes de Cova Gran (Benito-Calvo et al. 2009, 2011; Polo-Díaz et al. 2016). El segundo factor presente en la unidad 497D está relacionado con la dinámica de formación del cuerpo sedimentario. Esta se describe como una formación estacional lenta cuando se compara con los procesos de formación y abandono de hogares. Además, implican la presencia de filtraciones de agua temporales que surgieron de las paredes del abrigo y que habrían afectado, y aún afectan, los conjuntos arqueológicos. Asimismo, en la unidad 497D y en el resto de la secuencia, los principales procesos post sedimentarios son la oxidación, la circulación y la desecación de las aguas vadasas (con precipitación de carbonatos y acumulación de interpartículas).

La exposición de los hogares debido al lento proceso de formación y la presencia de agua relacionada con la disolución de las paredes en contacto con las cenizas, generan una reacción y aumentan el pH (Piperno, 2006). La calcita pirogénica (ceniza) es uno de los principales componentes de los hogares y se considera uno de los minerales más relacionados con la disolución de fitolitos por alteración química al reaccionar con escorrentías de agua (Albert et al., 2006; Karkanis, 2010). Este aumento de pH puede ser un ataque químico principal que afecta a los fitolitos, aunque no a todos los morfotipos de la misma manera. La mayor presencia de BULLIFORM FLABELLATE, puede deberse a procesos post-deposicionales, ya que estos morfotipos son más robustos y resistentes que otros morfotipos y se caracterizan por ser bastante estables en estudios que comparan plantas y suelos actuales con suelos fósiles (Albert et al. 2006; Cabanes et al. 2011).

Otro proceso que puede afectar parcialmente la preservación de los hogares y los conjuntos de fitolitos es la exposición a las condiciones climáticas, especialmente al viento. La calcita pirógena se caracteriza por su grano fino que fácilmente puede verse dispersada tanto por agentes

CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

atmosféricos como el viento, como por procesos de *trampling* que pueden dificultar su identificación (Regev et al. 2010; Shahack-Gross et al. 2014). Esto explicaría, en parte, la baja presencia de cenizas en la estratigrafía interna de algunos de los hogares y la presencia en una muestra de control de calcita pirogénica, que podría estar relacionada con su dispersión.



**Figura 5.9.** Modelo esquemático para explicar la relación entre la ocupación dinámica y los procesos de formación de las unidades arqueológicas en relación con el nivel de conservación de los hogares y los fitolitos de Cova Gran.

Finalmente, los aspectos antrópicos también pueden ser responsables de la escasa abundancia de fitolitos junto a los procesos tafonómicos. Estos aspectos antrópicos están relacionados con las ocupaciones de corta duración en la unidad 497D (Mora et al. 2020), que implican el uso breve de hogares y el bajo consumo de combustible durante la ocupación. Además, la baja producción de fitolitos derivados del taxón principal identificado en la secuencia (*Pinus sylvestris*) es otro aspecto que considerar. El uso de madera como principal combustible tiene implicaciones en la formación de los conjuntos de fitolitos, puesto que este aporte antrópico generaría valores escasos de

## CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

fitolitos. Los conjuntos que han estado expuestos a la combustión pueden presentar una mayor disolución (Cabanés et al. 2011), tal como ocurriría a los fitolitos aportados como combustible.

Estas alteraciones químicas que han afectado a la preservación de los fitolitos contrastan con la buena conservación del resto del registro arqueológico, con ligeros procesos post-deposicionales, que han permitido la conservación in situ de los caracteres macroscópicos de las estructuras de combustión (Benito-Calvo et al. 2011; Polo-Díaz et al. 2016). En resumen, los factores que han provocado la baja recuperación de fitolitos y la mala conservación de los pocos fitolitos identificados son variados y tienen una dinámica compleja. Iniciándose con el tipo de ocupación de la cueva y posteriormente agravándose por procesos post-deposicionales y alteraciones químicas que afectan los hogares y los conjuntos de fitolitos (Fig. 5.9).

## 5.4. EL USO DEL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO MEDIO DE COVA GRAN

### 5.4.1. Materiales S1D

Para el estudio de la secuencia del Paleolítico medio final de Cova Gran de Santa Linya se han seleccionado un total de 9 estructuras de combustión de la unidad arqueológica S1D. Para el estudio de estas 9 estructuras se han analizado un total de 60 muestras recogidas durante las campañas 2016-2017 en coordinación con otros muestreos geoarqueológicos, tal como se recoge en el protocolo de excavación (ver apartado 5.2.1). De estas 60 muestras se han analizado los conjuntos de fitolitos, la composición mineralógica mediante FTIR y la composición básica mediante la obtención de la AIF con el objetivo de comprender y caracterizar el impacto y el residuo de la combustión.

Las 9 estructuras de combustión se identificaron en zonas diferenciadas y con muestreos específicos. Las estructuras E15, E16, E17, E18 y E19 se documentaron y excavaron en planta en la zona noroeste de la excavación, junto a la sección norte (Fig. 5.10). En cambio, las estructuras E10, E23, E24, E25 no se pudieron documentar en planta, sino que a posteriori fueron documentadas y muestreadas directamente sobre la sección sur del yacimiento. La única excepción es la estructura E10, con muestras recogidas en sección, pero también en planta; ya que esta estructura sí que se pudo identificar durante el proceso de excavación nivel S1D (Fig. 5.11).

Las estructuras E15, E16, E17, E18 y E19 son hogares planos que se documentaron en una misma zona de la unidad arqueológica S1D (Fig. 5.10). En la parte noroeste del área de excavación se documentaron estas 5 estructuras que quedaban parcialmente cortadas por la sección norte y por un bloque de grandes dimensiones. Estos hogares se encontraban parcialmente superpuestos entre ellos, pero individualizables. De estas estructuras no se pudo documentar su perímetro completo, al presentar continuidad tanto debajo del bloque como en la sección norte de la excavación. A continuación, presentamos la descripción de la secuencia estratigráfica, de techo a base, formada por la sucesión de estas 5 estructuras.

La primera estructura identificada, delimitando de forma clara con el bloque, es la E15. La definición en planta fue complicada a causa de los límites poco claros que presentaba, y las irregularidades de la forma una vez identificada en planta. En este y en otros casos, la identificación se pudo hacer principalmente por la presencia de sedimentos carbonatados de color blanquecino. Estos sedimentos generalmente forman una capa compacta de varios centímetros de potencia, conteniendo placas compactas y muy endurecidas. Por debajo de estas carbonataciones de la estructura E15, apareció un sedimento de matriz fina de color negruzco con presencia de clastos centimétricos.

La dinámica en las otras estructuras de combustión de la secuencia es similar. La estructura E16, se pudo identificar en planta, pero sin obtener su forma completa, como ocurre con otras estructuras en esta parte del yacimiento. Por un lado, por la dificultad de encontrar los límites claros y, por otro lado, porque presentaba continuidad por debajo del bloque documentado en el nivel S1D. La estratigrafía era la misma que otras estructuras, una capa compacta carbonatada, y por debajo sedimentos negruzcos finos y sueltos.



CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

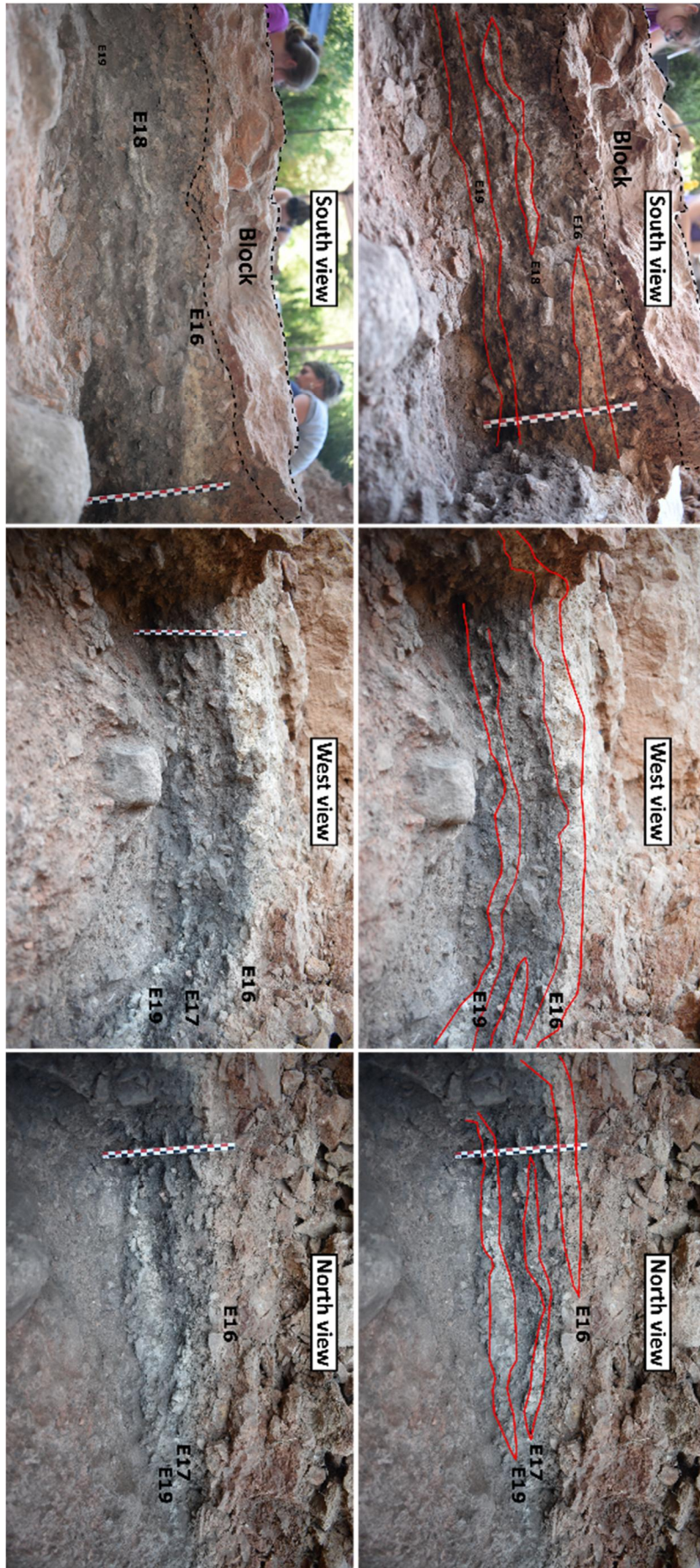
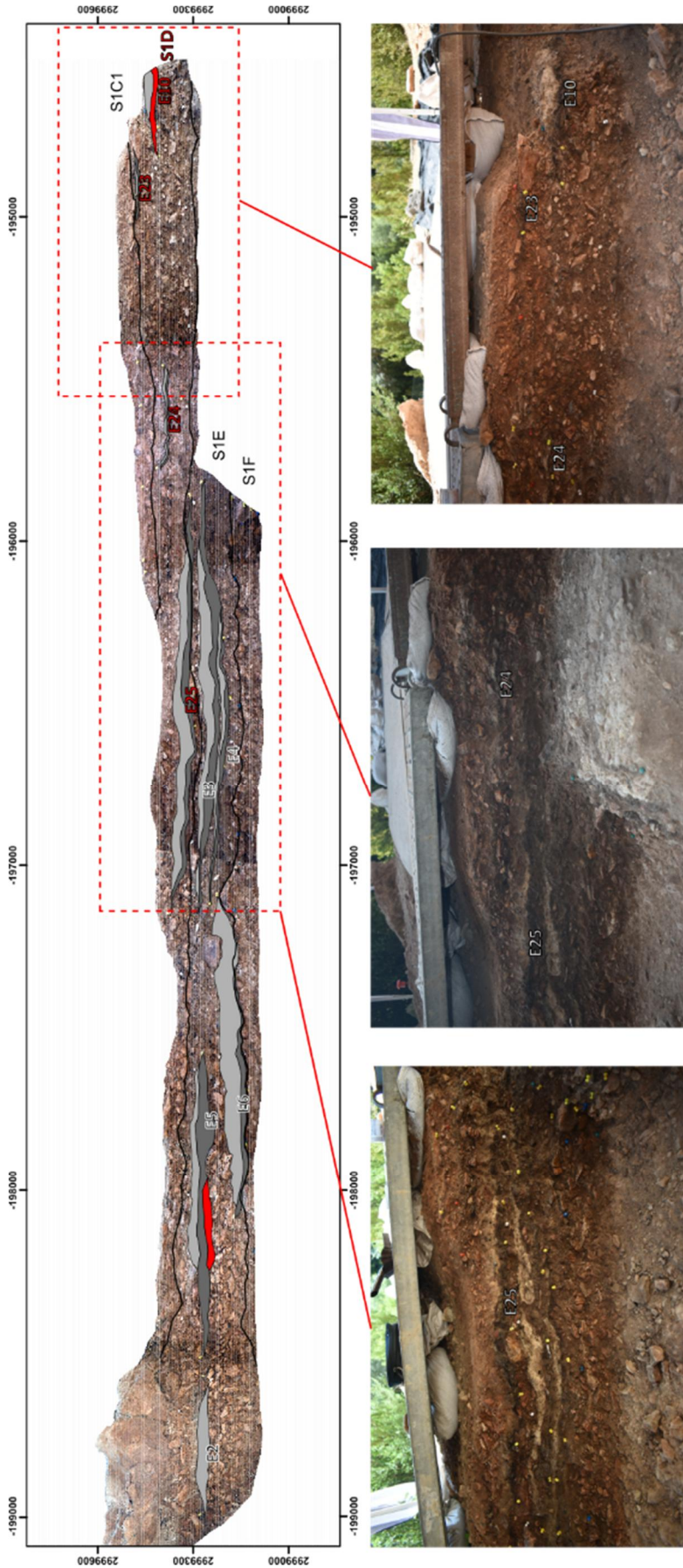


Figura 5.10. Visión de la superposición de las estructuras del sector norte, en su vista norte, este y en la sección provisional sur donde muchas de estas estructuras presentaban una clara continuidad debajo de un gran bloque.



CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO



**Figura 5.11.** Fotogrametría de la sección sur y fotografías de detalle de los hogares de la sección sur estudiados. En ellas se observa la superposición de los hogares así como la dinámica entre capa blanca y capa negra que presentan la mayoría de ellos. La estructura E17 se identificó en planta, su morfología no se pudo delimitar en su totalidad, ya que la estructura presentaba una continuidad en la sección norte del yacimiento. De la misma forma, de la estructura E18 sólo se pudo delimitar una parte, puesto que no presentaba una forma clara que se pudiera reseguir en planta y continuaba por debajo del gran bloque. Las dos estructuras comparten la misma dinámica en relación con la formación interna: un techo formado por una capa endurecida y blanquecina, que marca la extensión del hogar en planta, y la presencia de una matriz suelta de color negruzca, fracción fina y con presencia de clastos justo por debajo.



## CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

En la base de esta sucesión de hogares, identificamos la estructura E19, de grandes dimensiones y con continuidad tanto debajo del bloque como en la sección norte del área de excavación. Esta estructura también se identificó a partir de la presencia de una carbonatación blanquecina, compacta y potente, que presentaba por debajo una sedimentación negruzca intensa, con presencia de clastos en la matriz. Una vez excavada la matriz negruzca, a pocos centímetros, se documentó un cambio sedimentario claro, que marcaba el final del nivel S1D. En esta zona de la excavación aparecieron clastos centimétricos y sedimentos finos de color anaranjado intenso como base del nivel S1D, marcando un límite claro con los sedimentos de la unidad S1D, de color negruzco.

La sucesión de estructuras documentadas en contacto con la sección norte de la excavación se pudo excavar en un área comprendida ente la sección y un gran bloque, hecho que no permitió documentar la forma completa de las estructuras, ya que continuaban hacia la sección y por debajo el bloque. No obstante, los testigos de los hogares en sección permitieron entender mejor la potencia y la relación entre estructuras e identificar sus cambios y continuidades en el nivel S1D (Figura 5.10).

El resto de las estructuras E23, E24 y E25 fueron muestreadas directamente de la sección sur; mientras que la E10 fue mayoritariamente muestreada en planta, pero también en sección (Fig. 5.11). Durante el proceso de excavación del nivel S1D, cerca de la sección sur, se documentaron manchas irregulares de sedimentos carbonatados de color blanquecino, muy difíciles de individualizar y excavar como una estructura bien definida. Por este motivo, se fijó una estrategia de muestreo centrada en la sección sur una vez finalizada la excavación del nivel S1D, la cual permitió identificar de forma más clara la superposición, la estructura interna y las dimensiones de las estructuras en la sección.

La estructura E23 se encuentra al oeste de la sección, y es un hogar de pequeñas dimensiones (10 cm de diámetro) identificado en sección a partir de su potencia de unos 3-4 cm. Presenta una capa negra de unos 3 cm en la base y por encima se identifica una capa muy fina con una degradación hacia una coloración gris.

La estructura E24 es un hogar plano de unos 30 cm de diámetro y unos 3 cm de espesor. En el techo del hogar se identifica una capa blanquecina de no más de 2 cm de potencia que hacia el este se hace más gruesa. Por debajo aparece una capa de sedimentos negruzcos de 1 cm de potencia.

La estructura E25 es la más grande documentada en la sección sur, con un diámetro de unos 110 cm. Como el resto de los hogares del nivel S1D presenta dos capas, en el techo una blanquecina de unos 4-5 cm y por debajo una negruzca de unos 3 cm. La estructura está compuesta en su interior principalmente por una matriz sedimentaria con ausencia de los clastos predominantes en el nivel S1D. De forma puntual se pudo identificar rubefacción en la base del hogar.

La estructura E10 se documentó en la esquina suroeste del área de excavación. A diferencia del resto de estructuras documentadas en la sección sur, ésta se pudo individualizar, excavar y muestrear en planta, aunque también se tomaron dos muestras de la parte de la estructura que

quedaba expuesta en la sección sur. Presentaba unas dimensiones de 75x57 cm, con una capa carbonatada en el techo, que fue la que permitió delimitar la extensión de la estructura en planta. Por debajo aparecía una capa negruzca oscura y homogénea, que de forma gradual cambiaba hacia colores marrones, hasta dejar paso a la matriz sedimentaria del nivel, formada por un sedimento anaranjado con clastos centimétricos.

### **5.4.2. Calibración de las arcillas**

Para poder abordar el estudio de las paleotemperaturas con el estudio de las arcillas mediante FTIR, realizamos una calibración de los espectros específico para el nivel S1D. Para ello, y siguiendo la recomendación de Berna et al. (2007), estudiamos el comportamiento de las arcillas del cuerpo sedimentario S1, unidad estratigráfica en que se integra la unidad arqueológica S1D. Se realizaron dos tipos de calibración: por una parte, mediante el uso de las propias arcillas de la unidad estratigráfica (calibración directa) y, por otra parte, una calibración indirecta en que se analizó la composición de las arcillas del yacimiento para posteriormente realizar una mezcla con arcillas comerciales que emulan las documentadas en la unidad S1 de Cova Gran (calibración indirecta).

Para la calibración directa, se recogió una muestra de sedimento de la parte arqueológicamente estéril, documentada entre la unidad S1D y la unidad superior S1C. A continuación, se realizó una quema controlada del sedimento mediante mufla, a diferentes temperaturas cada 100 °C durante 4 horas. Posteriormente, se realizaron los análisis mediante FTIR, para observar los cambios que se producen en los principales picos de los espectros de la arcilla en relación con la temperatura en que la arcilla ha sido quemada. Se procesaron 10 muestras para la calibración directa de la arcilla del nivel S1D, quemadas a diferentes temperaturas de 0 a 900 °C.

Para la calibración indirecta, a partir del uso de arcillas comerciales, se procedió en primer lugar al análisis y semicuantificación de las arcillas del paquete sedimentario S1 mediante la difracción de rayos X de los agregados orientados. El análisis se realizó en el laboratorio de Arqueometría del Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana (CENIEH) en Burgos. Los valores obtenidos para la fracción <2 µm, relativa solamente a los filosilicatos, indicaron un predominio de clorita/esmectita sin posibilidad de diferenciarlas entre ellas (45%) y illita (44%) frente a unos porcentajes bajos de clorita identificable (9%) y caolinita (3%). Una vez realizada la mezcla con las arcillas comerciales, el procedimiento fue el mismo que para la calibración directa, se realizó una quema controlada mediante mufla de la arcilla comercial a diferentes temperaturas cada 100 °C durante 4 horas. Posteriormente, se analizó mediante FTIR para el análisis y la descripción de los espectros para cada una de las muestras. Para la calibración indirecta de las arcillas mediante arcilla comercial se prepararon 9 muestras, quemadas a un rango de temperatura de 0 a 900 °C.

### **5.4.3. Resultados**

#### **5.4.3.1. Calibración arcillas**

La caracterización de la calibración de las arcillas se base en los picos identificados en los espectros. Los picos más interesantes para caracterizar las arcillas quemadas son el pico 2, situado entre 1020 cm<sup>-1</sup> y 1090 cm<sup>-1</sup> aproximadamente, y el pico 5, que aparece alrededor de 517 cm<sup>-1</sup> (Berna et al.

CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

2007; Weiner 2010): En el caso del pico 2, éste va aumentando su posición en el espectro simultáneamente a la temperatura. En cambio, la información del pico 5 se caracteriza por la su ausencia o presencia en los espectros, ya sea de forma clara o atenuada, según la temperatura a la que fue sometida. Las arcillas se comportan diferente según si se trata de la mezcla comercial (calibración indirecta) o las muestras procedentes de la unidad estéril de Cova Gran (calibración directa) (Tabla 5.7, Fig 5.12).

En la calibración indirecta mediante arcillas comerciales, el pico 2 presenta una posición en el espectro de 1035 cm<sup>-1</sup> a 100 °C, y no varía mucho su posición en los 200, 300 y 400 °C, ya que el pico se mantiene entre 1035 y 1039 cm<sup>-1</sup>. A partir de los 500 °C y hasta los 800 °C, la posición fluctúa entre 1043 y 1049 cm<sup>-1</sup>, a excepción de la posición del pico en 500 °C que se sitúa en 1057 cm<sup>-1</sup>. Los picos obtenidos a 900 °C y 1000 °C se diferencia del resto de temperaturas con una posición en los dos casos por encima de 1080 cm<sup>-1</sup>. El pico 5 está presente durante las temperaturas más bajas, de 100 °C a 400 °C. A partir de los 500 °C y hasta los 1000 °C, el pico 5 de los espectros está ausente o presente de forma atenuada (Tabla 5.7 y Fig. 5.12).

Para la calibración directa, la tendencia del pico 2 es más constante y continua. A baja temperatura, de los 100 °C a los 500 °C, la posición no es muy cambiante y fluctúa entre 1027 y 1029 cm<sup>-1</sup>. En cambio, a partir de los 600 °C la posición del pico sufre un movimiento importante en el espectro pasando de 1038 cm<sup>-1</sup> a 600 °C y de 1045 cm<sup>-1</sup> a 700 °C. Para la temperatura más alta alcanzada con la calibración directa, la posición del pico 2 está bien definida, por encima de 1080 cm<sup>-1</sup> para los 800 y 900 °C. El pico 5 está presente hasta los 400 °C, mientras que entre los 500 y 600 °C está atenuado y a partir e los 700 °C está ausente en los espectros obtenidos.

Temperature (°C)	Peak 2 (cm-1)		Peak 1 (cm-1)		Peak 3 (cm-1)		Peak 5 (cm-1)	
	Indirect cal	Direct cal	Indirect cal	Direct cal	Indirect cal	Direct cal	Indirect cal	Direct cal
1000	1089	-	Absent	-	Absent	-	Absent	-
900	1087	1085	Absent	Absent	Absent	Absent	Absent	Absent
800	1045	1087	Absent	Absent	Absent	Absent	Present (shoulder)	Absent
700	1043	1045	Absent	Absent	Absent	Absent	Present (shoulder)	Absent
600	1049	1038	Absent	Absent	Absent	Absent	Absent	Absent
500	1057	1029	Shoulder	Absent	Absent	Absent	Absent	Presente (Attenuated)
400	1039	1028	Present	Absent	Shoulder	Absent	Present	Present (Attenuated)
300	1037	1027	Present	Absent	Present	Absent	Present	Present
200	1038	1027	Present	Absent	Present	Absent	Present	Present
100	1035	1027	Present	Absent	Present	Absent	Present	Present
0	-	1028	-	Absent	-	Absent	-	Present

**Tabla 5.7.** Tabla resumen de las características y posiciones de los principales picos identificados y descritos en la calibración de las arcillas, tanto por calibración directa como indirecta.

## CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

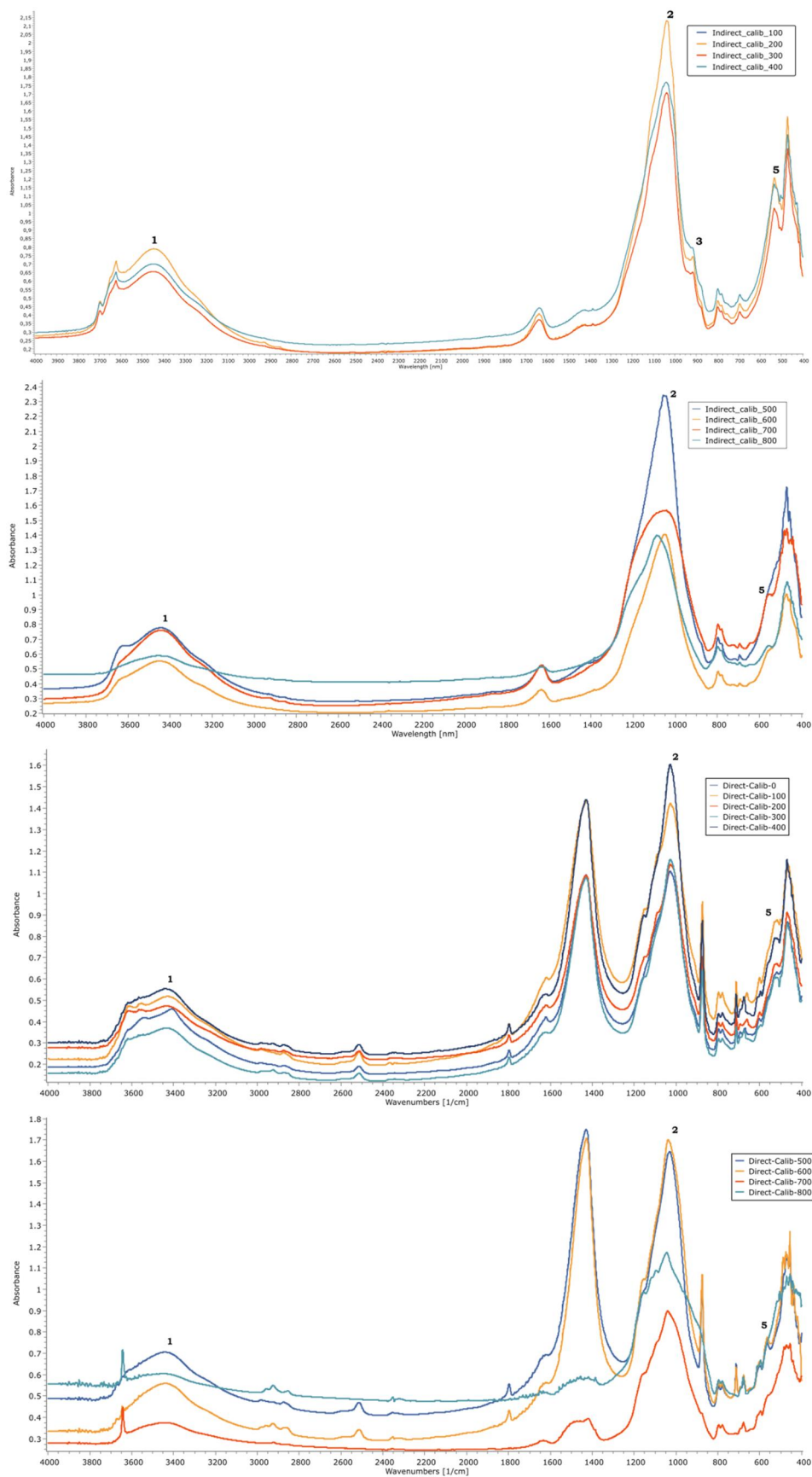


Figura 5.12. Espectros obtenidos de la calibración directa e indirecta de las arcillas a diferentes temperaturas. Los dos espectros superiores corresponden a la calibración indirecta mediante arcillas comerciales, mientras que los espectros inferiores corresponden a la calibración directa utilizando sedimentos de la parte estéril del paquete sedimentario.

CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

5.4.3.2. FTIR

El análisis de FTIR nos indica que la calcita, la arcilla y el cuarzo son los principales componentes de las muestras analizadas (Tabla 5.8). En menor medida, se han identificado en los espectros ópalo e hidroxilapatita carbonatada autígena (dahllita). En la mayoría de las muestras el componente principal es la calcita, a pesar de que hay 6 muestras en que domina la arcilla o en que la presencia de arcilla y calcita es parecida. En todos los casos, sólo a excepción de la muestra E25-20478, la arcilla domina en las muestras recogidas de las capas negras de los hogares. En general, aunque el principal mineral sea la calcita, la presencia de arcilla es mayoritaria en las muestras procedentes de las capas negras que, en las muestras de las capas blancas, donde la arcilla es escasa. La calcita está presente de forma casi exclusiva en 5 muestras, todas ellas relacionadas con las estructuras documentadas junto a la sección norte.

Structure	Layer	Sample	Location	FTIR	Calcite origen	Carbonates	Organic material	AIF
E10	BL	16263	South	Ca, Cl(nb), Qz	Geogenic	62.06	6.80	31.14
		16485	South	Ca, Cl(b), Qz	Ash	54.83	12.01	33.16
		16539	South	Ca, Cl(b), Qz	Ash	54.16	15.11	30.73
		16815	South	Cl(nb), Ca, Qz	Geogenic	55.75	5.37	38.87
		16820	South	Ca=Cl(b), Qz	Ash	48.87	10.06	41.07
		16840	South	Ca=Cl(nb), Qz, Dah	Ash	52.10	10.82	37.07
		16842	South	Ca, Cl(b), Qz	Ash	53.63	15.28	31.09
		20461	South	Ca, Cl(nb), Qz	Ash	50.13	12.14	37.73
	WL	16260	South	Ca, Cl(b), Op	Ash	72.69	2.78	24.54
		16397	South	Ca, Cl(b), Qz, Op	Ash	70.38	5.41	24.20
		16844	South	Ca, Cl(b), Qz, Dah, Op?	Ash	59.69	6.20	34.11
		20463	South	Ca, Cl(b), Dah, Op	Ash	65.48	4.27	30.25
E15	BL	17088	North	C, Cl(b?), Qz, Dah	Geogenic	62.73	14.58	22.69
		17221	North	Ca, Cl(b?), Qz	Geogenic	66.51	13.21	20.27
		17223	North	Ca, Cl(b), Qz	Ash	65.42	15.42	19.16
		17225	North	Ca, Cl(b?), Qz, Dah	Ash	74.76	12.62	12.62
	WL	17084	North	Ca, Cl(b), Qz, Dah	Ash	70.10	8.37	21.53
		17086	North	Ca, Cl(b), Qz, Dah	Ash	65.63	6.92	27.45
		17148	North	Ca, Cl(b), Qz, Dah	Ash	76.17	9.09	14.74
		17150	North	Ca, Cl(b), Qz, Dah	Ash	70.45	7.92	21.63
		17199	North	Ca, Cl(b), Dah	Ash	70.05	10.16	19.79
		17200	North	Ca	Ash	88.26	9.93	1.81
E16	BL	18861	North	Ca, Cl(b), Dah	Ash	65.70	8.88	25.41
		18864	North	Ca, Cl(b), Qz, Dah	geogenic	62.25	3.95	33.79
		19029	North	Ca, Cl(nb), Qz, Dah	Ash	82.68	4.63	12.69
	WL	18819	North	Ca, Cl(b?)	Ash	81.57	10.81	7.63
		18821	North	Ca, Cl(b)	Ash	74.01	8.30	17.69
		18823	North	Ca, Cl(b)	Ash	69.61	8.01	22.38
E17	WL	19030	North	Ca, Cl(b), Dah, Op	Ash	75.97	9.78	14.26
		19031	North	Ca, Cl(b)	Ash	72.15	9.07	18.78
		19084	North	Ca, Cl(b), Qz, Dah	Ash (HDC)	68.72	9.87	21.42
		19088	North	Ca, Cl(b), Dah	Ash (HDC?)	70.48	12.16	17.35

CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

E18	BL	19268	North	Ca, Cl(b), Qz, Dah	geogenic	67.62	8.20	24.18
		19270	North	Ca, Cl(b), Qz, Dah	Ash	68.75	6.25	25.00
		19271	North	Ca, Cl(b), Dah	Ash	67.43	8.23	24.34
	WL	19250	North	Ca, Cl(b), Qz, Dah	Ash	71.05	3.07	25.88
		19251	North	Ca, Cl(b), Dah	Ash	75.96	1.91	22.13
		19253	North	Ca, Cl(b), Qz, Dah	Ash	80.43	0.72	18.84
E19	BL	19458	North	Ca, Cl(b), Op?, Qz, Dah	Ash	68.51	9.54	21.95
		19549	North	Ca, Cl(b), Qz	Geogenic	59.69	11.35	28.96
		19577	North	Ca, Cl(b), Qz, Dah	geogenic	68.34	8.94	22.72
		19630	North	Ca, Cl(b), Qz, Dah	geogenic	52.95	7.12	39.93
	WL	19392	North	Ca, Cl(b), Dah	Ash	73.71	6.68	19.61
		19394	North	Ca, Cl(b)	Ash	84.09	5.99	9.92
		19400	North	Ca, Cl(b), Op, Dah	Ash	80.65	3.46	15.89
		19492	North	Ca, Cl(b), Op, Dah	Ash	71.83	5.41	22.76
E23	BL	20466	South	Ca=Cl(nb), Qz	Ash	48.83	10.97	40.21
		20467	South	Ca=Cl(nb), Qz	Ash	43.14	12.01	44.85
		20468	South	Ca, Cl(nb), Qz	Ash	44.35	12.73	42.92
		20469	South	Ca, Cl(nb), Qz	geogenic	57.77	8.57	33.67
E24	BL	20470	South	Ca, Cl(nb), Qz	Ash	53.72	15.69	30.59
		20471	South	Ca, Cl(nb), Qz	Ash	53.92	8.33	37.75
	WL	20472	South	Ca, Cl(b), Qz	Ash (HDC)	65.89	6.95	27.16
		20473	South	Ca, Cl(b), Qz, Dah	Ash	64.13	9.26	26.60
E25	BL	20475	South	Cl(nb), Ca, Qz, Dah	Geogenic	76.52	8.58	14.90
		20476	South	Ca, Cl(b?), Qz, Dah	Ash	68.40	9.93	21.67
		20477	South	Ca, Cl(b?), Qz	Ash	72.26	6.60	21.13
	WL	20478	South	Ca=Cl(b), Qz, Dah, Op?	Ash	65.20	3.98	30.82
		20480	South	Ca, Cl(b), Qz	Ash	56.74	3.22	40.04
		20481	South	Ca, Cl(b), Qz	Ash	60.25	3.11	36.65

**Tabla 5.8.** Resultados de FTIR y del cálculo de AIF de los hogares de la unidad arqueológica S1D. WL=White Layer, BL= Black Layer; Ca=Calcite; Cl=Clay; Qz=Quartz; Dah=Dahllite (carbonated hydroxylapatite); b=thermally altered clay; nb= not thermally altered clay. Los Minerales se han ordenado según la altura relativa de los picos en los espectros de FTIR.

La calcita presenta un origen pirogénico (cenizas) en todas las muestras de las capas blancas. Tres muestras blancas (19084 y 19088 de E17 y 20472 de E24) presentan una calcita muy desordenada (HDC) relacionada con unas cenizas formadas a alta temperatura. La calcita de las capas negras en su mayoría también presenta un origen pirogénico, aunque en 11 muestras el origen de la calcita es geogénico.

El análisis de las arcillas apunta para la mayoría de las muestras una alteración térmica de la arcilla (<500 °C). Es así en todas las muestras procedentes de las capas blancas de los hogares, así como en 13 muestras procedentes de las capas negras. El análisis para determinar si las arcillas están alteradas térmicamente se ha basado en la calibración realizada a partir de las arcillas de Cova Gran y expuesta anteriormente.

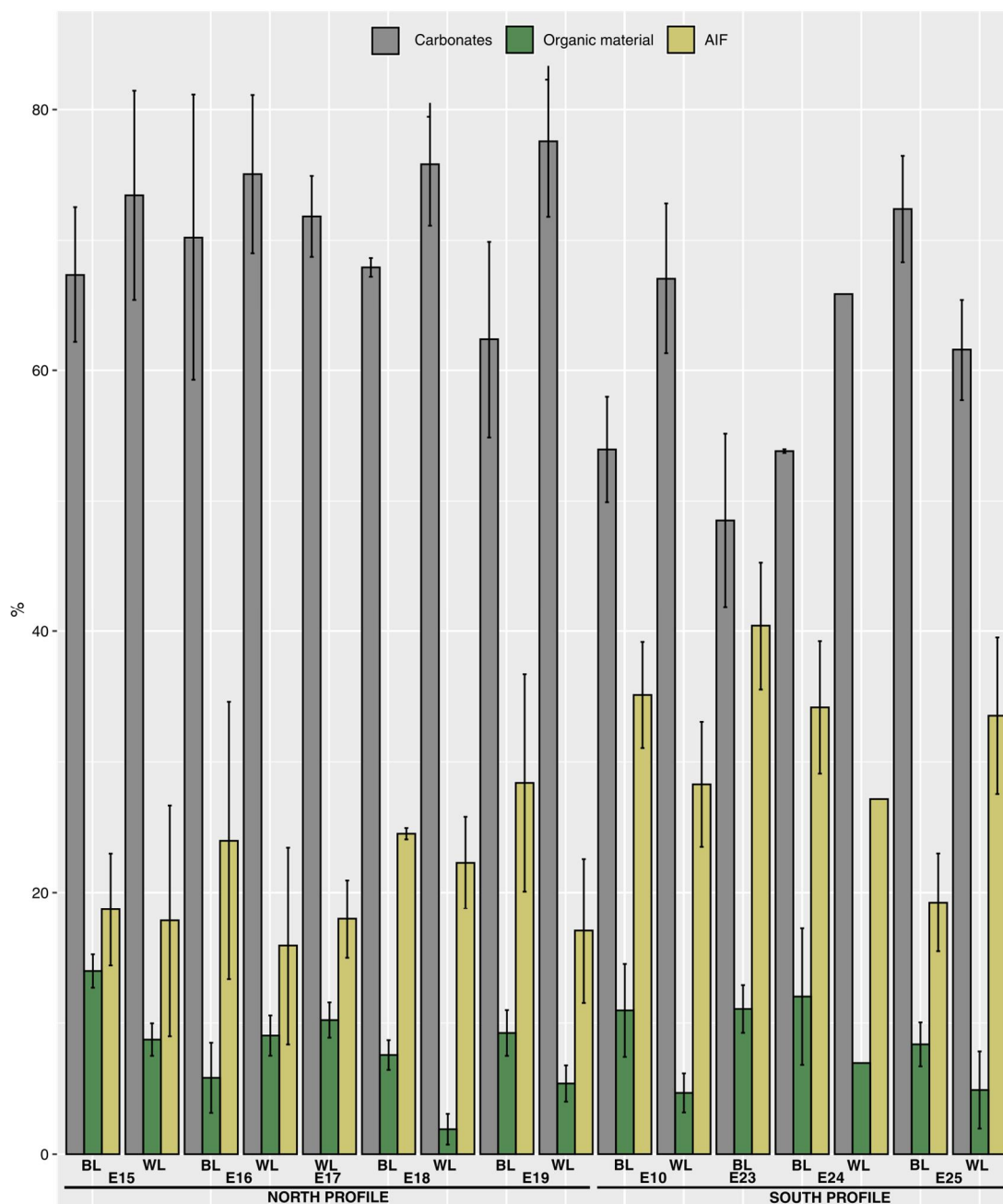
Otros minerales presentes en las muestras analizadas son la dahllita y el ópalo. La dahllita está presente indistintamente en muestras procedentes de las capas negras como de las blancas,

CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

aunque tiene una mayor presencia en las muestras de los hogares identificados en la sección norte. El ópalo se ha podido identificar de forma clara en 6 muestras y en dos más su presencia es probable. La identificación en todas las muestras está vinculada con las capas blancas de los hogares, sólo a excepción de una (E19-19492).

**5.4.3.3. AIF**

Los resultados de carbonatos, materia orgánica y AIF son variables según la zona o la capa de la que provienen las muestras (Fig. 5.13). Los carbonatos son especialmente abundantes en las muestras de los hogares de la sección norte y solamente en algunas muestras pertenecientes a las *black layer* presentan valores parecidos entre carbonatos y materia orgánica. Los carbonatos son más presentes en las *white layer* que en las *black*.



**Figura 5.13.** Promedio del porcentaje de carbonatos, materia orgánica y AIF obtenidos por cada una de las capas identificada en los diferentes hogares. El número de muestras (*n*) que se han utilizado para calcular el promedio y la desviación estándar se pueden consultar en la tabla 5.8. Las barras de error indican 16 desviación estándar. WL=White Layer, BL=Black Layer

La AIF es el segundo elemento más abundante en las muestras analizadas del nivel S1D. Los valores de la AIF no varían mucho según la capa de procedencia de los hogares, con valores promedio de alrededor del 22%, pero sí que se observa una mayor diferenciación si tomamos como referencia las dos zonas del yacimiento. La AIF en los hogares de la sección sur presentan valores promedio más altos que los obtenida para las muestras de los hogares de la sección norte.

La materia orgánica es siempre el valor minoritario en la mayoría de las muestras. Los valores más altos se identifican especialmente en las muestras procedentes de las capas negras, con valores máximos en algunas muestras de hasta el 15%, tanto de los hogares de la sección sur como de la norte.

#### **5.4.3.4. Fitolitos**

Los resultados de fitolitos presentan una clara diferenciación entre las dos zonas de la excavación donde se han identificado estructuras de combustión. En la zona de la sección norte, donde se identificaron las estructuras E15, E16, E17, E18 y E19, no se han podido alcanzar los 200 fitolitos identificables (Tabla 5.9). Solamente en algunas muestras de la estructura E15 se han llegado a identificar más de 100 fitolitos; mientras que en la mayoría de las muestras de las estructuras de la sección norte los valores son inferiores a 100.

La imposibilidad de llegar a un mínimo de 200 fitolitos identificables en las estructuras E15, E16, E17, E18 y E19 impide la interpretación de los conjuntos de fitolitos en estas estructuras. Ahora bien, si que podemos hacer una descripción general de los resultados (Tabla 5.9). Las muestras de los hogares de la sección norte están dominadas por fitolitos de plantas monocotiledóneas, especialmente por hojas de poáceas, mientras que las morfologías formadas durante la inflorescencia de las poáceas están prácticamente ausentes. No se han identificado morfologías adscritas ni a las palmáceas ni a las ciperáceas, y el grupo fotosintético dominante es el de las poáceas tipo C3. Las plantas dicotiledóneas presentan generalmente abundancias relativas inferiores al 10%, y los morfotipos de dicotiledóneas identificados se formarían en la madera de estas plantas. La estructura E15, la única que presenta 5 de las 10 muestras con un número de fitolitos identificados superior a 100, presenta una dinámica parecida al resto de estructuras de la parte norte de la zona excavada. El conjunto está muy alterado, con escasa presencia de estructuras multicelulares. Las poáceas son mayoritarias, mientras que las plantas dicotiledóneas solamente superan el 10% del total en dos muestras. Anatómicamente predominan los fitolitos procedentes de hojas de poáceas en el caso de las plantas monocotiledóneas y los de la madera, en el de las dicotiledóneas.

Las muestras presentan unos valores altos de morfologías alteradas y las estructuras multicelulares son inexistentes en la mayoría de las muestras (Tabla 5.9). Algunas muestras presentan una riqueza alrededor de los 50 millones de fitolitos por gramo de AIF, pero la mayoría no alcanzan los 10 millones de fitolitos por gramo de AIF (Tabla 5.9 y Fig. 5. 14).

Las muestras analizadas de las estructuras identificadas en la sección sur (E10, E23, E24 y E25) sí que contienen un número suficientes de fitolitos identificables para el análisis e interpretación de los conjuntos. La mayoría de las muestras (17 de las 26 muestras) no presentan conexiones



CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

anatómicas y las que sí las presentan, no muestran porcentajes superiores al 3%. Los valores de morfotipos erosionados (*weathered morphotypes*) presentan una abundancia media de alrededor del 20%. Hay 5 muestras por encima del 30% de morfotipos erosionados (16263, 16815 y 16820 de E10; 20470 y 2047 de E24) con un valor máximo de 39.9% identificado en la muestra 16815 de E10. Solamente 3 muestras presentan proporciones relativamente bajas de morfologías erosionadas (>10%): las muestras 20480 y 20481 de E25 y la muestra 20468 de E23.

1	2	3	% Phyt in anatom. conn.	Weathered morpho.	Monocot (grasses)	General Dicot	Grass without anatom. adscrip.	Grass infor	Grass leaf	Dicot leaf	Wood and Bark	Phyt. per g/ALF (millions)	Num. of phyt ident.	
E15	WL	17084	0	45,6	47,6	6,8	24,5	0,7	22,4	1,4	5,4	53	147	
		17086	3,6	54,2	38,6	7,2	19,3	0	19,3	0	7,2	14	83	
		17148	0	43,2	50,8	6,1	26,5	2,3	22	0	6,1	52	132	
		17150	12,7	36,4	61,8	1,8	12,7	3,6	45,5	0	1,8	13	55	
		17199	0	59,7	33,6	6,7	14,2	0	19,4	0	6,7	23	134	
	BL	17200	0	55,6	27,8	16,7	0	27,8	0	27,8	0	16,7	59	18
		17088	0	62,1	34,8	3,1	8,1	0,6	26,1	0	3,1	24	161	
		17221	0	72	21,5	6,5	7,5	0	14	0	6,5	20	107	
		17223	0	60	40	0	0	0	40	0	0	4	20	
		17225	8,3	41,7	45,8	12,5	8,3	0	37,5	0	12,5	8	24	
E16	WL	18819	20	40	60	0	13,3	0	46,7	0	0	15	15	
		18821	0	53,3	46,7	0	20	6,7	20	0	0	8	15	
		18823	0	40	60	0	0	0	60	0	0	2	5	
		18861	0	40	56,7	3,3	10	3,3	43,3	0	3,3	3	30	
		18864	0	22,3	69,1	8,5	23,4	1,1	44,7	0	8,5	15	94	
	BL	19029	0	24,1	69	6,9	17,2	3,4	48,3	0	6,9	10	29	
		19030	0	42,1	52,6	5,3	10,5	0	42,1	0	5,3	9	19	
		19031	0	39,1	56,5	4,3	13	4,3	39,1	0	4,3	9	23	
		19084	0	45,5	54,5	0	4,5	0	50	0	0	4	22	
		19088	0	33,3	66,7	0	8,3	0	58,3	0	0	6	12	
E17	WL	19250	0	30,4	62,5	7,1	14,3	0	48,2	0	7,1	17	56	
		19251	0	45,9	37,8	16,2	5,4	0	32,4	0	16,2	14	37	
		19253	0	38,5	43,6	17,9	12,8	0	30,8	0	17,9	17	39	
		19268	0	50	50	0	4,2	0	45,8	0	0	8	24	
		19270	0	36	64	0	8	0	56	0	0	8	25	
	BL	19271	0	34,1	52,3	13,6	11,4	0	40,9	0	13,6	16	44	
		19392	0	22,2	63	14,8	7,4	3,7	51,9	0	14,8	12	27	
		19394	0	50	50	0	16,7	0	33,3	0	0	10	12	
		19400	9,5	23,8	66,7	9,5	4,8	0	61,9	0	9,5	11	21	
		19492	0	47,1	35,3	17,6	5,9	0	29,4	0	17,6	7	17	
E18	WL	19458	0	25,9	51,9	22,2	7,4	0	44,4	0	22,2	10	27	
		19549	3,9	27,5	64,7	7,8	9,8	0	54,9	0	7,8	15	51	
		19577	0	21,9	71,9	6,3	18,8	0	53,1	0	6,3	12	32	
		19630	0	27,9	65,1	7	18,6	0	46,5	0	7	10	43	
		BL	19268	0	50	50	0	4,2	0	45,8	0	0	8	24
	19270		0	36	64	0	8	0	56	0	0	8	25	
	19271		0	34,1	52,3	13,6	11,4	0	40,9	0	13,6	16	44	
	19392		0	22,2	63	14,8	7,4	3,7	51,9	0	14,8	12	27	
	19394		0	50	50	0	16,7	0	33,3	0	0	10	12	
	E19	WL	19400	9,5	23,8	66,7	9,5	4,8	0	61,9	0	9,5	11	21
19492			0	47,1	35,3	17,6	5,9	0	29,4	0	17,6	7	17	
19458			0	25,9	51,9	22,2	7,4	0	44,4	0	22,2	10	27	
19549			3,9	27,5	64,7	7,8	9,8	0	54,9	0	7,8	15	51	
19577			0	21,9	71,9	6,3	18,8	0	53,1	0	6,3	12	32	
BL		19630	0	27,9	65,1	7	18,6	0	46,5	0	7	10	43	

Tabla 5.9. Resultados de fitolitos de las muestras analizadas de los hogares de la sección norte de la unidad arqueológica S1D. WL=White Layer; BL= Black Layer; 1=Structure; 2=Layer; 3=Sample

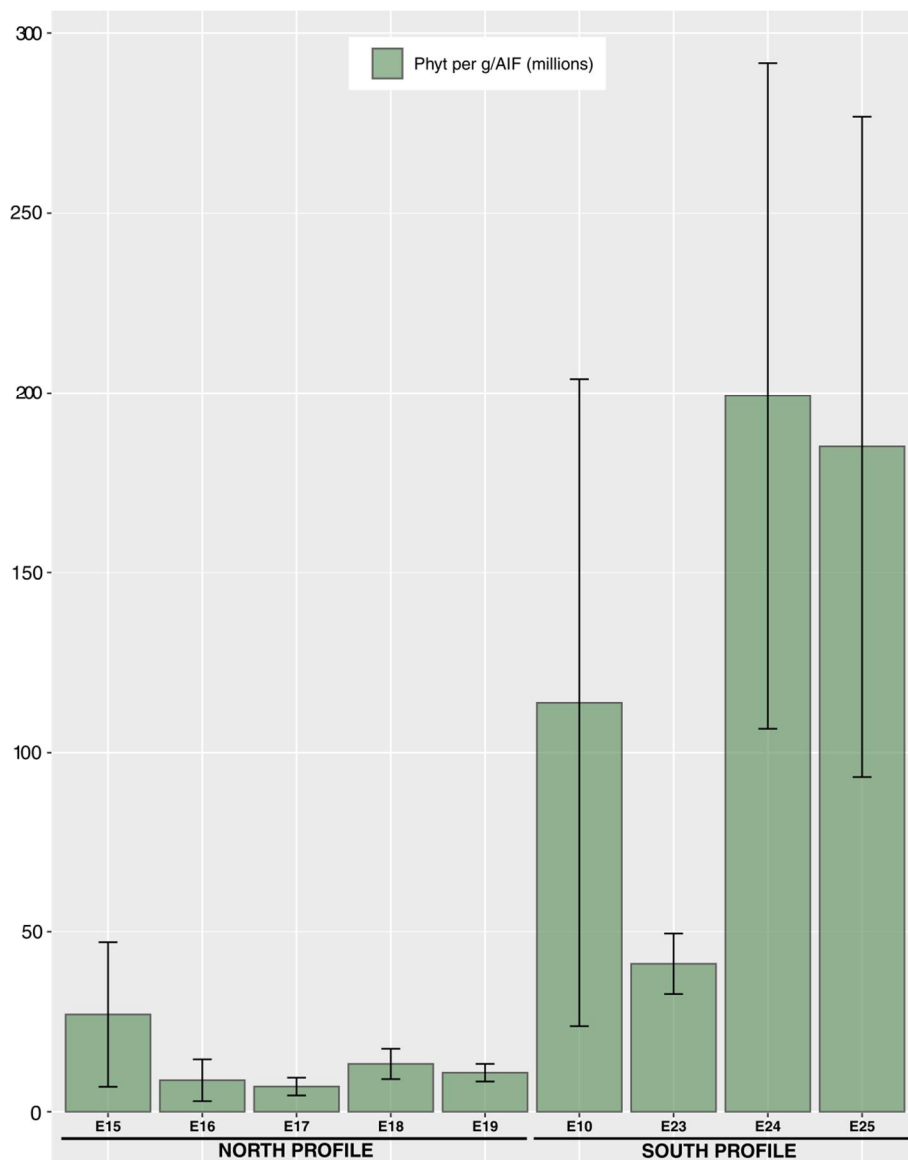
CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

Los valores cuantitativos obtenidos muestran una importante riqueza de los conjuntos de fitolitos en las muestras de las estructuras de la sección sur del yacimiento (Fig. 5.4 y Tabla 5.10). El valor medio para las muestras de las estructuras E10, E23, E24 y E25 es de 130 millones de fitolitos por gramo de AIF. El valor más alto y bajo lo encontramos en la estructura E10, con 345 millones para la muestra 1684 y 21 millones para la muestra 20463, respectivamente.

1	2	3	% Phyt in anatom. connexion	Weath. morpho.	Monocot (grasses)	General Dicot	Grass without anatom. adscrip.	Grass inflor	Grass leaf	Dicot leaf	Wood and Bark	Phyt. per g/AIF (millions)	Num. phyt identified
E10	WL	16260	0	27,4	61,6	11	44,8	2,8	13,9	0	11	80	281
		16397	0	22,9	66,1	11,1	46,5	1,8	17,7	0	11,1	68	271
		16844	1,5	24	63,9	12,2	43,7	1,1	19	0,4	11,8	66	263
	BL	20463	2,8	19,9	60,6	19,4	34,3	2,8	23,6	0	19,4	21	216
		16263	0	30,3	55,7	14	36,9	0,3	18,5	0	14	68	314
		16485	0	14	69,6	16,4	43,2	0,4	26	0,4	16	101	250
		16539	2,4	15,9	68,7	15,5	43,3	1,2	24,2	0	15,5	87	252
		16815	0	39,9	53,2	6,8	42,4	0,4	10,4	0	6,8	242	278
		16820	0	33,8	59,3	6,8	47,1	0,8	11,4	0	6,8	120	263
		16840	0	23,8	72,1	4	53	0,3	18,8	0	4	345	298
		16842	2,3	18,9	72,3	8,8	45,6	1,6	25,1	0	8,8	89	307
		20461	0	22,6	69,8	7,7	56,5	0,8	12,5	0	7,7	79	248
E23	20466	0	23	69,8	7,2	36,6	0,9	32,3	0	7,2	43	235	
	20467	0	19,1	73,5	7,4	31,7	0,4	41,3	0	7,4	41	230	
	20468	0,9	9	86	5	46,4	0	39,6	0	5	50	222	
	20469	0	24	67,2	8,8	22,1	0	45,1	0	8,8	30	204	
E24	20472	0,9	15,5	77,3	7,3	56,4	0,5	20,5	0	7,3	285	220	
	20473	1	14,4	76,9	8,7	56,7	0,5	19,7	0	8,7	280	208	
E25	20470	0	32,1	60,6	7,2	40,7	0,5	19,5	0	7,2	211	221	
	20471	0	31,4	62,3	6,3	37,7	0	24,7	0	6,3	101	223	
	20478	0	15,8	77,2	7	54,4	0	22,8	0	7	55	228	
	20480	2,1	9,8	85,5	4,7	61,5	1,3	22,6	0	4,7	149	234	
	20481	1,7	8,5	83,5	8,1	55,5	0	28	0	8,1	177	236	
BL	20475	0	27,8	61,3	10,8	39,2	0,5	21,7	0	10,8	203	212	
	20476	0	26,4	66,5	7	45	0,8	20,7	0	7	112	242	
	20477	0	16,7	76,2	7	51,1	1,3	23,8	0	7	318	227	

Tabla 5.10. Resultados de fitolitos de las muestras analizadas de los hogares de la sección norte de la unidad arqueológica S1D. WL=White Layer; BL= Black Layer; 1=Structure; 2=Layer; 3=Sample

## CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO



**Figura 5.14.** Promedio de los resultados cuantitativos para las diferentes estructuras. El número de muestras ( $n$ ) que se han utilizado para calcular el promedio y la desviación estándar se pueden consultar en la tabla 5.9 y 5.10. Las barras de error indican 1 $\delta$  desviación estándar.

Los resultados de fitolitos obtenidos para los hogares de la sección sur muestran un predominio claro de las monocotiledóneas, las cuales han sido clasificadas como poáceas considerando la ausencia de morfologías de ciperáceas y palmáceas en el registro. El valor más bajo es 53% (E10-16815), mientras que el valor más alto de poáceas es 86% (E23-20468). La mayoría de las muestras presentan un porcentaje de poáceas de entre el 60 y el 75%. Las dicotiledóneas de las estructuras E10, E23, E24 y E25 se detectan en un porcentaje de entre el 4% y el 19% (16840 y 20463 de E10, respectivamente). Ahora bien, la mayoría de las muestras presentan valores por debajo del 10% y solamente 8 muestras presentan valores superiores al 10%, la mayoría procedentes de la estructura E10. Anatómicamente, todos los morfotipos de plantas dicotiledóneas identificadas (BLOCKY, TABULAR ENTIRE y SPHEROID ENTIRE) pertenecen anatómicamente a madera/corteza.

Las morfologías de fitolitos de poáceas identificados pertenecen en su mayoría a morfotipos sin adscripción anatómica (GSSCP RONDELL, BILOBATE y CRENATE) (Fig. 5.15). De los morfotipos con

## CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

adscripción anatómica, los porcentajes de morfotipos adscritos a la inflorescencia de poáceas (ELONGATE DENTATE y ELONGATE CLAVATE) son en todas las muestras muy bajos (<3%). En cambio, los porcentajes de morfotipos adscritos a hojas y tallo (ELONGATE ENTIRE, ELONGATE SINUATE, ACUTE BULBOSUS y BILLIFORM FLABELLATE) presentan valores de entre el 10 y el 40%. Finalmente, hay que destacar el predominio de las morfologías de poáceas tipo C3-Pooideae (GSSCP CRENATE, RONDEL y TRAPEZOID) con abundancias de entre el 40 y 50% en la mayoría de las muestras. En cambio, los morfotipos asociados a las poáceas C4-Panicoideae (GSSCP BILOBATE, CROSS y POLYLOBATE) son irrelevantes dentro del conjunto.

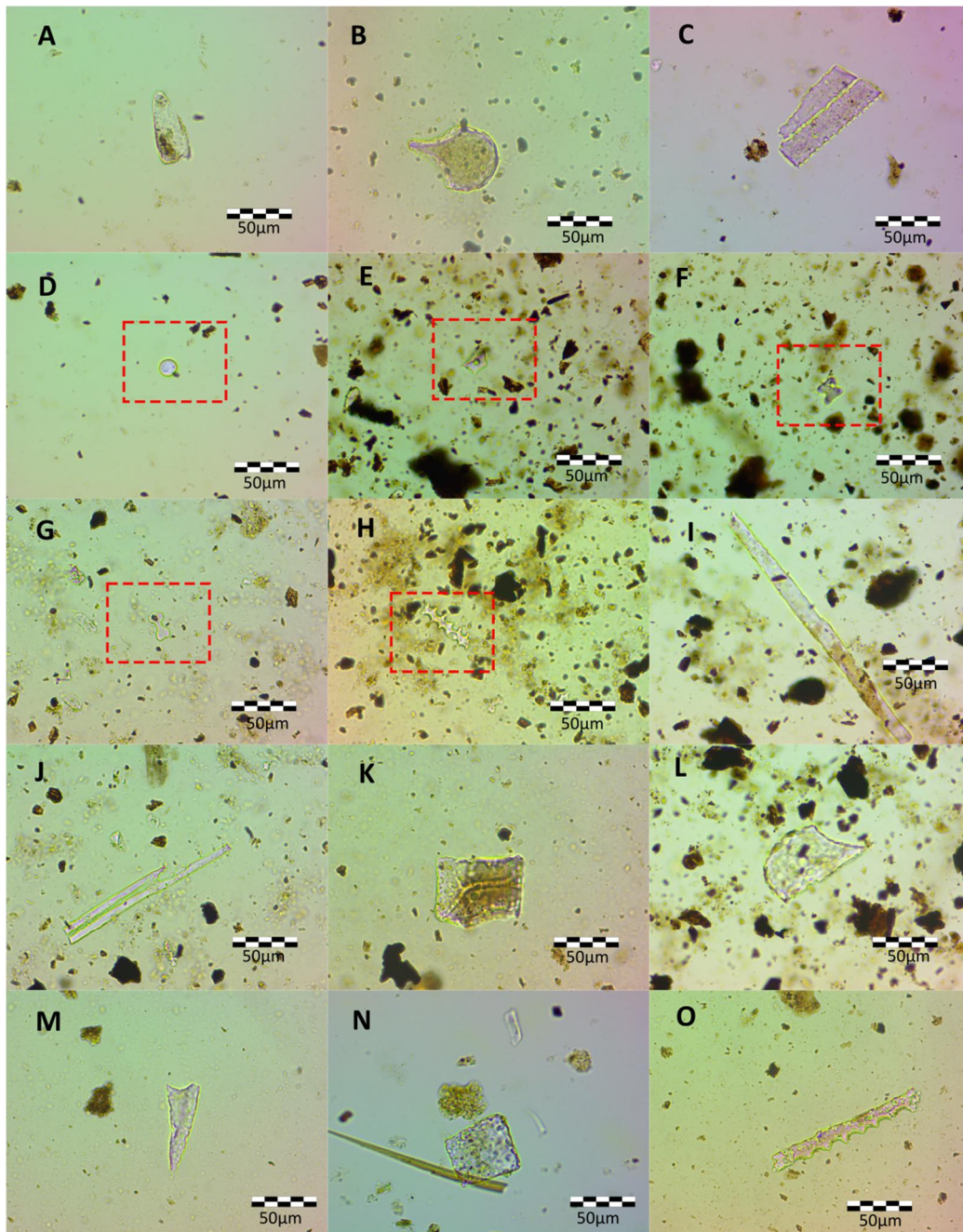
Los resultados de las diferentes estructuras que conforman la sección sur no muestran diferencias destacables entre ellas (Fig. 5.16). Los valores de morfologías erosionadas presentan valores medios del 24 y 23% en el caso de las estructuras E10 y E24, mientras que son algo más bajos para las estructuras E23 y E25 con un promedio de 17 y 18% de *weathered morphotypes*. El porcentaje de poáceas no varía mucho entre estructuras, todas ellas con valores altos, especialmente en las estructuras E23 y E25 con un promedio del 74 y 75%, respectivamente. La madera/corteza de las plantas dicotiledóneas alcanza valores medio muy parecidos en las estructuras E23, E24 y E25, mientras que la media de plantas dicotiledóneas de la E10 es el más alto con 11%. La inflorescencia de las poáceas está escasamente representada en las muestras de todas las estructuras, mientras que la presencia de hojas de poáceas es especialmente alta en la estructura E23 con un promedio cercano al 40%. Sin embargo, las otras tres estructuras (E10, E24 y E25) presentan valores medios de entre el 18 y el 23%.

Los resultados cuantitativos presentan una mayor disparidad entre las diferentes estructuras de combustión de la sección sur. La estructura E24 muestra los valores cuantitativos más altos, con una media de 219 millones de fitolitos por gramo de AIF. La estructura E25 presenta una media de 169 millones por gramo de AIF y la sigue la estructura E10 que, aun teniendo algunas muestras con valores bajos, presenta una media de 113 millones. Finalmente, la estructura E23 es la que presenta una riqueza de los conjuntos más bajos en términos cuantitativos, con un máximo de 50 millones y una media de 41 millones de fitolitos por gramo de AIF.

Desde la perspectiva arqueológica, diferenciamos en la mayoría de los hogares dos capas: una capa blanca, en el techo y que en muchos casos estaba carbonatada, y una capa negra identificada siempre por debajo. Los resultados de fitolitos de las capas que conforman los diferentes hogares de la sección sur muestran diferencias, aunque no siempre en el mismo sentido (Fig. 5.17). En los hogares E24 y E25 las *weathered morphotypes* presentan valores más altos en las capas negras que en las blancas, mientras que en la E10 los valores son parecidos entre las dos capas. Lo mismo ocurre con los porcentajes de monocotiledóneas y en las morfologías de poáceas sin adscripción anatómica; en las capas blancas de la E24 y E25 presentan porcentajes superiores a las capas negras, y en el caso de la E10 los valores son parecidos entre ambas. Las hojas de poáceas presentan un porcentaje más alto en las capas blancas de las estructuras E10 y E25, pero sin mucha diferencia entre ellas. En el caso de la estructura E24, el porcentaje es más elevado en las muestras de la capa negra, a pesar de que no haya diferencias notables. Los porcentajes de madera y corteza en la E10 y E24 son más elevados en la capa blanca, por el contrario, en la E25 el porcentaje es algo más alto en la capa negra. Asimismo, la riqueza de los conjuntos por capas

CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

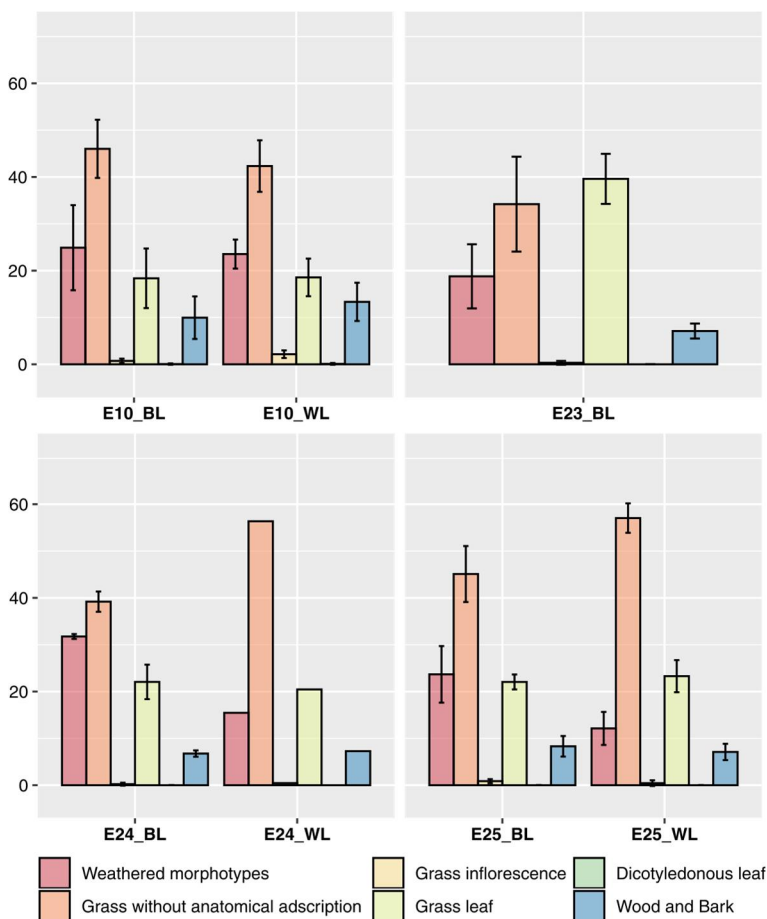
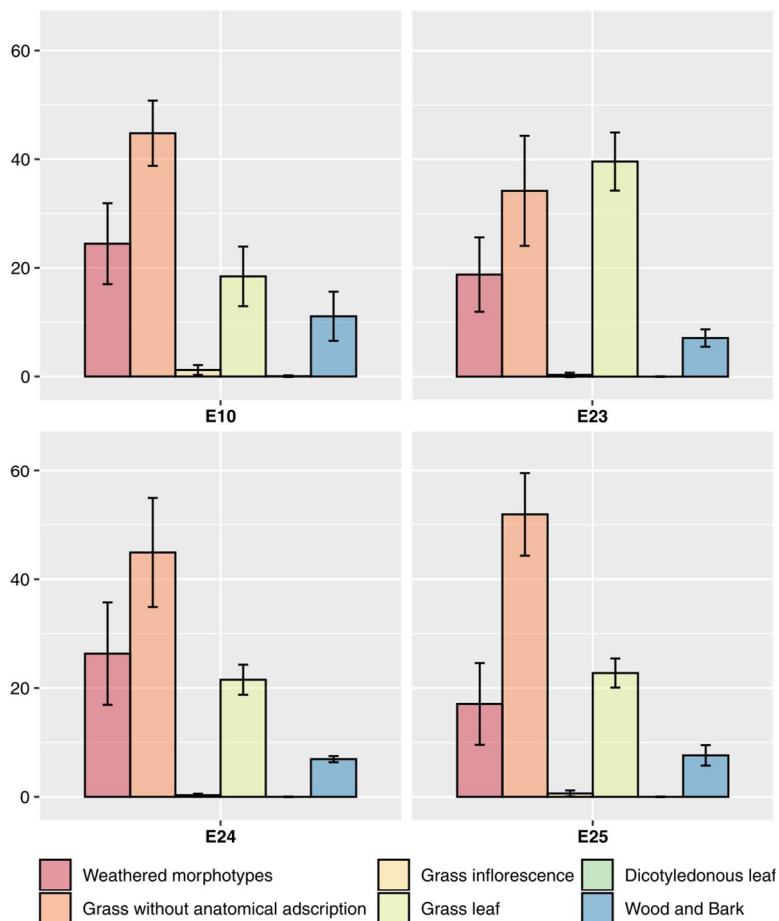
no es igual para todos los hogares, mientras que los valores cuantitativos (fitolitos por gramo de AIF) de las capas negras son más elevados en la E10 y E25, en el caso de la E24 la capa blanca es más rica.



**Figura 5.15.** Imágenes microscópicas de diferentes morfologías de fitolitos identificadas en los hogares de la unidad arqueológica S1D a) ACUTE BULBOSUS adscrita a las hojas/tallo de poáceas b) BULLIFORM FLABELLATE adscrita a las hojas/tallo de poáceas c) Estructura multicelular de ELONGATE DENTATE adscrito a la inflorescencia de las poáceas d) SPHEROID PSILATE adscrito a la madera/corteza de dicotiledónea e) GSSCP RONDEL adscrito a las poáceas Pood-C3 f) GSSCP CROSS adscrito a las poáceas Pood-C3 g) GSSCP BILOBATE adscrito a las poáceas Panicoid-C4 h) ELONGATE DENTATE adscrito a la inflorescencia de las poáceas i) ELONGATE ENTIRE adscrito a las hojas/tallo de las poáceas j) Estructura multicelular de ELONGATE ENTIRE adscrito a las hojas/tallo de poáceas k) BLOCKY adscrito a la madera/corteza de dicotiledónea l) Bulliform flabellate parcialmente alterado (*weathered*) m) ACUTE BULBOUS parcialmente alterado (*weathered*) n) BLOCKY parcialmente alterado (*weathered*) o) ELONGATE DENTATE parcialmente alterado (*weathered*).

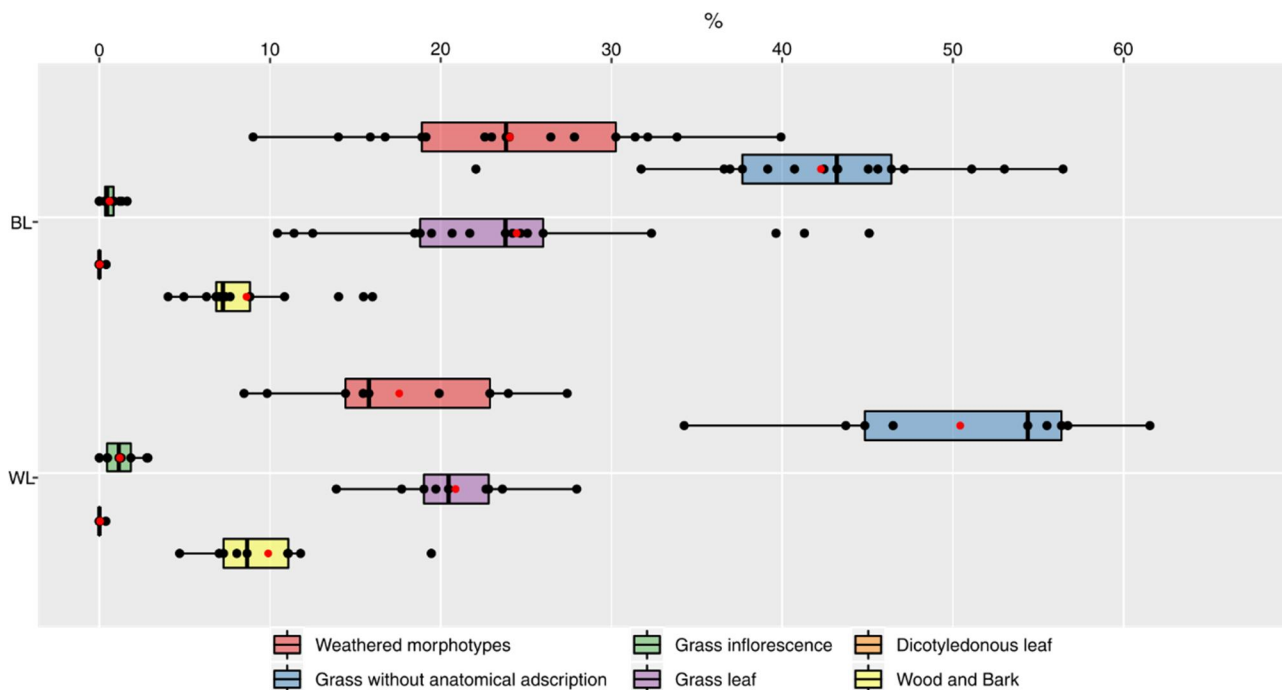
CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

**Figura 5.16.** Promedio de los resultados de fitolitos para cada uno de los hogares identificados en la sección sur. El número de muestras (*n*) que se han utilizado para calcular el promedio y la desviación estándar se pueden consultar en la tabla 5.10. Las barras de error indican 1δ desviación estándar.  
 WL=White Layer, BL= Black Layer



**Figura 5.17.** Promedio de los resultados de fitolitos para cada una de las capas identificadas en la estructura interna de cada hogar de la sección sur. El número de muestras (*n*) que se han utilizado para calcular el promedio y la desviación estándar se pueden consultar en la tabla 5.10. Las barras de error indican 1δ desviación estándar.  
 WL=White Layer, BL= Black Layer

Sin embargo, cuando se realiza el promedio de todas las muestras de las estructuras de la sección sur según la capa de origen de las muestras es muy parecido, 131 millones para las muestras de las capas blancas y 132 millones por las muestras de las capas negras. Los porcentajes de las diferentes categorías de fitolitos identificados tampoco muestran diferencias significativas entre las dos capas que conforman las estructuras. Los *box plots* de los resultados muestran un encabalgamiento de los resultados, con la media muy parecido en las diferentes categoría utilizadas (Fig. 5.18). Solamente hay valores algo superiores de poáceas en la capa blanca si los comparamos con la capa negra.



**Figura 5.18.** Promedio de los resultados de las capas blancas y capas negras de los hogares de la sección sur. El punto rojo representa la media. El número de muestras (n) que se han utilizado para calcular el promedio y la desviación estándar se pueden consultar en la tabla 5.10. Las barras de error indican 1 $\delta$  desviación estándar. El punto rojo es la meia de los resultados. WL=White Layer, BL= Black Layer

## 5.4.4. Interpretación y discusión de los resultados

### 5.4.4.1. El registro piroarqueológico de la unidad S1D

Las dos capas principales documentadas macroscópicamente en los hogares del nivel S1D, la capa blanca y la capa negra, han podido ser diferenciadas y caracterizadas microscópicamente. Los resultados de FTIR y AIF son los que han permitido diferenciar y caracterizar mejor estas dos capas. La capa blanca, así como se planteó durante el trabajo de campo, corresponde al residuo de la combustión. Muestra de ello es el alto contenido en calcita con un origen pirogénico (cenizas), con algunas muestras formadas casi en exclusiva por calcita pirogénica. La presencia de ópalo solamente documentada en las capas blancas evidenciaría que en ellas se conservan los restos del combustible en forma de fitolitos. Los altos porcentajes de carbonatos y AIF (donde se concentran los fitolitos) corroboraría la caracterización de las capas blancas como el residuo de la combustión en forma de cenizas y fitolitos.



En contraposición, las capas negras presentan una importante presencia de arcillas y el origen de la calcita en algunas de ellas es geogénico. Estas capas negras corresponderían al impacto térmico generando por la combustión; habitualmente conocidas con el nombre de *black layer* y definidas como capas orgánico-minerales alteradas por el fuego (Mallol et al. 2013a). La caracterización de estas capas como *black layer* se puede corroborar por el mayor porcentaje de materia orgánica en las capas negras documentado a partir de los cálculos de la AIF de las muestras.

Por lo tanto, la preservación de los elementos estructurales de los hogares a partir de las evidencias descritas nos informa de la buena conservación registro piroarqueológico de la unidad S1D de Cova Gran. Por una parte, se conserva el residuo de la combustión con la presencia de cenizas y fitolitos, junto al registro antracológico identificado y formado principalmente por *Pinus sylvestris* (Allué et al. 2018). Por otra parte, se ha podido identificar el impacto de la combustión en forma de alteración térmica de los sedimentos subyacentes al residuo de la combustión, con una coloración negruzca identificada también en otros contextos arqueo-experimentales (Mallol et al. 2013a, b; Pérez et al. 2017; Rodríguez-Cintas and Cabanes 2017).

#### **5.4.4.2. Procesos de formación y tafonomía**

Los resultados divergentes obtenidos de los hogares de las dos secciones estudiadas sólo pueden explicarse por la presencia de procesos tafonómicos divergentes, ya que la dinámica de la ocupación es la misma para todo el nivel S1D. Por un lado, encontramos unos conjuntos muy alterados y pobres procedentes de los hogares junto a la sección norte, en la parte más interior del abrigo. Por otro lado, encontramos unos conjuntos cuantitativamente ricos y variados en la sección sur, dentro aún de la protección del techo de la cavidad.

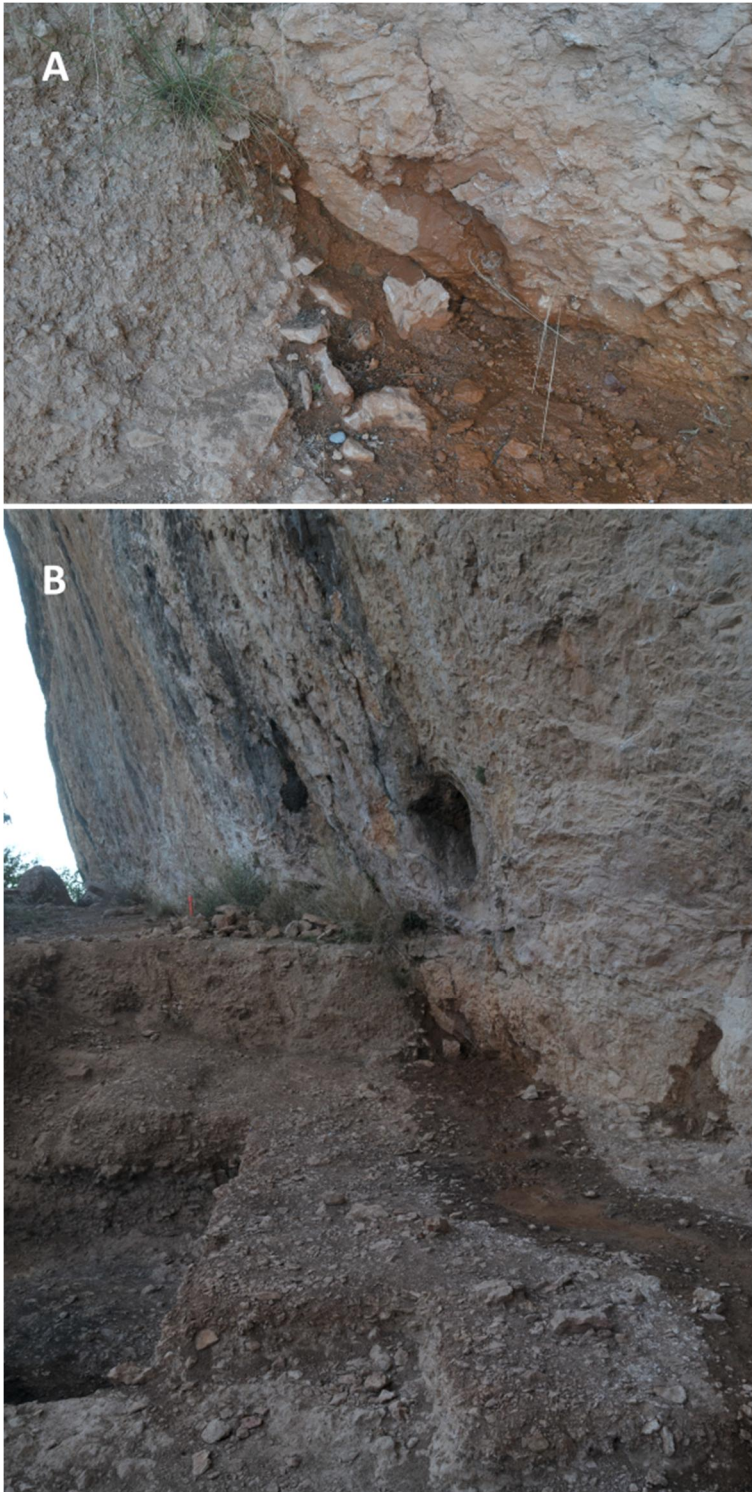
Para los hogares del sector norte, el proceso de formación y la alteración de los conjuntos sería parecido al documentado en la unidad 497D (ver apartado 5.3.4), vinculados a la presencia de agua durante la formación del nivel. Los hogares de esta zona, al situarse más cerca de la pared de la cavidad, posiblemente se vieron alterados por las surgencias que emanan de la pared de la cavidad. Estas escorrentías serían de muy baja intensidad y de carácter estacional, parecido al que sucede en actualidad después de abundantes lluvias (Fig. 5.19). Así lo indican los procesos de formación endógenos del paquete sedimentario Pleistocénico de Cova Gran, basados en la caída gravitacional de clastos fruto de la presencia de agua (Benito-Calvo et al. 2009, 2011). El agua se filtra por las paredes y en condiciones climática frías, fisuraría y desgastaría la roca madre mediante procesos de congelación y descongelación.

La presencia de agua en la unidad arqueológica es probablemente la causa de la fuerte alteración de los conjuntos de fitolitos de la sección norte. La reacción de ésta con las cenizas provocaría un aumento del pH hacia condiciones alcalinas, factor principal que influye en la alteración química de los fitolitos (Piperno 2006; Osterrieth et al. 2009; Karkanis 2010; Cabanes et al. 2011). Las cenizas presentan unas condiciones de pH (entre el 9 y el 13.5) poco favorables a la preservación de los fitolitos (Etiégny and Campbell 1991; Canti 2003). De la misma forma, la exposición subaérea de los hogares y el propio fuego pudieron ser factores que contribuyeron a una menor conservación de los conjuntos y a la debilitación de las morfologías de los fitolitos y sus estructuras multicelulares (Cabanes et al. 2011; Shillito 2011). Las muestras de cenizas de los hogares de la



## CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

sección norte, se ha identificado la presencia de dahllita en los espectros. Este hecho que podría estar relacionado con una alteración diagenética de la calcita.



**Figura 5.19.** Filtraciones de agua de baja intensidad documentadas en el sector Rampa de Cova Gran donde se ha identificado la secuencia Paleolítica. Esta filtración afecta parcialmente la superficie. La presencia de estas filtraciones de la pared y escorrentías en la superficie sería parecidas a las que afectarían el registro piroarqueológico de la secuencia paleolítica.

Por el contrario, las muestras de los hogares de la sección sur sí presentan unos valores cuantitativamente altos y el conjunto es suficientemente rico y variado. Es importante evaluar si en estas muestras existe un sesgo tafonómico en su composición. Considerando trabajos previos (Cabanés et al. 2011; Cabanés and Shahack-Gross 2015), las muestras presentan elementos

## CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

indicativos de una buena conservación, como la identificación de morfologías con decoración (ELONGATE DENTATE o ELONGATE CLÁVATE) así como la de algunas morfologías consideradas frágiles (ACUTE BULBOSUS). La notable riqueza de las muestras a nivel cuantitativo, así como la presencia de morfologías con una gran superficie del área en relación al volumen puede estar indicando una buena conservación del registro (Cabanés et al. 2011; Shillito 2011; Madella and Lancelotti 2012; Cabanés and Shahack-Gross 2015).

No obstante, hay algunos elementos que nos indican una cierta alteración del conjunto, como los valores de *weathered morphotypes* que en muchos casos superan el 20%. También es destacable la baja presencia de morfologías formadas durante la inflorescencia de las poáceas, consideradas morfologías frágiles (Cabanés et al. 2011). Se ha observado que la inflorescencia de las poáceas está presente tanto en primavera y verano como también en otoño e invierno, aunque en menor proporción (Burguet-Coca et al. 2020). Por lo tanto, lo más probable es que el conjunto haya sufrido una alteración moderada; aunque no descartamos otras explicaciones, como una preferencia por ciertas partes anatómicas como las hojas y el tallo de las poáceas o una ocupación de otoño/invierno, cuando la inflorescencia está menos presente en el entorno.

Resulta más evidente la presencia de una alteración de carácter mecánico y/o *trampling*, detectada a partir de la baja presencia de estructuras multicelulares (Cabanés et al. 2011). Este tipo de alteración, vinculada a la incidencia del fuego, tiende a disgregar las estructuras multicelulares (Shillito 2011), pudiendo explicar la práctica ausencia de fitolitos en conexión anatómica en el registro de Cova Gran. Asimismo, los resultados de FTIR también muestran cierta alteración de la estructura interna de los hogares. Referentes experimentales publicados por Mallol et al. (2013b), en los que se referenciaron por primera vez las *black layers* como un impacto térmico vinculados a suelos ricos en materia orgánica, caracterizaron estas capas negras con una calcita geogénica, ya que se trataba del suelo natural por debajo de la combustión. En el caso de los resultados de la sección sur de Cova Gran, las *black layers* identificadas presentan en la mayoría de los casos presencia de calcita geogénica. Las observaciones macroscópicas de los hogares del nivel S1D también muestran una alta dispersión de cenizas que en muchos casos dificulta la identificación e individualización de los hogares, causada muy posiblemente por la intensidad de la ocupación y los procesos de *trampling*.

En conclusión, la unidad S1D presenta una clara dicotomía en la conservación de los registros de fitolitos y minerales fruto de unos procesos tafonómicos divergentes. Mientras que en la sección norte predominan los procesos químicos que han disuelto casi la totalidad de los conjuntos de fitolitos y han alterado parcialmente la calcita; en la sección sur, los procesos químicos pueden estar presentes, pero sólo en una fase inicial y son los procesos tafonómicos de tipo mecánico, como el *trampling*, los que han alterado los hogares.

### 5.4.4.3. Los conjuntos de fitolitos: combustible y otros usos de las plantas

Los resultados de fitolitos obtenidos en la sección sur son los únicos interpretables a nivel arqueológico, puesto que en las muestras del sector norte el número de fitolitos individuales identificables no ha sido suficiente para su interpretación taxonómica y anatómica.

## CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

Los porcentajes de plantas dicotiledóneas pertenecientes a madera y corteza de los hogares de la sección sur llegarían al yacimiento como combustible para el fuego. Así lo indicaría la mayor presencia de morfologías de madera y corteza en el residuo de la combustión (capas blancas) que en el impacto térmico (capas negras). Los valores obtenidos de plantas dicotiledóneas en las capas negras se explicarían principalmente por la mezcla y percolación hacia esta capa subyacente al residuo, probablemente por procesos de *trampling*. La secuencia antracológica, y en concreto la unidad S1D, muestra un conjunto formado principalmente por *Pinus sylvestre* y de las colecciones de referencia se deduce como morfotipo más diagnóstico de este taxón la morfología BLOCKY (Gao et al. 2018). Se han propuesto otras morfologías diagnósticas de *Pinus sylvestris*, como las *spherical-with-sockets* (Delhon et al. 2003), a pesar de que su identificación y correlación se deben interpretar con cautela (Bremond et al. 2004). En nuestros resultados, las morfologías BLOCKY son la que tienen más peso dentro del conjunto de morfotipos adscritos a madera/corteza, mientras que las *spherical-with-sockets* están completamente ausentes. La importante presencia de BLOCKY en el conjunto reforzaría la idea de que *Pinus sylvestris* es el principal taxón utilizado como combustible.

La ausencia de hojas de dicotiledóneas en las muestras indicaría la recolección del combustible en un estado seco o degradado, ya que una selección de leña verde implicaría la aportación al yacimiento de las hojas de los árboles. Colecciones de referencia realizadas específicamente sobre las agujas de pino han identificado los morfotipos *platelet* como los más diagnósticos (Cabanes et al. 2007), y en el registro estudiado esta morfología está completamente ausente. Descartamos la posibilidad de que la ausencia de hojas de dicotiledóneas se vincule a una recolección durante los meses de primavera-invierno en que algunos árboles pierden las hojas, ya que *Pinus sylvestris* es un árbol de hoja perenne.

El bajo porcentaje de madera y corteza identificados en los conjuntos se explicaría por la baja producción de fitolitos en relación a las poáceas, que puede llevar a ser de hasta 20 veces más (Albert and Weiner 2001; Tsartsidou et al. 2007). *Pinus sylvestris* no es una excepción en la baja producción de fitolitos, así como muestran las colecciones de referencia existentes (Bremond et al. 2004; Delhon 2010; Yang et al. 2015; Gao et al. 2018). Los porcentajes obtenidos de plantas dicotiledóneas no resultan tan bajos si tenemos en cuenta sus particularidades, ya que su baja producción hace que se vean en muchos casos enmascaradas por la abundante producción de fitolitos de las plantas monocotiledóneas. Por ello, en el caso de las dicotiledóneas, generalmente una presencia del 20-30% del conjunto es suficiente para considerar una abundancia destacada (Albert and Weiner 2001; Albert 2003).

Los de plantas monocotiledóneas (poáceas) en las muestras analizadas son el resultado de diferentes aportaciones antrópicas al yacimiento. Descartamos una acumulación natural, ya que las morfologías siguen la misma dinámica del conjunto, altamente disgregado y con porcentajes de morfologías alteradas, tanto para la capa cenicienta de los hogares como para el impacto térmico caracterizados por los sedimentos negruzcos. Si el origen fuera natural fruto del crecimiento o la deposición, los valores de estructuras multicelulares serían más alto y cabría esperar una presencia diferencial entre el residuo de la combustión y el impacto térmico. El alto grado de antropización de la unidad, tanto desde el punto de vista del registro piroarqueológico como del registro

## CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

arqueológico, es otro argumento que nos lleva a defender el origen antrópico de la totalidad del conjunto de fitolitos.

La presencia de monocotiledóneas y, especialmente, de hojas de poáceas respondería a diferentes *inputs* antrópicos, vinculados a la ocupación neandertal. En muchos conjuntos se ha propuesto la deposición de las poáceas adheridas a la madera/corteza utilizada como combustible (Albert et al. 2000; Tsartsidou et al. 2007), especialmente para los conjuntos de poáceas de las capas cenicientas de los hogares. En las capas cenicientas, los conjuntos de poáceas también podrían estar vinculados con el encendido de los hogares, tal como se ha propuesto para otros trabajos peninsulares (Esteban et al. 2017).

En las capas negras de los impactos térmicos de los hogares, la abundante presencia de poáceas estaría vinculada a diferentes usos y funciones más difíciles de discernir. Una parte de estos conjuntos provendría del residuo de la combustión, afectado por los procesos de *trampling*. Otra parte del conjunto de poáceas estaría vinculado a los diferentes usos que los neandertales podrían hacer de los recursos vegetales.

La presencia de poáceas identificadas en hogares ha sido habitual en diferentes contextos de combustión paleolíticos (Albert et al. 1999; Karkanas et al. 2002; Madella et al. 2002; Albert 2003, 2010; Henry et al. 2011; Tsartsidou et al. 2015; Esteban et al. 2017). En el caso del Abric Romaní las poáceas documentadas en los hogares se vincularon con la formación de un paleosuelo en el techo de los hogares formado por poáceas y diatomeas (Cabanés et al. 2007). Karkanas et al. (2002) consideraron que los porcentajes de poáceas identificados en la Grotte XVI eran superiores a los necesarios para el encendido de un fuego, y los relacionaron con diferentes funciones. Por un lado, consideraron la posibilidad de un uso especial, relacionado con el secado de pescado por la asociación a restos de peces y por otro consideraron la posibilidad que estos conjuntos se relacionasen con la construcción de camas, el resultado de fuegos accidentales o fueran quemadas como estrategia de limpieza del espacio (Karkanas et al. 2002). En Amud cave Madella et al. (2002) relacionó la gran concentración de poáceas con la formación de *beddings* en el caso de las morfologías adscritas a hojas y tallo. Por otro lado, las morfologías de fitolitos formadas en las semillas de las poáceas se relacionaron con la recolección intencional de las poáceas con semillas. En el caso del nivel S1D de Cova Gran la intensidad y abundancia del registro piroarqueológico sugiere que estas poáceas estarían vinculadas con el uso del fuego. Sin embargo, no es descartable otras opciones u otros orígenes complementarios vinculadas a la gestión de las plantas por parte de los grupos neandertales. Tampoco es descartable que estas poáceas fueran el resultado de la preparación de camas alrededor de los hogares como se ha identificado en algunos yacimientos (Rosen 2003; Cabanés et al. 2010). Algunas de estas poáceas se podrían haber mezclado con las cenizas de los hogares, fruto de los importantes procesos de *trampling* identificados en el yacimiento, tal como se han identificado en otros registros paleolíticos (Esteban et al. 2017; Wroth et al. 2019).

### 5.4.4.4. La calibración de las arcillas

La calibración de las arcillas ha constituido una buena herramienta para comprender mineralógicamente el impacto del fuego en los sedimentos arqueológicos. En comparación con

## CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

los referentes publicados (Berna et al. 2007), las arcillas de Cova Gran por su composición presentan un comportamiento específico. Los picos principales de las arcillas de este yacimiento presentan una posición del pico 2 más baja (entre 1028 y 1089  $\text{cm}^{-1}$ ), dentro de una tendencia coherente. La morfología del pico 5 también presenta unos cambios consecuentes y coherentes, especialmente en la calibración directa.

Se han aplicado dos métodos de calibración, directa e indirecta. El primer método es posiblemente el más claro y fácil de aplicar al estudio de los sedimentos arqueológicos. El principal impedimento en la calibración indirecta es que no permite especificar el tipo de arcilla en un porcentaje importante, y simplemente se hace referencia a grupos de filosilicatos genéricos, como la clorita o la esmectita.

La calibración directa, utilizando arcillas representativas de la unidad sedimentaria a estudiar, es la que nos parece una mejor aproximación a la alteración de las arcillas por impacto térmico. Los resultados obtenidos y aplicables al cuerpo sedimentario S1D de Cova Gran nos muestran tres grandes rangos de temperatura identificables mediante el análisis de los espectros (ver Tabla 5.7 y Fig. 5.12). El primero rango agrupa los sedimentos no alterado sometidos a menos de 500 °C, donde el pico 2 presentaría una posición por debajo de 1030  $\text{cm}^{-1}$  y es el pico 5, el que permite matizar la temperatura dentro de este rango, mostrándose más atenuado para las temperaturas más altas y presente en las temperaturas no alteradas o más bajas. El segundo rango permite afirmar con seguridad el impacto térmico de las arcillas con temperaturas superiores a 500 °C, donde el pico 2 de las arcillas presenta una posición por encima de 1030  $\text{cm}^{-1}$  y por debajo de 1050  $\text{cm}^{-1}$  y el pico 5 se encuentra ausente. Finalmente, el tercer rango de temperaturas se relaciona con la alteración a altas temperaturas (entre 800 °C y 1000 °C), donde el pico 2 presenta una posición por encima de 1050  $\text{cm}^{-1}$ , pudiendo alcanzar posiciones por encima de 1080  $\text{cm}^{-1}$ , y con el pico 5 totalmente ausente.

Gur-Arieh et al. (2013) utiliza rangos amplios de temperatura, en los que también se consideraba la alteración térmica de la arcilla por encima de los 500 °C. Esto podría sugerir que la obtención de paleotemperaturas más precisas, tal como proponía Berna et al. (2007), es difícil de identificar/definir en contextos arqueológicos. Sin embargo, a partir de la calibración de las arcillas se observa la variabilidad en el comportamiento de éstas según su composición. Es de esperar, por ello, que en otros contextos las arcillas presenten una composición diferente y que mediante la calibración se puedan determinar los espectros característicos y los picos de absorción con los que afinar más la interpretación de las paleotemperaturas arqueológicas. Por lo tanto, lo que resulta relevante de los resultados obtenidos es que resulta imprescindible aplicar una calibración para cada contexto arqueológico, puesto que como apunta Berna et al. (2007), la composición de las mismas generará espectros diferentes que hay que conocer antes de realizar la aplicación arqueológica.

## 5.5. EL PROGRAMA EXPERIMENTAL *FUEL AND FIRE*

El programa experimental *Fuel and Fire* fue diseñado como un instrumento para la comprensión de varios elementos vinculados a la formación de las estructuras de combustión paleolíticas de Cova Gran. Partimos de la idea de que los procesos de formación tienen que ser abordados a partir de casos específicos (Golberg and Macphail 2006), generando referentes aplicables al contexto de estudio y concretamente a las estructuras de combustión. El proyecto, tiene diferentes aplicaciones al estudio del registro piroarqueológico, aunque en esta tesis solamente se presentaran los resultados de una pequeña parte de esta experimentación.

El objetivo del proyecto experimental es comprender desde una perspectiva global los procesos vinculados a la formación del registro piroarqueológico. De manera específica, se pretende comprender la relación entre algunas variables presentes en las etapas previas a la combustión y el resultado de las diferentes partes que configuran una estructura de combustión, considerando el mismo resultado de la combustión y el impacto térmico asociado. Estas actividades previas están relacionadas con la recolección del combustible y sus características, como la calidad (madera seca, verde, degradada, etc.), el tamaño, el calibre y la cantidad de combustible; la forma y tamaño de los hogares y las condiciones fisicoquímicas de la combustión.

Por este motivo, el proyecto experimental se compone de dos partes preparatorias diferenciadas, aunque fuertemente vinculadas: la recolección del combustible y la combustión. Durante estas dos etapas de preparación, se han controlado algunas de las variables con el objetivo de poder evaluar posteriormente su incidencia en la formación del residuo de la combustión y en el impacto térmico sobre los sedimentos.

Se seleccionó exclusivamente madera de pino de la especie *Pinus sylvestris*, ya que es la que se identifica de manera recurrente en los yacimientos paleolítico del NE peninsular y particularmente en Cova Gran (Allué et al., 2018). Durante la recolección se seleccionó madera con diferentes calidades (verde, seca y degradada) en formato tronco y en formato de rama de tamaño medio o grueso. Para el encendido se recolectaron ramas pequeñas y piñas de la misma especie. En total, se recogieron 335 kg de madera. El combustible utilizado para cada hogar fue pesado, medido (ancho y largo) y catalogado según la calidad de la madera (Tabla 5.11).

Hearth number	Weight (Kg)				Measure (cm)		
	Trunk	Thick branches	Medium Branches	Small ignition branches	Total	Lengh mean	Diameter mean
H1	18.5	15.3	4.6	0.5	38.9	69	41.0
H2	17.1	15.5	5.7	0.1	38.4	75.4	42.0
H3	42.4	23.4	12.2	0.85	78.85	72.4	37.0
H4	39.8	24.5	10.8	0.5	75.6	63.6	36.4

**Tabla 5.11.** Tabla donde se recoge los kg de combustible utilizado en cada hogar en relación con la categoría (trunk, thick branches, etc.) así como el promedio de las medidas (longitud y diámetro). El diámetro se tomó primero de cada una de las brancas o troncos, tomando un total de 3 medidas (una al centro y dos a los extremos) y haciendo el promedio de estas.

### 5.5.1. Descripción de la experimentación

El objetivo del proyecto que incluimos en esta tesis doctoral es el de evaluar la formación del impacto térmico de la combustión en los sedimentos, identificar los cambios macroscópicos y mineralógicos que lo caracterizan y diferencian del residuo de la combustión. Como ha sido descrito en los apartados anteriores, en la secuencia de Cova Gran se han identificado un gran número de hogares que presentan varios grados de conservación de su estructura interna y esto fue lo que nos impulsó a planear un programa experimental específico para este registro.

El residuo de la combustión de la secuencia paleolítica de Cova Gran se ha identificado principalmente por la presencia parcial o total de capas blanquecinas. Estas presentan una potencia de pocos centímetros y, en algunas ocasiones, están endurecidas a causa de la carbonatación de las cenizas. Por debajo, se identifican en muchos casos rubefacciones y/o capas oscuras que se tienden a interpretar como impactos térmicos, cuando aparecen por debajo de una capa blanquecina. Ahora bien, cuando la capa blanquecina (residuo de la combustión) no está presente y solamente se puede identificar en el registro una mancha de color negruzco su interpretación puede ser más compleja.

Por todo ello, lo que pretendemos evaluar mediante esta experimentación es la formación de las capas negruzcas identificadas en Cova Gran, entender cómo y en qué circunstancias se forma, así como tener elementos analíticos que nos permitan identificarla en el registro arqueológico. Para ello, hemos intentado reproducir las condiciones sedimentológicas y pirotecnológicas (combustible, tipo hogar, etc.) de Cova Gran para entender mejor la formación del impacto térmico en los sedimentos.

En la experimentación se realizaron cuatro hogares (H1, H2, H3 y H4) (Fig. 5.20). El combustible utilizado fue *Pinus sylvestris*, taxón dominante en la secuencia de Cova Gran y de buena parte de los yacimientos del noreste Peninsular (Allué et al. 2018). El combustible fue recolectado en las Muntanyes de Prades, cerca de la Mussara (Baix Camp, Tarragona) a unos 1000 m.s.n.m.

Para la reproducción de las condiciones sedimentológicas de Cova Gran se utilizaron sedimentos obtenidos de las acciones de mejora que se realizaron en el camino que transcurre por delante del yacimiento. A estos sedimentos, que presentan una composición parecida a los de Cova Gran, se le añadieron algunos clastos pequeños y medianos para conseguir simular la matriz sedimentaria de las unidades arqueológicas del yacimiento.

La experimentación se llevó a cabo en las instalaciones del Parque Arqueológico de Sant Llorenç de Montgai (La Noguera, Lleida) a unos 10 km en línea recta del yacimiento de Cova Gran. Allí se realizaron unos hoyos cuadrados de 150x150 cm y de unos 20-25 cm de profundidad y se rellenaron con los sedimentos experimentales. Los sedimentos se compactaron moderadamente mediante el pisoteo y se dejaron expuestos 15 días antes de la experimentación.



CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO



Figura 5.20. Imágenes del proceso de combustión donde se puede observar el tamaño de cada uno de los hogares (izquierda) y el resultado final de la combustión de trocos sin combustionar, carbones y abundantes cenizas.



## CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

Las variables principales consideradas durante la experimentación fueron el diámetro de los hogares y la cantidad de combustible utilizado (Fig. 5.20). Dos hogares fueron construidos con un diámetro pequeño de aproximadamente 50 cm (H1 y H3) y dos hogares de un diámetro grande de algo más de 1 m (H2 y H4). La cantidad de combustible utilizado, variable implicada en la duración de la combustión, fue de 40 kg para el H1 y H2 y de 80 kg para el H3 y H4.

La combinación de estas variables hace que la experimentación esté formada por dos hogares con 40 kg de combustible, uno de diámetro pequeño (H1) y otro de diámetro grande (H2); y dos hogares con 80 kg de combustible uno con un diámetro pequeño (H3) y el otro con un diámetro grande (H4) (Tabla 5.11 y Fig. 5.20).

La elección de las variables, diámetro y cantidad de combustible utilizado, pretenden testar la incidencia del tiempo de la combustión y la incidencia de la combustión en una superficie. Es decir, como más combustible más larga será la combustión y cuanto más pequeño sea el hogar el impacto térmico estará más concentrado. Dicho esto, la principal pregunta que nos hacemos en esta experimentación es:

- ¿La combustión genera un impacto térmico en los sedimentos subyacentes que sea identificable macroscópicamente o mediante FTIR?
- Si la pregunta principal obtiene una respuesta afirmativa, esto nos llevaría a plantearnos una serie de nuevas preguntas sobre la relación de las variables controladas con el impacto térmico de la combustión, como:
  - ¿La formación del impacto térmico está relacionada con el diámetro del hogar?
  - ¿La formación del impacto térmico está relacionada con la cantidad de combustible y, por tanto, de forma indirecta, con la duración de la combustión?
  - ¿Cómo se caracteriza mediante FTIR los impactos térmicos en relación con las diferentes variables (cantidad de combustible y diámetro del hogar) y cuáles son las características del residuo de la combustión?

En la experimentación también se realizó un registro de las temperaturas de la combustión y de las temperaturas a las que se vieron expuesto los sedimentos a diferentes profundidades. Para ello, se utilizó un termómetro digital modelo PCE-T 309 con termocúpulas tipo K (Chromel-Alumel). La toma de la temperatura se realizó cada 2 minutos, y se mantuvo, siempre que fue posible, el registro continuo hasta que todas las sondas registraran una temperatura inferior a 100 °C. Se utilizaron para cada hogar un total de 8 sondas (Fig. 5.20), cuatro se introdujeron en el sedimento a -6 y -3 cm de profundidad (T1, T2, T3 y T4) y 4 que se dejaron en la superficie entre el sedimento base y el combustible (T5, T6, T7 y T8) (Fig. 5.21). Las diferentes sondas controlan las temperaturas en la parte central y en la periferia del hogar, tanto en superficie como en las diferentes profundidades: T3, T4 y T5 se localizan en la periferia; T1, T2 y T7 en el centro; y, T6 y T8 entre el centro y la periferia.

## CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

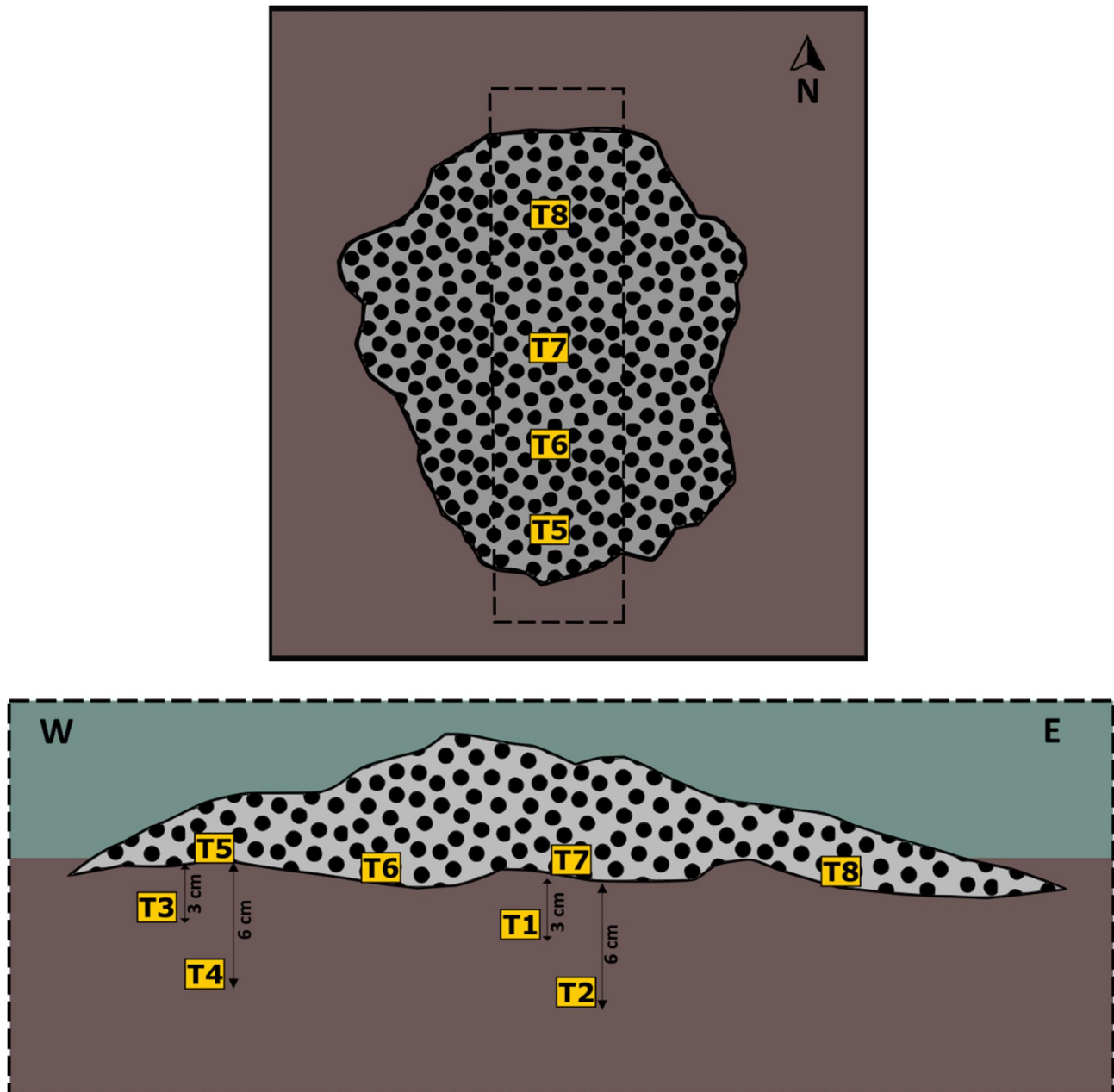


Figura 5.21. Esquema del residuo de la combustión en relación a la localización de las diferentes sondas, tanto en planta como en sección donde se puede observar la profundidad en que se colocaron previamente a la combustión.

### 5.5.2. Materiales

Se han analizado mediante FTIR 24 muestras por hogar. Las muestras fueron recogidas antes y después de la combustión y se clasificaron según 5 categorías analíticas (Fig. 5.22). Las muestras de control (*control*) fueron la que se tomaron antes de la combustión del suelo experimental, donde se realizaron los hogares. El número de muestras de control analizadas varía según los hogares, desde 3 para H1 hasta 5 para H3. La otra categoría utilizada en el muestreo es la de cenizas (*ash*), que son muestras procedentes del residuo ceniciento de la combustión. De este tipo de muestras, se han analizado varias para cada hogar: para el H1 se han analizado un total de 8 muestras de cenizas, 5 muestras en el caso del H2 y H3, y 4 muestras para el H4. Las muestras recogidas de los sedimentos experimentales después de la combustión se diferenciaron en tres categorías

## CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

macroscópicas: *black*, *reddish* y *base*. Las muestras *black* y *reddish* son dos tipos de muestras vinculadas a la coloración de los sedimentos basales afectados por la combustión (impacto térmico), que generan coloraciones negruzcas (*black*) o rojizas (*reddish*). De las muestras *black* se han analizado un total de 32 muestras: 11 para el hogar H4, 10 para el hogar H2, 7 para el hogar H3 y 4 para el hogar H1. De la otra categoría macroscópica de las muestras rubefactadas (*reddish*), se han analizado un total de 18 muestras: 6 muestras del hogar H1, 4 muestras en el caso del hogar H2 y 5 para el hogar H3 y 3 muestras para H4. Finalmente, la última categoría para analizar el impacto térmico del fuego es la que hemos definido como *base* (*base*), y hace referencia a una hipotética base del impacto térmico, cuando este ya no es visible macroscópicamente y el sedimento presenta las características macroscópicas originales previas a la combustión.

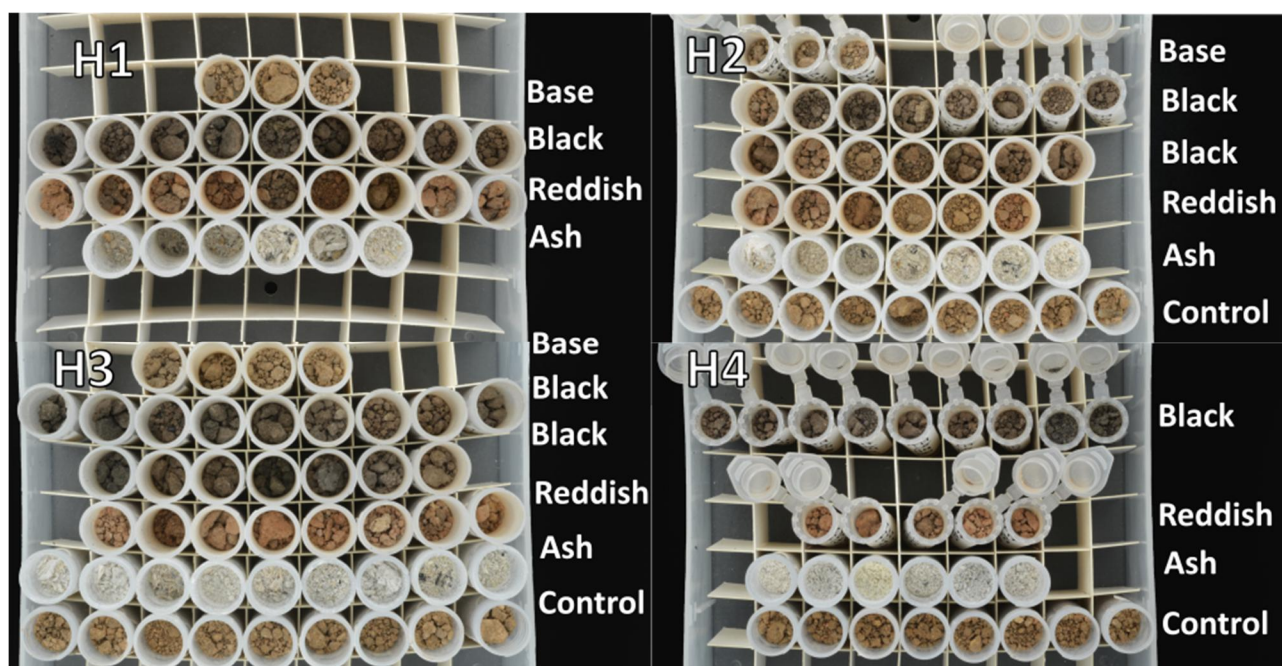


Figura 5.22. Imagen que ilustra la variabilidad de coloración recogida en las muestras y la adscripción a cada categoría definida para el muestreo (*base*, *black*, *reddish*, *ash* y *control*) para cada uno de los hogares.

### 5.5.3. Características de la combustión

#### 5.5.3.1. Hogar H1

La combustión de la estructura H1 duró aproximadamente 10h, con una temperatura máxima de 380 °C para las sondas colocadas en el subsuelo experimental y de casi 900 °C para las sondas dispuestas en la superficie, entre el combustible y el sedimento (Fig. 5.23).

Las sondas T1 localizada en la parte central del hogar y a -3 cm del subsuelo experimental muestra una subida de forma contante de la temperatura, hasta llegar a los 350 °C en aproximadamente 2 h desde el encendido. Esta temperatura de 350 °C se mantiene constante durante 1h y 45 min, momento en que la temperatura alcanza los 380 °C y empieza a descender. Al cabo de 7h 30 min desde la ignición del hogar la temperatura ya es inferior a los 100 °C.

CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

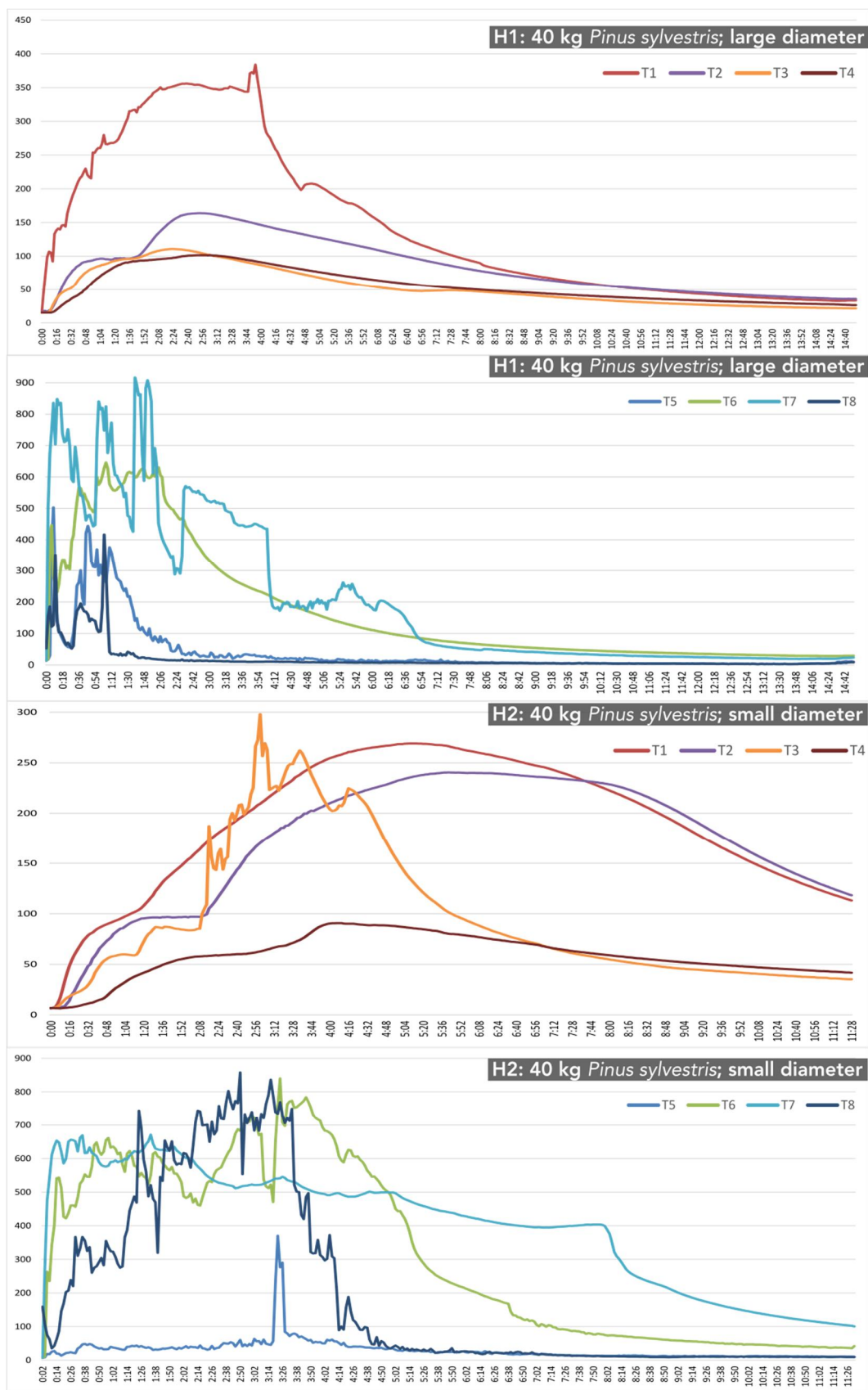


Figura 5.23. Gráfico de las temperaturas registradas por las ocho sondas (T1-T8) colocadas en profundidad (T1-T4) y en superficie (T5-T8) en los hogares experimentales (H1-H2)

## CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

La sonda T2 localizada a -6 cm en la parte central del hogar muestra una pequeña subida al principio de la combustión hasta llegar a los 100 °C. A partir de 1 h 40 min la temperatura vuelve a subir hasta los 160 °C, manteniendo esta temperatura constante unos 20 minutos, para posteriormente ir descendiendo poco a poco hasta alcanzar menos de 100 °C, una vez transcurridas 8 h y 30 min desde el inicio de la combustión. Las sondas T3 y T4, localizadas en la periferia del hogar a -3 y -6 cm de profundidad respectivamente, muestran una dinámica muy parecida. Alcanzan su temperatura máxima después de 1h 30min, manteniendo la temperatura algo superior a los 100 °C durante unos 90 min, y después descendiendo progresivamente.

Las sondas T5, T6, T7 y T8 colocadas sobre la superficie, entre el sedimento experimental y el combustible, muestran una combustión que generalmente alcanza una fase de enfriamiento a partir de las 2h desde el momento del encendido (Fig. 5.23). Las sondas T5 y T8, localizadas en la zona más perimetral, tiene una dinámica de altos y bajos pero con picos máximos que se sitúan entre 400 °C y 500 °C. En menos de 2h desde el inicio de la combustión, estas dos sondas ya registran temperaturas por debajo de los 100 °C. En cambio, las sondas T6 y T7, situadas en una posición más central, muestran un aumento de las temperaturas muy rápido. La T6 se indica la mayor parte del tiempo entre 500 °C y 650 °C; la T7 registra temperaturas de entre 600 °C y 900 °C en tres picos diferentes.

### 5.5.3.2. Hogar H2

La duración del segundo hogar es de aproximadamente de 12h, a pesar de que la temperatura en las sondas localizadas en el subsuelo mantiene una temperatura por encima de los 100 °C hasta alcanzar las 18 h desde el encendido (Fig. 5.23). Las temperaturas máximas para las sondas del subsuelo no llegan a los 300 °C, mientras que las sondas superficiales superan un par de ellas los 800 °C.

Las sondas localizadas en el subsuelo de la parte central del hogar (T1 y T2), tiene una tendencia general parecida, aunque con mayor temperatura para el caso de la sonda localizada a -3 cm. La temperatura aumenta progresivamente, formando una curva con un máximo de unos 270 °C después de unas 5 horas para la sonda T1, y un máximo de 240 °C para la T2 después de 5 h 30 min de combustión. La sonda T3, situada en la periferia a -3 cm de profundidad, presenta varios picos abruptos transcurridas 2 h 20 min (180 °C), 3 h (190 °C), 3 h 40min (160 °C) y 4h 45 min (220 °C). Finalmente, la temperatura disminuye progresivamente hasta situarse por debajo de los 100 °C transcurridas 5h 30 min desde el encendido.

Las sondas superficiales muestran una alta variabilidad durante toda la combustión. La sonda T6, T7 y, en menor medida, la T8 muestran un aumento de la temperatura rápido, superando fácilmente los 500 °C. La sonda T6 mantiene una temperatura de entre 500 °C y 650 °C durante las dos primeras horas, para disminuir ligeramente y volver a aumentar la temperatura alcanzando los 700 °C y los 800 °C en dos momentos puntuales de la combustión. La sonda T7 es la que muestra una menor fluctuación en las sondas superficiales de este hogar, con una temperatura que se mantiene entre los 500 °C y los 660 °C durante las 5 primeras horas, para disminuir progresivamente. La sonda T8 va aumentando la temperatura de forma zigzagueante, y durante aproximadamente 1h 30 min las temperaturas se sitúan por encima de los 700 °C llegando a



CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

alcanzar en algún momento los 800 °C. Posteriormente disminuye de forma bastante rápida y es la sonda que más rápidamente llega por debajo de los 100 °C. Los valores de la sonda T5, son anormales ya que están casi siempre por debajo de los 100 °C, posiblemente porque se haya quedado fuera de la incidencia del hogar.

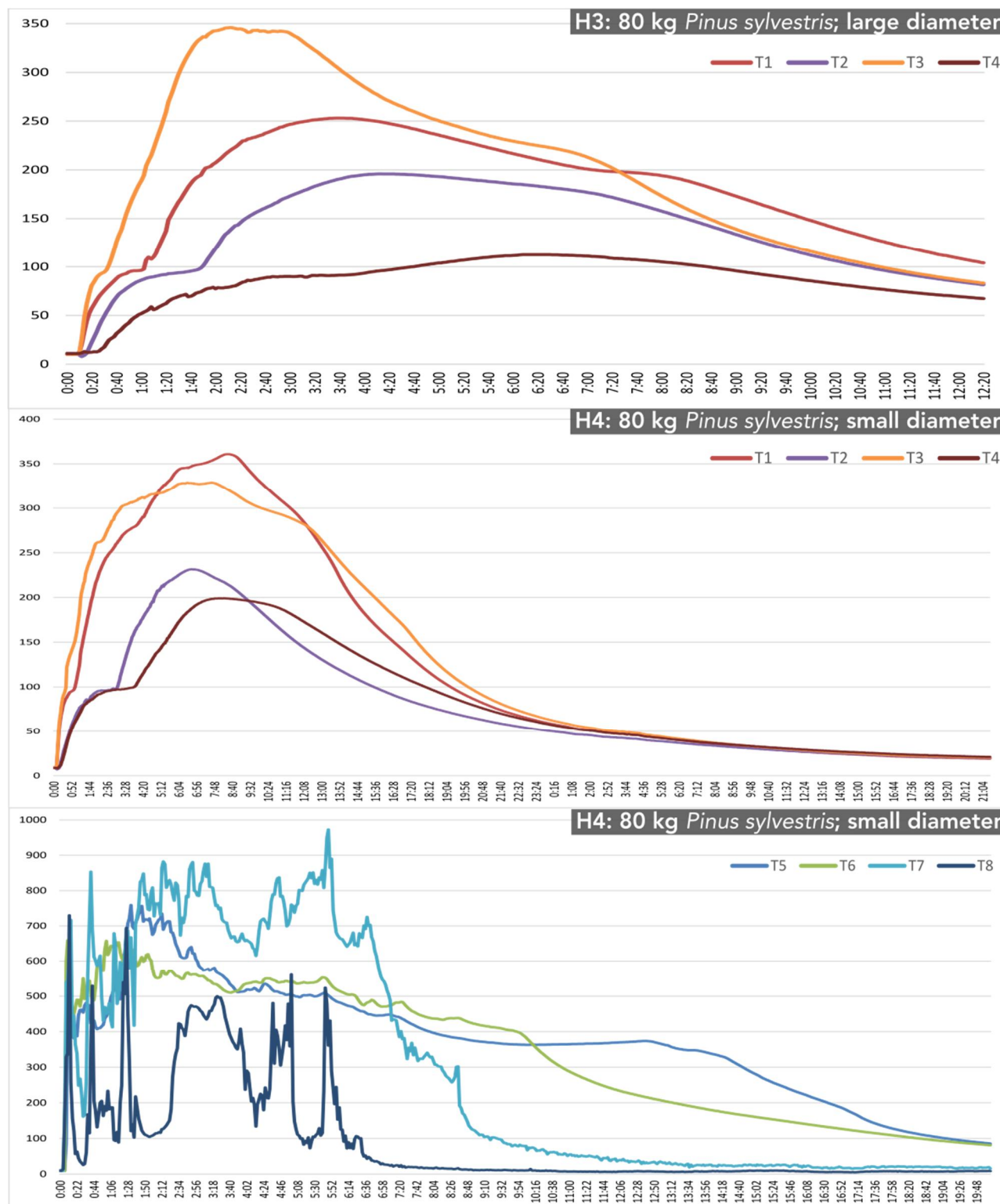


Figura 5.24. Gráfico de las temperaturas registradas por las ocho sondas (T1-T8) colocadas en profundidad (T1-T4) y en superficie (T5-T8) en los hogares experimentales (H3-H4). Los registros de las temperaturas en superficie (T5-T8) para el hogar H3 no se pudieron recoger por un fallo en las sondas superficiales.

### 5.5.3.3. Hogar H3

Del hogar H3 sólo disponemos de los registros de temperaturas del subsuelo, puesto que un error durante la experimentación no nos permitió obtener los registros de las sondas T5, T6, T7 y T8 (Fig. 5.24). Los registros de las sondas T1, T2, T3 y T4, instaladas a diferentes profundidades y en diferentes partes del hogar, presentan una dinámica general parecida. El aumento es progresivo y formando un sólo pico máximo de temperatura para cada sonda. La sonda T3 es la que aumenta con mayor rapidez y después de 1 h 40 min registra su máxima temperatura cercana a los 350 °C, manteniéndola unos minutos para luego empezar a descender. La sonda T1 alcanza los 250 °C después de 3h 20 min de combustión y la T2 alcanza cerca de los 200 °C después 4 horas. La T4 tarda algo más de 4 h en superar los 100 °C, temperatura que supera por poco durante unas 4 h, cuando vuelve a caer por debajo de los 100 °C.

### 5.5.3.4. Hogar H4

La combustión del hogar experimental H4 es la más larga de todas, ya que algunas sondas tardan más de 19 horas en volver a registrar temperaturas por debajo de los 100 °C (Fig. 5.24). Las sondas colocadas en el subsuelo alcanzan una temperatura máxima ligeramente por encima de 350 °C (sonda T1) y las sondas superficiales, de más de 950 °C (sonda T7).

Las temperaturas registradas en el subsuelo no muestran grandes fluctuaciones, presentando una tendencia progresiva y parecida en todas las sondas. La temperatura aumenta lentamente, registrando los picos máximos de todas las sondas entre las 6 h 30 min y las 9h posteriores al encendido. La sonda T1 alcanza los 360 °C y la T2 los 330 °C, para posteriormente disminuir paulatinamente. El máximo de temperatura registrado para las sondas T2 y T4, emplazadas a -6 cm de profundidad, es de 230 y 200 °C respectivamente.

Las sondas superficiales T7 y T8 muestran una dinámica que fluctúa bastante desde el inicio de la combustión, registrando la sonda T7 las temperaturas más altas (varios picos superan los 800 °C) y la sonda T8, las más bajas (buena parte del tiempo con temperaturas por debajo de los 500 °C). Las otras dos sondas, la T5 y T6, muestran una dinámica más progresiva y constante y unas temperaturas intermedias entre las registradas en la T7 y T8. La sonda T5 alcanza casi los 800 °C durante unos 30 min, para posteriormente ir disminuyendo de forma paulatina. La T6 aumenta al principio de la combustión hasta los 650 °C, y disminuye muy lentamente manteniendo hasta 9 horas la temperatura por encima de los 400 °C y, junto la sonda T5, es la que más tarda en bajar de los 100 °C.

## 5.5.4. Resultados macroscópicos de la combustión

En todas las estructuras experimentales realizadas se ha podido observar el impacto térmico en el substrato después de la combustión. En los cuatro hogares el impacto térmico presentaba coloraciones rojizas y negruzcas. Todos ellos comparten una dinámica común, la mayor potencia del impacto térmico en la parte central, coincidiendo con el foco de la combustión, y una menor potencia en la periferia del hogar (Fig 5.25).

#### **5.5.4.1. Hogar H1**

El hogar experimental H1, con 40kg de combustible y un diámetro grande (<1m), presenta un impacto térmico de 3-4 centímetros en la parte más potente. En la parte central domina la formación de una capa negra y en la periferia del hogar las coloraciones más importantes son anaranjadas. A pesar de que esta es la tendencia general, se identifican superposiciones en la formación de los dos impactos térmicos. En la parte central, los primeros milímetros presentan una coloración anaranjada, y es por debajo cuando se desarrolla la capa negruzca de varios centímetros. Por el contrario, en la periferia del hogar, por debajo de la capa anaranjada, aparece una capa negra degradada, que se puede observar especialmente en sección.

El residuo de la combustión del hogar H1 consiste en tres troncos de diferentes tamaño y calibre, todos ellos a medio consumir, y una acumulación de cenizas de poco más de 2 cm de potencia.

#### **5.5.4.2. Hogar H2**

En el hogar experimental H2, con 40 kg de combustible y un diámetro pequeño (ca. 50 cm), la tendencia general es algo parecida. En la parte central del hogar, donde el impacto térmico adquiere su máxima potencia, se generó una capa negra de unos 4 cm. En la parte periférica, donde la potencia del impacto térmico disminuyó conforme en relación con la distancia al centro, la coloración de los sedimentos es mayoritariamente anaranjada. En la periferia del hogar, como ocurre con el hogar 1, aparece una pequeña capa negruzca por debajo de la rubefacción, que se va degradando a mayor profundidad.

El residuo de la combustión alcanza una potencia de unos 2-3 cm, con presencia de carbones de tamaños centimétricos mezclados con las cenizas. En este hogar experimental no quedaron troncos por consumirse, pero si una concentración importante de carbones en la parte central, algunos de tamaño centimétrico.

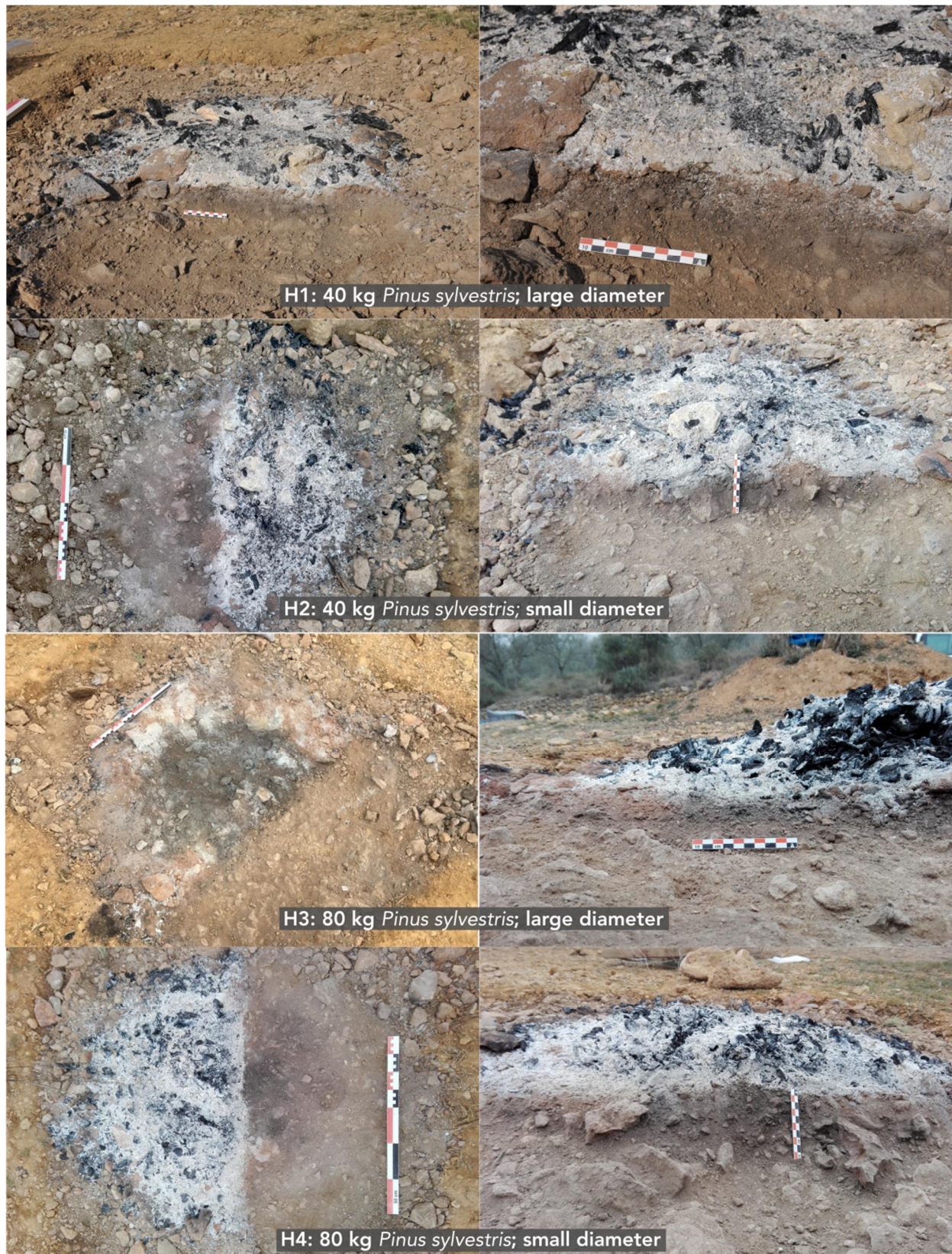
#### **5.5.4.3. Hogar H3**

El hogar experimental H3, con 80 kg de combustible y un diámetro de aproximadamente 130 cm, presenta de forma clara un impacto térmico de color negruzco en la parte central, que en la periferia del hogar se transforma en un impacto de color anaranjado. Por debajo de este impacto anaranjado, de manera degradada aparece una fina capa de color negruzco. Del diámetro total del hogar, la capa negruzca representaba aproximadamente 80 cm, el resto correspondía al impacto térmico de color anaranjado. La potencia del impacto identificado alcanzaba hasta 5-6 cm, disminuyendo ligeramente en la periferia en forma de cuña.

El residuo acumulado, formado principalmente por carbones de tamaño centimétrico, en la parte central llega a alcanzar una potencia de hasta 8 cm. También presenta una abundante presencia de cenizas distribuidas principalmente por la periferia del hogar.



CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO



**Figura 5.25.** Diferentes momentos de la excavación de los 4 hogares experimentales donde se puede observar las características descritas para el impacto térmico con la presencia de rubefacciones y capas negras, que se diferencian del sedimento sin alteración y del sedimento subyacente al impacto, muestreo con la categoría base. También se pueden observar el residuo de la combustión formado por varios centímetros de cenizas y carbones. para el residuo de la combustión.



#### 5.5.4.4. Hogar H4

El impacto térmico del hogar experimental H4, con 80 kg de combustible y un diámetro de aproximadamente 50 cm, presenta un color negruzco en la parte central y un color anaranjado en la periferia, como ocurre en el resto de los hogares. La potencia de este impacto en la parte central alcanza hasta 8 cm, adelgazándose en la periferia donde el color anaranjado presentaba una potencia de no más de 2-3 cm. En algún punto debajo de la rubefacción aparecía un color negruzco atenuado, menos intenso que en la parte central.

El residuo de la combustión para este hogar estaba formado por carbones centimétricos mezclados con abundante ceniza. La potencia del residuo era aproximadamente de unos 5-6 centímetros en la parte central.

#### 5.5.5. Resultados FTIR

Los resultados de FTIR muestran pocas diferencias entre hogares, sin embargo, existen diferencias entre las categorías analíticas descritas macroscópicas durante el muestreo. Las muestras de control, tomadas previamente a la combustión, presentan un predominio de la calcita sobre la arcilla en todas las muestras analizadas (Tabla 5.12). En menor medida, se documenta la presencia de cuarzo. La arcilla identificada en los espectros no presenta alteración térmica en ninguna de las muestras de control.

Sample	Hearth	Type of sample	FTIR	Burnt Clay?
6	H1	Control	Ca, Cl(nb), Qz	nb
7	H1	Control	Ca, Cl(nb), Qz	nb
8	H1	Control	Ca, Cl(nb), Qz	nb
6	H2	Control	Ca, Cl(nb), Qz	nb
10	H2	Control	Ca, Cl(nb), Qz	nb
12	H2	Control	Ca, Cl(nb), Qz	nb
14	H2	Control	Ca, Cl(nb), Qz	nb
6	H3	Control	Ca, Cl(nb), Qz	nb
8	H3	Control	Ca, Cl(nb), Qz	nb
10	H3	Control	Ca, Cl(nb), Qz	nb
12	H3	Control	Ca, Cl(nb), Qz	nb
14	H3	Control	Ca, Cl(nb), Qz	nb
8	H4	Control	Ca, Cl(nb), Qz	nb
10	H4	Control	Ca, Cl(nb), Qz	nb
12	H4	Control	Ca, Cl(nb), Qz	nb
14	H4	Control	Ca, Cl(nb), Qz	nb

**Tabla 5.12.** Resultados de FTIR de las muestras de control tomadas de la superficie de la experimentación antes de la combustión. Ca=Calcite; Cl=Clay; Qz=Quartz; b=thermally altered clay; nb= not thermally altered clay. Los Minerales se han ordenado según la altura relativa de los picos en los espectros de FTIR.

Las muestras de ceniza recogidas del residuo de la combustión se caracterizan en todos los hogares por estar compuestas casi exclusivamente por calcita (Tabla 5.13). Esta presenta un origen pirogénico en todos los casos y en 17 de las 22 muestras de cenizas se identifica una calcita muy desordenada en el análisis de los espectros. La presencia de calcita desordenada es común en todas las muestras de los hogares H2, H3 y H4, mientras que solamente 3 de las 8 muestras del hogar H1 presentan la calcita desordenada. En las muestras de cenizas se identifica de forma marginal la presencia de arcillas en los espectros, con una clara alteración térmica en todos los

CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

casos. Solamente en dos muestras se ha identificado la presencia de ópalo en los espectros, concretamente en la muestra 56 de H4 y 35 de H1.

Las muestras clasificadas como *black*, muestran todas ellas un predominio de la calcita, junto con la arcilla (Tabla 5.14). Ésta última presenta una alteración térmica en 20 de las 32 muestras analizadas de los cuatro hogares. Solamente en 12 muestras no se ha identificado una arcilla no alterada térmicamente. Por lo que respecta a las estructuras, la H3 es la que presenta un número de muestras alteradas más bajo, con solamente 1 muestra alterada de 7 analizadas. Los hogares H2 y H3 son los que presentan una mayor cantidad de muestras con arcilla alterada térmicamente, de hecho, solamente dos muestras carecen de alteración térmica. En general, las arcillas muestran una posición no muy alta del pico más diagnóstico de la arcilla, alrededor de 1029-1030 cm<sup>-1</sup>, que implica que en muchas ocasiones la interpretación de la alteración térmica de la arcilla sea dudosa.

Sample	Hearth	type sample	FTIR	Clay burnt?	calcite origin
34	H1	Ash	Ca, Cl*(b)	b	Ash (HDC)
35	H1	Ash	Ca, Cl*(b), Op?	b	Ash
36	H1	Ash	Ca, Cl*(b)	b	Ash (HDC)
54	H1	Ash	Ca, Cl*(b)	b	Ash (HDC)
56	H1	Ash	Ca, Cl*(b)	b	Ash
76	H1	Ash	Ca, Cl*(b)	b	Ash
78	H1	Ash	Ca, Cl*(b)	b	Ash
91	H1	Ash	Ca, Cl*(b)	b	Ash
38	H2	Ash	Ca, Cl*(b)	b	Ash (HDC)
39	H2	Ash	Ca, Cl*(b)	b	Ash (HDC)
40	H2	Ash	Ca, Cl*(b)	b	Ash (HDC)
41	H2	Ash	Ca, Cl*(b)	b	Ash (HDC)
60	H2	Ash	Ca, Cl*(b)	b	Ash (HDC)
42	H3	Ash	Ca, Cl*(b)	b	Ash (HDC)
44	H3	Ash	Ca, Cl*(b)	b	Ash (HDC)
46	H3	Ash	Ca, Cl*(b)	b	Ash (HDC)
70	H3	Ash	Ca, Cl*(b)	b	Ash (HDC)
72	H3	Ash	Ca, Cl*(b)	b	Ash (HDC)
52	H4	Ash	Ca, Cl*(b)	b	Ash (HDC)
54	H4	Ash	Ca, Cl*(b)	b	Ash (HDC)
56	H4	Ash	Ca, Cl*(b), Op	b	Ash (HDC)
57	H4	Ash	Ca, Cl*(b)	b	Ash (HDC)

**Tabla 5.13.** Resultados de FTIR de las muestras de cenizas recogidas de los diferentes hogares experimentales. Ca=Calcite; Cl=Clay; Qz=Quartz; Op=Opal; b=thermally altered clay; nb= not thermally altered clay. \*Presencia escasa; HDC=High Disorder calcite. Los Minerales se han ordenado según la altura relativa de los picos en los espectros de FTIR.

Las muestras recogidas de las rubefacciones (*reddish*) de los hogares experimentales señalan una composición formada por calcita, arcillas y pequeñas cantidades de cuarzo (Tabla 5.15). La arcilla presenta una alteración térmica en 15 de las 19 muestras. El pico más diagnóstico para la identificación de la arcilla alterada térmicamente presenta una posición en los espectros de entre 1030-1031 cm<sup>-1</sup>, parecida a la identificada en las muestras *black*. A diferencia de lo que pasaba con las muestras *black*, en el caso de las muestras procedentes de la rubefacción la mayoría de los hogares presentan una arcilla alterada térmicamente. Sin embargo, en algunas la alteración térmica es dudosa en la interpretación, indicando que la alteración no ha alcanzado una alta temperatura. Las muestras tomadas en la base del impacto térmico no presentan una arcilla alterada, a excepción de una muestra procedente del hogar H2 (Tabla 5.16). Las muestras están compuestas por calcita y arcilla, con la presencia también de cuarzo.

CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

Sample	Hearth	type sample	FTIR	Clay burnt?
86	H1	Black	Ca, Cl(b), Qz	b
100	H1	Black	Ca, Cl(b), Qz	b
103	H1	Black	Ca, Cl(nb), Qz	nb
105	H1	Black	Ca, Cl(nb), Qz	nb
46	H2	Black	Ca, Cl(b), Qz	b
50	H2	Black	Ca, Cl(b), Qz	b
51	H2	Black	Ca, Cl(b), Qz	b
52	H2	Black	Ca, Cl(nb), Qz	nb
66	H2	Black	Ca, Cl(b?), Qz	nb?
67	H2	Black	Ca, Cl(b?), Qz	nb?
68	H2	Black	Ca, Cl(b), Qz	b
70	H2	Black	Ca, Cl(nb), Qz	nb
71	H2	Black	Ca, Cl(b), Qz	b
72	H2	Black	Ca, Cl(b), Qz	b
52	H3	Black	Ca, Cl(b?), Qz	nb?
54	H3	Black	Ca, Cl(nb), Qz	nb
58	H3	Black	Ca, Cl(nb), Qz	nb
82	H3	Black	Ca, Cl(nb?), Qz	nb?
84	H3	Black	Ca, Cl(nb), Qz	nb
86	H3	Black	Ca, Cl(nb?), Qz	nb?
88	H3	Black	Ca, Cl(nb), Qz	nb
64	H4	Black	Ca, Cl(b), Qz	b
68	H4	Black	Ca, Cl(b), Qz	b
76	H4	Black	Ca, Cl(b), Qz	b
77	H4	Black	Ca, Cl(b), Qz	b
78	H4	Black	Ca, Cl(b?), Qz	nb?
80	H4	Black	Ca, Cl(nb), Qz	nb
82	H4	Black	Ca, Cl(b), Qz	b
84	H4	Black	Ca, Cl(b), Qz	b
85	H4	Black	Ca, Cl(b), Qz	b
86	H4	Black	Ca, Cl(b), Qz	b
88	H4	Black	Ca, Cl(nb), Qz	nb

**Tabla 5.14.** Resultados de FTIR de las muestras pertenecientes a la categoría de *black layer* de los hogares experimentales. Ca=Calcite; Cl=Clay; Qz=Quartz; b=thermally altered clay; nb= not thermally altered clay. Los Minerales se han ordenado según la altura relativa de los picos en los espectros de FTIR.

Sample	Hearth	type sample	FTIR	Clay burnt?
39	H1	Redish	Ca, Cl(b?), Qz	b?
40	H1	Redish	Ca, Cl(b), Qz	B
41	H1	Redish	Ca, Cl(b), Qz	b
81	H1	Redish	Ca, Cl(b), Qz	b
84	H1	Redish	Ca, Cl(b), Qz	b
95	H1	Redish	Ca, Cl(nb), Qz	Nb
97	H1	redish	Ca, Cl(b), Qz	b
44	H2	Redish	Ca, Cl(b), Qz	b
45	H2	Redish	Ca, Cl(b), Qz	b
54	H2	Redish	Ca, Cl(nb), Qz	Nb
64	H2	Redish	Ca, Cl(b), Qz	b
48	H3	Redish	Ca, Cl(b), Qz	b
50	H3	Redish	Ca, Cl(b?), Qz	b?
76	H3	Redish	Ca, Cl(b), Qz	b
78	H3	Redish	Ca, Cl(b?), Qz	b?
80	H3	Redish	Ca, Cl(b), Qz	b
61	H4	Redish	Ca, Cl(nb), Qz	Nb
62	H4	Redish	Ca, Cl(nb), Qz	Nb
74	H4	Redish	Ca, Cl(b), Qz	b

**Tabla 5.15.** Resultados de FTIR de las muestras pertenecientes a la categoría *redish* de los hogares experimentales. Ca=Calcite; Cl=Clay; Qz=Quartz; b=thermally altered clay; nb= not thermally altered clay. Los Minerales se han ordenado según la altura relativa de los picos en los espectros de FTIR.

CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

Sample	Hearth	type sample	FTIR	Clay burnt?
68	H1	Base	Ca, Cl(nb), Qz	nb
107	H1	Base	Ca, Cl(nb), Qz	nb
109	H1	Base	Ca, Cl(nb), Qz	nb
74	H2	Base	Ca, Cl(b), Qz	b
60	H3	Base	Ca, Cl(nb), Qz	nb
90	H3	Base	Ca, Cl(nb), Qz	nb
70	H4	Base	Ca, Cl(nb), Qz	nb
90	H4	Base	Ca, Cl(nb), Qz	nb

**Tabla 5.16.** Resultados de FTIR de las muestras pertenecientes a la categoría de base de los hogares experimentales, recogidas de la base de los hogares subyacentes al impacto térmico identificado. Ca=Calcite; Cl=Clay; Qz=Quartz; b=thermally altered clay; nb= not thermally altered clay. Los Minerales se han ordenado según la altura relativa de los picos en los espectros de FTIR

### 5.5.6. Interpretación y discusión de los resultados

En relación con las dos variables consideradas en esta experimentación (la dimensión del hogar y la cantidad de combustible), los resultados obtenidos son orientativos, ya que requieren realizar más repeticiones con estas variables para mejorar el grado de certeza de nuestras observaciones. Sin embargo, los resultados son significativos para entender la dinámica de la formación del impacto térmico a nivel general y mejorar la comprensión de la formación del registro piroarqueológico de Cova Gran.

En todos los hogares experimentales se ha observado la formación de un impacto térmico, compuesto por una capa rubefactada y una capa negra. Estos dos tipos de impacto térmico se han situado en diferentes posiciones dentro del hogar, con variaciones laterales e intercalaciones verticales.

El diámetro y la cantidad de combustible parecen ser dos variables con incidencia en la formación del impacto térmico. De las dos variables, la más explicativa parece ser la cantidad de combustible utilizada y, por lo tanto, de forma indirecta el tiempo de duración de la combustión. Los hogares H3 y H4, los dos con 80 kg de combustible, son los que han generado unos impactos térmicos más intensos y con una potencia vertical de más de 5 cm de profundidad en ambos casos. El desarrollo vertical del impacto térmico en el subsuelo es la diferencia más importante entre los hogares con 40 kg de combustible y los de 80 kg.

Asimismo, la variable dimensión del hogar parece influir también en el desarrollo vertical del impacto térmico, y cuánto más pequeño es el diámetro más profundidad presenta. Este fenómeno se observa especialmente al comparar los dos hogares con 80 kg de combustible, en que el hogar de diámetro grande tiene un impacto de 5-6 cm de potencia vertical y el de diámetro pequeño alcanza hasta los 8 cm. En los hogares en los que se ha utilizado 40 kg de combustible, esta diferencia no es tan marcada. Sin embargo, el hogar H2 con un diámetro pequeño presenta una potencia vertical del impacto térmico algo mayor que en el hogar H1, de mayor diámetro.

Requiere una explicación a parte la formación de dos tipos de impactos diferentes (rubefacción y capa negra) y su localización dentro de un mismo hogar (periferia y centro del hogar). Considerando los resultados, las variaciones en la formación de los dos tipos de impacto térmico dentro de un mismo hogar se explican posiblemente por factores diferentes a las variables seleccionadas para esta experimentación (cantidad de combustible y diámetro del hogar) y a la

CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

temperatura alcanzada durante la combustión. Sin embargo, como ya hemos comentado, las variables estudiadas en este proyecto experimental sí que son explicativas de la potencia o la intensidad en que se ha generado el impacto térmico. Es posible que las características oxidantes y reductoras de la combustión sean el factor explicativo de los resultados de los impactos térmicos en los hogares.

La colocación de las sondas nos permite obtener rangos de temperatura entre la superficie y las diferentes profundidades, con localizaciones dentro del hogar en que esta comparación es posible (Tabla 5.17). La sonda superficial T5 está estrechamente relacionada con las sondas T3 y T4 localizadas a -3 y -6 cm de profundidad respectivamente y todas ellas localizadas en el perímetro del hogar. Por tanto, estas nos hablan de la formación del impacto térmico del perímetro, que como hemos comentado está formado por una capa de rubefacción. En cambio, la sonda T7 registra la temperatura superficial en el centro del hogar y es fácilmente correlacionable con las sondas T1 y T2 localizadas también en la parte central a -3 y -6 cm. Por lo tanto, las diferencias en las temperaturas entre estas sondas son las que nos indicarán los parámetros de temperatura en que se forma la capa negra en el centro.

Las temperaturas máximas obtenidas en el subsuelo, tanto en el centro como en la periferia, no presentan una dinámica homogénea entre los diferentes hogares que explique la generación de los mismos impactos térmicos en todos los hogares. Por ejemplo, en el hogar H4 en la periferia se registran temperaturas máximas de 200-300 °C y en el centro de 200-350 °C. En la superficie de este mismo hogar la temperatura máxima, obtenida de la T5 y la T7, es de aproximadamente de 700 °C. Un ejemplo opuesto es el hogar H1 con temperaturas bastante diferentes entre las dos zonas analizadas. En el centro la temperatura superficial es de 900 °C y llega a alcanzar los 350 °C a -3 cm; en cambio, en la periferia la temperatura superficial es de 400 °C y la temperatura en el suelo alcanza solamente los 100 °C. Hay otros ejemplos que evidencian que la temperatura no es una variable constante que se pueda vincular con la formación de la rubefacción o la capa negra. El hogar H4 en la parte central a -3 cm alcanza temperaturas de 350 °C, lo mismo ocurre en el hogar H3 con la sonda periférica colocada a -3 cm. A pesar de que la profundidad y la temperatura sea la misma, el impacto que se genera es diferente, en el centro del H4 se genera la coloración negruzca y en la periferia del H3 la coloración rojiza.

H1 (40kg, large diameter)				H2 (40 kg, small diameter)			
Center	T (°C)	Perimeter	T (°C)	Center	T (°C)	Perimeter	T (°C)
T5 (sup.)	400	T7 (sup.)	900	T5 (sup.)	300	T7 (sup.)	600
T3 (-3)	100	T1 (-3)	350	T3 (-3)	250	T1 (-3)	250
T4 (-3)	100	T2 (-6)	150	T4 (-3)	100	T2 (-6)	200
H3 (80 kg, large diameter)				H4 (80 kg, small diameter)			
Center	T (°C)	Perimeter	T (°C)	Center	T (°C)	Perimeter	T (°C)
T5 (sup.)	-	T7 (sup.)	-	T5 (sup.)	700	T7 (sup.)	700
T3 (-3)	350	T1 (-3)	250	T3 (-3)	300	T1 (-3)	350
T4 (-3)	100	T2 (-6)	200	T4 (-3)	200	T2 (-6)	200

Tabla 5.17. Tabla resumen de los resultados presentados en el apartado 5.5.3

## CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

Las mencionadas variables tampoco son las variables explicativas de la formación de la rubefacción ni de la capa negra de los hogares. Estas variables indican, cómo hemos explicado previamente, la formación y la potencia vertical del impacto térmico a nivel genérico, pero no el tipo de impacto ni la ubicación dentro de un mismo hogar. Las variables en los cuatro hogares han sido diferentes, pero en todas ellas se ha identificado una dinámica parecida, con una rubefacción periférica y una coloración negruzca en la parte central. Por todo ello, consideramos que ni la temperatura de la combustión, ni la cantidad de combustible (duración de la combustión), ni el diámetro del hogar (concentración del calor en una superficie concreta) son variables explicativas de la formación de dos tipos de impacto térmico en un mismo hogar.

En la formación de las capas negras como impacto térmico, el factor principal que explicaría su formación es la menor presencia de oxígeno. La capa negra se identifica principalmente en el centro de los hogares y, por debajo de la rubefacción, en la periferia (ver figura 5.25). Este tipo de impacto térmico se formaría en condiciones reductoras, con una baja entrada de oxígeno que favorecería la carbonización de las partículas orgánicas del suelo experimental. En la parte central del hogar, el combustible, la misma combustión y las cenizas acumuladas generarían una capa impermeable y un ambiente reductor. Algo similar sucedería con la capa negra identificada en la periferia de los hogares, por debajo de la rubefacción y a varios centímetros de la superficie. Se generarían por debajo de la rubefacción unas condiciones reductoras que favorecería la carbonización de las partículas orgánicas y el ennegrecimiento general del sedimento.

Por el contrario, la presencia de la rubefacción se generaría en contextos oxidantes, donde la entrada de oxígenos es mayor. Esta mayor oxidación generaría la pirólisis de las partículas orgánicas del sedimento y, en función de las características sedimentológicas del suelo, la coloración rojiza identificada como rubefacción. Esta combustión con un ambiente oxidante sólo se produciría en la periferia de los hogares, espacio donde la combustión presenta una mayor oxidación al corresponder con la parte exterior del hogar y solo se formaría en los primeros centímetros del sustrato.

El otro aspecto interesante de esta experimentación es la señal mineralógica estudiada mediante FTIR. En el caso de las muestras de cenizas que forman el impacto de la combustión, su composición es de calcita casi pura, y la presencia de arcilla es muy residual. Ésta podría haber llegado adherida con la madera. Respecto a la calcita, resulta interesante observar cómo en muchos casos se trata de calcita muy desordenada (*high disorder calcite*, HDC) y que se formaría al alcanzar la combustión a altas temperaturas (Regev et al. 2010). Es destacable que el hogar que presenta menos muestras de calcita altamente desordenada es el H1, donde el tiempo en que la combustión superó los 700 °C fue muy breve en comparación al resto de hogares, aunque presentó picos de temperaturas muy altas. Además, este es el hogar que implica menos tiempo de combustión y un diámetro más grande, lo cual puede tener implicaciones en la formación y las características del residuo, especialmente de las cenizas.

Otro elemento interesante en comprender, es la identificación del residuo de la combustión. Los fitolitos, que junto con las cenizas y los carbones forman el residuo de la combustión, no han podido ser identificados en la mayoría de las muestras mediante FTIR. Solamente en dos espectros

## CAPÍTULO 5. EL FUEGO EN EL PALEOLÍTICO

se ha podido identificar la presencia de ópalo, tratándose además de cenizas actuales. La causa de ello es la baja producción de fitolitos por parte de la madera utilizada, que aun tratándose de cenizas puras no es identificable en la mayoría de los casos (Albert and Weiner 2001; Tsartsidou et al. 2007).

El otro elemento que nos proponíamos identificar mediante FTIR era el impacto térmico de la combustión, así como identificar sus posibles variaciones en relación con las variables estudiadas en este proyecto experimental. La identificación del impacto en el caso experimental sólo es posible a partir de la arcilla quemada. La mayor parte de muestras del impacto térmico se identifican por la alteración térmica de la arcilla. Con los registros obtenidos mediante las sondas, sabemos que en las superficies de la zona central de los diferentes hogares se alcanzaron temperaturas altas, de entre 600 °C y 900 °C. La temperatura disminuye de forma importante a los -3 cm, hasta máximos de 350 °C aproximadamente en el hogar H3 y H4. Esto significa, en primer lugar, que estamos ante unos sedimentos poco conductores del calor y, en segundo lugar, que la variabilidad dentro del impacto térmico en relación con la alteración de las arcillas estará relacionada con la profundidad.

Así se refleja en las capas negras en las que hay muestras con una arcilla alterada térmicamente frente a otras muestras procedentes del mismo impacto térmico que no muestran esta alteración. Este hecho puede derivar de que a -3cm la temperatura es demasiado baja para producir un cambio en la estructura molecular de la arcilla que pueda ser inidentificable mediante FTIR. Esto implicaría que, aunque macroscópicamente identifiquemos un impacto térmico en forma de *black layer*, este no sería identificable mediante FTIR a partir de los -3 cm aproximadamente. Cabe la posibilidad que, en el techo del impacto, los primeros 3 cm, la temperatura sea suficientemente alta para transformar la arcilla. Esto lo vemos en los resultados de los hogares experimentales en que varias muestras presentan una arcilla no alterada o dudosa, ya que la posición de los picos no es clara al encontrarse en el rango de incertidumbre entre la arcilla quemada y la no quemada. Este rango de incertidumbre lo hemos caracterizado para la unidad S1D entre los 400 °C y 500 °C según la calibración que hemos hecho de las arcillas (ver apartado 5.4.3.1).

Considerando el otro impacto térmico generado en el subsuelo, la rubefacción, los espectros muestran un mayor número de muestras con la arcilla alterada térmicamente. Estos resultados son concluyentes teniendo en cuenta que solamente es posible identificar la alteración de la arcilla en los primeros centímetros de potencia del impacto térmico. La rubefacción, como hemos descrito anteriormente, la identificamos en la periferia del hogar y presenta una potencia vertical muy inferior al otro tipo de impacto térmico, la capa negra. Es esta menor potencia vertical de la rubefacción la que explica que los espectros presenten una arcilla alterada térmicamente, ya que esta se ha visto alterada por localizarse en los primeros centímetros del impacto térmico.

Finalmente, las muestras tomadas en la base ya no presentan la alteración térmica de la arcilla, siendo la composición y las características mineralógicas las mismas que las documentadas en las muestras de control. Como esperábamos viendo los resultados de la *black layer* y la rubefacción, la temperatura no llega a alterar la arcilla y en el caso de la base coincide la no identificación macroscópica del impacto térmico con los resultados de FTIR.



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI  
EL FUEGO EN LA PREHISTORIA. UNA APROXIMACIÓN ARQUEO-EXPERIMENTAL AL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO  
A TRAVÉS DE LA MICROARQUEOLOGÍA  
Aitor Burguet Coca

# **Capítulo 6**

## **Las secuencias de acumulación y quema de excrementos: el registro piroarqueológico vinculado a las prácticas ganaderas durante la Prehistoria reciente**

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI  
EL FUEGO EN LA PREHISTORIA. UNA APROXIMACIÓN ARQUEO-EXPERIMENTAL AL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO  
A TRAVÉS DE LA MICROARQUEOLOGÍA  
Aitor Burguet Coca

## Introducción

En este capítulo vamos a abordar varias secuencias de estabulación de animales y quema de excrementos, conocidas con el término francés de *fumiers*. Este tipo de secuencias se han localizado en cuevas y abrigos de la vertiente mediterránea desde el inicio del Neolítico hasta la Edad del Hierro. En este capítulo vamos a analizar dos de estas secuencias arqueológicas, así como un amplio proyecto experimental vinculado a este tipo de contexto arqueológico.

Los dos yacimientos incluidos son Cova Gran y El Mirador, el primero situado en la vertiente sur del Prepirineo y el segundo en el norte de la meseta, dentro del conjunto de yacimiento de la Sierra de Atapuerca. Los dos niveles estudiados de Cova Gran tienen una adscripción al Neolítico Final y al Bronce Antiguo respectivamente, mientras que la secuencia de El Mirador abarca desde el Neolítico final al Bronce Medio. El trabajo sobre las secuencias de Cova Gran ha sido recientemente publicado en la revista *Archaeological and Anthropological Science* (Burguet-Coca et al. 2020) y en esta tesis incluimos el mismo texto publicado en la revista.

Finalmente, también vamos a presentar y discutir parte de los resultados obtenidos en el programa arqueo-experimental del corral del Mas del Pepet. Este proyecto pretende abordar de forma global la formación de un *fumier* mediante una experimentación realista. Para ello hemos monitorizado un rebaño actual y su espacio de estabulación para realizar de forma periódica la quema de los excrementos allí depositados. Este trabajo está preparado para ser enviado a una revista *Open Access* para favorecer que sea un referente arqueo-experimental publicado en abierto.

## 6.1 PEN MANAGEMENT AND LIVESTOCK ACTIVITIES BASED ON PHYTOLITHS, DUNG SPHERULITES AND MINERALS FROM COVA GRAN DE SANTA LINYA (SOUTHEASTERN PRE-PYRENEES)

The archaeological evidence from Cova Gran de Santa Linya suggests that during the Late Neolithic and Early Bronze Age the site was used as a livestock enclosure where the accumulated excrements were burned, generating a sequence known by the term *fumier*. Here we present the results of an integrated study of silica phytoliths, dung spherulites, and mineral composition of sedimentary matrix from the remaining Holocene sequence. The use of fire to sanitize the space had important consequences for the preservation of dung spherulites and the accumulation of phytoliths. Phytolith assemblages indicate that the animals enclosed in the cave were mostly sheep that exploited the pastures nearby the site during the year. In this sense, the results from our modern plant reference collection challenge the assumption that grass inflorescence phytolith can be used as a seasonality indicator.

### 6.1.1. Introduction

During the Neolithic and the Bronze age caves and rock-shelters in the Mediterranean basin were used as herd pens creating what is nowadays a complex stratigraphy of anthropogenic sediments (Brochier et al. 1992; Angelucci et al. 2009). These deposits are generally known by the French word "*fumier*" (Brochier 2002) and were formed by the accumulation and repeated burning of domestic herbivore dung (Polo-Díaz 2010). At the macroscopic scale, *fumier* sequences show a

## CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

succession of burnt and unburnt sediments organized in well-bedded, overlapping, and thin sub-horizontal layers (Friesem 2016). The sedimentation rate is high and the transition between facies can be either abrupt or gradual (Macphail et al. 1997). At a microscopic scale, they are characterized by high concentrations of phytoliths and dung spherulites, and the presence of authigenic minerals (Brochier et al. 1992; Canti 1999; Friesem 2016; Shahack-Gross 2011; Shahack-Gross et al. 2003). Other diagnostic elements for the identification *fumier*-type pen enclosure sequences include the presence of freshwater diatoms, shed milk teeth or polish on rock walls (Brochier et al. 1992; Vergès and Morales 2016). With a handful of exceptions, the concentration of archaeological remains in *fumiers* is low when compared to other types of deposits from the same periods (e.g. domestic or funerary sites). However, *fumier* layers often have an excellent preservation of botanical remains such as phytoliths (Alonso-Eguíluz 2012; Cabanes et al. 2009; Delhon et al. 2008; Lancelotti et al. 2014; Polo-Díaz et al. 2016a), pollen (Argant et al. 1991; Cabanes et al. 2009; Delhon et al. 2008; Expósito and Burjachs 2016), charcoal (Allué et al. 2009; Allué and Euba 2005; Badal 1999; Cabanes et al. 2009; Delhon et al. 2008; Euba et al. 2016), and seeds (Cabanes et al. 2009; Rodríguez et al. 2016). Thus, these sequences offer a unique opportunity to study early herding practices, seasonality, and waste management in prehistoric societies using the archaeobotanical record.

Over the past few years, a renewed interest in this type of deposit has spurred an increase of the scientific literature related to *fumier* records and, more importantly, these new studies have demonstrated that these practices were extended beyond the Mediterranean during Late Prehistory (Angelucci et al. 2009; Polo-Díaz et al. 2016a; Vergès et al. 2016a, 2016b). In addition, previous works have shown that combining the identification of phytoliths assemblages, dung spherulites, and minerals using Fourier Transformed Infrared Spectroscopy (FTIR) is a powerful approach to study site formation processes in *fumier* layers and animal dung in archaeological contexts (Albert et al. 2008; Alonso-Eguíluz 2012; Cabanes et al. 2009; Gur-Arieh et al. 2014; Shahack-Gross 2011; Shahack-Gross et al. 2003).

Here we present the results of the silica phytolith, dung spherulite, and FTIR analyses conducted on sediments from the Late Prehistory sequence of Cova Gran de Santa Linya. Phytoliths, spherulites, and FTIR analyses are the perfect triad to deal with sequences of dung accumulation and burning. Each technique identifies a structural element related to the formation of a *fumier* sequence. Spherulites and phytoliths studies are well suited to identify manure accumulation, the herd's diet and other aspects related to the herd's management, whereas FTIR analysis can recognize the activities related to burning practices, space management and the formation process of the *fumier* sequences. Previous micromorphological results have provided the general context on formation processes and microscopic characteristics of *fumier* sequences using qualitative data (Polo et al, 2014). In contrast, here we present quantitative data obtained from bulk sediment samples.

The aims of this paper are threefold: a) to understand the site formation processes and the preservation state of the micro-archaeological assemblage, b) to identify the activities involved in the herd-management, including diet and seasonality, and c) to comprehend the anthropic processes involved in the management of pen waste and its impact on the conservation of the assemblages.

### 6.1.2. Site description

Cova Gran de Santa Linya is a rockshelter located on the outer margins of the Eastern Pyrenees (318541, 4643877, UTM H31N ETRS89). The site is located at 385 meters a.s.l at the bottom of Sant Miquel ravine, in the transversal secondary valley connected to the main tributary Segre river, giving access to the Ebro Basin and the inner Pyrenean valley (Fig. 6.1 A&B).

The infilling of Cova Gran de Santa Linya records the cultural, biological, economic, and environmental changes of the last 50.000 years of human occupation at the site (Allué et al. 2012; Benito-Calvo et al 2011, 2009; Martínez-Moreno et al. 2012; Mora et al. 2018, 2014, 2011; Polo-Díaz et al. 2016b, 2014; Roy Sunyer et al. 2013). Since 2004, open area excavations and test pits have been dug in three different sectors: the ramp sector (R), the platform sector (P), and the transitional sector (T). Sector R is located on the western side, 9 m above the riverbed and it is mostly formed by gravitational deposits. Sector P is located on the eastern side 3m above the riverbed and is covered by recent sandy sediments (Benito-Calvo et al. 2009). Sector R and P are connected through transitional (T) sector in which a 4m<sup>2</sup> test-pit was dug. The extension of the excavations varies from ca. 60 m<sup>2</sup> in sector R to 32 m<sup>2</sup> in sector P (Figure 6.1 D)

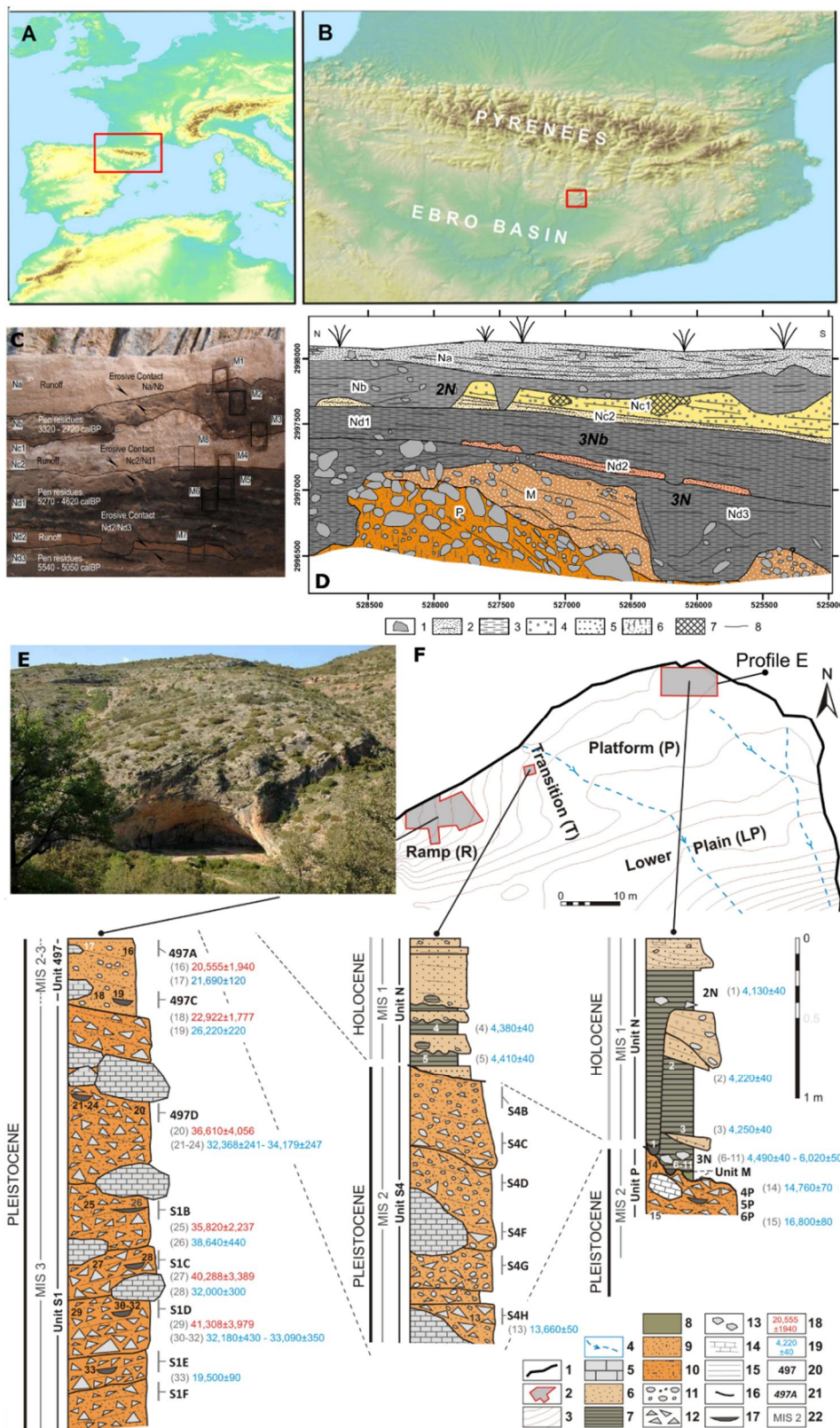
Holocene deposits were preserved in sector T and, especially, in sector P where they show their maximum thickness. Sector P comprises two different stratigraphic units: unit P to the base and unit N to the top. Unit P is the result of a rock fall process containing angular and very angular clasts and large blocks. Layers 4P, 5P, and 6P within unit P show occupations dating from the Magdalenian period (Mora et al. 2014) (Fig. 6.1 D).

Unit N shows a combination of archaeological layers (2N, 3Nb, and 3N) and runoff episodes (Na, Nc1, Nc2, Nd2, and Nd3) (Polo-Díaz et al. 2014) (Fig. 6.2). The eighteen <sup>14</sup>C dates and the archaeological record indicate a consistent chrono-cultural succession (Mora et al. 2011; Polo-Díaz et al. 2014). From the top to the bottom, layers 2N, 3Nb, and 3N correspond to Early Bronze Age, Bell Beaker culture, and Neolithic occupations (Mora et al. 2011). Layer 2N on top of the sequence represents a period of at least 400 calendar years (3320-2710 cal BP) with Bell Breaker and Early Bronze age material. Layer 2N and 3Nb are separated by two intense runoff episodes (Nc1 and Nc2) that lasted at least 700 years (4620-3960 cal BP) and eroded the uppermost part of layer 3Nb (Polo-Díaz et al. 2014). Layer 3Nb yielded few diagnostic pottery fragments attributed to the Late Neolithic and the dates obtained a range from 5050 to 4600 cal BP. Layers 2N and 3Nb consist of loamy sediments formed by calcite, quartz, and few phyllosilicates. The organic matter content is relatively low (2.5-6%) and there is an increase of detritic material in layer 2N (Polo-Díaz et al. 2014). Layer 3N, located at the base of Holocene sequence, is the richest so far. This layer produced 30 domestic structures, including hearths, post-holes and storage pits. These structures correspond to at least four distinct occupations of Late Neolithic period, between 7000 and 5050 cal BP. Polo-Díaz et al. (2014) described 36 individual microstratigraphic units using samples from the eastern profile, which we re-excavated and sampled for this work.

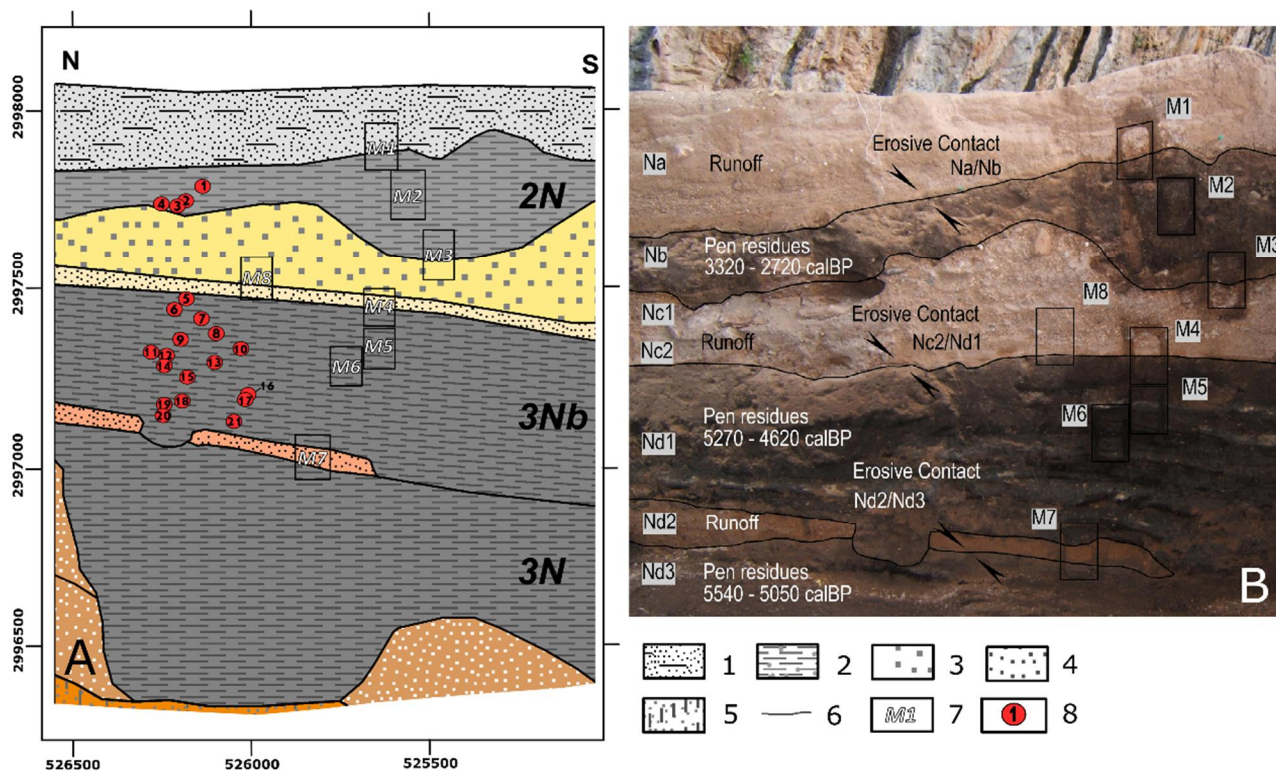
Cova Gran is located in the Meso-Mediterranean bioclimatic belt (Rivas-Martínez 1983). The current average annual pluviometry is ca. 850 mm, with an average annual temperature of 13.3 and an average annual humidity of 72% (Servei Meteorologic de Catalunya, 2018). Surrounding vegetation

CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

are configured for kermes oak (*Quercus coccifera*) with boxwood (*Buxus sp.*), shrubbery and dryland woody crops (especialy almond tree) (Conesa and Pedrol 2014).







**Figura. 6.2.** General view of profile E. A) Stratigraphic section of profile E (N-S). Legend: 1, fine and medium sands 2, pen residues with detritic sediments; 3, coarse sands and fine pebbles; 4, massive and medium bedded sands; 6, bedding; 7, micromorphological samples; 8, Phytoliths, Spherulite and FTIR samples. B) Detail of the area studied for this work in profile E

### 6.1.3. Materials

#### 6.1.3.1. Archaeological samples

We collected a total of 21 bulk sediment samples for phytolith, spherulite, and FTIR analyses from an area of 50x30 cm in the East profile of the sector P. Seventeen samples were retrieved from the layer 3Nb and four samples from the layer 2N (Table 6.1 and Fig 6.2). When possible, we obtained samples on the excavation surface following changes in sediment texture and coloration. Alternatively, we took samples every 2 cm within the same type of sediment. Although Polo et al. (2014) identified 32 microfacies within levels 2N and 3Nb, these microfacies are not visible at the naked eye and it was not possible to correlate them with the loose sediment samples collected for this study. However, the loose sediment samples used here were collected at the maximum resolution possible using a manual technique.

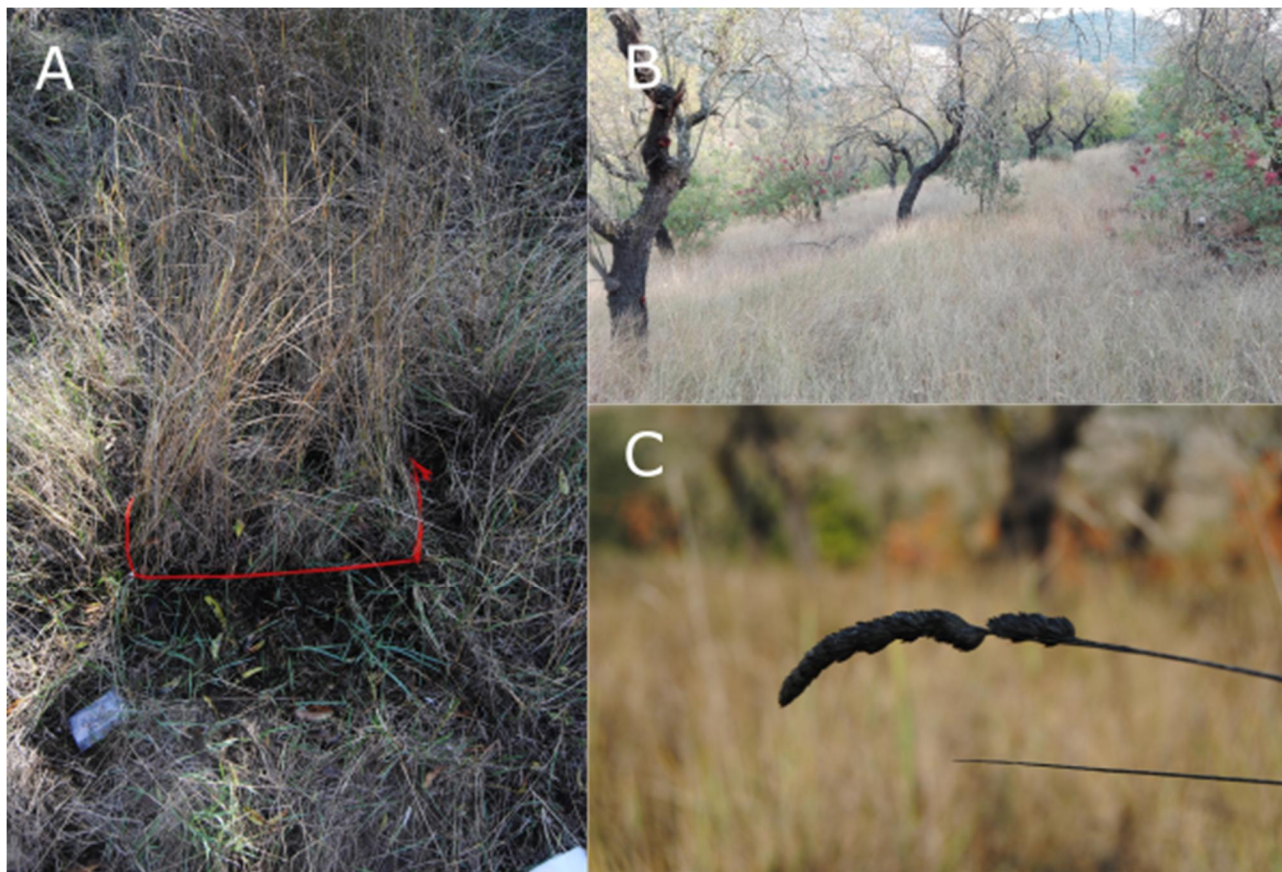
#### 6.1.3.2. Modern plant reference collection

We collected wild grasses growing in an abandoned almond tree crop field near the site to create a small reference collection (41°55'24.8"N 0°48'27.5"E) (Fig. 6.3). We repeated the sampling in October, November, December, and February of 2018. This reference collection aims to detect variations in the ratios of leaf/inflorescence during the autumn and winter season in wild plants potentially consumed by herds.



## CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

A random area was selected and divided into different sections (50x25 cm) before collecting the plants. Each section was assigned to a month and then sampled during the corresponding month. Sampling consisted of collecting all grasses in the selected area. Among these, the presence of *Dactylis glomerata* L. subsp. *Hispanica* stood out, but a taxonomic list could not be made due to the absence of characteristic morphological traits in most plants.



**Figura 6.3.** A) Selected area for the collection of control samples of modern plants (November) B) General view of the disused field where the grasses were collected (October) C) Detail of one of the identified grass inflorescences of the collection area (*Dactylis glomerata* L. subsp. *Hispanica*).

### 6.1.4. Methods

#### 6.1.4.1. FTIR (Fourier Transform Infrared spectroscopy)

The mineral composition of the samples was identified using a Fourier Jasco FT/IR-600 PLUS spectrometer. Infrared spectra were collected between 4000 to 400  $\text{cm}^{-1}$  wavelength range at 4  $\text{cm}^{-1}$  resolution using the conventional Kbr pellets method (Weiner et al. 1993). The spectra were interpreted using the position of the main peaks and the standards from the Kimmel Center of Archaeological Sciences (Weiner 2010). Thermally altered clay was identified on the basis of specific absorptions peaks in the clay spectrum (Berna et al. 2007), and the presence of anthropogenic or geogenic calcite was determined following Poduska et al. (2011) and Regev et al. (2010).

#### **6.1.4.2. Phytoliths extraction**

Phytoliths were extracted following the fast extraction method (Katz et al. 2010). Between 30 to 40 mg of dry sediment were weighed and transferred to 0.5 conical centrifuge tubes. Then, 50  $\mu$ l of 6N HCl were added in order to dissolve carbonate minerals. After the reaction ceased, 450  $\mu$ l of sodium polytungstate 2.4 g/ml density were added to the solution. The tubes were then sonicated ca.10 min and centrifuged 5 min at 5,000 r.p.m. The supernatant was transferred to a new 0.5 ml centrifuge tube and homogenized. An aliquot of 50  $\mu$ l was placed on a microscope slide and covered with a 24 x 24 coverslip. Phytolith quantification and identification was carried out using a petrographic microscope Olympus BX41. To reduce quantification and identification errors we counted the number of phytoliths present in a total of 20 fields at 200x (Katz et al. 2010) and we identified a minimum of 200 individual phytoliths at 400x (Albert and Weiner 2001). Phytolith concentrations are provided in grams of AIF to avoid the effects of sediment diagenesis (Schiegl et al. 1996).

Phytolith morphological identification followed the standard literature (Piperno 2006, 1988; Portillo et al. 2014; Rapp and Mulholland 1992; Twiss 1992; Twiss et al. 1969) and modern plant reference collections (Albert et al. 2000, 2016; Albert and Weiner 2001; Tsartsidou et al. 2007). We followed the terminology of the International Code for Phytolith Nomenclature (ICPN 2.0) (Neumann et al. 2019).

#### **6.1.4.3. Acid Insoluble Fraction (AIF)**

The percentages of carbonates, organic matter, and acid insoluble fraction (AIF) present in the sediments were calculated on the basis of weight loss using a modification of the existing protocols (Albert et al. 1999). Around 50 mg of dry sediment were placed in 1.5 ml Eppendorf tube and 1 ml of 1N HCl was added using a micropipette to dissolve carbonates and phosphate minerals. After the reaction ended, distilled water was added to the tubes and they were centrifuged at 5.000rpm for 5 minutes. The supernatant was discarded, and this operation was repeated three times. The remaining pellet was dried in a drying oven for 24h at 60 °C and weighed. Then the pellet was transferred to a crucible, burned during 5h at 550°C to eliminate the organic matter and weighted again at room temperature. The remaining material makes the AIF fraction, which is mostly composed of clay, quartz, and opal (phytoliths). Differences in these categories can be used as a rough indicator for the distribution of mineral components and local differences in site formation processes. In addition, using phytoliths concentrations by gram of AIF allows comparing layers and sites with different taphonomic processes (Albert et al. 2000; Albert 2003; Albert and Bamford 2012; Albert and Marean 2012; Cabanes et al. 2002; Lancelotti and Madella 2012).

#### **6.1.4.4. Dung spherulites extraction**

Dung spherulites extraction, identification, and quantification follow the method developed by Gur-Arieh et al. (2013). Between 30 to 40 mg of sediment were sieved through a 150  $\mu$ m sieve mesh and placed in a 0.5 ml conical centrifuge tube. Then 500  $\mu$ l of 2.4 g/ml sodium polytungstate were added and the sample was homogenized and sonicated for 10 minutes before placing an aliquot of 50  $\mu$ l on a microscope slide. The counting process was performed selecting 15 random

fields at 400x using crossed-polarized light (XPL) for a better identification of dung spherulites (Canti 1999).

#### **6.1.4.5. Modern plant reference collection**

Modern plant samples were divided into three subsamples. Each one comes from the total grasses collected in the selected area every month and divided randomly in three equal parts. The subsample includes the entire plants, not selected by anatomical part and without prior cleaning process.

The subsamples were dried at 60 °C during 48h, and then phytoliths were extracted following the dry ashing method (Jenkins 2009; Parr et al. 2001; Wang et al. 2014). The dry plant material was weighed and burned in a muffle furnace for 3h at 500 °C, then added 10ml of HCl 10%. After the HCl reaction ended, distilled water was added, the samples were centrifuged for 5 min at 3000 rpm, and the supernatant was discarded. This operation was repeated three times. The remaining pellet was dried in a drying oven overnight at 60 °C and then weighed again.

### **6.1.5. Results**

#### **6.1.5.1. FTIR and bulk mineral composition**

Calcite, clay, and quartz are the main mineral components in the samples analyzed (Table 1). In addition, dahllite (authigenic carbonated hydroxylapatite) appears in the form of weak absorption bands in some samples, especially in layer 3Nb. Pyrogenic calcite (ash) and thermally altered clay are present in all the samples. Calcite with an atomical order similar to wood ash is present in the layer 2N and the uppermost layer 3Nb, whereas high disordered calcite has been documented in 13 of the 17 samples at the base of layer 3Nb (Table 1) (Poduska et al. 2011; Regev et al. 2010). Dahllite is absent from level 2N, but it has been documented in 7 samples in the lowermost 3Nb layer. Dahllite shows an irregular distribution along the sequence but, in all cases associated with high-temperature calcite and thermally altered clay.

Figure 6.4 shows the presence of carbonates, organic matter, and acid insoluble fraction (AIF) in each sample calculated as a percentage of the total weight. Carbonates are the most abundant element and range from 44 to 62%, whereas the AIF percentage is around 40% in most of the samples without remarkable differences between layers. The organic matter at level 2N is on average at 2.6%, while level 3Nb shows an average of 7.8%. There is an apparent increase in organic matter content at the mid 3Nb layer with 4 samples with values higher than 10%, and a maximum value of 17.9%. Two samples in the lower portion of the layer 3Nb show similar percentages of carbonates and AIF, whereas one sample in the middle portion of the layer (3Nb-8790) shows a different composition with 60.8% AIF, 22.6% carbonates and 13.6% organic matter.

CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

Sample	Level	registry number	Z (cm)	Color	Description	FTIR	Calcite origin
1	2N	6410	106	10YR5/2; greyish yellow brown	Very fine; Loamy sediments (65% sands); pen residues with geogenic sediments	Ca, Cl(b), Qz	Anthro. (ash)
2	2N	6416	148	10YR5/2; greyish yellow brown		Ca, Cl(b), Qz	Anthro. (ash)
3	2N	6418	164	10YR5/2; greyish yellow brown		Ca, Cl(b), Qz	Anthro. (ash)
4	2N	6420	184	10YR5/2; greyish yellow brown		Ca, Cl(b), Qz	Anthro. (ash)
5	3Nb	8776	430	10YR5/2; greyish yellow brown	Very fine; Loamy sediments; Pen residues with geogenic sediments	Ca, Cl(b), Qz	Anthro. (Ash)
6	3Nb	8778	461	10YR5/2; greyish yellow brown		Ca, Cl(b), Qz	Anthro. (Ash)
7	3Nb	8779	487	10YR5/2; greyish yellow brown		Ca, Cl(b), Qz	Anthro. (Ash)
8	3Nb	8782	530	10YR5/2; greyish yellow brown		Ca, Cl(b), Qz	Anthro. (highly disordered calcite)
9	3Nb	8784	546	10YR5/2; greyish yellow brown		Ca, Cl(b), Qz	Anthro. (highly disordered calcite)
10	3Nb	8785	565	10YR3/2; greyish yellow brown		Ca, Cl(b), Qz	Anthro. (highly disordered calcite)
11	3Nb	8787	573	10YR5/2; greyish yellow brown		Ca, Cl(b), Qz	Anthro. (highly disordered calcite)
12	3Nb	8790	592	10YR4/2; greyish yellow brown		Ca, Cl(b), Qz	Anthro. (highly disordered calcite)
13	3Nb	8791	613	10YR5/2; greyish yellow brown		Ca, Cl(b), Qz, Dah	Anthro. (highly disordered calcite)
14	3Nb	8795	621	10YR3/2; brownish black		Ca, Cl(b), Qz	Anthro. (highly disordered calcite)
15	3Nb	8792	654	10YR5/2; greyish yellow brown		Ca, Cl(b), Qz, Dah	Anthro. (highly disordered calcite)
16	3Nb	8798	704	10YR4/1; browish grey		Ca, Cl(b), Qz, Dah	Anthro. (highly disordered calcite)
17	3Nb	8801	718	2.5Y6/1; reddish grey		Ca, Cl(b), Qz, Dah	Anthro. (highly disordered calcite)
18	3Nb	8802	721	2.5Y6/1; reddish grey		Ca, Cl(b), Qz, Dah	Anthro. (highly disordered calcite)
19	3Nb	8803	731	10YR6/2; greyish red		Ca, Cl(b), Qz	Anthro. (highly disordered calcite)
20	3Nb	8805	762	10YR6/2; greyish yellow brown		Ca, Cl(b), Qz, Dah	Anthro. (highly disordered calcite)
21	3Nb	8806	779	10YR5/3; dull yellowish brown		Ca, Cl(b), Qz, Dah	Anthro. (highly disordered calcite)

**Table 6.1.** Sedimentological description of the samples and mine results of FTIR analysis. Ca=Calcite; Cl=Clay; Qz=Quartz; Dah=Dahlite (carbonated hydroxylapatite); b=thermally altered clay; nb= not thermally altered clay. Minerals are arranged according to their relative peak heights in the FTIR spectra.

CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

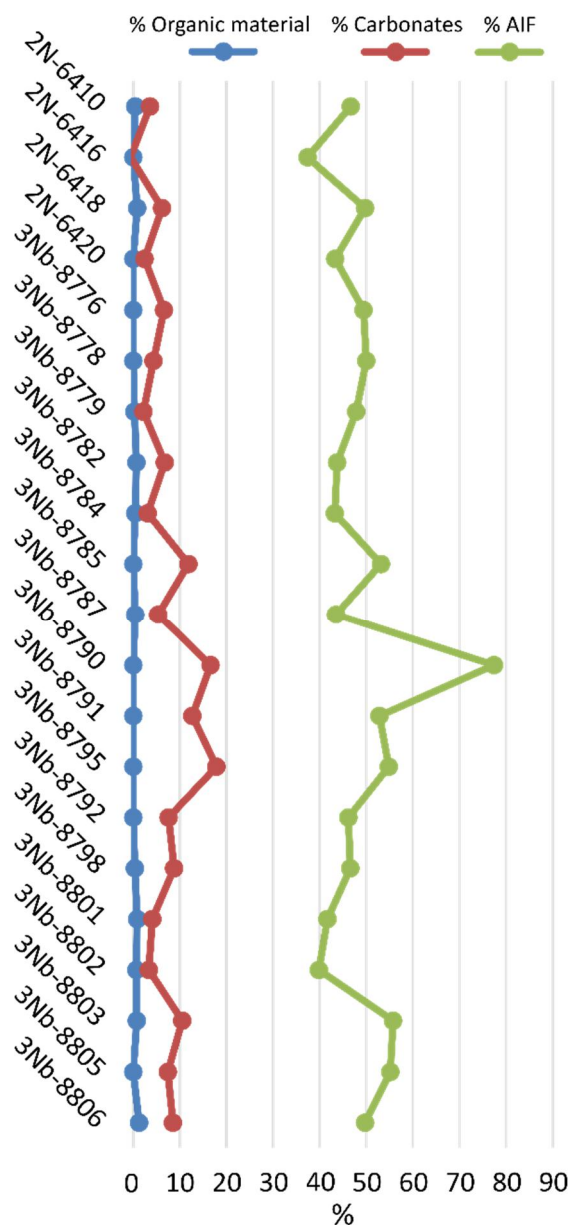


Figure 6.4. Principal composition with percentages of carbonates, organic matter and AIF.

**6.1.5.2. Phytolith assemblage integrity**

The percentage of phytolith weathered morphotypes is relatively low (<10%). Only one sample, 3Nb-8802, showed a higher value (13.8%), which is consistent with being the sample with the lower phytolith concentration per gram of sediment (Table 6.2 and Fig. 6.5).

Phytoliths concentrations and the percentage of phytoliths in anatomical connection are lower in Level 2N than in Level 3Nb. Phytoliths concentrations in level 2N range from 35 to 67 million of phytoliths per gram of AIF, whereas in Level 3Nb the variation in the phytolith concentration is higher and the values obtained range from 24 to 109 million, although most samples present in level 3Nb values between 60 to 70 million of phytoliths per gram of sediment. In the layer 2N, the percentage of phytolith in anatomical connection decreases steadily from 6% in the lowermost sample, to 1% in the uppermost sample. Layer 3Nb does not show a clear pattern but in general, the presence of phytoliths in anatomical connection is higher than in layer 2N. The average number



CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

of phytoliths forming multicellular structures (MC) is similar in all the sequence, not higher than 4 individual phytoliths per multicellular structures.

1	2	3	4	% Weathered	% Phyt. in anatom. conn.	Average size phyt. anatom. conn.	Ratio Grasses inflor /leaves	% Long cell dendritic	% Festucoid C3	% Panicoid C4
1	2N	6410	106	2.7	1.1	2.5	0.64	0.9	36.5	3.2
2	2N	6416	148	2	3.1	2.7	0.7	0	37.3	1.2
3	2N	6418	164	2.6	4.8	2.2	0.49	0.92	33.3	2.2
4	2N	6420	184	4	5.7	2.6	0.67	0	40.5	3.1
5	3Nb	8776	430	5	3.1	2	0.82	0	41.5	1.9
6	3Nb	8778	461	3	3.4	4	1.1	0	24.1	1.3
7	3Nb	8779	487	5.4	16.7	0	0.77	0.28	25.5	1.7
8	3Nb	8782	530	3.9	14.2	3.1	0.8	0.77	29.9	1.8
9	3Nb	8784	546	5.7	4.8	0	1.08	0.47	26.4	0.9
10	3Nb	8785	565	2.1	8.6	2.3	1.11	0	27.2	1.6
11	3Nb	8787	573	6.9	1.7	0	1.11	0.46	30.7	3.5
12	3Nb	8790	592	5.5	0	0	1.35	0	29.5	3
13	3Nb	8791	613	2.5	12.3	2.7	1.08	0	31.6	2.5
14	3Nb	8795	621	1.2	5.8	2.8	1.72	0	27.7	2.9
15	3Nb	8792	654	6.2	7.4	2.6	0.85	0	26.3	0.8
16	3Nb	8798	704	10	14	3.2	0.51	0.33	18.3	0
17	3Nb	8801	718	6.2	9.5	2.3	0.79	0.79	34	0.8
18	3Nb	8802	721	13.8	15.8	3	0.97	0.75	18.1	3
19	3Nb	8803	731	1.5	8.6	3.3	0.61	0.77	22	2.6
20	3Nb	8805	762	6.5	3.9	2.3	0.67	0	25.9	3.9
21	3Nb	8806	779	0.8	8.9	5.3	1.01	0.93	33.1	0.8

Table 6.2. Main results in phytoliths morphotypes identification regarding taphonomy criteria, ratio leaf/stem:inflorescence and C3/C4 grass adscription. 1. Sample; 2. Layer 3. Registry number 4. Depth

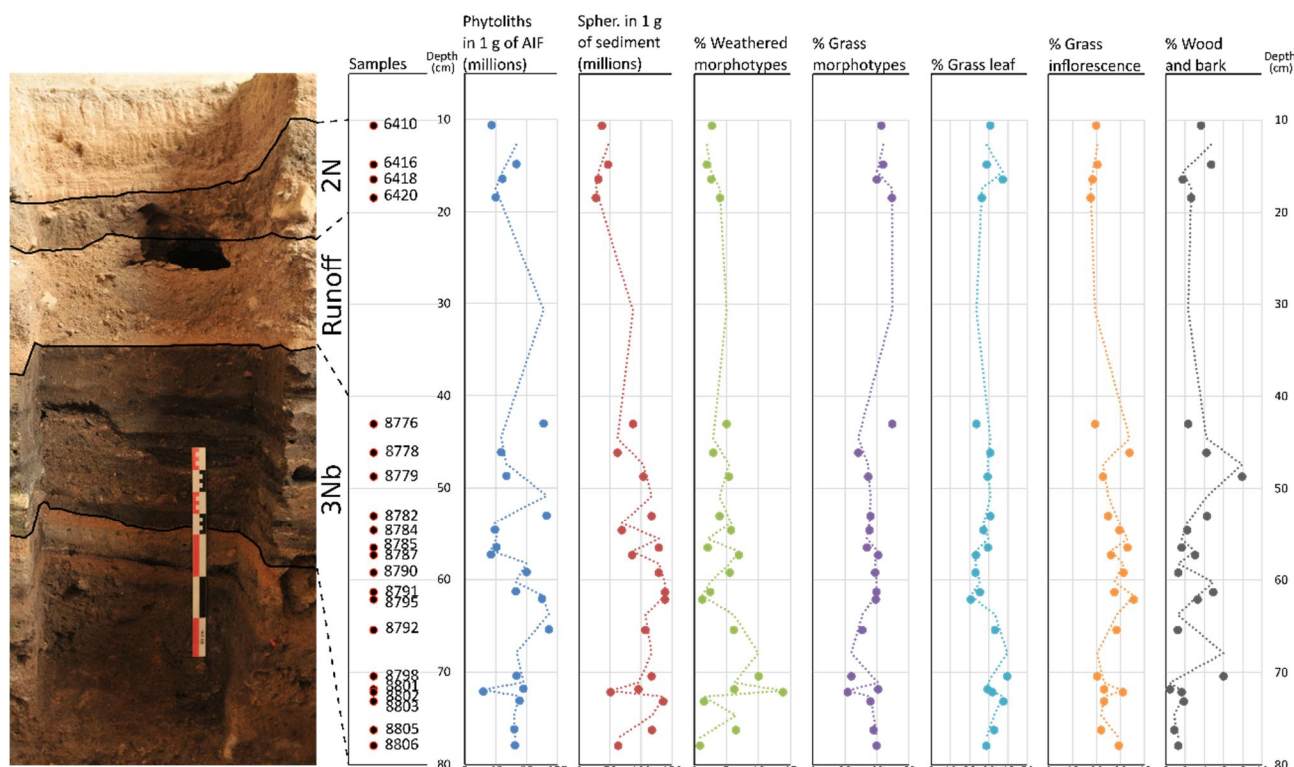
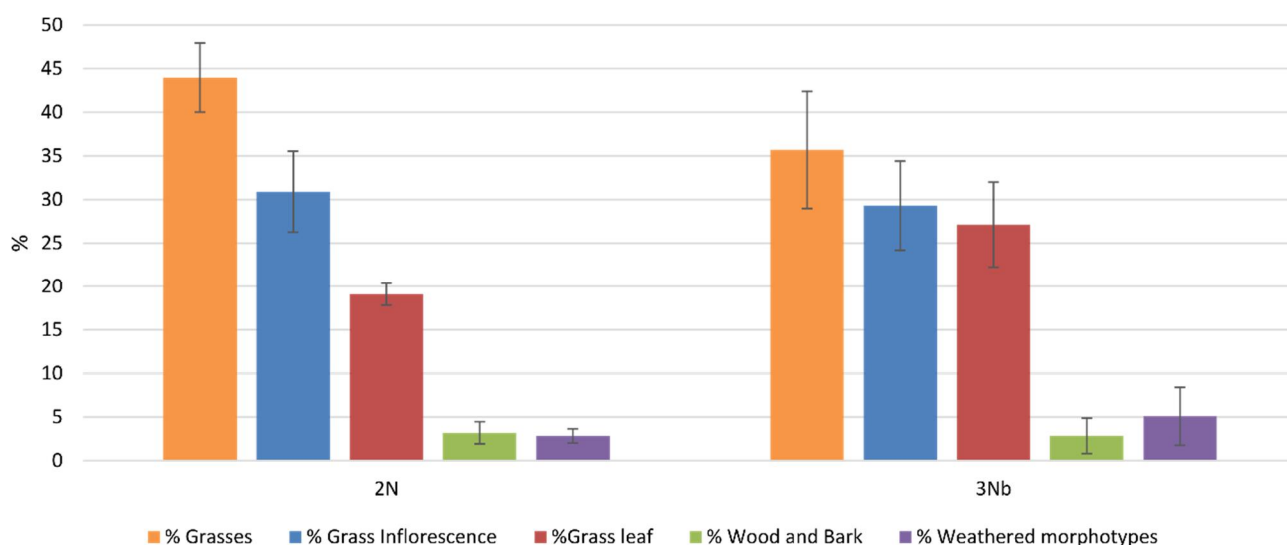


Figure 6.5. Phytoliths per gram of AIF, spherulites per gram of sediment, percentage of phytolith morphotype groups identified and weathered morphotype for each one of the analyzed samples in relation depth (in cm) sequence. Line of average mobile trend to two periods.

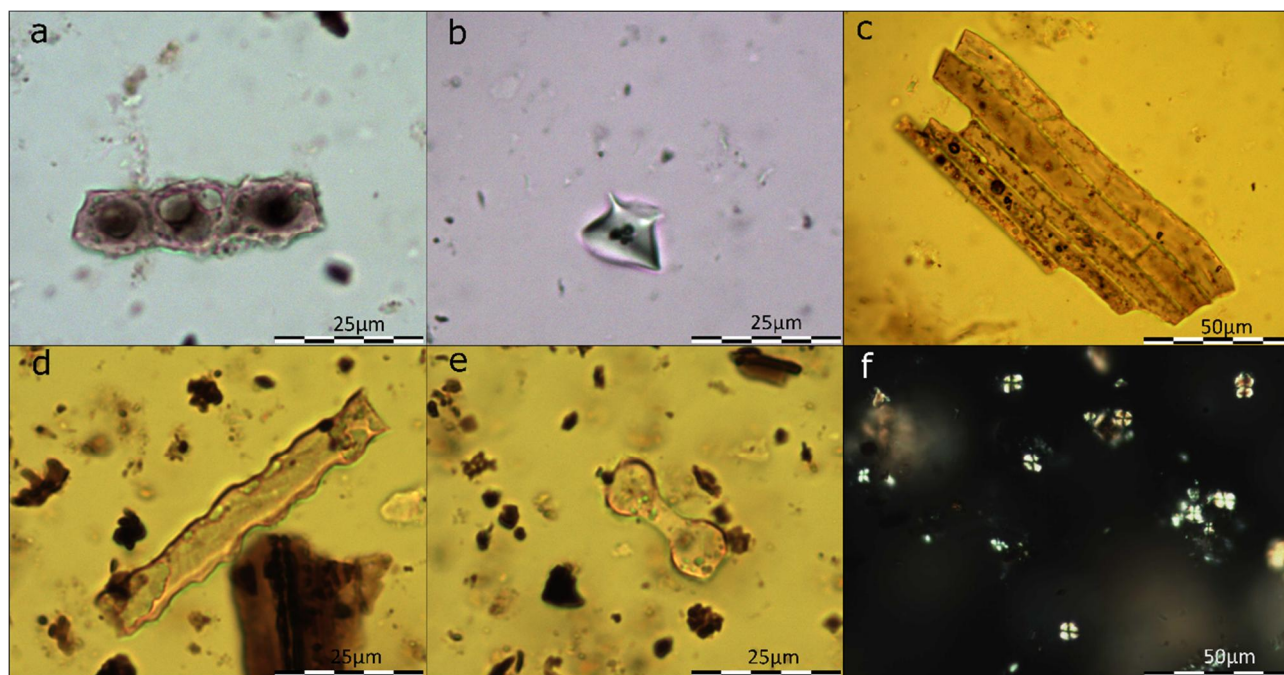
### 6.1.5.3. Phytolith morphotypes

Phytoliths produced by monocotyledonous plants dominate the archaeological assemblages (Fig. 6.5 and Fig. 6.6). No characteristic palm or sedge phytoliths were identified, therefore we assume here that most of the phytoliths identified as monocotyledonous phytoliths are derived from grasses (Fig. 6.6). Values for dicotyledonous morphotypes do not reach 5% on average in both archaeological levels and they are mostly related to wood/bark (Blocky, Ellipsoid Entire, Spheroid Psilate). Among the Grass Silica Shot Cell Phytoliths (GSSCP), Pooid grasses (C3) type (Rondel and Trapezoid) is the most abundant (between 18 to 41% of the total phytoliths identified) and Panicoid grasses (C4) (Polylobate, Bilobate and Cross) show only values below 4% (Table 6.2 and Fig. 6.7).



**Figure 6.6.** Phytoliths results in relation to Holocene stratigraphy. Percentages of phytolith morphotype groups identified, and weathered morphotypes in 2N and 3Nb archaeological level. Error bars indicate 1 $\sigma$  standard deviation.

Phytoliths assemblages from the layer 2N are relatively rich in grass inflorescence morphotypes (Elongate Clavate, Elongate Dentate and Papillate), between 29 to 37% of the total phytolith identified. Grasses leaf and stems morphotypes (Acute Bulbosus, Bulliform Flabellate, Elongate Entire and Elongate Sinuate) in unit 2N, are homogenous ca. 20%. In contrast, the assemblages recovered from layer 3Nb show larger variability in the anatomical origin of grass phytoliths: 8 samples yielded abundant grass inflorescence phytoliths (23-39%), 7 samples had higher presence of grass leaf/stem phytoliths (36-35%), and two samples have similar values for inflorescence and leaf/stem phytoliths (Fig. 6.5). These differences are reflected in the ratio of leaf/stem and inflorescence and indicates a larger for layer 2N, with values between 0.5 and 0.75, and layer 3Nb, with values between 0.50 and 1.75 with a median value close to 1 in level 3Nb (Table 2).



**Figure 6.7.** Microscope images of different examples of phytoliths identified in the archaeological samples. a) PAPILLATE in anatomical connection from grasses inflorescence b) Rondel (GSSCP) from Pooid grasses (C3) c) ELONGATE ENTIRE in anatomical connection from leaves/stem of grasses d) ELONGATE SINUATE from leaf/steam of grasses e) BILOBATE (GSSCP) from Panicoid grasses (C4) f) spherulites under cross-polarized light (XPL).

#### 6.1.5.4. Modern plant reference collection

Phytolith assemblages from the reference collection are formed almost exclusively by Pooid grasses (C3) morphotypes (Table 6.3). The amount of dicotyledonous morphotypes is low in all the samples (>1%), except in a subsample from November (Nov-2) where 15.6% of the total phytoliths were identified as dicotyledonous morphotypes. Grass inflorescence phytoliths show the highest values in October (between 64-56%), but they are still present in relatively high percentages in November (between 35-42%) and December (between 32-48%) (Fig. 6.8). The lowest presence of grass inflorescence phytoliths was registered in February (between 28-36%). The percentages of grasses leaf/steam increase slightly month by month, 10-16% in October 13-15% in November, and 12-19% in December, with a significant increase in February (22-28%). As it relates to modern plants, the assemblages present values between 70% and 40% of phytoliths in anatomical connection, with an average number of individual phytoliths between 14 and 4 phytoliths per multicellular structure (Table 6.3).

#### 6.1.5.5. Dung spherulite results

Dung spherulite concentrations are high in all the samples; however, samples of 2N present the lowest values of the sequence. In this level, the concentrations of dung spherulites per gram of sediment range from 47 to 27 million, with an average of 36 million of spherulites in one gram of sediment, whereas in the level 3Nb the average spherulite concentration is 103 million, with a minimum concentration of 51 million per gram of sediment. (Fig. 6.5 and Fig. 6.7).

The concentrations of phytoliths and dung spherulites per gram of sediment differ in the two layers studied. In the layer 2N, the values for the concentration of phytoliths and dung spherulites are



CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

similar, whereas in level 3Nb spherulites are almost three times more abundant than phytoliths. Only three samples from level 3Nb (3Nb-8776; 3Nb-8778 and 3Nb-8806) yielded similar values of spherulites and phytoliths (Fig. 6.5).

	October (n=3)		November (n=3)		December (n=3)		February (n=3)	
	Average	SD	Average	SD	Average	SD	Average	SD
% Grasses	25.65	7.44	39.38	10.73	39.42	9.71	38.27	3.81
% Grass Inflorescence	61.16	4.31	40.17	4.21	41.48	7.99	31.67	4.43
% Grass leaves	12.25	3.76	13.62	0.80	16.06	3.54	25.55	3.06
Ratio grass inflorescences/Leaves	0.16	0.05	0.23	0.03	0.28	0.05	0.50	0.08
% Generic Dicotyledonous	0.94	0.54	6.13	8.19	0.19	0.19	2.04	1.83
% Wood and Bark	0.94	0.54	6.13	8.19	0.19	0.19	2.04	1.83
% Festucoid C3	52.33	13.61	46.20	3.00	55.27	1.63	37.25	7.25
% Panicoid C4	0.05	0.08	0.18	0.30	0.00	0.00	0.07	0.12
% Weathered	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
% Phytoliths in anatomical connection	61.90	9.93	50.30	17.37	53.47	1.92	44.07	4.82
Average size phytolith in anatomical connection	11.27	3.09	6.74	2.78	8.43	1.59	5.23	1.18

Table 6.3. Average and Standard Deviation (SD) per month of phytoliths main results.

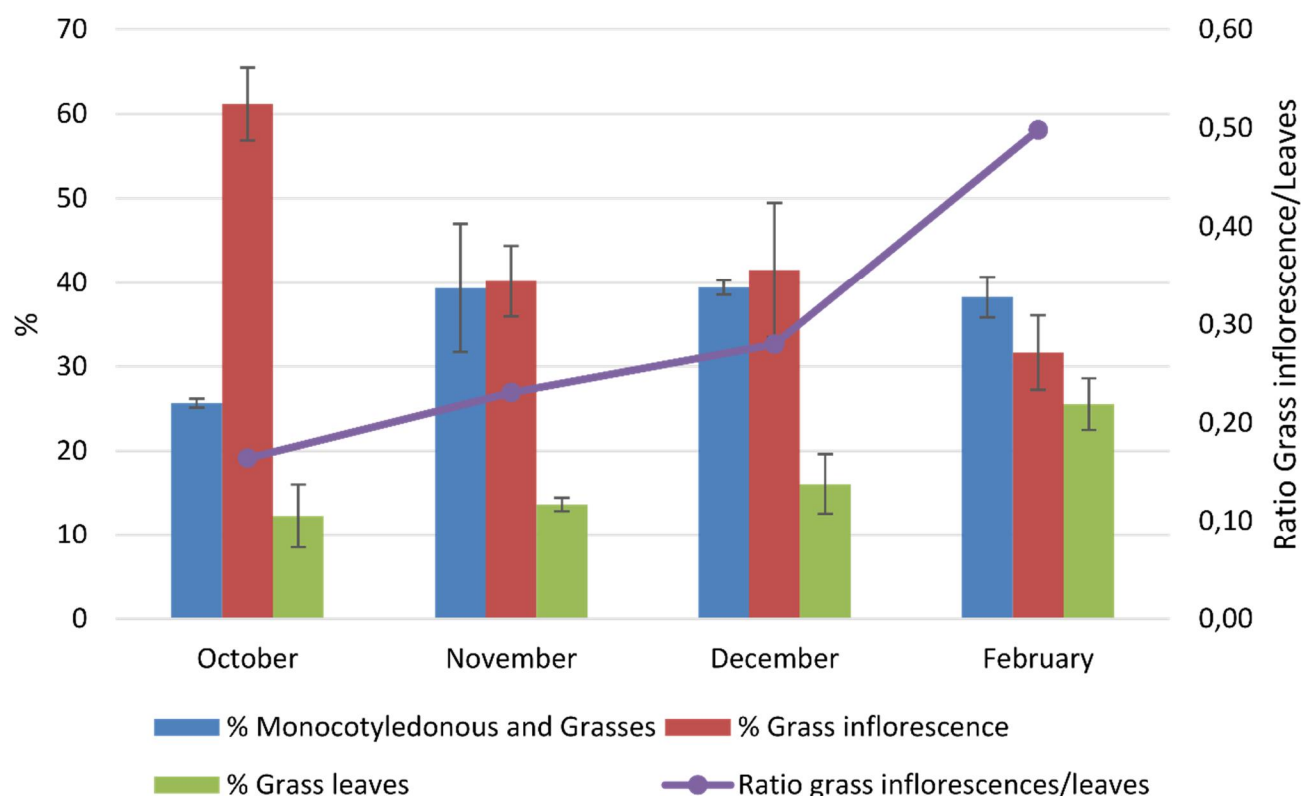
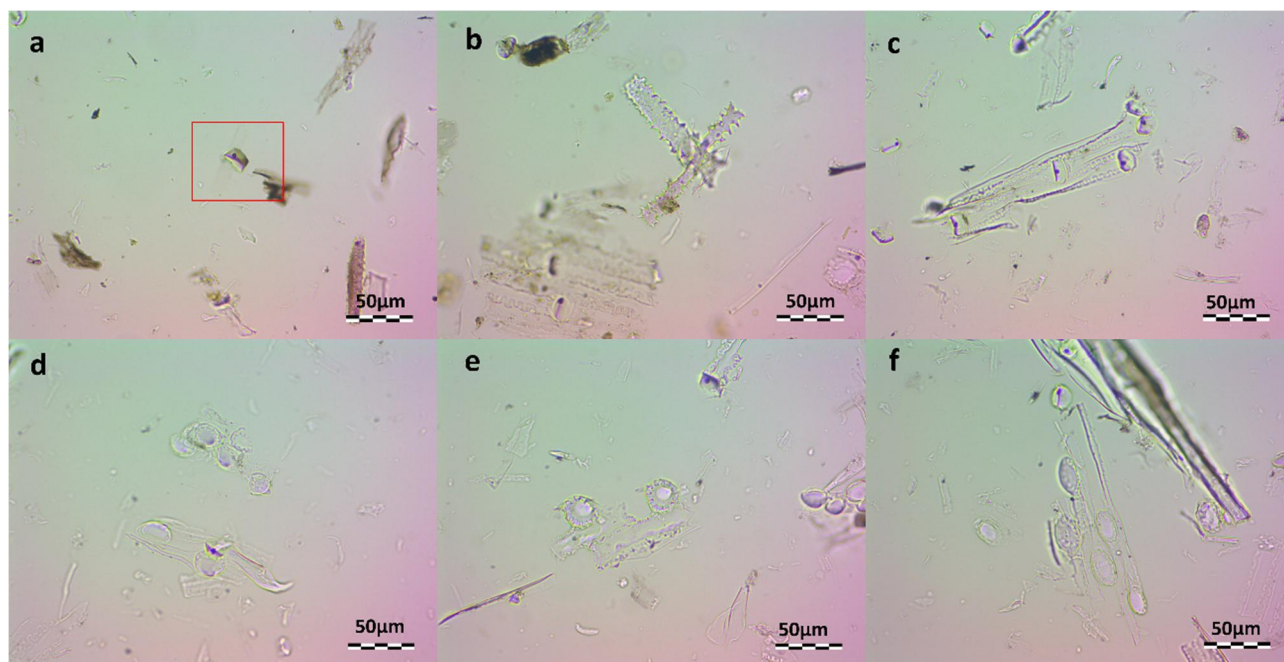


Figure 6.8. Results of the current grass control samples. Average percentage of grass inflorescence, grass leaves/stem and ratio leaf/stem:inflorescence per each month (n = 3). Error bars indicate 1 standard deviation.



**Figure 6.9.** Microscope images of phytoliths identified in modern reference collection samples. a) GSSCP RONDEL from Pooid grasses (C3); b) ELONGATE DENTATE from grass inflorescence; c) ELONGATE COLUMNAR with GSSCP RONDEL in anatomical connection from grass inflorescence; d) PAPILLATE from grass inflorescence; e-f) ELONGATE DENTATE with PAPILLATE in anatomical connection from grass inflorescence

## 6.1.6. Discussion

### 6.1.6.1. Taphonomy and formation processes

The low percentages of weathered morphotypes and the high concentrations of phytoliths per gram of sediment indicate that phytolith assemblages from Cova Gran de Santa Linya are well-preserved. In addition, the presence of delicate morphotypes, such as *PAPILLATE* and other highly decorated phytolith morphotypes (Elongate Dentate), also points to a good preservation of the phytoliths in the site (Shillito 2011; Madella and Lancelotti 2012; Cabanes and Shahack-Gross 2015; Cabanes et al. 2011). Yet, the percentage of phytoliths in anatomic connection is relatively low in most of the samples. Low percentages of phytoliths in anatomical connection can be related to physiochemical alterations (Cabanes et al. 2009). The disintegration of phytoliths in anatomical connection begins with the deposition of the plant, and when multicellular structures are affected by fire, they tend to disintegrate more as they lose the organic matrix that sustains them (Shillito 2011). Micromorphological analyses at the site have identified the presence of syn-depositional mechanical process produced by the flock, and post-depositional mechanical processes related to the run-off process that affect the archaeological levels (Polo-Díaz et al. 2014) that could have broken down phytoliths in anatomical connection. Thus, the results show a chemically well-preserved phytolith assemblage that have suffered a mechanical alteration.

The high concentrations of phytoliths and fecal spherulites is consistent with dung as the main source for sediments in levels 2N and 3Nb (Brochier et al. 1992; Canti 1999, 1997; Portillo et al. 2014; Portillo et al. 2012; Shahack-Gross et al. 2003). In addition, the presence of dahllite in some samples can be indicative of a high content of phosphates in the sediments produced by dung

accumulation (Karkanas 2006; Macphail et al. 1997; Shahack-Gross et al. 2003). A series of run-off processes affected level 2N added geogenic sediment to the matrix, decreasing the amount of dung-originated phosphates and preventing the development of authigenic dahllite in level 2N. Moreover, the introduction of geogenic sediment, had the effect of diluting the concentrations of these microremains per gram of sediment. However, the results obtained are in accordance with other ethnographic and archaeological examples (Canti 1999; Portillo et al. 2012; Gur-Arieh et al. 2013, 2014; Alonso-Eguíluz et al. 2016; García-Suárez et al. 2018; Portillo et al. 2019b).

Although the Holocene sediments of the Cova Gran de Santa Linya contain high concentrations of fecal spherulites, especially in level 3Nb, they do not reach the values obtained in published modern reference collections, which range in ovicaprines between 500 million to 200 million per gram of sediment (Canti 1999; Gur-Arieh et al. 2013; Portillo et al. 2012). In Cova Gran de Santa Linya, fire is an important taphonomic agent that probably had the double function of destroying and concentrating fecal spherulites. The presence of thermally altered clay and pyrogenic calcite (ash) indicate a systematic burning of dung. The results of the soil micromorphology analysis suggest that at least 11 dung burning different episodes can still be identified in the sequence previously studied (Polo-Díaz et al. 2014). According to Shahack-Gross (2011), dung spherulites survive temperatures below 650-700 °C. However, burning experimental dung heaps exceeds these temperatures, reducing the number of spherulites present in the sediments (Vergès et al. 2016b). At the same time, the combustion process reduces the volume of the matrix, formed mainly by organic matter, then increasing the concentration of spherulites per gram of sediment. Hence, we suggest that depending on the combustion conditions (i.e. temperature reached, oxygen availability, humidity, etc.) burning dung could destroy a significant part of the spherulite assemblages, or, alternatively, it can artificially concentrate spherulites and other fire-resistant microremains, such as phytoliths, when the organic material is eliminated. Therefore, we propose the variability of phytoliths and spherulite concentrations at Cova Gran de Santa Linya is the product of different burning conditions and the presence of run-off processes rather than different uses of the space.

#### **6.1.6.2. Livestock activities**

Herd management in a broad sense (feeding, composition, and mobility among others) has important economic and organizational implications for prehistoric shepherds' groups. In relation to a basic aspect such as the feeding of the herd, it has been considered that since the Neolithic leafy fodder could have been an important food input (Charles et al. 1998; Euba et al. 2016; Haas et al. 1996; Karg 1996; Rasmussen 1993, 1989; Thiébault 2005). Its contribution would be related to the scarce presence of pastures at different times of the year, especially in summer due to drought, or winter due to the presence of snow. This activity would imply a strategy of fodder collection and storage (Tsartsidou et al. 2009). Although this practice was present as early as the Neolithic (Akeret and Jacomet 1997; Argant et al. 1991; Badal 1999; Charles et al. 1998; Hejcman et al. 2014; Peña-Chocarro et al. 2005; Rasmussen 1993, 1989, Thiébault 2005, 2001), the free pasture of the herds would be and is still the most common way of feeding herds in contexts with abundant pasture availability. This way of feeding livestock through free pasture has been

documented in sites with the presence of *fumiers* such as Els Trocs, Husos II or San Cristóbal (Alonso-Eguíluz et al. 2016; Lancelotti et al. 2014; Polo-Díaz et al. 2016a).

Dung accumulations can provide direct evidence for herd diet (Shahack-Gross 2011). However, the presence of grasses can be related to other activities, such as the use as fuel for the lighting of manure piles. The experimental and ethnographic data shows that a small amount of grasses is enough to light a heap (Acovitsioti-hameau et al. 1999; Brochier et al. 1992; Vergès 2011; Vergès et al. 2016b). At Cova Gran, the high percentages of grass phytoliths and the absence of phytolith morphotypes related with domestic plants, such as Elongate Dendritic (Ishida et al. 2003; Albert et al. 2008; Portillo et al. 2012; Power et al. 2014) would indicate a free pasture regime that exploited the areas adjacent to the site (Acovitsioti-hameau et al. 1999; Vergès et al. 2016b). Even so, will be necessary to apply morphometric analysis to rule out that some morphotypes were formed in domestic plants (Ball et al. 1999, 2016; Portillo et al. 2019a).

The dominance of Pooid grasses (C3) subfamily plants in the pen sequence indicates a temperate and humid climate (Twiss, 1992). The geographic location of Cova Gran de Santa Linya and the ecological conditions during the Late Neolithic and Early Bronze Age show a Mediterranean vegetation cover similar to the modern vegetation pattern that would guarantee the presence of pastures all year long.

The presence of phytoliths related to dicotyledonous leaves and wood is scarce throughout sequence. While dicotyledonous plants produce about 20 times fewer phytoliths than grasses the differential production of phytoliths in these plants cannot be accountable for the values obtained in Cova Gran de Santa Linya (Albert and Weiner 2001; Piperno 2006). Dicotyledonous plants may have different origins such as their use as fuel to light heaps or be related to some type of fencing or structure as detected in similar contexts of northern Iberia (Polo-Díaz et al. 2016a).

A diet based on grazing grasses is common in sheep and goats, although goats tend to incorporate other botanical foods such as dicot leaves and branches (Shahack-Gross 2011; Kam et al. 2012). Domestic ruminants produce high quantities of fecal spherulites, without notable quantitative differences between species (Canti 1999). The phytoliths assemblages at Cova Gran de Santa Linya are consistent with the presence of a herd with an important presence of sheep, although the resolution of the phytolith analyses do not grant the identification of the dominant species in the herd. Moreover, previous zooarchaeological and micromorphological analyses could not distinguish between sheep and goats (Polo-Díaz et al. 2014).

### 6.1.6.3 Pen management

Burning episodes at Cova Gran has been confirmed by FTIR and micromorphology analysis. Burning dung is an activity documented from the Neolithic to Bronze Age (Angelucci et al., 2009 and references therein). The management of the pen area by burning dung has been pointed out as a practice that aims to sterilize the space (Macphail et al. 1997) and reduce the volume of accumulated dung (Brochier 2005) by heaping dung plaques (Acovitsioti-hameau et al. 1999; Brochier et al. 1992; Vergès 2011; Vergès et al. 2016b), which have been documented in other archaeological sites with *fumiers* (Alonso-Eguíluz et al. 2016; Angelucci et al. 2009; Cabanes et al.

2009; Polo-Díaz et al. 2016a; Vergès et al. 2016a). Burning dung to reduce its volume and prevent the fill up of the rockshelter would not be necessary in Cova Gran de Santa Linya as it is a rockshelter forming a semi-vaulted roof, ca 2500 m<sup>2</sup>. The herd could be possibly stabled in different areas of the rockshelter preventing high rates of dung accumulation in one particular area of the site. In the case of the Cova Gran de Santa Linya, the most parsimonious explanation for dung burning is the sterilization of space to prevent illnesses, especially among infantile animals (Polo-Díaz et al. 2014). The burning of manure is a practice that is documented mainly in the early stages of agricultural development, in contexts of mixed economies, when field fertilization was not an extended practice. From the Bronze Age (Boschian and Miracle 2007) or earlier (Bogaard 2012; Brochier 1991) manure was no longer burned and likely to be used to fertilize the fields.

The FTIR spectra show the thermally altered clay and the highly disordered calcite, probably formed at high temperatures during the dung combustion. These spectra indicates that the combustion temperatures reached temperatures higher than 600 °C (Berna et al. 2007; Chu et al. 2008; Regev et al. 2010; Weiner 2010). The micromorphological results (Polo-Díaz et al. 2014) indicate similar temperatures to our results. The high presence of spherulites throughout the sequence would indicate that the temperature could not exceed 700 °C, the temperature at which the calcareous component of the spherulites decomposes (Gur-Arieh et al. 2012; Shahack-Gross 2011; Shahack-Gross et al. 2005). The presence of darkened fecal spherulites reduces the heating range between 500 to 700 °C (Canti and Nicosia 2018). Experimentally the temperatures obtained during the combustion of manure in heaps oscillate between 450 and 800 °C, depending on humidity or oxygen entrance in the heaps (Vergès 2011; Vergès et al. 2016b). The temperature variations showed by our study between 600 and 700 °C is according to the published experimental results.

#### **6.1.6.4. Seasonality**

The presence of a high percentage of grass inflorescence has been considered evidence for summer and spring occupations in different archaeological contexts. (Alonso-Eguíluz et al. 2016; Berna and Goldberg 2007; Cabanes et al. 2010; Esteban et al. 2017; Portillo et al. 2010; Portillo and Albert 2011; Shahack-Gross et al. 2014). The results from Cova Gran show variable percentages of inflorescence phytoliths that could be interpreted as the result of an occupation events in different seasons of the year: spring and summer for samples with a high percentage of grass inflorescence; autumn and winter for samples with lower percentages of grass inflorescences. However, modern plants from the reference collection show high values of inflorescence during autumn (October and November) and winter (December and February). Our results seem to indicate that the inflorescence continues to be present in the plant during the autumn and the winter, being potentially consumable by the herd. Our reference collection is limited at this time and more research must be carried out in this sense to better understand inflorescence values along the year in a natural context. Nevertheless, the preliminary results presented here challenge the assumption that only the spring and summer herd feeding pattern will produce high concentrations of inflorescence phytoliths in the archaeological record. Recently, Dunseth et al. (2019) used phytoliths as a seasonality indicator applied in an archaeological record. In this case, phytoliths did not provide seasonality information for themselves but support other botanical proxies, currently under study at Cova Gran. Therefore, our data suggest that the characterization of herd

management and seasonality using evidence from phytoliths alone could be more challenging than previously thought. We propose that the variables controlling the survival of the inflorescence during winter and autumn should be fully understood before using the presence of grass inflorescence phytoliths as a seasonality indicator.

### **6.1.7. Conclusions**

The Holocene sequence of Cova Gran de Santa Linya presented a well-preserved microarchaeological assemblage that positively contributed to the knowledge of livestock practices and pastoralism activities on the south slope of the pre-Pyrenees during the Neolithic and Bronze Age. The microbotanical assemblages are consistent with a mix herd that exploited the free pasture in the vicinity of the site throughout the year. Cova Gran de Santa Linya was used as an animal enclosure where fire was applied to sanitize the space, rather than to reduce the volume of the dung accumulated. Fire is an important and active agent to understand the formation processes of the microarchaeological assemblages in the site. These assemblages may be partially destroyed or concentrated by the action of fire. Therefore, identifying the presence of combustion episodes using FTIR analysis is necessary to fully understand the significance of phytoliths and fecal spherulite assemblages. The results from our small reference collection show that important quantities of grass inflorescence phytoliths are still present during the autumn and winter seasons. These preliminary results challenge the extended assumption that inflorescence grass phytoliths can be used to indicate a spring/summer occupation. Further research involving the sampling of modern plants and soils throughout the year is necessary to evaluate the potential of grass inflorescence phytoliths as an indicator for seasonality.

## 6.2 LA SECUENCIA DE ESTABULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS DE EL MIRADOR (ATAPUERCA, BURGOS)

### 6.2.1. Introducción

El yacimiento de El Mirador presenta una amplia secuencia de ocupación humana que abarca desde el Paleolítico Superior hasta la Edad del Bronce. Sin embargo, el yacimiento es conocido especialmente por su secuencia Holocena con ocupaciones Neolíticas, Calcolíticas y de la Edad del Bronce. La cueva, situada al norte de la Meseta, presenta dos usos principales: uno funerario y vinculado especialmente a las ocupaciones Calcolíticas y otros como espacio de estabulación de animales, uso principal de la cueva durante el Neolítica y la Edad del Bronce.

### 6.2.2. El yacimiento de El Mirador

La Cueva de El Mirador se localiza a 1033 m.s.n.m. en la vertiente sur de la sierra de Atapuerca (Ibeas de Juarros, Burgos). Las dimensiones actuales de la boca de la cueva no superan los 23 metros de ancho por 4 metros de alto y una potencia interior de unos 15 m, que le otorgan una apariencia más de abrigo que de cueva. La visera actual no corresponde a la original, ya que se encuentra parcialmente colapsada, como evidencia la presencia de grandes bloques en la superficie actual. Posiblemente se trate de una dolina colmatada en su entrada, con la posibilidad de que presente en su interior galerías aún no exploradas con conexión con Cueva Mayor y el resto de cuevas y galerías que forman el sistema kárstico de la sierra (Vergès et al. 2002). Esta es una hipótesis de trabajo del Equipo de Investigación de Atapuerca (EIA) y uno de los objetivos de los trabajos de excavación en el yacimiento de El Mirador.

El yacimiento se encuentra por encima del río Arlanzón, que fluye a escasos 2 km de la ladera de la sierra. En un marco geográfico más amplio, la sierra de Atapuerca es una cresta anticlinal de poca elevación al noreste de la Sierra de la Demanda (Benito-Calvo and Pérez-González 2015). Ésta pertenece al extremo noroeste de la cadena ibérica, muy cercana de un paso estratégico norte-sur como es el corredor de Bureba que conecta el interior de la meseta con la zona Atlántica (Zazo et al. 1983) (Fig. 6.10). Este espacio de conexión entre la cuenca del Ebro y del Duero posiblemente funcionó como una importante zona de tránsito de los grupos humanos durante el Pleistoceno y el Holoceno.

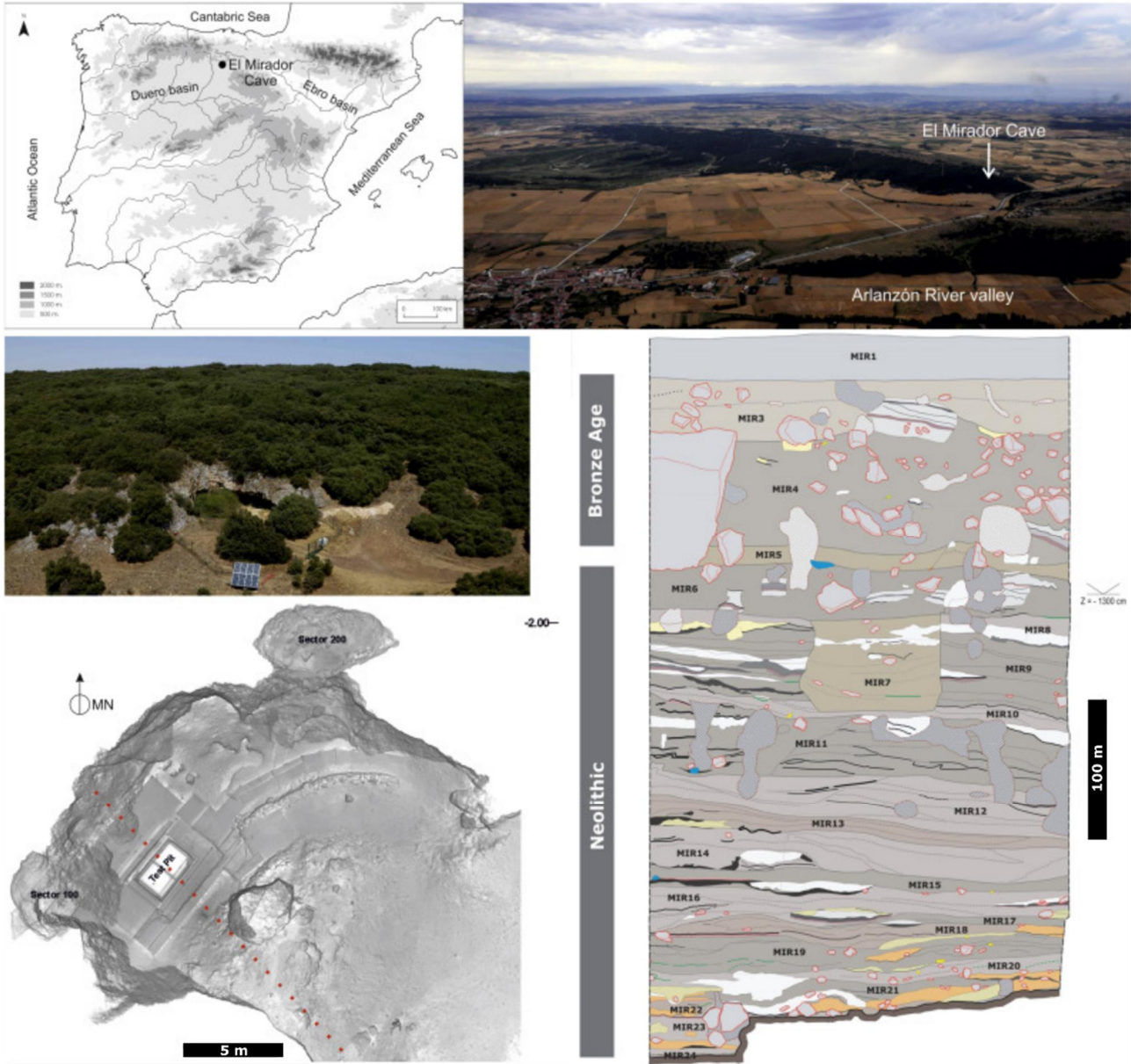
El clima actual de la región donde se localiza El Mirador tiene características mixtas típica de una zona de transición (ecotono), con un clima Mediterráneo con influencias Atlánticas. La precipitación media anual es de 600 mm y la temperatura media de 10 °C (VV.AA 2013). La vegetación actual sobre los sustratos calizos de la sierra la forman encinas (*Quercus ilex*), quejigos (*Quercus faginea*) y un sustrato arbustivo formado por espino alba (*Crataegus monogyna*), rosal silvestre (*Rosa canina*) y endrino (*Prunus spinosa*) (Alejandro Sáez et al. 2009). En los suelos ácidos y silíceos de las terrazas se identifica la presencia de robles (*Quercus pyrenaica*). Actualmente también abundan los campos de cultivo principalmente de cereales.

Las primeras noticias arqueológicas sobre el yacimiento fueron referenciadas por el grupo espeleológico Edelweiss (Ortega Martínez et al. 2012) que realizó un primer sondeo en los años



CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

70', atestiguando parte del registro arqueológico de la Edad del Bronce. Los trabajos arqueológicos no se reprendieron hasta 1999 cuando el EIA empezó los trabajos que aún siguen en curso. Lamentablemente, no se pudo evitar que en este lapsus de tiempo grupos furtivos actuaran en la cueva dejando en superficie abundantes restos humanos.



**Figura 6.10.** Localització de la cueva de El Mirador en la península ibèrica i en el context de la Sierra de Atapuerca (Imagen superior). Planta de la cueva de El Mirador donde se identifican los tres sondeos realizados hasta el momento, con el sector 100 a la izquierda de El Mirador. Estratigrafía del sector MIR con las principales unidades cronoculturales identificados en la secuencia Holocena.

Los trabajos se han llevado a cabo en tres zonas diferentes del abrigo. El primer sondeo (sector MIR) se realizó en la parte central, cerca de la visera del abrigo, durante las campañas 1999-2009, con el objetivo de evaluar la potencia crono-cultural del yacimiento. En el 2009 se abrieron dos nuevos sondeos, en los que se lleva trabajando desde entonces. El sector 100 se localiza en la parte noroeste de la cavidad y el sector 200, en la parte más noreste del yacimiento.



## CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

El sector MIR es el que actualmente presenta la secuencia crono-cultural más completa y de referencia para El Mirador, a la espera de las nuevas informaciones que pueden proporcionar los otros dos sondeos (sector 100 y sector 200), actualmente en proceso de excavación. En el sondeo MIR de 6 m<sup>2</sup> se describió una secuencia de 20 m, 14 de los cuales pertenecientes a depósitos del Pleistoceno y 6 a depósitos del Holoceno (Vergès et al. 2016a).

La secuencia pleistocena del sector MIR está compuesta por 14 metros de grandes bloques de caliza sin matriz sedimentaria, que serían el resultado de la caída del techo de la cavidad. Intercalados a las caídas de bloques solamente se han podido identificar tres niveles: MIR49, caracterizado por la presencia de abundante microfauna (Bañuls-Cardona et al. 2017a); MIR51/3, nivel estéril de poca potencia formada por sedimentos de origen eólicos; y MIR51/2, con el mismo contexto sedimentario, pero con evidencias antrópicas como una estructura de combustión, material lítico y faunístico. Para este nivel arqueológico, las dataciones sobre carbón obtenidas fueron de 13420-13,180 cal. BP y 13580-13420 cal. BP (Vergès et al. 2016a).

Por encima del paquete pleistoceno, se formó una secuencia de 6 metros de paquete holoceno. Esta secuencia se dividió en 24 niveles siguiendo criterios arqueológicos, de los cuales 8 pertenecen al Neolítico (de MIR24 a MIR6), mientras que MIR4 y MIR3 pertenecen a la Edad del Bronce (Vergès et al. 2002, 2008, 2016a). Entre las dos grandes fases crono-culturales se identificó el nivel MIR5, arqueológicamente estéril correspondiente a una fase de abandono de la cavidad. MIR1 y MIR2 corresponden al nivel superficial y al relleno de las bioturbaciones, respectivamente. Las dataciones de la secuencia muestran coherencia estratigráfica y cultural en relación con el registro arqueológico documentado. La datación más antigua obtenida para la base del Neolítico (MIR24) es de 7970-7770 cal. BP, mientras que el techo de la secuencia Neolítica (MIR6) está datada en 5630-5350 cal. BP (Vergès et al. 2008, 2016a). El principal nivel arqueológico adscrito a la Edad del Bronce, MIR4, presenta un rango cronológico de unos 450 años, extendiéndose de 3730-3530 cal. BP en la base del nivel a de 3390-3070 cal. BP en el techo (Vergès et al. 2002, 2016a).

Finalmente, hay que destacar del sector MIR la excelente conservación y resolución estratigráfica del registro, especialmente por debajo del MIR6, coincidiendo con el inicio de la secuencia Neolítica. La ratio de sedimentación de entre 1 mm/año a 16mm/año evidencia la alta resolución del registro y el alto contenido antrópico de la secuencia (Vergès et al. 2008; Angelucci et al. 2009). La identificación de restos faunísticos en conexión anatómica o la presencia de facies cenicientas, que permiten obtener la variación secular del campo magnético terrestre, son buenos ejemplos de la buena preservación *in situ* del registro arqueológico (Vergès et al. 2008; Carrancho et al. 2009, 2012, 2016).

Las características de los *fumiers* de El Mirador junto con la estratificación y complejidad de este tipo de secuencias, llevó al equipo de trabajo a desarrollar un método de excavación que ayudase a identificar y entender la gran variabilidad lateral y vertical de los eventos de acumulaciones y quema de excrementos. Esta propuesta se basa en la utilización de facies sedimentarias, cada una de las cuales tiene unas características litológicas, arqueo-sedimentarias, de coloración, textura y composición concretas, identificables y recurrentes en el registro arqueológico (Angelucci et al. 2009). Las facies tienen una estrecha relación con la quema de estiércol, ya que un gran número

CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

de ellas son el resultado de diferentes procesos de combustión en condiciones concretas. Los grandes grupos son los formados por facies con alteración térmica, las carbonosas, las cenicientas, las no alteradas térmicamente y las que están bioturbadas (Ver tabla 6.4).

Facies	Tipo facies	Descripción
a	No alterada térmicamente	Limos arcillosos de color marrón amarillento. Acostumbra a presentar en su matriz clastos, materia orgánica y una alta porosidad. Contiene cenizas dispersas por la matriz y microcarbones dispersos por la matriz. Se ha interpretado como una facies derivada de la removilización de sedimentos y dismantelamientos de secuencias de fumier
b	Cenicienta	Acumulación de cenizas, casi pura. A veces puede contener fragmentos de carbón o pequeñas manchas amarillentas y ocasionalmente se han identificado laminaciones paralelas en su interior
bg	Cenicienta	Acumulación de cenizas, pero con características intermedias entre las facies b y g
c	Carbonosa	Acumulación de carbones milimétricos y centimétricos
d	No alterada térmicamente	Sedimento gris oscuro, de textura granular. Sedimento orgánico formado por excrementos de animales escasa o moderadamente descompuestos, a veces compactados entre si
f	Cenicienta	Finas laminaciones formadas por cenizas con coloración que fluctúa entre blanquecino a gris claro con fibras bien preservadas que presentan patrones con orientación horizontal, paralela o perpendicular
g	Cenicienta	Limos gris claros, masivos y con abundante ceniza dispersa entre la matriz
i	Cenicienta	Limos verdosos, con abundante ceniza dispersa
m	Cenicienta	Acumulación de cenizas, marrón claro, masiva, aunque en ocasiones granular, que contienen fragmentos milimétricos de carbón y sedimento enrojecido.
o	Alterada térmicamente	Acumulación de materia orgánica, con tonos que van del gris muy oscuro al negro, con estructuras masiva y ausencia de excrementos reconocibles macroscópicamente
p	Bioturbada	Sedimento bioturbado
q	Alterada térmicamente	Limos arcillosos, sedimentos alterados de coloración marrón rojizo con estructura granular
s	Cenicienta	Sedimentos ceniciento altamente deformado o fracturado, características heterogéneas
t	No alterada térmicamente	Arcilla con tonos marrón/gris oscuro, con laminaciones paralelas ligeramente onduladas y pseudomorfos de fibras vegetales conservadas entre las laminaciones
tf	Cenicienta	Limos con abundante ceniza de colores variados, a veces con estructura laminar y cementación moderada
v/vl	No alterada térmicamente	Capas arcillosas de 3 a 5 cm de grosor, con textura masiva (facies v) o con laminaciones paralelas, intercalaciones de capas anaranjadas de estructuras fibrosa o angular que contienen huesos digeridos y coprolitos reconocibles (facies vl)

**Tabla 6.4.** Característiques sedimentaries de diferents litofacies identificades en series Holocenes tipo *fumier* (Angelucci et al. 2009)

Además de las evidencias de estabulación de animales y quema de estiércol, otra gran problemática abordada por el registro de El Mirador corresponde con las prácticas funerarias durante el Calcolítico y la Edad del Bronce. Se han recuperado restos humanos en los tres sondeos realizados hasta el momento, evidenciando una importante variabilidad en las prácticas funerarias identificadas (Cáceres et al. 2007; Vergès et al. 2016a; Marginedas et al. 2020).

En relación con los usos funerarios de la cueva aún no existe un estudio paleoantropológico completo de los restos humanos recuperados en los diferentes sectores. No obstante, hay disponibles estudios preliminares sobre los restos dentarios de algunos individuos. Existe una aproximación a la dieta mediante el análisis del cálculo dental (Bucchi et al. 2019), así como análisis sobre patologías orales que indicarían una dieta basada en el consumo de cereales y una pobre salud dental (Ceperuelo et al. 2014, 2015). También se ha atestiguado en algunos individuos el uso cultural de los dientes como una tercera mano, uso muy habitual dentro del género *Homo* (Lozano et al. 2017). El ADN mitocondrial de estos individuos se ha podido estudiar ampliamente, aportando información relevante sobre las relaciones familiares y su adscripción dentro de las

## CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

dinámicas de población de la Prehistoria reciente (Mathieson et al. 2015). Los haplogrupos, obtenidos del estudio de 19 individuos del enterramiento colectivo Calcolítico, indican una divergencia con otros grupos campaniformes y con las poblaciones actuales. Muy posiblemente estas poblaciones tendrían una continuidad con las poblaciones del Neolítico Medio que habrían llegado de centro Europa y el Próximo Oriente (Gómez-Sánchez et al. 2014).

El Mirador es uno de los yacimientos más estudiados de la sierra de Atapuerca con estudios finalizados y en curso que abarcan un gran número de disciplinas y técnicas. Se han aplicado al estudio del registro de El Mirador técnicas arqueomagnéticas (Carrancho et al. 2009, 2012, 2016), sedimentarias (Angelucci et al. 2009) y paleoantropológicas (Cáceres et al. 2007; Marginedas et al. 2020). Las problemática arqueobotánicas han sido abordadas desde el estudio de los espectros polínicos (Expósito and Burjachs 2016; Expósito et al. 2017), del registro antracológico (Allué and Euba 2005; Euba et al. 2016), carpológico (Rodríguez et al. 2016) y de los conjuntos de fitolitos (Cabanes et al. 2009). Desde una perspectiva integral de la arqueobotánica también se han abordado los procesos de formación de la secuencia holocena de El Mirador (Cabanes et al. 2009).

Los trabajos arqueobotánicos han abordado la evolución de la cobertura vegetal del entorno, la formación de los espacios agrarios, las actividades agrarias o su gestión, así como el uso de los recursos leñosos como combustible o como forraje. Los estudio de micromamíferos también han aportado relevante información para entender los cambios en la vegetación y el clima durante el Holoceno (Bañuls-Cardona et al. 2013; Bañuls-Cardona et al. 2017a, b). Hasta el momento, los resultados obtenidos para la primera fase de ocupación de la cueva indican un entorno con una cobertura vegetal en mosaico caracterizada por robles (*Quercus* sp. *caducifolio*) y encinas (*Quercus* sp. *evergreen*), junto con taxones de ribera, como el fresno (*Fraxinus*) o el olmo (*Ulmus*), y campos de cultivo (Allué and Euba 2005; Expósito 2007; Euba et al. 2016). Durante el Holoceno medio, aumenta progresivamente la aridez y con la intensificación de las actividades humanas el paisaje se vuelve cada vez más abierto a partir del aumento de las zonas de pastoreo y de los espacios agrícolas y ganaderos, haciendo retroceder los espacios boscosos en las zonas aledañas al yacimiento (Expósito and Burjachs 2016; Vergès et al. 2016a).

Desde la arqueobotánica, también se han podido abordar aspectos relacionadas con la gestión agrícola y del rebaño. A la luz de los resultados obtenidos, parte de la gestión de los cereales se realizaría en el interior de la cueva, al menos durante el Neolítico antiguo (Rodríguez et al. 2016). Así lo indican los estudios carpológicos, que han podido identificar la presencia de restos de espiguillas, así como valores elevados de polen de cereales, indicativos de un procesado *in situ* de los cereales (Expósito and Burjachs 2016; Rodríguez et al. 2016). Respecto a la gestión del rebaño, los estudios antracológicos y dendrológicos indicarían una gestión del bosque que podría estar relacionada, entre otros, con la obtención de forraje para el rebaño (Euba et al. 2016).

Destacan también los estudios zooarqueológicos y tafonómicos, que han permitido caracterizar el rebaño mixto formado por ovejas (*Ovis aries*) y cabras (*Capra hircus*), junto con perros (*Canis familiaris*) y cerdos (*Sus domesticus*) como animales domésticos (Martín et al. 2009, 2016a). Cabe señalar también la presencia de vacas (*Bos taurus*), como reses complementarias, y de caballos (*Equus caballus*), posiblemente domésticos; con una mayor presencia de estos dos taxones en los

niveles adscritos a la Edad del Bronce (Martín et al. 2016b). También se ha identificado una elevada presencia de animales salvajes, evidenciando que las prácticas ganaderas se verían complementadas con la práctica de la caza (Martín et al. 2014). Entre los taxones salvajes, destacan la presencia de ciervo (*Cervus elaphus*), corzo (*Capreolus capreolus*), algunos pequeños carnívoros, conejos y pájaros (Martín et al. 2014). Dentro de las prácticas ganaderas, resultarelevante la identificación del uso de El Mirador como paridero, considerando la alta presencia de individuos inmaduros (Martín et al. 2016a).

El uso de algunos resultados preliminares sobre la industria lítica y la cerámica del yacimiento fueron recogidos en un artículo de síntesis (Vergès et al. 2016a), publicado en un volumen especial sobre pastores y cuevas (Vergès et al. 2016b). Estos trabajos indican que la cultura material que acompaña a estos grupos humanos no es muy abundante y, en muchos casos, el material presenta un alto índice de fragmentación y alteración térmica que dificulta su estudio. A lo largo de la secuencia, hay cambios en la intensidad de la ocupación y el uso del espacio como redil se combinara frecuentemente con un espacio de hábitat en la misma cueva o en la entrada de la misma (Vergès et al. 2016a).

### 6.2.3. Materiales

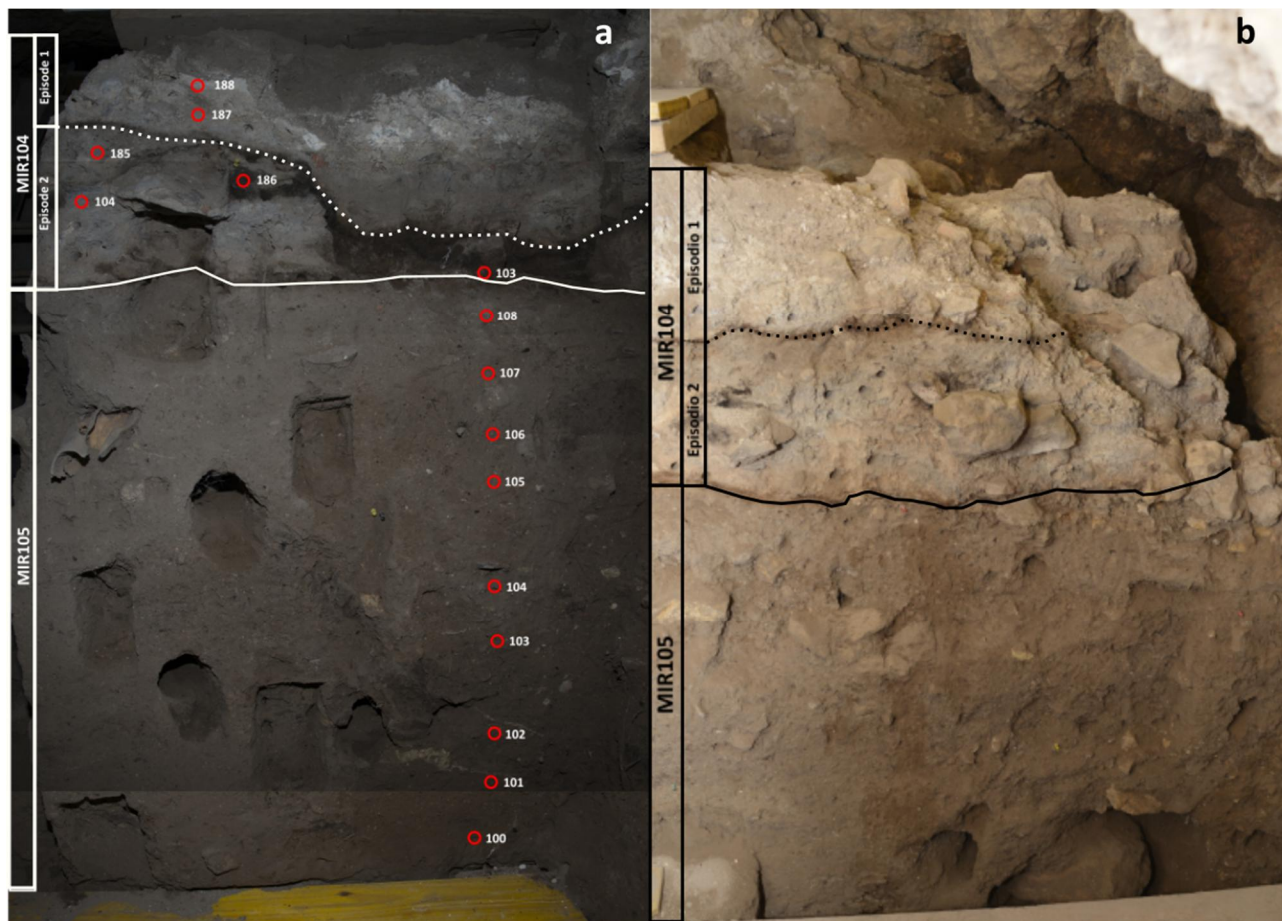
Para el estudio sobre la secuencia de El Mirador, se han seleccionado dos niveles arqueológicos del sector 100 (Fig. 6.11 y Tabla 6.5). El sector 100, situado en el noroeste de la cavidad, se empezó a excavar en 2009. Inicialmente, presentaba una extensión de 12m<sup>2</sup>, en una zona en la que los sedimentos parecían buzarse hacia el interior de la cavidad. La dirección de la sedimentación parece indicar una posible entrada al sistema interior de galerías. El emplazamiento del sondeo cerca de la pared busca explorar una posible entrada al sistema de galerías de la sierra. Este objetivo no se ha podido alcanzar aún, sin embargo, se ha identificado una secuencia de estabulación de animales y quema de excrementos como en el sector MIR, así como una inhumación individual de un individuo masculino joven.

Hasta el momento se han identificado 9 niveles arqueológicos, la mayoría de las cuales pertenecientes a secuencias de *fumiers*. De techo a base, el primer nivel (MIR101) corresponde a la capa superficial y MIR102 es el relleno de las madrigueras identificadas. MIR103 se caracterizó como un *fumier* mal conservado macroscópicamente.

MIR104, el primer nivel estudiado en este trabajo es un nivel formado por la estratificación de diferentes facies generadas por la acumulación y quema de excrementos, en el cual se han descrito dos episodios de quema separados por una facies carbonosa (facies c). Durante la excavación de estos dos episodios se han identificado varias fases, pero con un dominio de las cenicientas, como las facies b y tf (ver tabla 6.4). Existe una datación para MIR104 de 3660-3460 cal. BP, que lo situaría cronológicamente en el Bronce medio (Vergès et al. 2016a) (Tabla 6.5). En relación con el sector MIR, esta fecha entraría dentro del rango cronológico obtenido para el nivel MIR4, uno de los niveles con una mayor potencia dentro del sector MIR, con una adscripción crono-cultural a la Edad del Bronce.

## CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

Por debajo de MIR104, aparece el nivel MIR105, un nivel homogéneo principalmente formado por la facies *a*, con la presencia de algunos fragmentos de *fumier* dispersos entre la matriz sedimentaria. El nivel presenta varias madrigueras, así como fragmentos de calizas de gran tamaño. Para este nivel no se ha obtenidos hasta el momento una datación radiocarbónica, aunque por su posición dentro de la secuencia, muy posiblemente correspondería a un momento entre el Bronce medio y el Neolítico final.



**Figura 6.11.** Estratigrafía donde se pueden observar las dos unidades estudiadas en sección N-S (a) y E-O (b). Los puntos rojos de la figura a muestran la localización de las muestras estudiadas.

MIR106, es un nivel diferente dentro de la dinámica del sector 100. Este nivel corresponde a un enterramiento individual de un individuo masculino de edad adulta. El esqueleto se encontró entero y en conexión anatómica encima de una repisa natural de la cavidad. La datación radiocarbónica realizada directamente sobre los restos óseos fechó la muerte entorno al 3670-3470 cal BP, correspondiendo al Bronce medio.

El nivel MIR107 vuelve a ser una estratificación de diferentes facies, que macroscópicamente también se puede asociar a la quema de excrementos acumulados en la cavidad. En este nivel se han podido diferenciar hasta un total de 4 episodios de combustión y una variabilidad de facies importantes, incluyendo las facies cenicientas (como las *tf*, *g* y *m*) junto con la facies *c*, que marcan la base de cada episodio. El nivel MIR107 tiene una datación de 6491-6390 cal. BP.

CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

Level	Material	Identification	Laboratory number	Conventional radiocarboni age	Results in cal. BP years (2σ)	Results in cal. BC years (2σ)	<sup>13</sup> C/ <sup>12</sup> C ratio
MIR103	Charcoal	<i>Pinus sylvestris</i>	Beta-339094	3190 ± 30	3450-3290	1500-1340	-22.8‰
MIR104	Charcoal	<i>Pinus sylvestris</i>	Beta-339095	3350 ± 30	3660-3460	1710-1510	-22.4‰
MIR106	Human bone	<i>Homo sapiens</i>	Beta-296226	3430 ± 30	3670-3470	1720-1520	-19.4‰
MIR107	Charcoal	<i>Quercus sp.</i>	Beta-510341	5640 ± 30	6491-6390	4542-4441	21.5 ‰
MIR108	Bone	<i>Ovicapriini</i>	Beta-510342	5610 ± 30	6447-6310	4498-4361	20.4 ‰
MIR109	Bone	<i>Ovicapriini</i>	Beta-510343	5890 ± 30	6785-6655	4836-4706	20.9 ‰

Taula 6.5. Dataciones radiocarbónicas disponibles hasta el momento para el sector MIR100 de El Mirador

El nivel MIR108 es un nivel formado principalmente por excrementos no quemados, que en la terminología de facies corresponden a las facies v/vl. Esta unidad presenta en las zonas más próximas a la pared, la denominada facies a, caracterizada la presencia de material arqueológico y clastos de gran tamaño. A causa del efecto de la pared y el espacio que esta genera, se acumulan en la facies a material de diferentes facies y episodios. Por lo tanto, todo este material de la facies a afectado por el efecto pared, no sería sincrónico al resto de material del nivel MIR108.

Finalmente, se encuentra el nivel MIR109, es el último nivel excavado en el sector 100, hasta el momento. Está formado por pequeñas facies de excrementos quemados y no quemados, con muy poca continuidad lateral, que dificulta la definición de episodios de combustión y acumulación claros.

Se ha estudiado un número total de 15 muestras (Table 6.6), procedentes de un muestreo de la secuencia realizado el año 2016, en coordinación con otros muestreos, como la extracción de bloques de micromorfología o los muestreos para análisis polínicos y de palinomorfos no polínicos.

Sample	Level	Square	Facies	Episode
188	MIR104	T15	b	1
187	MIR104	T15	b	1
186	MIR104	T15	c	1
185	MIR104	T15	b	2
104	MIR104	S15	b	2
103	MIR104	S15	c	2
108	MIR105	S15	a	-
107	MIR105	S15	a	-
106	MIR105	S15	a	-
105	MIR105	S15	a	-
104	MIR105	S15	a	-
103	MIR105	S15	a	-
102	MIR105	S15	a	-
101	MIR105	S15	a	-
100	MIR105	S15	a	-

Tabla 6.6. Listado de las muestras analizadas del sector MIR100 en relación con la unidad arqueológica, cuadro, facies y episodio al cual corresponden.

Procedentes del nivel MIR104, se han analizado 6 muestras, recogidas de los dos episodios de combustión identificados. Cuatro de estas muestras se caracterizaron como facies b, es decir, facies cenicienta formada por una ceniza pura blanquecina que se identificó en el techo de los dos episodios de combustión; mientras que las dos otras muestras del nivel pertenecen a una facies c.

Las 9 muestras restantes proceden del nivel MIR105, un paquete continuo formado por una única facies, la facies a. Esta facies es la consecuencia de la remoción de la secuencia, donde frecuentemente entre la matriz de limos arcillosos aparecen lentejones de ceniza y material de gran tamaño, tanto restos de fauna como calizas caídas, así como presencia de bioturbaciones en forma de madrigueras. En el nivel MIR105, solamente se podían observar algunas líneas blanquecinas de poco recorrido tanto lateral como vertical que no pudieron ser muestreadas por la escasa potencia que presentaban.

## 6.2.4. Resultados

### 6.2.4.1. Resultados FTIR

Los resultados de la Espectroscopia de Infrarrojos por Transformada de Fourier (FTIR) muestran un contenido formado principalmente por calcita (Ca), arcilla (Cl), cuarzo (Qz) y dahllita (Dah) (Fig. 6.12 y Tabla 6.7). Estos 4 minerales están presentes en todas las muestras en proporciones diferentes. Las principales variaciones residen en la mayor o menor presencia de calcita o arcilla. En el nivel MIR104, los espectros muestran una presencia parecida de calcita y arcilla, mientras que en el nivel MIR105 la tendencia es a una mayor presencia de arcilla. En todos los casos, los picos característicos de la arcilla indican alteración térmica de la misma. El análisis del origen de la calcita muestra como la presencia de cenizas es constante en los dos niveles. La presencia de calcita se ha podido caracterizar como muy desordenada y probablemente formada a alta temperatura en gran parte de las muestras. Siguiendo la publicación de Regev et al. (2010), los espectros que hemos caracterizado como *high disorder calcite* (HDC) coinciden con los espectros de un tipo de calcita formada a altas temperaturas, denominada *plaster*. Este tipo de calcita está presente especialmente en el nivel MIR104 y en las facies b del mismo. También se ha identificado calcita desordenada en el nivel MIR105, pero de forma más puntual, puesto que la mayoría de los espectros se relacionan con calcita pirogénica (cenizas).

### 6.2.4.2. Resultados AIF

Los resultados del cálculo de la composición para la obtención de la *Acid Insoluble Fraction* (AIF) muestra una composición con variaciones según el tipo de facies. La mayoría de las muestras presentan una composición con porcentajes parecidos entre carbonatos y AIF (Tabla 6.7). En el nivel MIR104, los carbonatos dominan por encima de la AIF, mientras que en el nivel MIR105, hay un predominio de la AIF, siempre con poca diferencia entre los dos grupos. La materia orgánica es la que presenta una relación más clara con el tipo de facies. Los dos valores más altos de materia orgánica coinciden con las facies c, mientras que los valores más bajos coinciden con las facies b. Las muestras del nivel MIR105 presentan valores bastante parecidos, entre el 9 y el 11%; solamente hay una muestra discordante, la 108 de MIR105, que se localiza en el techo del nivel y que presenta un porcentaje del 5.36%, más parecido a los valores de algunas facies b que al resto de facies a.

CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

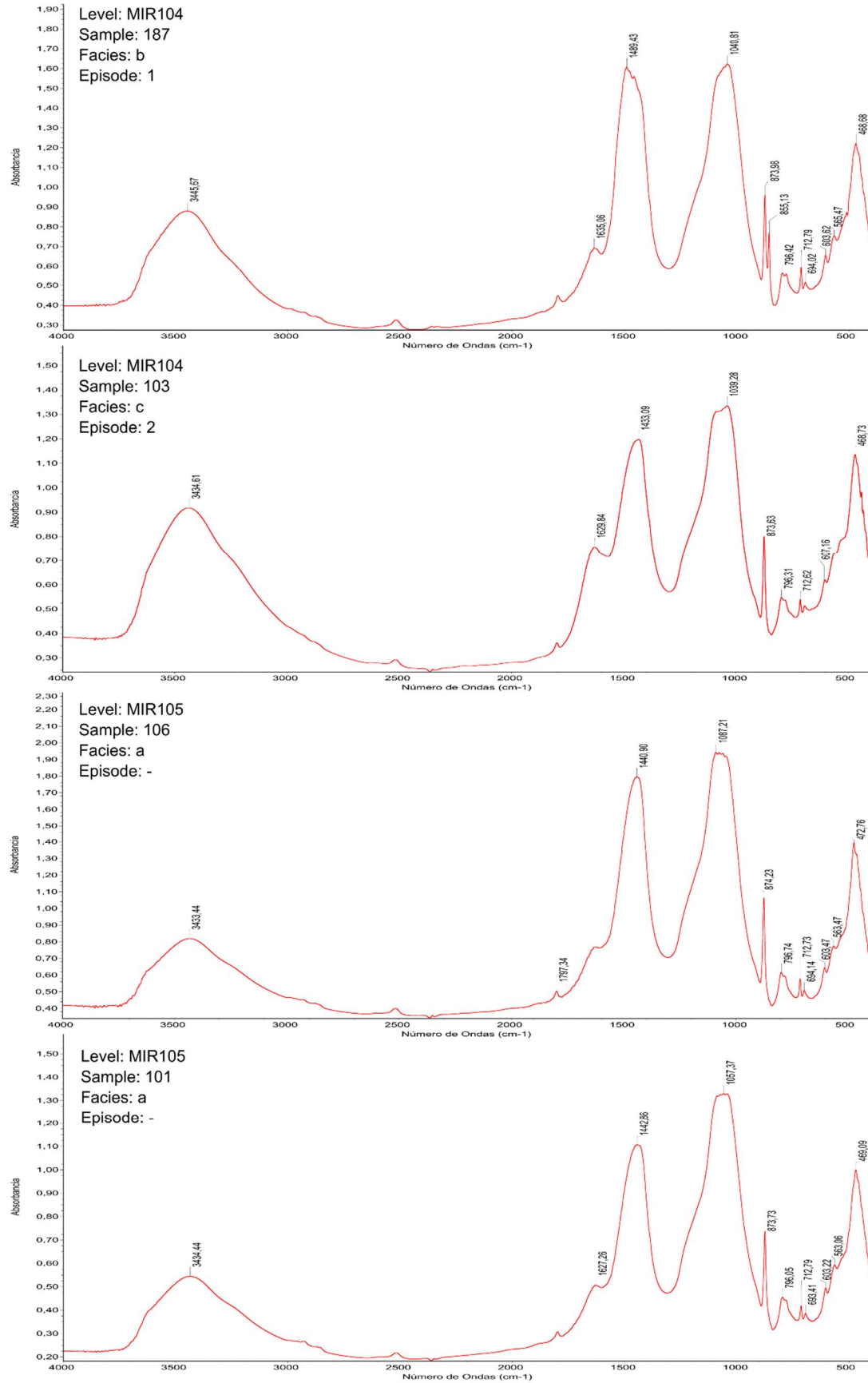


Figura 6.12. Espectros de algunas de las muestras estudiadas.



CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

Sample	Level	facies	Episode	% Carbonates	% Organic material	% AIF	Main minerals	Clay (altered or not)	Calcite origin	Temperature estimation
188	MIR104	b	1	65.41	-1.19	35.79	Ca, Cl, Qz, Dah	b	Anthro. (HDC)	Above 600 °C
187	MIR104	b	1	53.44	-1.63	48.19	Ca=Cl, Qz, Dah	b	Anthro. (Ash)	Bellow 600 °C
186	MIR104	c	1	46.63	12.75	40.62	Cl=Ca, Qz, Dah	b	Anthro. (HDC)	Above 600 °C
185	MIR104	b	2	49.34	3.77	46.89	Cl=Ca, Qz, Dah	b	Anthro. (HDC)	Above 600 °C
104	MIR104	b	2	54.87	2.3	42.83	Ca, Cl, Qz, Dah	b	Anthro. (HDC)	Above 600 °C
103	MIR104	c	2	41.78	16.83	41.39	Cl, Ca, Qz, Dah	b	Anthro. (Ash)	Bellow 600 °C
108	MIR105	a	-	43.87	5.36	50.77	Cl, Ca, Qz, Dah	b	Anthro. (Ash)	Bellow 600 °C
107	MIR105	a	-	44.14	11.17	44.69	Cl, Ca, Qz, Dah	b	Anthro. (Ash)	Bellow 600 °C
106	MIR105	a	-	46.48	11.62	41.9	Cl, Ca, Qz, Dah	b	Anthro. (Ash)	Bellow 600°C
105	MIR105	a	-	44.78	10.63	44.59	Cl, Ca, Qz, Dah	b	Anthro. (HDC?)	Above 600 °C ?
104	MIR105	a	-	42.51	10.86	46.63	Cl, Ca, Qz, Dah	b	Anthro. (HDC)	Above 600 °C
103	MIR105	a	-	42.99	12.12	44.89	Cl, Ca, Qz, Dah	b	Anthro. (Ash)	Bellow 600 °C
102	MIR105	a	-	44.81	10.19	45	Cl, Ca, Qz, Dah	b	Anthro. (Ash)	Bellow 600 °C
101	MIR105	a	-	44.61	10.05	45.34	Cl, Ca, Qz, Dah	b	Anthro. (HDC)	Above 600 °C
100	MIR105	a	-	42.57	9.91	47.52	Cl, Ca, Qz, Dah	b	Anthro. (HDC)	Above 600 °C

**Tabla 6.7.** Resultados de AIF y de FTIR. Ca=Calcite; Cl=Clay; Qz=Quartz; Dah=Dahllite (carbonated hydroxylapatite); b=thermally altered clay; nb= not thermally altered clay. Los minerals han sido ordenados en relación con su altura relativa identificada en los espectros de FTIR.

### 6.2.4.3. Resultados fitolitos y esferulitas

Los resultados de fitolitos obtenidos para la secuencia analizada muestran un claro predominio de las monocotiledóneas, las cuales han sido todas clasificadas como poáceas, debido a la ausencia de morfologías de ciperáceas y palmáceas en el registro. El porcentaje de poáceas llega hasta el 90% en algunas muestras de la secuencia, especialmente en el nivel MIR104. En el nivel MIR105, solamente una muestra presenta un valor más alto del 90%, y es a la vez el valor más alto de la secuencia con un 93.8% (Tabla 6.8 y Fig. 6.13). La mayoría de las muestras presentan valores de entre el 80% y el 90% y por debajo de este rango sólo encontramos dos muestras, la 108 de MIR105 (79.85%) y la 188 de MIR104 (51.74%), siendo este último el valor más bajo de la secuencia.

El grupo de las plantas dicotiledóneas (BLOCKY y TABULAR ENTIRE) están representadas con valores que no superan en la mayoría de los casos al 10% del total del conjunto; a excepción de la muestra 186 de MIR104 con una abundancia del 15.15%, siendo el valor más alto de la secuencia.

La mayoría de las morfologías de poáceas identificadas (GSSCP RONDEL, GSSCP CRENATE Y ELONGATE CRENATE) no presentan adscripción anatómica. Estas representan entorno a un 50% en la mayoría de las muestras. El valor más bajo procede de la muestra 188 de MIR104, con un 19.31%

CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

de poáceas sin adscripción anatómica, que no se ve compensado por un mayor porcentaje de adscripción a la inflorescencia o a las hojas/tallo de poáceas del conjunto de poáceas.

1	2	3	4	General monocot. (grasses)	General Dicot.	Grass without anatom. adscrip.	Grass inflor.	Grass leaf	Pooid (C3)	Panicoid (C4)	Dicot. leaf	Wood & Bark	Fruits
188	MIR104	b	1	51.74	6.56	19.31	3.47	28.96	18.15	0.77	0.00	6.56	0.00
187	MIR104	b	1	90.95	5.35	56.38	4.94	29.63	49.79	0.82	0.00	5.35	0.00
186	MIR104	c	1	81.82	15.15	37.66	7.79	36.36	34.63	0.00	0.00	15.15	0.00
185	MIR104	b	2	90.64	7.12	53.18	8.24	29.21	52.43	0.37	0.00	7.12	0.00
104	MIR104	b	2	87.40	5.12	49.21	4.72	33.46	47.24	0.00	0.00	4.72	0.39
103	MIR104	c	2	90.73	7.66	50.40	5.65	34.68	46.77	0.40	0.00	7.66	0.00
108	MIR105	a	-	79.85	6.46	50.19	7.98	21.67	46.01	2.28	0.00	6.08	0.38
107	MIR105	a	-	88.58	3.54	54.33	6.69	27.56	50.39	2.76	0.00	3.54	0.00
106	MIR105	a	-	88.06	4.48	55.22	7.09	25.75	49.63	2.24	0.00	4.48	0.00
105	MIR105	a	-	88.40	5.20	52.40	10.00	26.00	46.40	2.40	0.00	5.20	0.00
104	MIR105	a	-	93.80	4.65	51.16	11.63	31.01	47.67	0.78	0.00	4.65	0.00
103	MIR105	a	-	85.60	4.67	51.36	7.39	26.85	48.25	1.17	0.00	4.67	0.00
102	MIR105	a	-	85.60	8.95	43.19	9.34	33.07	39.30	0.39	0.00	8.95	0.00
101	MIR105	a	-	85.77	5.69	50.89	4.98	29.89	47.69	2.14	0.00	5.69	0.00
100	MIR105	a	-	89.64	6.07	52.14	7.86	29.64	51.07	1.07	0.36	5.36	0.36

**Tabla 6.8.** Resultados de fitolitos de las muestras analizaas del sector MIR100. 1=Sample; 2=Level; 3=Facies; 4=Episoe

De las morfologías que si presentan adscripción anatómica, dominan en toda la secuencia las adscritas a las hojas/tallo de gramínea (ELONGATE ENTIRE y CYLINDROID ENTIRE). La mayoría de las muestras presentan entre un 20 y un 30% de hojas/tallo de gramínea. Solamente 5 muestras, presentan valores superiores al 30%, entre ellas la 186 de MIR104 con el valor más alto dentro de la secuencia (36.36%). Alrededor de un 10% de los fitolitos identificados se originaron en la inflorescencia de poáceas. Solamente dos muestras, la 105 y la 104 de MIR105 superan por poco este 10% (Fig. 6.13 y tabla 6.8).

Las poáceas tipo C3-Pooideae (CRENATE, RONDEL y TRAPEZOID) son las dominantes dentro del conjunto mientras que los valores tipo C4-Panicoideae (BILOBATE, CROSS y POLYLOBATE) presentan valores escasos en toda la secuencia, por debajo del 3%. En cambio, los valores de C3-Pooideae se encuentran entre el 45 y el 55% en la mayoría de las muestras, sólo dos muestras (102 de MIR105 y 186 de MIR104) presentan un porcentaje inferior al 40%, y el valor más bajo es el obtenido para la muestra 188 de MIR104 (18%). La presencia de ELONGATE DENDRITIC, morfología que puede llegar a asociarse con plantas domésticas, representa en todas las muestras de la secuencia valores testimoniales.

Las dicotiledóneas son minoritarias dentro del conjunto, como ya hemos comentado anteriormente. Anatómicamente las morfologías identificadas pertenecen a madera y corteza, ya que los valores obtenidos para las hojas de dicotiledóneas son irrelevantes en toda la secuencia.

CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

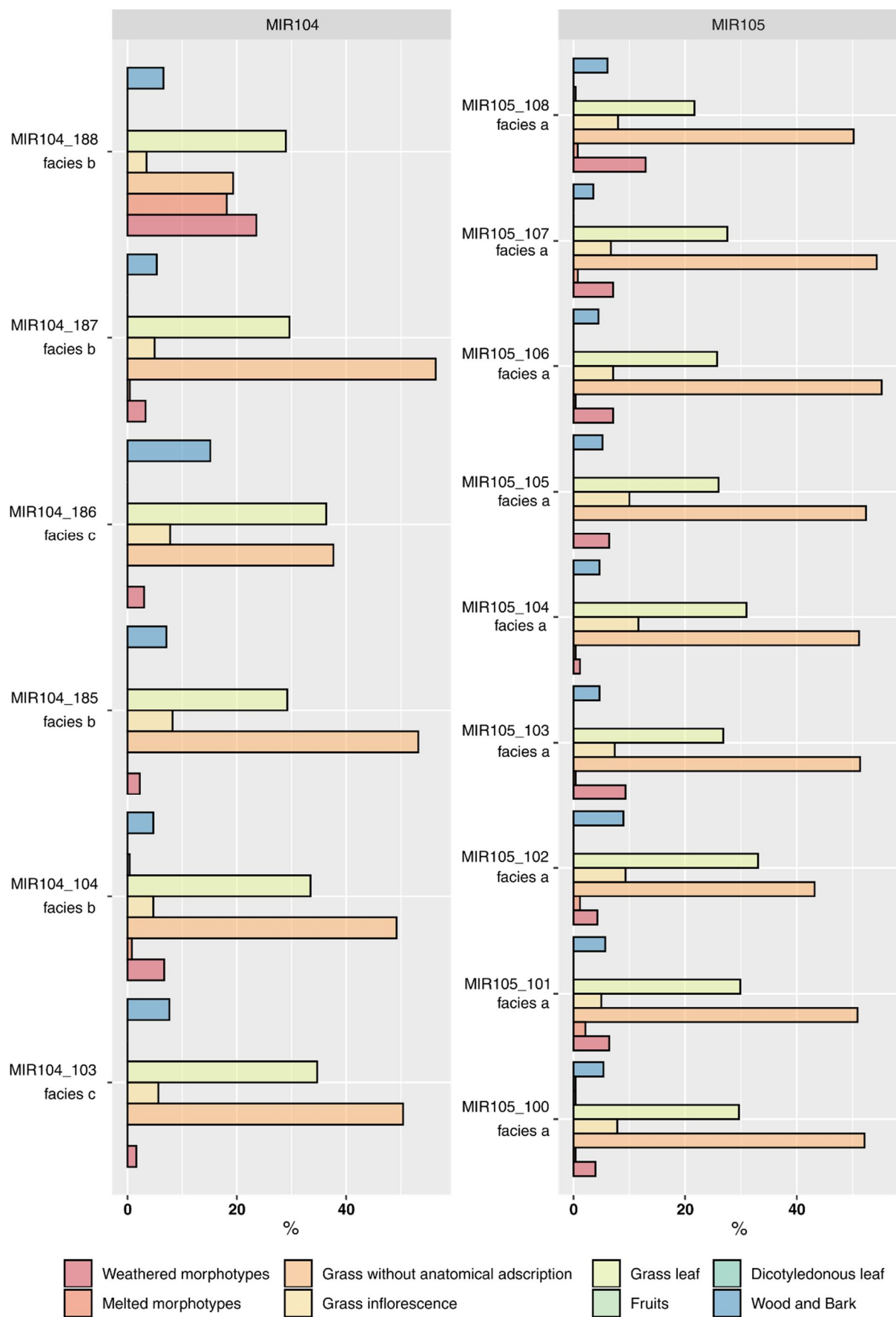


Figura 6.13. Principales resultados de fitolitos obtenidos de las muestras analizadas

## CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

En relación con las alteraciones de los conjuntos de fitolitos, las morfologías alteradas (*weathered*) son las más habituales y, en menor medida, se han identificado también morfologías derretidas (*melted*) (Tabla 6.9 y Fig. 6.14). En general, los valores son bajos y las alteraciones identificadas no son elevadas, sólo a excepción de la muestra 188 de MIR104. La mayoría de las muestras presentan porcentajes de *weathered* por debajo del 5% (n=7), sobre todo en el nivel MIR104. Las muestras con valores entre el 5 y 10% de morfologías *weathered* son un total de 6, concentradas sobre todo en la parte alta y media del nivel MIR105. Dos muestras presentan valores superiores al 10% de *weathered morphotypes*, son la muestra 188 de MIR104 y la muestra 108 de MIR105 con porcentajes del 23.55% y el 12.93%, respectivamente.

Otros marcadores tafonómicos, como el porcentaje de fitolitos que mantienen la conexión anatómica o el número de fitolitos que forman una estructura multicelular, presentan una dinámica similar al resto de marcadores tafonómicos (Tabla 6.9). La mayoría de las muestras presentan un bajo porcentaje de conexiones anatómicas, por debajo del 10% y en varias muestras incluso por debajo del 5%. Las dos muestras que presentan mayor porcentaje superan escasamente el 10%. El número de fitolitos individuales que forman las estructuras multicelulares no son muy elevados; en general, entre 2 y 3 fitolitos. La muestra 188 de MIR104 es la que presenta un promedio más elevado de fitolitos individuales en una estructura multicelular: 4.83 de promedio. Esta misma muestra es la que también presenta un mayor porcentaje de conexiones anatómicas, con un 11.20%.

Finalmente, las concentraciones tanto de fitolitos como de esferulitas son las que presentan mayor variabilidad dentro de la secuencia (Tabla 6.9 y Fig. 6.14). En la mayoría de los casos, los valores de esferulitas son mucho mayores que los de fitolitos. Solamente 4 muestras presentan valores de fitolitos superiores que de esferulitas. La mayoría de las muestras (9 muestras) presentan concentraciones por debajo de los 250 millones de fitolitos por gramo de AIF; solamente una muestra (103 de MIR104) presenta concentraciones de entre 300 y 400 millones; el resto de las muestras (5 en total) presentan valores superiores a 700 millones. Las concentraciones más altas se localizan en el techo y la base del nivel MIR105, siendo en la base de la secuencia, concretamente en la muestra 100, donde se localiza el valor más elevado (1700 millones por gramos de AIF). La concentración tan elevada de fitolitos para esta muestra nos llevó a hacer varias repeticiones, con unos resultados cuantitativos parecidos. El valor más bajo corresponde a la muestra 188 de MIR104, aunque la mayoría de los valores más bajos se encuentran en la parte media del nivel MIR105, entre las muestras 102 y 106.

Las esferulitas presentan concentraciones de más de 1000 millones por gramo de sedimento en tres muestras: la 104 y 185 de MIR104 y la 101 de MIR105 (Tabla 6.9 y Fig. 6.14). Un grupo importante de muestras (n=7) presentan concentraciones por debajo de los 600 millones, mientras que las restantes 4 muestras presentan valores entre 600 y 800 millones, concentraciones que a pesar de todo se pueden considerar altas. Como se observaba con los fitolitos, la concentración más baja de esferulitas la hemos obtenido para la muestra 188 de MIR104. En la parte media de la secuencia de MIR105, hay una disminución importante y continua de las concentraciones de esferulitas, que vuelven a aumentar en la base del nivel.

CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

Sample	Level	Facies	Episode	Anatomically connected phytoliths	Average cell number	Weathered	Melted	Phyt. g/AIF	Spher. g/sed.
188	MIR104	b	1	11.20	4.83	23.55	18.15	71	54
187	MIR104	b	1	2.47	2.00	3.29	0.41	227	728
186	MIR104	c	1	5.19	3.00	3.03	0.00	147	215
185	MIR104	b	2	8.24	3.14	2.25	0.00	719	1,620
104	MIR104	b	2	5.91	3.00	6.69	0.79	135	1,425
103	MIR104	c	2	2.42	3.00	1.61	0.00	397	290
108	MIR105	a	-	3.04	2.67	12.93	0.76	731	738
107	MIR105	a	-	3.94	2.50	7.09	0.79	998	469
106	MIR105	a	-	9.70	3.71	7.09	0.37	213	587
105	MIR105	a	-	6.40	3.20	6.40	0.00	212	496
104	MIR105	a	-	10.47	3.38	1.16	0.39	190	510
103	MIR105	a	-	1.56	2.00	9.34	0.39	198	455
102	MIR105	a	-	7.39	2.38	4.28	1.17	121	754
101	MIR105	a	-	8.19	2.88	6.41	2.14	978	1,136
100	MIR105	a	-	11.79	3.67	3.93	0.36	1,783	671

Tabla 6.9. Principales resultados tafonómicos y cuantitativos obtenidos de las muestras analizadas

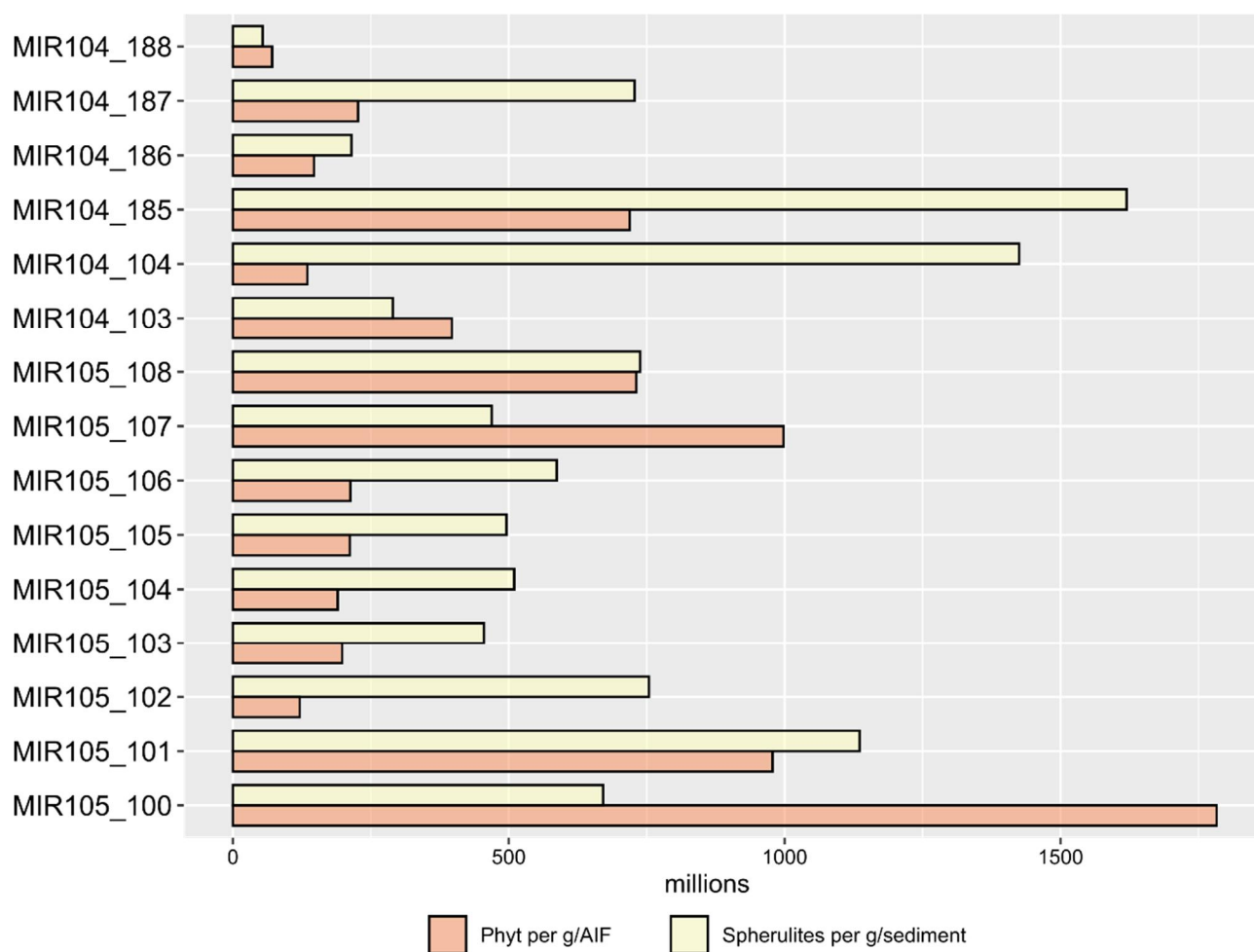


Figura 6.14. Resultados cuantitativos de fitolitos y esferulitas obtenidos de las muestras analizadas

Teniendo en cuenta que dentro de esta secuencia hay dos niveles y tres facies con procesos de formación *a priori* bastante diferentes, hemos considerado interesante agrupar los resultados por niveles y por facies. Algunos de los resultados obtenidos y que se describen a continuación son

CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

interesantes para entender mejor la formación de la secuencia y el significado de cada una de las facies.

Los resultados agrupados por niveles muestran pocas diferencias destacables (Fig. 6.15 y 6.16). El nivel MIR104, que macroscópicamente ha sido descrito como un *fumier*, presenta unos valores de inflorescencia algo más bajos que en el nivel MIR105. En las hojas de poáceas ocurre lo contrario, los valores son algo más elevados para MIR104 que para el nivel MIR105. Sin embargo, estas diferencias son poco significativas a nivel general, y la secuencia presenta una composición de fitolitos sin grandes diferencias entre niveles. Las alteraciones no presentan valores muy desiguales entre niveles arqueológicos, pero se identifica un valor extremo en el nivel MIR104, tanto en las alteraciones por *weathered* como por *melted*, que corresponde con la muestra 188, en el techo de la secuencia.

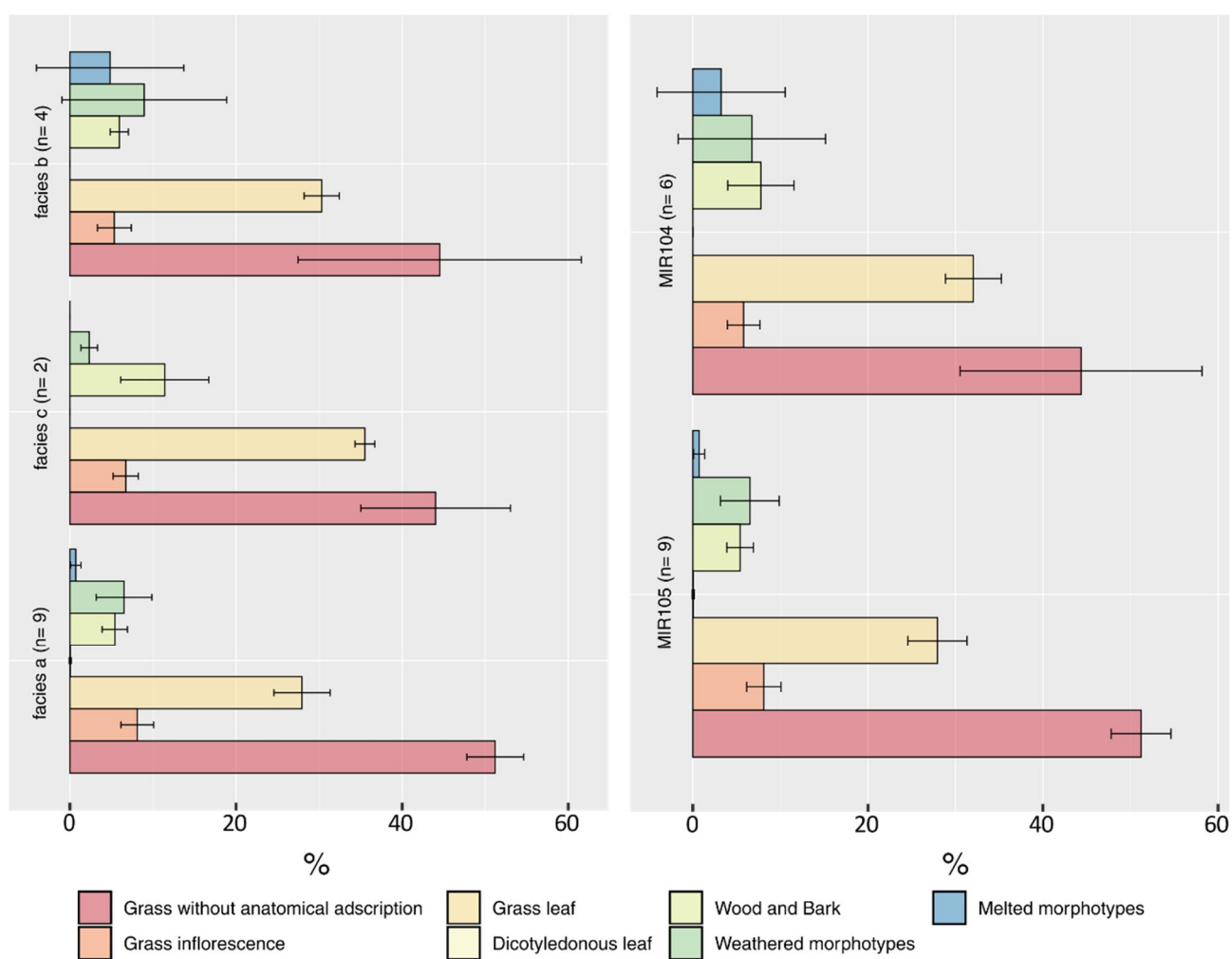


Figura 6.15. Promedio del porcentaje de los resultados de fitolitos agrupando por facies (izquierda) y nivel (derecha). Las barras de error indican 1δ desviación estándar.

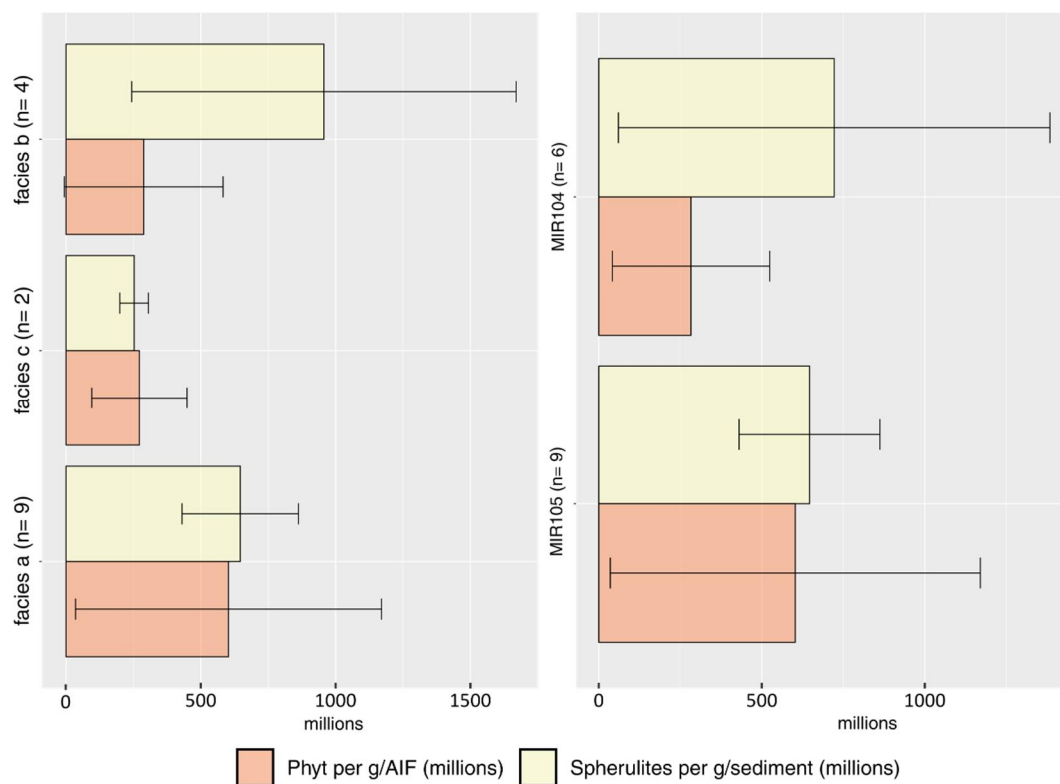
Las concentraciones tanto de fitolitos como de esferulitas son los resultados que presentan una mayor variabilidad, mostrando varias discontinuidades dentro de la secuencia. Estas diferencias se identifican especialmente en el análisis detallado por muestras, ya que en el análisis agrupado por niveles estas no son tan destacadas. Los valores de esferulitas presentan una alta variabilidad cuando se consideran las muestras individuales. Esta variabilidad, no obstante, desaparece cuando

## CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

se calcula el valor promedio para cada nivel estudiado. No pasa lo mismo con el caso de los fitolitos, con valores medios más elevados para la unidad MIR105 que para la unidad MIR104.

El análisis de la distribución por facies también es interesante. No obstante, hay que tener en cuenta en su análisis que el número de muestras para la facies c es bajo y esto puede mostrar distribuciones erróneas. La presencia de inflorescencia y hojas de poáceas por facies presenta variaciones importantes (Fig. 6.15 y 6.16). En el caso de la inflorescencia, los valores medios son muy parecidos entre las diferentes facies. Algo parecido pasa con los valores de las hojas de poáceas, aunque en este caso la facies c presenta unos valores un poco por encima de las otras dos facies. Las alteraciones agrupadas por facies muestran como la facies b es la que presenta una mayor variabilidad de los resultados y un valor extremo que, como ha pasado en la agrupación por niveles, es la muestra 188 de MIR104. En la facies c y a las morfologías *melted* son casi inexistentes, y los valores de alterados son especialmente bajos en la facies C.

Las concentraciones de fitolitos y esferulitas sí que muestran diferencias significativas en algunos casos cuando las agrupamos por facies. Por un lado, los fitolitos de las dos facies de la unidad MIR104 (facies b y c) presentan unos valores en las concentraciones de fitolitos parecidas, con pocas diferencias destacables. En cambio, las diferencias entre los valores medios de esferulitas las encontramos entre las facies b y c, siendo la facies b la que presenta el promedio más elevado, incluso mayor que el obtenido para la facies a. La facies a presenta una media de los valores parecidos entre concentraciones de fitolitos y esferulitas, con valores superiores en los dos casos a la facies c pero solamente en el caso de los fitolitos superiores a la facies b.



**Figura 6.16.** Promedio de los valores cuantitativos de fitolitos y esferulitas agrupados por facies (izquierda) y nivel (derecha). Las barras de error indican 1 $\sigma$  desviación estándar.

#### 6.2.4.4. Resultados de los análisis estadísticos

Para poder identificar cambios y/o continuidades en la intensidad del uso como redil de la cueva, hemos aplicado algunas pruebas estadísticas (PCA y clúster análisis) sobre los principales resultados de las muestras de los dos niveles. Para ello hemos utilizado el programa estadístico PAST (versión 2.17) (Hammer et al. 2001)

Las categorías incluidas en la PCA han sido las poáceas (sin adscripción anatómica, inflorescencia y hojas/tallo), las dicotiledóneas (hojas y madera/corteza) así como los dos tipos de alteraciones (*weathered* y *melted*). También forman parte del análisis estadístico, los resultados de los análisis cuantitativos de las concentraciones de fitolitos y esferulitas.

En el PCA realizada se le ha aplicado una corrección, ya que algunas variables estaban expresadas en % y otras en concentraciones por gramo de sedimento o por gramo de AIF. Para ello hemos realizado la correlación (var-covar normalizada) que normaliza todas las variables mediante la división de los valores por su desviación estándar. De esta forma hemos evitado la sobrerrepresentación de las variables cuantitativas de fitolitos y esferulitas respecto a los porcentajes de las diferentes categorías de fitolitos. El PCA nos indica el peso de cada variable en algunas muestras o conjunto de muestras, sin embargo, no muestra diferencias entre niveles ni entre facies (Fig. 6.17). Las concentraciones de fitolitos y esferulitas son las variables que explican mejor la variabilidad en la mayoría de las muestras del nivel MIR105 y algunas de la unidad MIR104. En el caso de la muestra 188 de MIR104, las alteraciones son las que obtienen un mayor peso, siendo la única muestra que se explica por la presencia de las alteraciones.

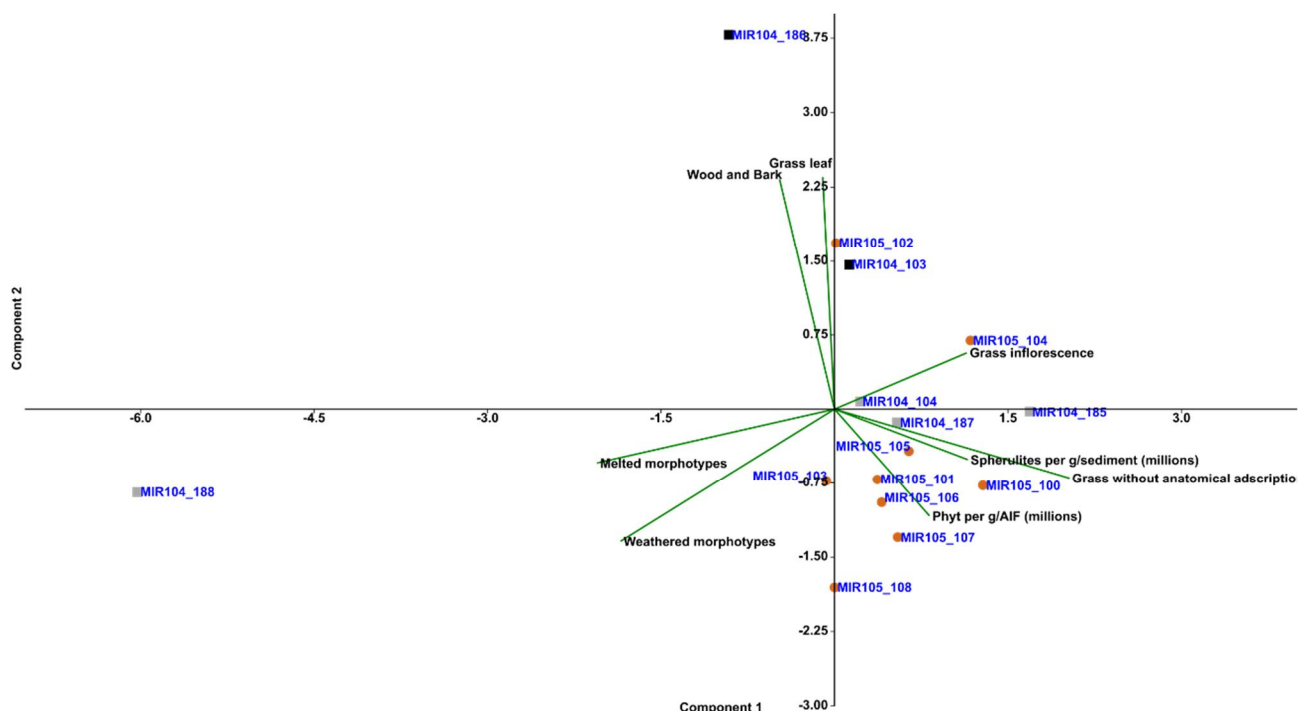


Figura 6.17. Resultados de la PCA obtenida de los principales resultados de fitolitos y los valores cuantitativos de fitolitos y esferulitas. Todas las variables han sido corregidas mediante el estadístico var-covar normalizada de PAST.



Para el clúster hemos utilizado el algoritmo del enlace único o del vecino más cercano, el cual genera el clúster a partir de la distancia más corta entre los valores. Se han utilizado solamente los valores cuantitativos de fitolitos y esferulitas. Los resultados muestran una gran distancia entre las dos últimas muestras del nivel MIR105 y el resto de las muestras de la secuencia analizada. La distancia es parecida para toda la unidad MIR104, con independencia de la facies y las dos primeras muestras de MIR105 (Fig. 6.18). Finalmente, se observa como la parte media de la unidad MIR105 presenta poca distancia entre las muestras 102, 103, 104, 105 y 106.

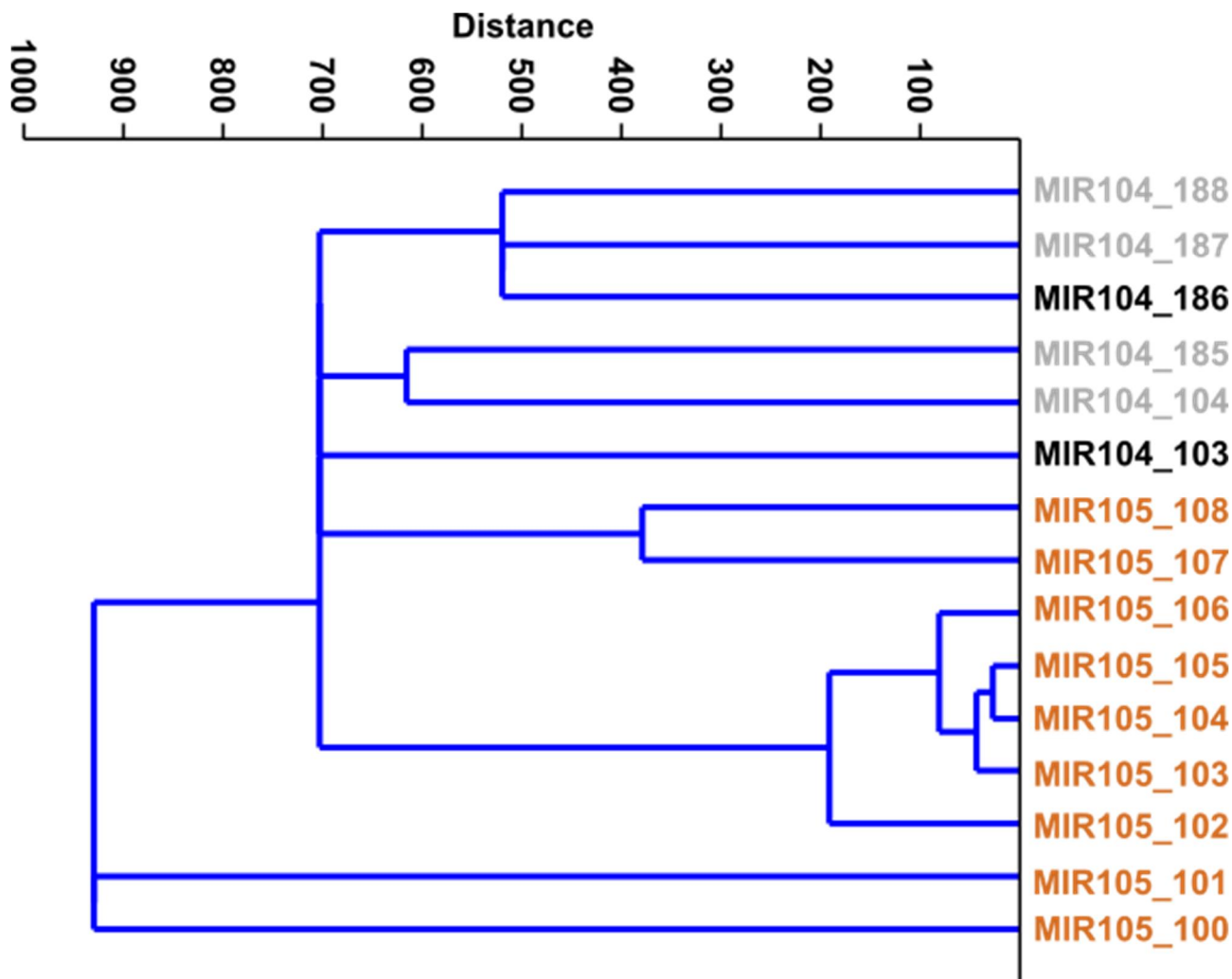


Figura 6.18. Resultado del clúster análisis de los resultados cuantitativos de fitolitos y esferulitas

### 6.2.5. Interpretación y discusión de los resultados

La secuencia analizada del sector 100 muestra dos niveles macroscópicamente muy diferentes entre ellos. El nivel MIR104 se define macroscópicamente como una secuencia de estabulación y quema, con dos episodios diferenciados. Esta misma idea está sustentada por el estudio de los conjuntos de fitolitos, esferulitas y FTIR.

La gran concentración de fitolitos y, especialmente, de esferulitas, evidencian el alto contenido antrópico del nivel MIR104, con un origen claramente vinculado a la estabulación de animales y a la acumulación de estiércol. La presencia de calcita pirogénica (cenizas) formada a alta temperatura

## CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

(HDC) indicaría que la temperatura de la combustión superó los 600 °C (Berna et al. 2007; Chu et al. 2008; Regev et al. 2010; Weiner 2010). Los minerales autogénicos, como la dahllita (carbonate hydroxylapatite) en este tipo de secuencias se relaciona con la presencia de fosfatos en los sedimentos producidos por la acumulación de estiércol (Macphail et al. 1997; Shahack-Gross et al. 2003; Karkanas 2006). Descartamos la posibilidad de que la dahllita se haya formado por la alteración de las cenizas, ya que es habitual encontrarla en contextos de estabulación y quema arqueológicos y experimentales, indicando que es muy probable que su formación no esté relacionada con la alteración de las cenizas. La presencia de calcita formada a alta temperatura y la presencia de dahllita asociada a la acumulación de estiércol demostraría que la secuencia estudiada es el resultado de la quema de estiércol para reducir el volumen acumulado y esterilizar el espacio. Este tipo de marcadores se han documentado en diferentes contextos y han servido como referencia para la identificación de este tipo de prácticas ganaderas y de gestión del espacio de estabulación de animales en contexto de cueva (Brochier et al. 1992; Macphail et al. 1997; Shahack-Gross et al. 2003; Karkanas 2006; Shahack-Gross 2011).

El estudio de las esferulitas indica que estas se forman principalmente en los intestinos de animales herbívoros (Canti 1999). Los animales rumiantes, como cabras, ovejas o vacas, son los que producen mayor cantidad; dificultando poder identificar las esferulitas producidas por cada animal según su mayor o menor abundancia (Canti 1999; Shahack-Gross 2011). Los estudios zooarqueológicos de El Mirador sugieren que se trata de un rebaño mixto, formado por ovejas y cabras, y con una presencia menor de vacas entre los animales domésticos (Martín et al. 2009, 2016a). El hecho de que los tres taxones principales de El Mirador sean animales rumiantes, hace difícil que podamos aportar algún elemento más a la discusión, ya que la señal que la dieta y la producción de esferulitas que generan es muy parecida entre las tres especies.

La dieta de estos tres taxones tampoco es muy diferente. Sin embargo, las cabras tienden a presentar una dieta más variada, siendo animales ramoneadores, que pueden llegar a consumir corteza, ramas y brotes tiernos además de poáceas (Shahack-Gross 2011; Kam et al. 2012). En cambio, las ovejas y vacas son animales que principalmente consumen pastos (Shahack-Gross 2011). Las muestras del nivel MIR104 indican un consumo mayoritario de poáceas, hecho que coincide con la dieta de las ovejas, cabras y vacas.

Nuestros resultados muestran un porcentaje de dicotiledóneas bajo para el nivel MIR104, y la mayoría de las morfologías pertenecen a la madera y la corteza con una ausencia destacable de las hojas. Por tanto, entendemos que estamos delante un rebaño que tiene una dieta principalmente formada por poáceas, que obtendrían de un pastoreo libre en el entorno de la cavidad. En relación con el forraje arbóreo como forma de alimentar a los rebaños, se propuso la posibilidad de la aportación de forraje leñoso en base al predominio del género *Quercus* en el registro (ca. 60%) y el estudio dendrológico de los anillos de crecimiento (Allué and Euba 2005; Euba et al. 2016). Diferentes colecciones de referencia muestran como habitualmente la madera y las hojas de dicotiledóneas tienen una baja producción de fitolitos (Albert and Weiner 2001; Tsartsidou et al. 2007), a la que hay que añadir que la disolución de las hojas de dicotiledóneas es mucho mayor que el de las poáceas (Wilding and Drees 1974). Además, la producción que tienen las poáceas, es hasta 20 veces superior respecto a las dicotiledóneas (Albert and Weiner 2001).

Este hecho puede provocar un enmascaramiento a causa de la sobrerrepresentación de las poáceas sobre las plantas dicotiledóneas durante la identificación y cuantificación del conjunto. Aun así y siempre desde la perspectiva de los fitolitos en El Mirador, la ausencia casi total de hojas hace difícil sostener la aportación de forraje en forma de ramas y hojas destinadas al consumo por parte del rebaño en los períodos invernales. En el caso de que esta aportación fuera puntual y circunscrita en algunos períodos del año, esto dificultaría aún más su identificación en el registro fitolitológico. La señal fitolitológica del uso de forraje leñoso únicamente sería identificable, cuando esta tienen un predominio claro en las estrategias de gestión de la dieta de los rebaños, tal como se ha identificado en algunos yacimientos franceses (Delhon et al. 2008). La ausencia de morfologías que puedan ser interpretadas como evidencias de la presencia de la inflorescencia de plantas domésticas (ELONGATE DENDRITIC), nos hace descartar la presencia de actividades relacionadas con la agricultura en esta parte del yacimiento. Sin embargo, no podemos descartar el uso de productos secundarios de la agricultura como la paja como camas para el rebaño.

La posibilidad de identificar estas diferencias entre dietas de animales, mediante los conjuntos de fitolitos depositados a partir de los excrementos, es aún un reto inexplorado. Para ello hay que recurrir a otros análisis, como el estudio de los componentes orgánicos tipo coprostanol y los ácidos biliares (Shahack-Gross 2011). Por todo ello y hasta el momento, nuestros resultados solamente pueden reforzar las conclusiones anteriormente alcanzadas mediante el estudio de los conjuntos zooarqueológicos de El Mirador (Martín 2015), que indican un rebaño formado por ovejas, cabras y vacas.

Los porcentajes de dicotiledóneas obtenidos también pueden ser el resultado de otros usos. Entre ellos, hay que destacar su uso como combustible (aunque no se haya identificado ninguna estructura de combustión doméstica en la secuencia), para la fabricación de cercados, herramientas o en el caso del nivel MIR104, pudo ser utilizado para el encendido de los montones de estiércol en la gestión para el amontonamiento y quema de estiércol acumulado en la cueva.

#### **6.2.5.1 Los procesos de formación**

El fuego es un elemento estructural en los procesos de formación del nivel MIR104, dividiéndolo en dos paquetes de cenizas (facies *b*), separadas por una capa más fina carbonosa (facies *c*). Es también el principal agente tafonómico que puede llegar a alterar el registro microarqueológico, como denotan algunos espectros de FTIR que muestran una calcita muy desordenada que se formaría a altas temperaturas (Berna et al. 2007).

En las muestras analizadas de la secuencia de El Mirador, especialmente en el nivel MIR104, se observa que el fuego tiende a concentrar o reducir los conjuntos microarqueológicos. El proceso resultante y la formación de cada conjunto dependerá de dos variables principales: la temperatura y la reducción del volumen. No obstante, hay otras variables secundarias que condicionan las primeras, como la mayor entrada de oxígeno durante la combustión, la humedad del estiércol o la degradación de la materia orgánica que forma la secuencia (Vergès et al. 2016c). Sobre estas variables se sabe poco hasta el momento, pero pueden ayudar a explicar la variabilidad de facies identificadas en una secuencia de estabulación de animales y quema de excrementos.

## CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

Las secuencias de *fumiers* son, por lo tanto, fenómenos altamente complejos, en que el fuego juega un papel clave, junto con un amplio rango de variables que pueden condicionar su formación, pudiendo generar resultados muy heterogéneos dentro de una misma secuencia. Un buen ejemplo de esta complejidad, lo encontramos en el nivel MIR104, donde para una misma facies y un mismo episodio de combustión, se hallan valores muy elevados de esferulitas (hasta más de 1000 millones en las muestras 185 y 104) a escasos centímetros de muestras con valores muy bajos de esferulitas (por debajo de los 100 millones) y de fitolitos (muestra 188).

Los dos episodios de combustión identificados en el nivel MIR104 tienen una potencia de unos 20 cm de cenizas. Si esta espesor representa el 10 y el 20 % del volumen inicial antes de la quema, como han demostrado algunos trabajos experimentales (Shahack-Gross et al. 2005; Vergès et al. 2016c), se puede calcular de forma aproximada que el volumen de excrementos antes de la quema sería de entre 1 y 2 m. Es decir, que en el volumen de las capas cenicientas encontraríamos concentrados los microrrestos depositados en una potencia de entre 1 y 2 m de acumulación de estiércol sin quemar.

Las temperaturas en que fitolitos y esferulitas se alteran total o parcialmente son alcanzadas de forma habitual durante la combustión, tal como se ha podido observar experimentalmente mediante la quema de estiércol (Vergès et al. 2016c). En el registro arqueológico de El Mirador, se han podido identificar altas temperaturas en las muestras analizadas de la unidad MIR104 mediante la presencia de calcita muy desordenada (HDC). Las temperaturas alcanzadas en este nivel posiblemente no fueron ni iguales ni constantes y, por lo tanto, la alteración de los microrrestos no se produjo de una forma homogénea ni afectó a la totalidad del conjunto. Además, el combustible, en este caso los excrementos de herbívoros que conformarían la acumulación antes de la combustión se caracterizan por unas concentraciones muy altas de esferulitas y fitolitos. Las esferulitas se ven alteradas a una temperatura de entre 500 y 560 °C según Brochier (2002), mientras que Shahack-Gross (2011) propuso una temperatura de entre 650 y 700 °C. Por otro lado, tenemos los conjuntos de fitolitos, que tienen como principal componente el silicio, con un punto de fusión de 1713 °C. Sin embargo, en contextos sedimentarios como los identificados en secuencias de *fumier*, el punto de fusión puede descender a un rango de 600 a 900 °C (Canti 2003; Matthews 2010; Brönnimann et al. 2017; Canti and Brochier 2017).

Las condiciones de la combustión es lo que más probablemente podría explicar los resultados obtenidos en la muestra 188 de MIR104, la cual presenta los valores más discordantes con relación al resto de la secuencia. Esta muestra es la que presenta los valores cuantitativos más bajos, tanto de fitolitos como de esferulitas, y unos porcentajes más altos de morfologías alteradas por *weathered* y, especialmente, de *melted*. Esto se puede explicar considerando que en el techo del episodio las condiciones de la combustión serían oxidantes, suponiendo un mayor incremento de la temperatura, la cual afectaría de forma más drástica a los conjuntos de fitolitos. Además, una vez terminada la combustión, el techo de la secuencia quedaría más expuesto a factores ambientales, cambios del pH u otros elementos que contribuyeran a alterar y reducir los conjuntos de fitolitos y esferulitas.

En contraposición, en las facies *c*, se generarían en condiciones reductoras, con una temperatura óptima para la carbonización de los excrementos, y por lo tanto con temperaturas más bajas que no implican la formación de cenizas. Las facies *c* en la formación de las secuencias de *fumier* representarían el impacto térmico de la combustión, en que el fuego afectaría de forma indirecta y menos intensa los conjuntos, generando esta facies carbonosa. Su identificación como impacto térmico también viene definida porque aparece siempre por debajo de las cenizas.

En estas facies *c* de la unidad MIR104 hay un porcentaje más alto de inflorescencia de gramínea, y los valores de *weathered* y *melted* son claramente más bajos. Los valores cuantitativos también son más bajos en las facies *c* en relación con otras facies. La menor concentración se explica por la menor reducción del volumen inicial, a causa de las bajas temperaturas alcanzadas y las condiciones reductoras en que se formaría esta facies. Asimismo, las facies *c* del nivel MIR104 son la que presentan valores de materia orgánica más alta. Las concentraciones de las facies *c* encajan bien en referenciales de muestras modernas de excrementos de ovejas y cabras no quemadas, que tienen un rango de producción de esferulitas de entre 100 y 500 millones y de fitolitos, entre 20 y 150 millones (Portillo et al. 2012, 2014, 2017; Gur-Arieh et al. 2013).

A todos los procesos y características de la combustión descritos anteriormente, hay que añadirle la presencia de procesos postdeposicionales, siendo el *trampling* el más importante de estos. Una vez el estiércol se ha combustionado empieza otro ciclo de estabulación que puede terminar con otro episodio de quema. Este nuevo ciclo de estabulación provocará que los animales pisoteen y compacten el residuo de la combustión, reduciendo aún más el volumen. En esta nueva reducción del volumen, se concentrarán el resultado de la combustión generado bajo diferentes condiciones (temperatura, pérdida de volumen, localización dentro del montó, condiciones del estiércol etc.). Es por este motivo que nos encontramos en una misma muestra resultados que podrían ser contradictorios, como la presencia de calcita formada a alta temperatura (más de 600 °C) con alta concentraciones de fitolitos y esferulitas.

#### **6.2.5.2. MIR105**

Los procesos de formación del nivel MIR105 son diferentes a los identificados en la unidad MIR104. La presencia continua de esferulitas evidencia la formación de la secuencia vinculada con la deposición de excrementos de herbívoros. Ahora bien, la presencia de excrementos varía dentro de la unidad. Las cuantificaciones de esferulitas para este nivel son notables en todas las muestras, pero a la vez desiguales en las concentraciones. En la base (muestras 100-102) y a techo (muestras 107-108), las concentraciones son más altas que en la parte medial de la secuencia, donde los valores de las muestras se vuelven bastante homogéneos (muestras 103-106 de MIR105). Este fenómeno puede ser indicativo de una menor o mayor presencia de animales estabulados o una menor o mayor intensidad del uso como redil de esta zona del yacimiento.

Los resultados de fitolitos del nivel MIR105 comparten la misma dinámica observada para los conjuntos de esferulitas. Las concentraciones más altas se observan en el techo y en la base del nivel. En cambio, las muestras de la parte medial del nivel MIR105 presentan unos valores más bajos y homogéneos.

## CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

En dos muestras (100 y 107) los valores de fitolitos son más altos que los de esferulitas. Generalmente en muestras de colecciones de referencia de excrementos, las esferulitas son el microrresto dominantes, frente a las concentraciones de fitolitos con valores más bajos (Portillo et al. 2012, 2014, 2017; Gur-Arieh et al. 2013). Esto podría indicar que estas dos muestras, además de contener restos de excrementos, tendrían una aportación de restos vegetales superior al aporte habitual a partir de las defecaciones de los animales. El contenido vegetal de esta acumulación estaría formado principalmente por poáceas. Es especialmente elevada la presencia de restos vegetales en la base del nivel (muestra 100), donde los valores obtenidos sólo pueden ser consecuencia de una acumulación de un gran volumen de restos vegetales; como indican los valores superiores a los 1500 millones de fitolitos por gramo de AIF cuantificados. La interpretación de estas concentraciones es difícil, pero al estar asociada con importantes valores de esferulitas, sugiere la estabulación del ganado como la causa más probable de la acumulación de restos vegetales.

Una posibilidad sería que estas acumulaciones vegetales fueran camas para el ganado, especialmente para las madres gestantes y lactantes, así como para los animales en sus primeras semanas de vida. Esta idea se relaciona con el uso de El Mirador como paridero, identificado a partir de los estudios zooarqueológicos (Martín et al. 2016a). La presencia de fetos y neonatos de ovicaprinos ha permitido identificar el uso de la cueva como espacio donde apartar las madres gestantes para protegerlas en los momentos más críticos del parto y postparto, así como a las crías (Martín 2015; Martín et al. 2016a). La división del rebaño por especie, sexo o grupo de edad se identifica en algunos yacimientos del sur de Francia y el Adriático, desde el Neolítico Medio (Helmer 2000; Bréhard et al. 2010). Las hembras gestantes de ovicaprinos pasan durante la gestación por diferentes fases críticas, en que los pastores evitan cualquier tipo de alteración que pueda provocar el aborto y procuran mantener una buena alimentación de la hembra para poder mantener a la cría. Sería en este periodo, cuando se podrían crear esta especie de camas para las madres gestantes y sus crías, que ayudaría a prevenir uno de los elementos más perjudiciales para las crías como es la humedad. El hecho que el sector 100 se encuentra en una esquina de la cavidad puede también ser un argumento para apoyar esta idea, ya que la pared de la cavidad ayudaría en la separación de las madres gestantes del resto del rebaño.

La variedad en las concentraciones de fitolitos no implica una heterogeneidad en la composición de los conjuntos. En todas las muestras del nivel MIR105, los conjuntos de fitolitos están formados principalmente por poáceas, con una importante presencia de morfologías que se forman en las hojas/tallo, mientras que la inflorescencia está menor representada. Estas llegarían al yacimiento a partir de los excrementos o formaría parte de este *input* vegetal utilizado como cama. Los valores de dicotiledóneas seguirían siendo bajos y la mayoría pertenecerían a la madera/corteza ya que las hojas continúan estando ausentes en este nivel. La presencia de morfologías alteradas no es significativa dentro de este nivel. Así como pasaba en el nivel anterior, las morfologías de la inflorescencia habitualmente vinculadas con plantas domésticas están ausentes en todas las muestras analizadas, aunque no es descartable el uso de productos secundarios como la paja. Por consiguiente, son principalmente las concentraciones de fitolitos y esferulitas los principales microrrestos para atestiguar cambios y continuidades en la intensidad de la ocupación y en el uso

## CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

del espacio durante el nivel MIR105. Los conjuntos, aunque todo parece indicar que tienen orígenes cambiantes dentro del nivel presentan cierta homogeneidad en la composición de los conjuntos de fitolitos, pero no en la cuantificación de los microrrestos.

La combustión es un elemento presente en todas las muestras analizadas en este nivel. Se ha podido identificar calcita pirogénica, es decir, ceniza en todas las muestras. Ahora bien, la calcita pirogénica formada a alta temperatura sólo se ha detectado de forma puntual en algunas muestras de la secuencia, especialmente en la base de ésta.

Ahora bien, cabe destacar que el mineral principal identificado en los espectros es la arcilla, a diferencia de lo que ocurría en el nivel MIR104, donde la calcita era el mineral predominante en los espectros. La arcilla de las dos unidades muestra alteración térmica, hecho que nos informa sobre la posible presencia de episodios de combustión en el nivel MIR105. La presencia de cenizas sería secundaria en esta unidad y junto con la presencia de esferulitas y arcillas quemada nos hablaría de la presencia de procesos de combustión de estiércol, aunque macroscópicamente no se haya identificado. Que estos episodios de combustión de estiércol sean *in situ* o no es difícil de decirlo desde la perspectiva de este trabajo. Solamente podemos identificar los elementos de la combustión (cenizas, arcilla alterada térmicamente y esferulitas en una secuencia que a priori y macroscópicamente no presenta las laminaciones habituales de las secuencias de fumiers. El factor antrópico vinculado con la combustión se vería relegado y/o mezclado con dinámicas de formación vinculadas a factores naturales en la formación del nivel MIR105.

Descartamos que la baja presencia de calcita en la secuencia esté vinculada a una disolución de esta por los procesos kársticos que se pudieran haber acontecido en la cavidad, vinculados principalmente a la filtración de agua. El motivo es que, aunque se haya identificado un pH del suelo relativamente básico (un pH de 8) (del Valle 2018), la buena conservación de los fitolitos nos hace descartar procesos químicos que hayan disuelto la calcita del nivel MIR105. Para terminar de confirmar esta hipótesis hará falta esperar a los resultados de micromorfología actualmente en curso.

En resumen, los resultados obtenidos para este nivel MIR105 muestran una variabilidad en el origen de los procesos de formación y en la intensidad de la ocupación vinculada a una reducción de los animales estabulados en algunos momentos o al desplazamiento del redil dentro de la cueva generando que este sector sea un espacio secundario. Este hecho también podría estar relacionado con los cambios en la localización de la ocupación en la cueva, las diferentes intensidades de la ocupación y la gestión de los excrementos que se acumularían en este nivel arqueológico. Los momentos en que la ocupación sería más intensa se han podido identificar en el techo y en la base del nivel, asociados a una posible presencia de lechos para la gestión de las hembras gestantes y sus crías. En la parte medial del nivel MIR105, esta intensidad bajaría y se reduciría el número de animales estabulados o se desplazaría de lugar el fumier, tal como indican los valores obtenidos tanto de fitolitos como de esferulitas. La composición de estos rebaños, su dieta y su gestión no variaría de la identificada en el nivel MIR104. Ésta se basaría en el consumo de poáceas fruto del pastoreo libre por parte de unos rebaños formados principalmente por ovejas

y cabras, así como de vacas cómo el principal taxón secundario, como indican los estudios zooarqueológicos.

### **6.2.5.3. Sector 100, MIR104-MIR105.**

Parece que estos dos niveles presentan una serie de continuidades y discontinuidades interesantes para entender la gestión de los espacios de estabulación y de las practicas ganaderas durante la Edad del Bronce.

La presencia de alteraciones en los conjuntos de fitolitos no se muestran muy diferentes entre los dos niveles, igual que en la composición de los conjuntos. Esto podría implicar que los dos niveles tendrían la ocupación en un mismo momento del año, sin poder precisar en cual, ya que tanto en otoño-invierno como en primavera-verano la inflorescencias continúan están siendo potencialmente consumibles por los rebaños (Burguet-Coca et al. 2020).

La homogeneidad en los conjuntos, aun tratándose de niveles con orígenes muy diferentes, puede tener una explicación de carácter tafonómico. Las morfologías que se forman en las inflorescencias de las poáceas tienen un mayor grado de disolución que otras morfologías de fitolitos. A esto hay que añadir que una vez las morfologías se ven alteradas térmicamente, al volverse más frágiles, aumenta la posibilidad de alteración o de disolución, pudiendo provocar una mayor disolución de los morfotipos de la inflorescencia (Piperno 2006; Cabanes et al. 2011). Ante un agente tafonómico como la combustión a alta temperatura, las morfologías de inflorescencia se verían afectadas y su presencia reducida en el nivel MIR104. Esta mayor incidencia del fuego en la inflorescencia se puede observar también en los resultados por facies, siendo las facies *b* las que presentan un menor porcentaje de inflorescencia y una mayor presencia de morfologías con alteraciones tipo *weathered* o *melted*.

En los dos niveles se han identificado momentos con mayor o menor intensidad de la ocupación y del uso de la cueva como redil. Mientras que en el nivel MIR104 los espesores recuperados después de la quema implicarían valores iniciales de varios metros; el nivel MIR105 presenta momentos en que los indicadores de estabulación de animales, como son las esferulitas, serían más escasos. Esta dinámica identificada, basada en la alternancia entre ocupaciones de mayor o menor intensidad, se ha documentado en niveles de la Edad del Bronce a partir del análisis de los conjuntos faunísticos y de los palinomorfos no polínicos en el sector MIR (Martín 2015; Expósito et al. 2017). Desde la perspectiva de los microrrestos, los valores cuantitativos son los más significativos en la identificación de cambios, en que se puede correlacionar las bajadas o subidas en las concentraciones con la intensidad de la ocupación de esta parte de la cueva.

Los análisis estadísticos han corroborado en parte las observaciones generales realizadas sobre los resultados de fitolitos y esferulitas, tanto a nivel morfológico como cuantitativo.

La PCA nos muestra como son las cuantificaciones de fitolitos y esferulitas las variables con un mayor peso dentro del conjunto de datos. También muestra como la muestra 188 de MIR104 es diferente al resto, en que las diferentes alteraciones identificadas tienen un gran peso en los resultados de esta muestra.



El clúster análisis de los datos ha resultado más explicativo para determinar “momentos” dentro de la secuencia. Los dos episodios descritos del nivel MIR104 son parecidos entre ellos y presentan similitud con las dos primeras muestras del nivel MIR105. Esto podría indicar que en el techo de MIR105 habría un *fumier* parecido a los episodios identificados en el nivel MIR104. Este episodio de acumulación y quema sólo lo hemos podido identificar microarqueológicamente, ya que macroscópicamente el techo de MIR105 no presenta los principales elementos definitorios, como las laminaciones horizontales de cenizas y las capas carbonosas subyacentes.

En la parte media del nivel MIR105, las muestras se agrupan entre ellas en un *clúster*, tal como intuíamos con nuestros resultados. Estas muestras denotan una clara diferencia dentro de la secuencia formada por los niveles MIR104 y MIR105, con una disminución de las concentraciones de microrrestos. Finalmente, las dos muestras de la base de la secuencia, no se agrupan con ninguno de los episodios identificados en la secuencia. Esto indicaría que estas muestras son diferentes tanto al *fumier* identificado en la unidad MIR104 y techo de MIR105, como al conjunto de muestras de la parte media de la unidad MIR105.

#### **6.2.5.4. Sector 100 vs sector MIR**

El primer elemento que considerar en la interpretación y discusión de los resultados presentados en este capítulo es la localización del sondeo de donde proceden las muestras y cómo se relaciona con el resto de las secuencias estudiadas. El sondeo 100 se localiza en la parte noroeste del yacimiento, que corresponde con una esquina de la cavidad. La sedimentación desde el techo del sondeo tiende a buzar hacia la pared con las implicaciones que puede llegar a tener para el registro arqueológico y la formación de la secuencia.

A escasos metros del sondeo 100, se realizó el sondeo MIR de donde proceden el primer estudio de fitolitos, esferulitas y FTIR realizado en el yacimiento de El Mirador (Cabanés et al. 2009). Concretamente se analizó el nivel MIR4, con una adscripción al Bronce medio y una datación radiocarbónica similar a la obtenida para el nivel MIR104 y el subsiguiente nivel MIR105. Por lo tanto, tenemos unos primeros resultados con una cronología muy parecida en el sector MIR, a pesar de que no se han realizado estudios geomorfológicos que permitan correlacionar los dos sondeos. De este mismo nivel y del resto de la secuencia, hay publicados trabajos que abordan diferentes aspectos relevantes para la interpretación del sector 100. Entre ellos, cabe destacar la composición del rebaño (Martín et al. 2009, 2016a), su dieta y el posible uso de forraje para su alimentación (Allué and Euba 2005; Euba et al. 2016) o las prácticas agrícolas (Rodríguez et al. 2016; Expósito et al. 2017).

Los únicos estudios de microresos publicados para el sector MIR son los de Cabanés et al. (2009). Este primer trabajo no es comparable directamente con el presentado en esta tesis, ya que el método de extracción tanto de fitolitos y esferulitas es diferentes y la forma de cuantificar estos dos microrrestos también es diferente al utilizado en este trabajo. En Cabanés et al. (2009) dominan las poáceas con un porcentaje de dicotiledóneas del 23% como valor máximo. Las hojas de las poáceas son la parte anatómica dominante, mientras que la presencia de inflorescencias es baja. La identificación de morfotipos de inflorescencia como *dendritic long cell* (ELONGATE DENTATE en

## CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

la nueva nomenclatura) se relacionaron con una posible presencia de espiga de *Triticum aestivum/durum* (Cabanés et al. 2009).

Las variaciones de las muestras analizadas en Cabanés et al. (2009) también se identifican mediante las concentraciones de esferulitas y fitolitos y están relacionadas con el tipo de facies. Las concentraciones de fitolitos presentan un valor máximo de 25 millones para una muestra procedente de una facies *f* (facies cenicienta con presencia de fibras), y solamente tres muestras más superan la barrera de los 10 millones de fitolitos por gramo de sedimento. El resto, procedentes de diferentes facies, presentan valores por debajo de los 10 millones, hasta un mínimo de 2.5 millones para una facies *c*. En casi todas las muestras hay una mayor riqueza de fitolitos que de esferulitas, las cuales muestran un rango de entre 13.000 y 1.700 esferulitas por gramo de sedimento. Ahora bien, estos valores más bajos no son directamente comparables con los obtenidos para el sector 100, ya que el cálculo de las concentraciones en el caso del sector MIR está expresado en fitolitos por gramos de sedimentos y para este trabajo hemos utilizado la cuantificación por gramos de AIF. Eso es una dificultad importante a la hora de comparar resultados. Hemos observado en algunas experimentaciones realizadas en que se utilizaban las dos fórmulas de cuantificación, que las concentraciones expresadas por gramos de AIF son siempre más ricas que las expresadas por gramo de sedimento.

Los valores de AIF y carbonatos de las muestras publicadas en el trabajo del sector MIR presentan valores parecidos de AIF y carbonatos a excepción de los valores obtenidos para la facies *b*, con un aumento de los valores de carbonatos hasta llegar al 80% y una disminución de la AIF con valores alrededor del 20%. Los porcentajes de la materia orgánica se encuentran siempre por debajo del 10%. Los resultados de FTIR muestran una alta presencia de calcita u ópalo en muchas de las muestras analizadas, así como la presencia de dahallita o cuarzo (Cabanés et al. 2009). Es en la composición mineralógica en la que coinciden más los resultados entre los dos sectores, siendo estos resultados comparables, especialmente interesante la similitud en la composición mineralógica que presentan las facies en ambos sectores. Esta similitud, añadida a la descripción macroscópica o a la caracterización del origen de las facies, nos indica la concordancia entre facies identificadas en sondeos diferentes. Por tanto, las facies a falta de obtener más resultados de diferentes espacios y facies de la cueva cumplen una premisa básica para su uso como unidad básica durante la excavación: la recurrencia. Esto nos estaría indicando que estas facies son el resultado de procesos concretos que se repiten en la formación de un *fumier* y que son identificables en diferentes partes del yacimiento e incluso en otros yacimientos con secuencias parecidas.

Si comparamos los resultados del sector MIR con los resultados obtenidos para el sector 100, hay algunos elementos que nos pueden llegar a indicar la distribución de las actividades ganaderas y agrícolas en espacios diferentes del yacimiento, durante los niveles atribuidos a la Edad del Bronce. En la parte central de la cueva, donde se localiza el sector MIR, las actividades ganaderas compartirían espacio con las prácticas agrícolas puntuales. Los resultados del sector MIR parecen mostrar una menor presencia de esferulitas y se identificó el procesado de cereales en una de las muestras analizadas. En cambio, hasta el momento, no se han identificado evidencias relacionadas con las actividades agrícolas en el sector 100. Es muy probable que la estabulación de los animales

## CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

se realizara en la parte interior de la cueva, para aprovechar la pared de la cavidad como parte del cercado. En cambio, las actividades relacionadas con la gestión de los cultivos se centrarían en la parte más abierta de la cueva.

Otro elemento que ayudaría a apoyar esta idea es la formación de los episodios de combustión. Mientras que en el nivel MIR4 del sector MIR los episodios presentan poca potencia; en el sector 100, estos episodios se ven reflejados en paquetes de 20 cm de cenizas, como en el caso del nivel MIR104. Esto indicaría que la morfología de los episodios sería en forma de cono, localizándose la parte distal y menos espesa en el sector MIR, mientras que la parte más potente del cono correspondería a los episodios del sector 100. La definitiva contrastación de esta hipótesis requeriría ampliar las zonas excavadas y unir los dos principales sondeos con secuencias de estabulación y quema de El Mirador.

## 6.3. BUILDING A *FUMIER*: THE EFFECTS OF FIRE ON THE VEGETAL MICRO REMAINS AND ITS MINERALOGICAL SIGNAL

### 6.3.1. Introduction

Animal dung in an archaeological record is a valuable socioeconomic and environmental proxy reflecting the relationships among human groups, animals and their landscape (Miller 1984, 1996, 2013; Sillar 2000; Ghosh et al. 2008; Shahack-Gross 2011; Expósito et al. 2017; Spengler 2018). The presence of dung in the archaeological record has always been linked to herders' lifestyle since the domestication of animals. The use of dung as a secondary product is linked to domestic fuel (Anderson and Ertug-Yaras 1996; Reddy 1998), in small-scale economic activities (Miller 1984; Sillar 2000; Zapata Peña et al. 2003), as construction material (Kramer 1982; Reddy 1998; Boivin 2000) or as fertiliser (Kramer 1982). Since the 80s with the works of Brochier (Brochier 1983b, 1991; Brochier et al. 1992; Brochier and Beeching 1994), dung management was identified through the burning in *fumier* sequences, located in caves and rockshelters, with new economic and social implications, becoming to be known with the French term *fumier*. Thereby, the archaeological deposits named as *fumiers* mainly originated from the *in situ* burning of animal dung and vegetal material (Bergadà, 1997; Badal, 1999). This kind of infill is rich in archaeobotanical material because it is generated by the repeated burning of waste generated after these caves were used as a cattle flock (Brochier et al. 1992; Canti 1999; Oms et al. 2008; Angelucci et al. 2009).

In the few past decades, the contexts of stabling animals and burning of dung have achieved greater interest and the number of publications and disciplines that have studied this type of cave sequences has increased (Bergadà 2001; Bergadà et al. 2005; Delhon et al. 2008; Allué et al. 2009; Badal 2009; Cabanes et al. 2009; Polo-Díaz et al. 2014; Alonso-Eguíluz et al. 2016; Carrancho et al. 2016; Martín et al. 2016; Polo-Díaz et al. 2016; Rodríguez et al. 2016; Vergès et al. 2016a). The location and re-study of sequences of *fumiers* distributed mainly in the Mediterranean basin has made it possible to better characterize and understand the chronological and functional dynamics of this type of sequences (Angelucci et al. 2009). This phenomenon was common during the Neolithic and Bronze Age in Europe (Charles et al. 1998; Badal 1999) and it has been identified at many sites, some examples are Arene Candide in Italy (Macphail et al. 1997; Maggi et al. 1997); Grotte d'Antonnaire (Argant et al. 1991) Caune de Bélesta (Brochier et al. 1999; Brochier and Claustre 2000) and La Grande Rivoire (Delhon et al. 2008) in France; Cova de les Cendres (Badal 1999; Bernabeu and Molina Balaguer 2009), Los Husos (Alday Ruiz et al. 2003; Alonso-Eguíluz et al. 2016), El Mirón (Peña-Chocarro et al. 2005), El Mirador (Vergès et al. 2016a), Cueva del Toro (Égüez et al. 2016), Cova de la Guineu (Bergadà 1998; Allué et al. 2009) and Cova Gran de Santa Linya (Polo-Díaz et al. 2014; Burguet-Coca et al. 2020) on the Iberian Peninsula.

New research has already overcome the idea that burning dung in a cave responded to the need to sterilize and reduce the volume of accumulated excrement (Brochier et al. 1992; Charles et al. 1998; Shahack-Gross et al. 2005; Angelucci et al. 2009) and has focused on issues such as the study of herd management and diet, the seasonality of the occupation or the complementarity between occupations and habitat networks of prehistoric farmers' and herders' groups (Oms et al. 2008;

Delhon et al. 2008; Shahack-Gross 2011; Euba et al. 2016; Polo-Díaz et al. 2016; Burguet-Coca et al. 2020).

The main characteristic of the *fumier* sequences, which is a novelty in relation to the first studies on animal dung, is that the *fumier* sequences are mainly made up of burnt dung in cave. This has important implications for the interpretation of the results, especially the archaeobotanical record. Fire is a distorting agent of archaeobotanical assemblages that alters and modifies the plant content, but also preserves and is materialized in the reduction of the volume of dung deposited in the caves. It is for this reason that, to address this type of archaeological record, reference collections are necessary to allow understanding the taphonomic alterations produced by the combustion of dung in plant micro-remains. Some published ethnoarchaeological or archaeo-experimental references analyse penning enclosures (Panadès et al. 2016; Morandi 2018; Égüez et al. 2020) or the use of dung as fuel (Miller 1984; Anderson and Ertug-Yaras 1996; Lancelotti and Madella 2012; Gur-Arieh et al. 2013; Portillo et al. 2017; Égüez and Makarewicz 2018), however there are very few works on specific references collections to understand the accumulation and burning of a *fumier*-type sequence, that requires the in situ burning of dung in the penning space. Furthermore, most of the references come from arid or semi-arid contexts (Anderson and Ertug-Yaras 1996; Gur-Arieh et al. 2013; Portillo et al. 2017), where potentially consumable vegetation and herd management are quite different in terms of landscape composition and resources availability from those that have been documented in Mediterranean Holocene contexts.

Several works address the formation and incidence of fire as a taphonomic agent in archaeobotanical assemblages in a type of sequence characterized by high anthropization and dynamic and complex formation processes (Cabanés et al. 2009; Edwards et al. 2015; Expósito and Burjachs 2016; Val-Peón et al. 2019). Understanding the taphonomic and formation processes is essential to assess the integrity and coherence of the archaeological record and to obtain an accurate interpretation of animals, plants and their socio-economic management by human groups (Albert et al. 2008; Matthews 2010; Cabanés et al. 2011; Shahack-Gross 2011; Polo-Díaz et al. 2014; Cabanés and Shahack-Gross 2015). Although there are many processes involved in the genesis of this type of deposit, such as the digestion of vegetable micro-remains by penned animals, subaerial exposure of dung, or the compaction and diagenesis processes in a broad sense, in this work we intend to explore the action of fire, which constitutes precisely one of the key events in the taphonomic history of these assemblages.

The Corral del Mas del Pepet Project is one of the most ambitious archaeo-experimental approaches to the study of prehistoric *fumier* sequences. The project, still in progress, analyzes all the stages involved to study prehistoric *fumier* in the management of a sheepfold cave, constituting a unique opportunity to approach from a global, multidisciplinary and archaeo-experimental perspective to the formation of *fumier*-type contexts, livestock activities and other aspects related to herding management activities (Vergès et al. 2016b).

In this work, we present the results obtained on the incidence of fire as a taphonomic agent in the phytoliths, spherulites, pollen and non-pollen palynomorphs (NPP) assemblages. The specific objectives are: 1) To characterize microarchaeologically burned and not-burned dung. 2) Assess

the microarcheological agreement/homogeneity of the experimental facies. 3) Evaluate the incidence of fire in the microarchaeological assemblages. 4) Raise the taphonomic biases of fire and its effect on the interpretation of the microarchaeological assemblages on a cultural, economic and human behavioral scale.

### 6.3.1.1. Mas del Pepet experimental project

The objectives of the Mas del Pepet experimental program (MPEP) is to obtain experimental references that help solve the questions raised above. Additionally, the project follow the goal of propose new hypotheses from a holistic and interdisciplinary approach to understand the taphonomic dynamics and the training processes involved in the *fumiers* sequence. Formation processes and human activities related to herd management; the burning of dung and the formation of *fumier*-like sequences; the spatial distribution of the macro and microarchaeological record in the pen caves; and the implications in the knowledge of prehistoric agricultural-pastoral life systems through the housing spaces are the large areas of study in which the MPEP is focusing (Vergès et al. 2016b).

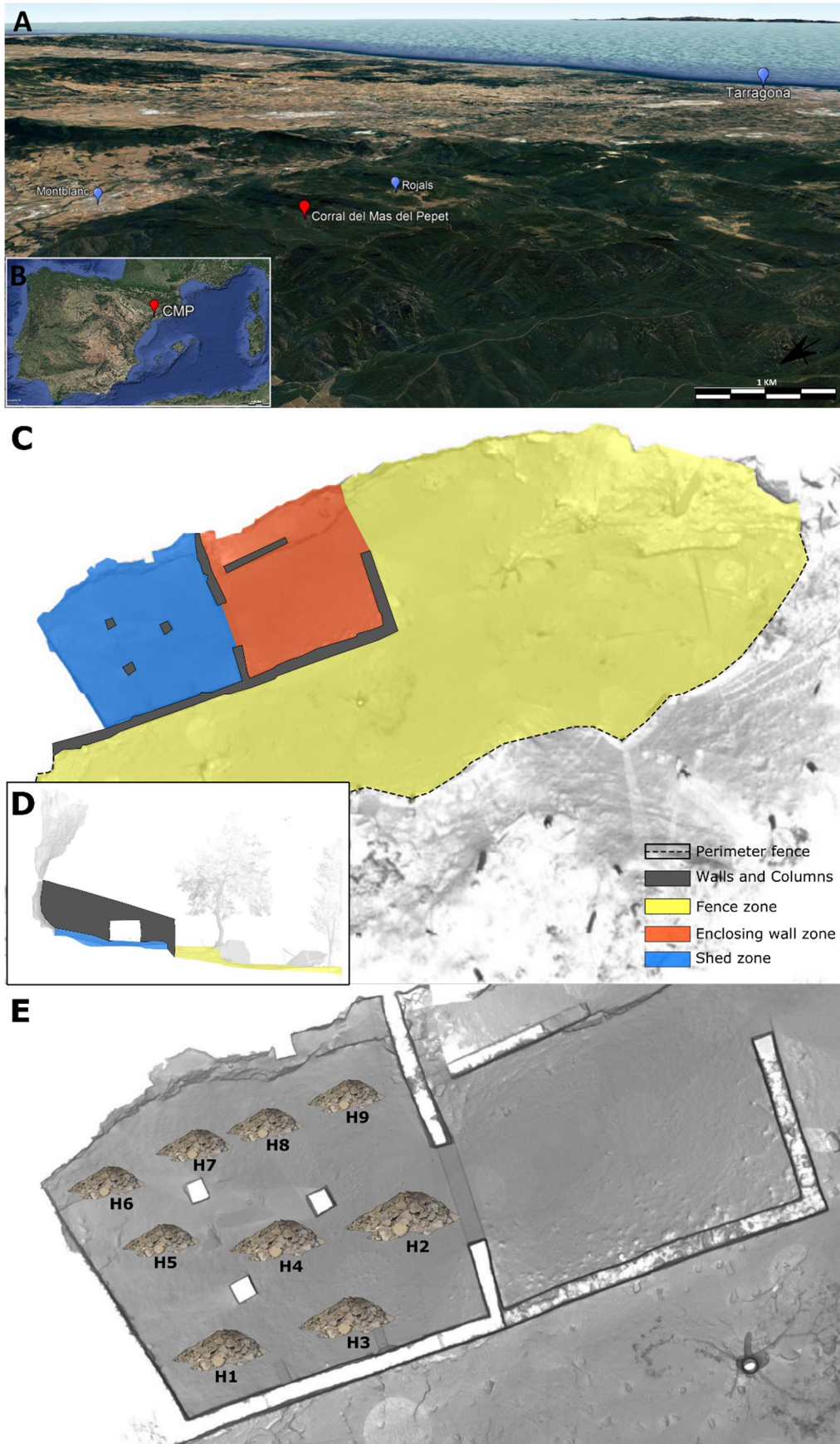
Mas del Pepet pen (41°21'12"N, 1°6'27"E) is a modern pen located in the Eastern sector of the Natural Area of National Interest (PNIN) of Poblet in the village of Rojals, in the municipality of Montblanc (Tarragona, Catalonia) (Fig. 6.19A). The pen is located at 880 m a.s.l on the left bank of the Mas d'en Llord cliff. The current pen was the old farm yard of the Pepet farmhouse, rehabilitated to enclose Pere Domenech's herd.

The penning area of Corral del Mas del Pepet has three spaces with specific characteristics, comparable to the possible areas of a prehistoric pen cave. Two spaces are uncovered (enclosing wall zone and fence zone) and one has coverage (Shed zone) (Fig. 6.19 C-D). The covered area has a wide opening in the form of a door that communicates with an open space but enclosed by walls which prevent the lateral movement of dung.

The herd was composed mainly of goats (approximately 350), and a small proportion of sheep (approximately 50). The flock practice extensive grazing in order to control the undergrowth as part of the government forest-fire prevention plan. The flock stay in the pen of Mas del Pepet from April/May until October/November. During these 7-8 months, the herd goes out to graze daily in different surrounding areas most of the day and returns to the pen to spend the night (Vergès et al. 2016b). MPEP began in 2014 and is currently ongoing. So far there have been 4 burning campaigns (2014, 2015, 2016 and 2018) and two sampling without burning (2017-2019).

The surroundings are characterized by an open woodland of *Pinus pinaster* and *Pinus nigra*, among others. These species come mostly from reforestations carried out in the 20th century. At the area there are other species from the Mediterranean mixed-oak forests such as *Quercus ilex* and *Q. coccifera* in the sunniest and most rugged areas and *Quercus pubescens* that grows in the shadiest and deep soil zones. The shrub community includes *Genista scorpius*, *Ulex parviflorus*, *Cistus albidus*, *Ruscus aculeatus*, *Smilax aspera*, *Euphorbia dendroides*, *Rubia peregrine* and, others, all of them with a characteristic mediterranean filiation. Around a nearby water source grow *Acer opalus*, *Populus nigra*, *Salix* spp., *Juncus* sp., among other hygrophilous taxa.

CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS



**Figure 6. 19.** Location of the Mas el Pepet, location in a) Muntanyes de Prades context and b) Iberian Peninsula context. c) Different areas of the Corral del Mas del Pepet and d) topography in the section of the pen e) Location of the different heaps inside the pen and number of the heap.

In order to know the usual pasture places, the goats and sheep were monitored. During this tracking, the botanical inventory of the species present in the area was carried out, as well as the plants that were consumed by the herd. The vegetation in this area corresponds to that described for the pen surroundings, although in this case, the presence of pine decreases in favour of greater variability of Mediterranean thermophilic species.

The monitoring of the herd in the grasslands and the interviews with the shepherd of the herd allowed us to observe relevant patterns for the interpretation of the archaeological record in relation to the consumption made by sheep and goats. The sheep mainly consumed low grass while the goats also ate shrubs, tender stems and low branches. Consumption by goats in some cases was expeditious, consuming all parts of the plants (inflorescence, leaves and branches) while some taxa selected some specific parts, such as the inflorescence, the leaves or the most tender stems. At the end of the day, the goats focused the same way like sheep, mainly on pasture consumption to get hydrated and help digestion of the food consumed during the day.

The accumulation of dung generated annually by the herd has been burned periodically with the aim of reproducing by burning the formation of the *fumier* sequence. The burning was carried out inside the pen, following the stacking technique, consisting of forming different heaps with dung plates. The ratio of dung accumulation, the volume lost, the temperature reached, or the humidity are some of the controlled variables taken into account before and after the experimental combustion. Preliminary results about Mas del Pepet project were published in Vergès et al. (2016b).

### **6.3.1.2. Mas del Pepet 2015 experimental season**

In 2015, a second experimentation season was carried out after a first failed attempt in 2014 for reasons unrelated to the archaeo-experimental project. The dung deposited in the pen in 2015 was accumulated by the herd between 2011 and 2014. Dung exposed on the surface during experimentation would correspond to the accumulated between May to November 2014.

For the 2015 experimental seasonal, nine heaps were made in the covered area of the pen. (Fig. 6.19E and Fig 6.20). Heaps 1-4 were made towards the lower zone, where the highest thickness of dung accumulates horizontally. Piles 5-9 were formed in the upper part, where the emerging rock causes a slight slope and a less amount of accumulated dung. Humidity samples taken from the piles indicated a humidity percentage of 45%, while the samples from the general substrate maintained humidity percentages somewhat above 50% (Vergès et al. 2016b).

Heaps 1 and 2 (2015-1 and 2015-2 respectively) were controlled by three thermocouples per heap, located in different positions (Fig. 6.21). One thermocouple (T1) was located in the base in a central position in contact with the soil; one in the middle of the pile (T2) and another one in the side of the heap (T3). Besides, an aerial thermocouple was placed in the enclosure's ceiling to measure environmental temperature (T4).



CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS



**Figure 6.20.** Global process was carried out in the experimental program. A) dung heaping and fuel placement. b) ignition of dung heaps c) burning process d) general view of the heaps after burning e) sampling f) digging small pit in the heap 1.

CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

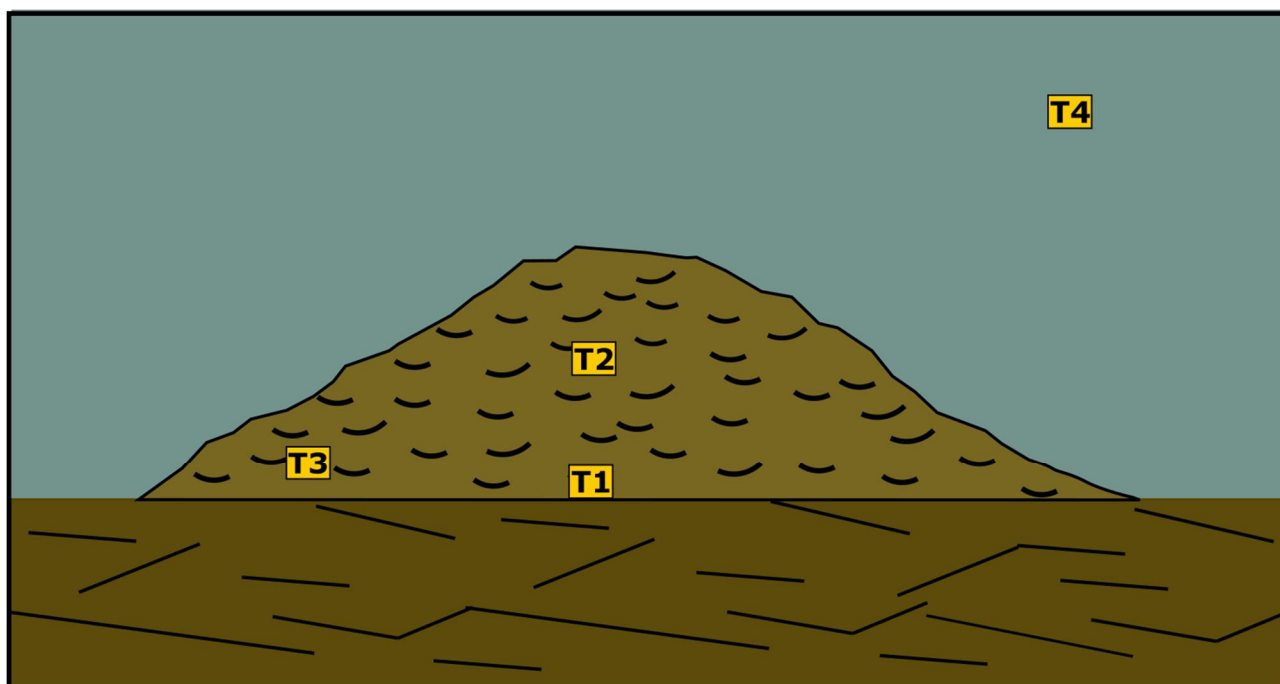


Figure 6.21. Thermocouples location in the heap before combustion.

Humidity conditions of dung made it necessary to use dry branches to ignite the heaps. The maximum temperatures for heap 1 were similar between the three thermocouples, with values of 451°C, 515°C and 544°C. Temperatures in heap 2 were higher, with values for each of the thermocouples of 564°C, 809°C and 1369°C, although, the last temperature was considered abnormal and could be the result of an error in the thermocouple measurement (see Vergès et al., 2016b for more information about temperatures). Discarding this abnormal data, the thermocouples obtained a maximum temperature of ca. 762°C, that matched the temperatures with the temperatures of the rest of the thermocouples and other similar experimental works with dung (Vergès 2011; Martín-Rodríguez and Vergès 2016). The combustion of heap 1 lasted 13 days and 21 hours, at which time the thermocouple began to register temperatures below 50 ° C. Heap 2 took 7 days and 7 hours to be considered off completely.

In general terms, the result of combustion was not uniform shown between the two areas of the pen. In the high zone, where the accumulation was lower, the combustion exceeded the perimeter of the heaps, burning the non-accumulated dung from the surface between the heaps (Fig. 6.20D). This process caused heaps 5-9 to become a continuous zone, where only the original position of the heaps could be distinguished by the colour of the combustion residue. While in the area where the dung had piled up the dominant colour of the surface was ochre-grey, in the areas between heaps the predominant colour was grey-black. The lower area of the pen did not show the same dynamics, since the incidence of fire was limited to the heaps and a small surrounding area. For more information and details on the 2015 experimental season see Vergès et al. (2016b).

## 6.3.2. Materials

### 6.3.2.1. Corral Mas del Pepet

A total of 26 samples collected during the 2015 experimental season are included in this study. Phytoliths, spherulites, NPP and pollen have been analysed, also we have calculated the AIF and analysed each sample by FTIR.

For the chemical composition, the X-Ray diffraction and Elemental Microanalysis by Scanning Electronic Microscope (ESEM) has been combined, applied to a total of 12 or 8 representative samples of the assemblage (Table 6.10).

The samples were collected based on a coloring criterion and proposing a hypothetical archaeological facies adscription, identified in several sequences of prehistoric *fumiers* (Angelucci et al. 2009; Vergès et al. 2016a).

In some archaeological sites the use of facies as sampling criteria allow us to systematize the archaeo-sedimentary characteristics present in a *fumiers* sequence. This is the case of El Mirador where the use of a facies catalogue has allowed the study of a high complexity sequence with a great lateral and vertical variability (Vergès et al. 2016a). Facies aims to identify more precise events than those that can include in stratigraphic units, becoming the scale used for excavation, sampling and sediment analysis. Facies were characterized by sedimentological, edaphic, stratigraphic or archaeological parameters. Usually, the variability of documented facies in archaeological sites could be given by the existence of phosphates in the fresh dung and liquid waste, the different intensity of combustion, or the absence of burning in sediments (Macphail et al. 1997; Shahack-Gross et al. 2003; Karkanas 2006). The main facies established in El Mirador up to now were described by Angelucci et al. (2009) and Vergès et al. (2016a).

Considering that the sampling was carried out an experimental context, we have not assigned the samples taken in the experimental pen to any archaeological facies, because some criteria are only present in an archaeological site (Angelucci et al. 2009). We are going to use the term *facies* followed by colour defined during the Mas del Pepet sampling (ochre, black, grey) to link archaeological and experimental results in future studies.

The colorations that have been defined in the sampling do have a hypothetical correlation to contrast in this work with archaeological facies (Table 6.10). Three facies have been proposed for burned samples: grey *facies* (n= 10); black *facies* (n= 6); ochre *facies* (n= 5). Five not-burned samples (nb) are those that would correspond to the not-burned facies identified in the archaeological sites.

### 6.3.2.2. Muffle furnace replication

Experimental replication using a muffle furnace (Nabertherm-L9/11/C6) was done to control mainly the temperature variable in relation to the microbotanical assemblages. For this, a dung plaque from the pen collected in the same 2015 campaign was used and divided randomly into 8 samples, while each of them included 3 subsamples. The 10 samples were burned at different temperatures from 0 to 900 °C in intervals of 100 °C, for 5 hours under oxidizing conditions. The samples burned



CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

at 0 and 100 °C and their respective subsamples have been discarded for the analysis since they did not burn and their result would be the same obtained for the not-burned samples. Finally, only 8 samples and their respective subsamples were analysed. The same procedure was used to analyse procedure as samples from the experimental pen (Phytolith, Dung spherulite, FTIR, DRX and Elementary Analysis with ESEM) was used for the muffle samples (Table 6.11).

In addition to the experiment carried out under oxidizing conditions, we have also calculated the loss of organic matter under oxygen-reducing conditions. For this purpose, we burned dung at different temperatures in a range from 0 to 1100°C during 4h, and calculated the organic matter loss. To simulate the oxygen reducing conditions we have used the lid of the crucibles.

1	2	3	4	Definition	Hipotetical archaeological facies adscription	Phyt.	Spher.	Pollen	NPP	AIF	FTIR	DRX	ESEM	
M2	2	Grey	burned	Dung Ash samples with grey-white color. 2,5 Y 6/2 - 10YR 7/1	bg	X	X	X	X	X	X			
M2	5	Grey	burned			X	X	X	X	X	X	X	X	X
M2	6	Grey	burned			X	X	X	X	X	X	X		
M2	9	Grey	burned			X	X	X	X	X	X	X		
M3	1	Grey	burned			X	X	X	X	X	X	X		
M3	3	Grey	burned			X	X	X	X	X	X	X	X	
M4	1	Grey	burned			X	X	X	X	X	X	X		
M7	2	Grey	burned			X	X	X	X	X	X	X		
M9	3	Grey	burned			X	X	X	X	X	X	X		
M9	5	Grey	burned			X	X	X	X	X	X	X	X	X
M1	1	Black	burned	Carbonized dung. N4 - 10YR 3/1	c	X	X	X	X	X	X			
M1	2	Black	burned			X	X	X	X	X	X	X	X	X
M2	1	Black	burned			X	X	X	X	X	X	X		
M2	3	Black	burned			X	X	X	X	X	X	X		
M2	10	Black	burned			X	X	X	X	X	X	X	X	X
M2	11	Black	burned			X	X	X	X	X	X	X	X	
M2	4	Ochre	burned	Dung Ash samples with ochre-brown color. 10YR 8/2 - 10YR 5/4	tf	X	X	X	X	X	X	X	X	
M2	7	Ochre	burned			X	X	X	X	X	X			
M2	8	Ochre	burned			X	X	X	X	X	X			
M4	3	Ochre	burned			X	X	X	X	X	X	X	X	X
M9	2	Ochre	burned			X	X	X	X	X	X	X	X	
M2	IN	Brown	not-burned	Original dung, taken before burned heaps. 2.5 YR 3/6 - 2.5YR 2.5/4	v	X	X	X	X	X	X	X	X	
M2	IS	Brown	not-burned			X	X	X	X	X	X	X	X	
M2	SC	Brown	not-burned			X	X	X	X	X	X	X	X	X
Surface	SUP2	Brown	not-burned			X	X	X	X	X	X	X		
Surface	SUP6	Brown	not-burned			X	X	X	X	X	X	X		

**Table 6.10.** List of samples in relation the analysis performed on each of them from the Mas del Pepet pen. 1=heap; 2=sample; 3=colour facie; 4=condition

CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

Sample	Subsample	Phytoliths	Spherulites	AIF	FTIR	DRX	ESEM
200	1	X	X	X	X	X	X
200	2	X	X	X	X		
200	3	X	X	X	X		
300	1	X	X	X	X	X	X
300	2	X	X	X	X		
300	3	X	X	X	X		
400	1	X	X	X	X	X	X
400	2	X	X	X	X		
400	3	X	X	X	X		
500	1	X	X	X	X	X	X
500	2	X	X	X	X		
500	3	X	X	X	X		
600	1	X	X	X	X	X	X
600	2	X	X	X	X		
600	3	X	X	X	X		
700	1	X	X	X	X	X	X
700	2	X	X	X	X		
700	3	X	X	X	X		
800	1	X	X	X	X	X	X
800	2	X	X	X	X		
800	3	X	X	X	X		
900	1	X	X	X	X	X	X
900	2	X	X	X	X		
900	3	X	X	X	X		

Table 6.11. List of samples in relation the analysis performed on each of them from muffle furnace replication

### 6.3.3. Methods

#### 6.3.3.1. Bulk mineral composition

The percentages of carbonates, organic matter, and acid insoluble fraction (AIF) present in the sediments were calculated based on weight loss using a modification of the existing protocols (Albert et al. 1999). Around 50 mg of dry sediment were placed in 1.5 ml Eppendorf tube and 1 ml of 1N HCl was added using a variable volume micropipette to dissolve carbonates and phosphate minerals. After the reaction ended, distilled water was added to the tubes and they were centrifuged at 5.000 rpm for 5 minutes. The supernatant was discarded, and this operation was repeated three times. The remaining pellet was dried in a drying oven (Digiheat-150L-2001245) for 48h at 60 °C and weighed. Then the pellet was transferred to a crucible, burned during 5h at 550°C to eliminate the organic matter and weighed again. The remaining material makes the AIF fraction, which is mostly composed of clay, quartz, and opal (phytoliths). Differences in these categories can be used as a rough indicator for the distribution of mineral components and local differences in site formation processes. Also, using phytoliths concentrations by a gram of AIF allows comparing layers and sites with different taphonomic processes (Albert et al. 2000; Albert 2003; Cabanes et al. 2009; Albert and Bamford 2012; Albert and Marean 2012; Lancelotti and Madella 2012).

### 6.3.3.2. FTIR

The gross mineral composition of the samples was identified using a Fourier Jasco FT/IR-600 PLUS spectrometer. Infrared spectra were collected between 4000 to 400  $\text{cm}^{-1}$  wavelength range at 4  $\text{cm}^{-1}$  resolution for 32 scans using the Kbr pellets (Weiner et al. 1993). The spectra were interpreted using previous studies (Berna et al. 2007; Regev et al. 2010; Gur-Arieh et al. 2013, 2014) and the reference library of archaeological and experimental materials from the Kimmel Center of Archaeological Sciences (Weiner 2010).

### 6.3.3.3. X-Ray Diffraction and elemental microanalysis with ESEM

Both analyses were realized in Seveis Científico i Tècnics (SCiT) in Universitat Rovira i Virgili (URV). X-ray analysis was carried out on 12 samples using a Siemens EM-10110BU model D5000 and interpretation and semi-quantification of the results was performed using the Diffrac-plus Evaluation software.

Additionally, to X-Ray diffraction, we have analysed a selection of 8 samples using the elementary microanalysis available in the Scanning Electronic Microscope (ESEM, FEI QUANTA 600). The microanalysis of X-Ray connected to ESEM microscope allowed to analyse the chemical elements present in the samples and quantify its presence. We perform two analyses in two random parts of the sample at two magnifications, 5000x and 2000x for each analysis, to obtain a representative result of the samples.

### 6.3.3.4. Phytoliths

Phytoliths were extracted following the fast extraction method (Katz et al., 2010). Samples were dried previously in an oven (Digitheat-150L-2001245) at 60°C for 48h. An initial sediment weight of between 10 to 30 mg was required. Dry sediment was weighed and transferred to 0.5 conical centrifuge tubes. Then, 50  $\mu\text{l}$  of 6N HCl were added in order to dissolve carbonate minerals. After reaction ceased, 450  $\mu\text{l}$  at 2.4 g/ml density of sodium polytungstate  $[\text{Na}_6 (\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}) \cdot \text{H}_2\text{O}]$  were added to the solution. The tubes were vortexed, sonicated ca.10 min and centrifuged 5 min at 5.000 r.p.m. The supernatant was transferred to a new 0.5 ml centrifuge tube and homogenized.

An aliquot of 50  $\mu\text{l}$  was placed on a microscope slide and covered with a 24x24 coverslip. Phytolith quantification and identification was carried out using a petrographic microscope Olympus BX41. To reduce quantification and identification errors we counted the number of phytoliths present in a total of 20 fields at 200x (Katz et al. 2010). For quantitative analysis, a minimum of 200 individual phytoliths at 400x were identified (Albert and Weiner, 2001).

The high organic matter content of some samples (specifically not-burned samples) has forced us to incorporate a previous step for their elimination. We have ruled out the use of acids such as hydrogen peroxide since the high amount of organic matter made elimination very slow, expensive and could damage phytoliths. The previous step used has been based on the dry ashing method, which has been shown faster and more efficiently, guaranteeing the integrity of the phytolith group (Jenkins 2009) and was used in other works focused in phytoliths from dung (Albert et al. 2008;

Tsartsidou et al. 2008). In order to remove the organic matter, the samples have been burned in a muffle furnace (Naberthem-L9/11/C6) for 3h at 500°C.

Phytolith morphological identification followed the standard literature (Piperno, 2006, 1988; Rapp and Mulholland, 1992; Twiss, 1992; Twiss et al., 1969) and modern plant reference collections (Albert et al., 2000, 2016; Albert and Weiner, 2001; Tsartsidou et al., 2007). The terms used to describe phytolith morphologies followed the International Code for Phytolith Nomenclature 2.0 (Neumann et al. 2019).

### **6.3.3.5. Pollen and NPP**

The samples have been treated with HCl and KOH to remove carbonates and humic acids, and the palynological residue has been concentrated with a heavy liquid (Thoulet's solution) before the final step with HF, intended to remove silicates present in sediments (Goeury and de Beaulieu 1979; Burjachs et al. 2003). Fossil pollen and Non-Pollen Palynomorphs (NPPs) were identified using published keys (Jarzen and Elsik 1986; van Geel et al. 1986; Hawksworth 1991; Moore et al. 1991; Reille 1992, 1995; van Hove and Hendrikse 1998; Miola 2012; Davis and Shafer, 2006) and a reference collection, and were counted at 400x magnification. Pollen and Non pollen palynomorphs were grouped into large categories related with their ecological significance and their values were expressed in percentages that were calculated based on the total sum of pollen and palynomorphs identified. Microcharcoal particles, pollen and NPP concentration values (grains-particles / g of dry sediment) were calculated using the volumetric method (Loublier 1978; Burjachs et al. 2003). With the aim to reconstruct the taphonomic dynamic of the deposit, proportion of anemophilous and entomophilous pollen have been calculated and also it has been performed the analysis of the pollen surface, distinguishing three main traits: thermal alteration (Campbell 1999; Ujiié and Ando 2003; Ujiié et al. 2003; Traverse et al. 2007; Expósito and Burjachs 2016; Castellano et al. 2017), fractures (Cushing 1967; Holloway 1989; Campbell et al. 1994; Campbell 1999; Lebreton et al. 2010; Twiddle and Bunting 2010; Expósito and Burjachs 2016), and compaction (Sangster and Dale 1961). The results of the incidence of these damages are expressed in percentages calculated according to the total amount of pollen altered. Finally, the rounding presented by some of the charcoal particles, has also been quantified (Expósito et al. 2017). Results are expressed in concentrations, in the same way as microcharcoal values.

### **6.3.3.6. Spherulites**

Dung spherulites extraction, identification, and quantification follow the method developed by Gur-Arieh et al., (2013). Between 10 to 20 mg of sediment were sieved through a 150 µm sieve mesh and placed in a 0.5 ml conical centrifuge tube. Then 500 µl of 2.4 g/ml sodium polytungstate were added and the sample was homogenized and sonicated for 10 minutes before placing an aliquot of 50 µl on a microscope slide. The counting process was performed selecting 15 random fields at 400x using crossed-polarized light (XPL) for better identification of dung spherulites (Canti, 1999).

### 6.3.3.7. Microremain Variation Index

For comparison between phytoliths assemblages, there are already published indexes such as Phytolith Diversity Index (PDI) (Tsartsidou et al. 2008) applied to ethnographic contexts or the Phytoliths Variation Index (PVI) (Cabanés et al. 2012) as an archaeological variation of the index published by Tsartsidou.

However, for this work, we have developed a modification of the previous indices that serve as a taphonomic comparison between microarchaeological assemblages, not only phytoliths, but also dung spherulites, pollens, NPP and others microremains. The Microremain Variation Index (MVI) is based on the coefficient of variance, but with modifications to apply it to the comparison between an assemblage of microremains not affected by taphonomic processes and one with the same origin but which has been affected.

The index principle is based on the creation of a “core of values” corresponding to the average of the percentages of the analysis categories of all samples without taphonomic affectation. This core of values is the reference to which each sample is compared to. In our case, this core of values is formed by the average of the percentages obtained in the different taxonomical and plant part categories of the not-burned samples. When a percentage in the core of values has been 0, as in the case of melted morphotypes, for example, we have modified it to 0.1 in order to apply the Microremain Variation Index (MVI) formula:

$$MVI = \frac{(X_i - \bar{X})}{\bar{X}}$$

$X_i$  is the percentage of specific category (grass inflorescence, wood and bark, arboreal pollen, fungal spores, among others) and  $\bar{X}$  is the average of the percentages of the same category for the core of values samples (in this case of not-burned samples). Eliminating the square elevation of the formula, the values obtained are both positive and negative. The minimum value that can be obtained is -1, which means that in relation to the core of values the decrease has been 100% of the assemblage. Furthermore, positive values do not have a maximum and interpretively a value of +1 means that the increase in relation to the core of values has been double and so on and so forth.

Due the low representation or the lack of pollen and NPP values in some samples, especially on the burned facies, the Microremain Variation Index has been applied in the concentration values (grains – particles / g of dry sediment, Loublier 1978; Burjachs et al. 2003) to larger groups with similar dispersion and ecological affinities (tree, shrubs and herbs for pollen, and fungi, algae, pteridophyta, indeterminate palynomorphs, faunal and vegetal remains for NPP).

### 6.3.3.8. Statistical analysis

The relationship between the samples, their content in microrremains and the taphonomic alterations observed in pollen and phytolith assemblages is shown through ordination with principal component analysis (PCA) using a covariance matrix (Lepš and Šmilauer, 2003). Taxa were also classified into groups through an agglomerative hierarchical clustering with proportional-link



intermediate linkage and using a Euclidian distance. All the analyses were carried out using RCommander (Rcmdr) v. 2.6-x (Fox 2005, 2007, 2017).

### **6.3.4. Mineralogical Results**

#### **6.3.4.1. Bulk mineral composition**

The percentages obtained from carbonates, organic matter and Acid Insoluble Fraction for each sample are summarized in Table 6.12. The percentages of AIF vary between 2 and 20%. By facies colour it can be observed that the average of AIF is practically the same in the 4 groups of samples (ca. 10%), including not-burned samples. Only decreasing slightly in ochre samples (7% on average), where we identify the minimum percentages of AIF.

The presence of Organic matter is very important in not-burned samples with values around 80% and in black samples with values around 50% (Fig x. 6.22 and Table 6.12). In contrast, ochre and grey samples have a low percentage, below 5%, except for a grey sample with a percentage of 11%. Carbonates are the main component in ochre and grey samples with values above 90 in most samples. In black samples, carbonate percentages are mostly 30%, except for a sample with a higher percentage.

#### **6.3.4.2. FTIR results**

Infrared spectra obtained show a mineralogical composition formed mainly by calcite in all burned facies. Clay is also present in a large number of spectra. Occasionally, other minerals such as Dahallite or Opal have been identified in the different facies (Table 6.12 and Fig. 6.22).

Using a reference library of archaeological materials and published references, other secondary minerals and compounds have also been documented. Among these, it is worth mentioning the presence of Potassium Sulphate ( $K_2SO_4$ ) and Humic Acids in most samples. To a lesser extent, Ardealite ( $Ca_2(HPO_4)(SO_4) \cdot 4H_2O$ ) has been identified, without differences between facies, Monohydrocalcite ( $CaCO_3 \cdot H_2O$ ) is also present in many samples from grey and ochre facies and organic matter and Humic Acids are the main components of not-burned samples.

#### **6.3.4.3. X-Ray diffraction and elemental microanalysis with ESEM results**

Elemental results obtained through ESEM microscope show the variation between samples (Fig. 6.12). Oxygen values are similar in all samples, while the rest of the elements present variations and different trends between facies. Carbon is the predominant element in not-burned and black facies and present low values in grey and ochre facies. Opposite dynamic show Potassium and Calcium elements, which have an important presence in ochre and grey samples and minor relevance in the not-burned and black samples. Magnesi, Silicon, Sulfur and Phosphorus are secondary elements with a punctual presence in grey and ochre samples.

X-ray diffraction results are summarized in Figure 6.12. Calcite ( $CaCO_3$ ) is the main component together with Sylvite (KCl), Fairchildite ( $K_2Ca(CO_3)$ ) and Quartz ( $SiO_2$ ). Others minerals present in low proportions are Dolomite ( $CaMg(CO_3)_2$ ), Arcanite ( $K_2SO_4$ ), Periclase (MgO) or Magnesite (Mg  $CO_3$ ). The not-burned samples and the black samples have a more homogeneous composition,

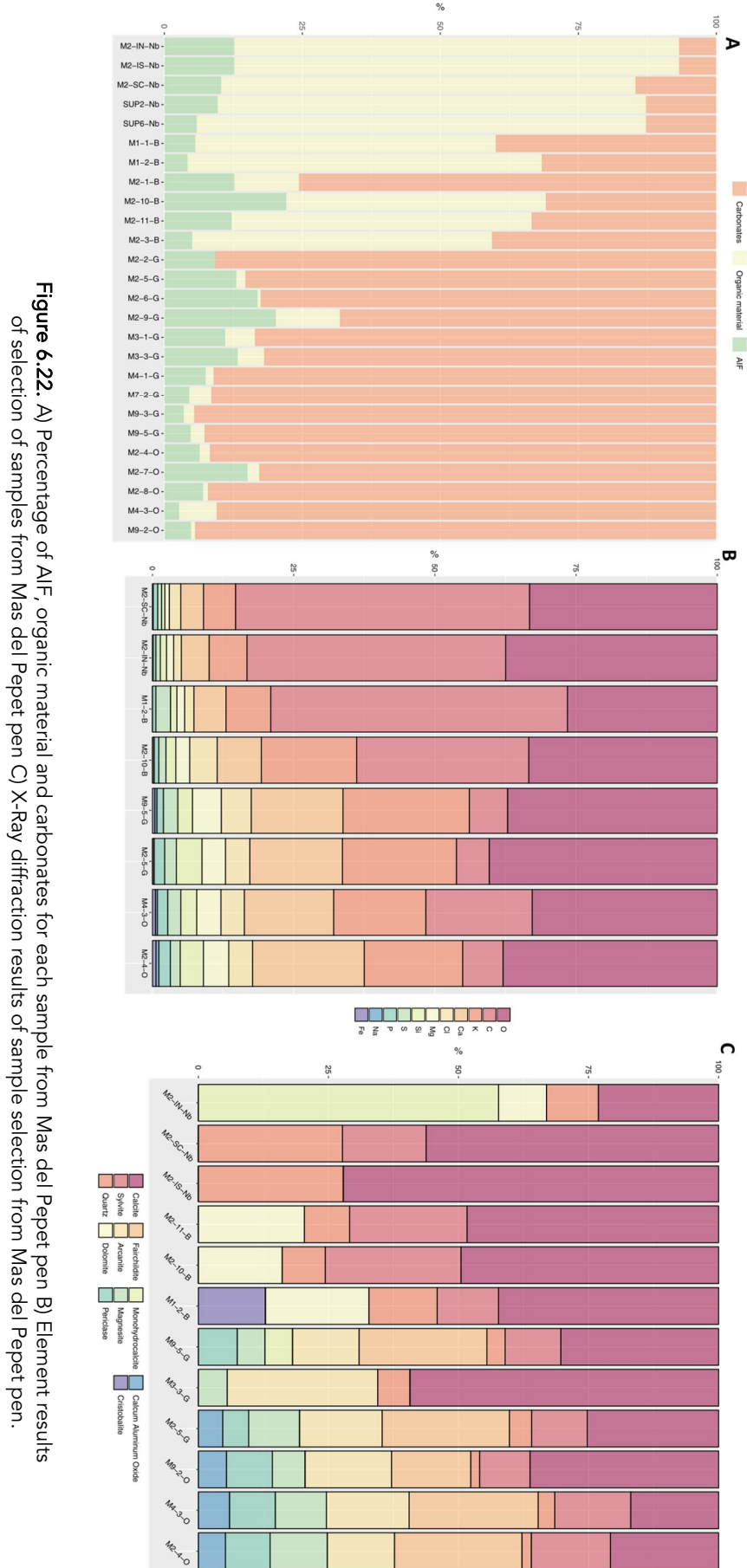
CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

while the rest of burned samples, especially the ochre and grey samples, show greater variability in their crystalline composition.

Sampel feature				AIF			FTIR		
1	2	3	4	% Carbonates	% Organic matter	% AIF	main minerals	other minerals	Calcite origin
M1	1	Black	burned	39.97	54.41	5.62	Ca, Cl?, Op?	PS	Ash
M1	2	Black	burned	31.65	64.14	4.22	Ca	PS, OM	-
M2	1	Black	burned	75.61	11.68	12.70	Ca, Op?, Dah	Ard	Ash
M2	10	Black	burned	30.90	47.02	22.07	Ca, Cl?	PS, OM	Ash (HDC)
M2	11	Black	burned	33.47	54.34	12.19	Ca, Cl?	PS, OM	-
M2	3	Black	burned	40.66	54.29	5.05	Ca, Cl?	PS, OM, Ard	-
M2	2	Grey	burned	90.79	0.00	9.21	Ca, Cl, Op, Dah	PS, Ard	Ash
M2	5	Grey	burned	85.33	1.63	13.04	Ca, Op?, Dah	PS Mhy	-
M2	6	Grey	burned	82.56	0.56	16.88	Ca	Ard, Mhy	-
M2	9	Grey	burned	68.21	11.60	20.19	Ca, Dah	PS, Mhy	Ash (HDC)
M3	1	Grey	burned	83.61	5.39	11.00	Ca, Cl? Dah?	PS	Ash (HDC)
M3	3	Grey	burned	81.94	4.78	13.28	Ca, Cl	PS?	Ash (HDC)
M4	1	Grey	burned	91.08	1.45	7.47	Ca, Cl?	PS, Mhy	Ash
M7	2	Grey	burned	91.49	3.99	4.51	Ca, Cl, Op?	PS, Ard, Mhy	Ash (HDC)
M9	3	Grey	burned	94.61	1.86	3.53	Ca, Cl	PS, Ard, Mhy	-
M9	5	Grey	burned	92.73	2.50	4.77	Ca	PS, Mhy	Ash (HDC)
M2	4	Ochr e	burned	91.76	1.83	6.41	Ca, Cl?, Op?	PS, AH, Ard, Mhy	-
M2	7	Ochr e	burned	82.82	2.10	15.08	Ca	PS, AH, Mhy	-
M2	8	Ochr e	burned	92.11	0.85	7.04	CA, Dah?	PS, AH, Mhy	-
M4	3	Ochr e	burned	90.53	6.80	2.67	Ca, Cl?	PS, AH, Ard	Ash
M9	2	Ochr e	burned	94.44	0.73	4.82	Ca, Cl?	PS, Ard, Mhy	Ash (HDC)
M2	IN	Brown	not-burned	6.77	80.55	12.68		OM, AH	-
M2	IS	Brown	not-burned	6.77	80.55	12.68		OM, AH	-
M2	SC	Brown	not-burned	14.65	75.05	10.30		OM, AH	-
surfac e	SUP 2	Brown	not-burned	12.76	77.57	9.67		OM, AH	-
surfac e	SUP 6	Brown	not-burned	12.75	81.38	5.87		OM, AH	-

**Table 6.12.** Results of AIF & FTIR from Mas del Pepet pen. Ca=Calcite; Cl=Clay; Op=Opal; Dah= Dahllite; PS=Potassium Sulphate; AH=Acid Humic; Ard=Ardealite; Mhy=Monohydrocalcite; HDC=High disorder calcite. Minerals are arranged according to their relative peak heights in the FTIR spectrum. 1=heap; 2= sample; 3=colour facies; 4=condition

CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS



**Figure 6.22.** A) Percentage of AIF, organic material and carbonates for each sample from Mas del Pequet pen B) Element results of selection of samples from Mas del Pequet pen C) X-Ray diffraction results of sample selection from Mas del Pequet pen.

### 6.3.5. Microbotanical assemblage

The results of the microbotanical assemblage (phytoliths, spherulites, pollen, NPP and microcharcoals) of the 26 samples analyzed have been plotted together in Figure 6.23.

#### 6.3.5.1. Phytolith results

In the not-burned samples, those that form the core values to calculate the Variation Index, clearly dominate the morphologies of phytoliths of grasses, with values between 86 and 94%. The values of dicotyledonous do not exceed 10% of the total of the assemblage and correspond mostly to morphotypes formed in wood and bark (BLOCKY, TABULAR ENTIRE and SPHEROID, among others) with an average of 9%. The average percentage of grass inflorescence (ACICULAR, ELONGATE DENTATE and PAPILLAE, among others) reaches 40%, although there are low values such as 11% for the M2-IN sample and others higher (62% for the SUP-2 sample and 53% for the SUP-6 sample). The average grass leaf (ACUTE BULBOSUS, BULLIFORM FLABELLATE and ELONGATE ENTIRE, among others) for the core value is 14%, highlighting the M2-SC sample as the not-burned sample with higher grass leaf values (28%).

The percentage of phytolith in anatomical connection in four of the five not-burned samples has values above 52% on average, reaching 68% in the case of the SUP6 sample. Altered morphology has not been documented in the not-burned samples, neither weathered nor melted morphotypes. The morphologies of Grass Silica short-cell Phytoliths (GSSCP) type Pooid-C3 (CRENATE, RONDEL and TRAPEZOID) clearly dominates over GSSCP Panicoid-C4 (BILOBATE, CROSS and POLYLOBATE), with values between 18 and 45% of the set (Table 6.13).

Quantitatively, the results of phytoliths per gram of AIF of not-burned samples show values ranging from 111 to 29 million phytoliths per gram of AIF, with an average of 73 million. The presence of spherulites in not-burned samples is high, with a maximum value of 474 million spherulites per gram of sediment and an average of 233 million spherulites per gram of sediment.

Burned samples (black, grey and ochre facies) have heterogeneous values but with some generalities to highlight. Grasses are the dominant plants, above the dicotyledonous plants, with minimum values of 55% and maximum values of 89%. Anatomically the assemblage is dominated by the grass inflorescence, only in two cases there are similar values between grass inflorescence and grass leaf (M2-8 and M9-3). The percentages of dicotyledonous plants do not exceed 10% in any of the samples and most come from wood and bark.

The percentage of weathered and melted morphotypes in the burned sets presents an important variability. Ochre samples have higher percentage of altered morphotypes (25% weathered and 5% melted); the black samples have lowest weathered (7%) and melted (2%) morphotypes values, and the grey samples shows intermediate values (11% weathered and 2% melted), but closer to those of black samples values.

CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

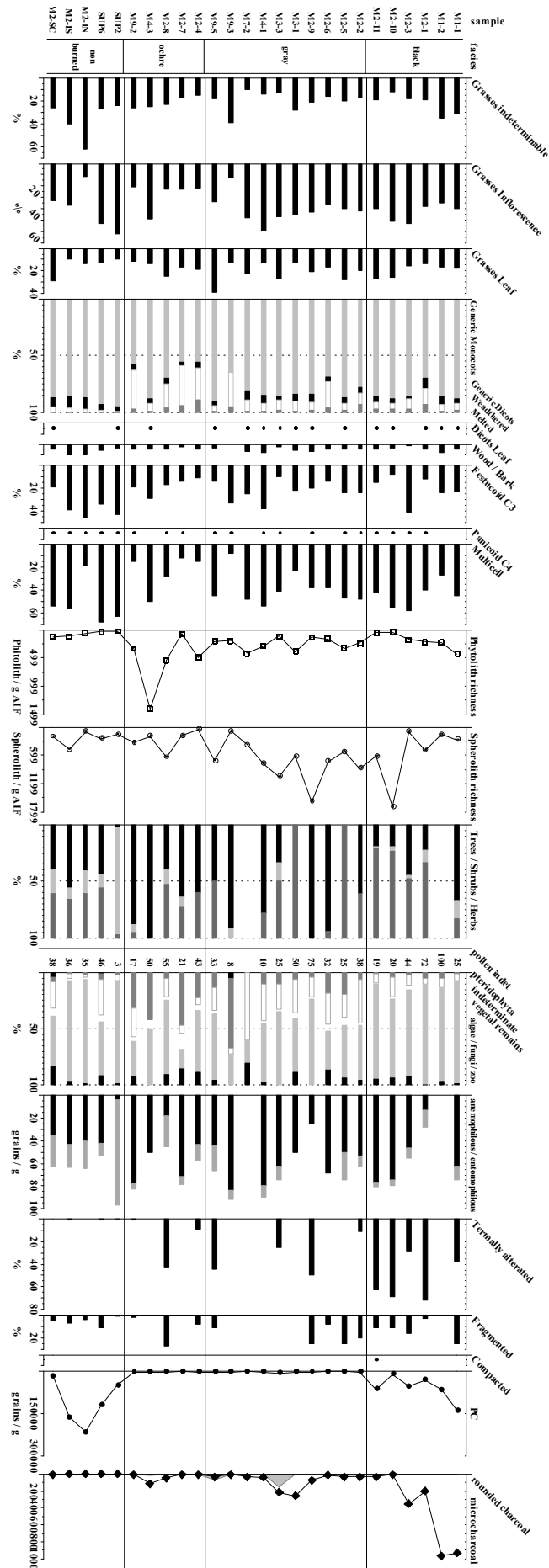


Figure 6.23. Diagram of the relative frequencies of pollen and Phytoliths in the Mas del Pepet pen samples.

CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

Samp	Color	% Weathered	% Melted	% Generic Monocot.	% Generic Dicot.	% Grasses without anatomical adscription	% Grasses Inflor.	% Grasses leave	% Wood and Bark	Phyt. g/ AIF	Spherolits g/sediment
M2-2	Grey	9,3	7,2	77,7	5,8	16,3	41,6	19,8	4,9	240.729.489	870.900.880
M2-5	Grey	5,8	1,6	87,4	5,1	19,8	40,2	27,4	4,2	332.006.273	520.417.399
M2-6	Grey	23,5	4,0	68,5	4,0	15,9	36,1	16,4	4,0	164.113.005	728.258.847
M2-9	Grey	7,8	1,4	84,3	6,5	21,1	42,6	20,7	6,4	140.373.905	1.577.209.370
M3-1	Grey	8,5	0,9	84,3	6,3	27,4	44,7	12,3	5,7	385.252.536	622.151.793
M3-3	Grey	8,5	2,1	85,7	3,7	12,4	46,5	26,7	2,3	112.748.491	1.051.868.382
M4-1	Grey	7,1	0,3	85,0	7,6	13,8	58,7	12,4	7,4	292.232.484	776.283.393
M7-2	Grey	10,1	0,9	81,1	7,9	9,7	48,5	22,9	6,6	424.892.735	378.470.969
M9-3	Grey	30,4	4,3	65,2	0,0	39,1	13,0	13,0	0,0	195.477.932	90.633.015
M9-5	Grey	4,7	0,7	89,7	4,9	17,3	33,9	38,6	3,3	202.955.343	719.021.919
M1-1	Black	5,7	1,7	88,1	4,5	31,0	39,5	17,6	4,0	430.770.035	272.117.438
M1-2	Black	5,8	0,7	85,6	7,9	34,5	34,5	16,5	7,4	223.960.185	165.104.962
M2-1	Black	14,1	6,8	70,1	9,0	18,7	38,1	13,1	4,4	221.444.885	482.665.233
M2-3	Black	8,9	3,0	86,1	2,0	17,3	53,2	15,7	2,0	180.363.436	94.051.629
M2-10	Black	5,0	2,4	88,0	4,6	11,6	50,8	25,6	3,5	47.483.197	1.691.816.279
M2-11	Black	5,9	2,5	85,9	5,7	19,1	39,9	27,0	4,5	58.139.608	621.950.493
M2-4	Ochre	28,5	11,2	55,4	4,9	15,0	21,7	18,7	4,9	494.185.122	53.292.213
M2-7	Ochre	35,7	5,7	55,7	3,0	16,4	22,9	16,4	3,0	79.864.123	187.592.570
M2-8	Ochre	21,2	4,2	69,7	4,8	22,6	22,6	24,5	4,8	539.318.726	639.433.787
M4-3	Ochre	7,2	0,5	87,8	4,6	25,2	48,7	13,9	4,2	1.404.429.769	194.174.368
M9-2	Ochre	34,3	2,9	58,1	4,7	26,2	20,3	11,6	4,7	333.185.900	333.575.097
M2-IN	Not burned	3,2	0,0	87,5	9,3	62,5	11,5	13,5	9,3	29.589.405	95.164.666
M2-IS	Not burned	3,7	0,0	86,5	9,8	40,0	37,1	9,4	9,8	35.933.059	474.718.598
M2-SC	Not burned	5,1	0,0	87,2	7,7	25,7	32,6	28,9	4,5	65.727.028	202.572.739
SUP2	Not burned	1,3	0,0	94,7	4,0	23,3	62,2	9,2	3,9	111.700.722	154.662.309
SUP6	Not burned	2,0	0,0	92,8	5,1	27,1	53,6	12,1	5,1	124.195.281	242.237.331

Table 6.13. Main Phytoliths results from Mas del Pepet pen.

The concentrations of phytoliths per gram of AIF, in the case of burned samples, have variable values with an average above 300 million phytoliths per gram of AIF. In the ochre sample M4-3, the concentration of phytoliths is the highest in the assemblage (1400 million), with a possible aberrant value. Among the burned samples, the ochre samples are the ones that show the greatest wealth (between 539 and 79 million), followed by the grey ones (between 424 and 111 million) and the black ones (between 430 and 47 million). Spherulite concentrations per gram of sediment are generally higher than those of phytoliths, with three samples exceeding one billion per gram of sediment. However, the average of the samples is 574 million, with lower values in the case of the ochre and higher in the grey samples.

### **6.3.5.2. Pollen and Non Pollen Palynomorphs (NPP) results**

In general terms, the concentrations values of the pollen and NPP spectra identified are high in the group of not-burned samples (average of 111583.42 pollen grains and palynomorphs / g) and descend progressively according to with the increase of the cremation degree (average of 59640.2 in the black facies, 1422.58 for grey sediments and 1242.16 in ochre facies) (Fig. 6.23).

Microcharcoal particles, to the contrary, are scarce in not-burned samples (average of 1691.72 particles / g of dry sediment) and present averages of 35455.34 in ochre facies, 72582.3 in grey facies, and reaches the maximum concentration values in black sediments, with an average of 414478.0 particles per gram (Fig. 6.23). The rounded particles appear discontinuously in the samples analysed. They are absent in not-burned samples and appear very rarely in black samples (average of 633.5 particles per gram). The values are high in the ochre samples (average of 4534.4 particles / g), although still very far from the maximums observed in the grey samples (23424.43 particles / g) (Fig. 6.23).

In what refers to the pollen groups representation, the arboreal pollen (AP) has an unequal representation, with the higher values in ochre and grey facies (averages of 70.4% and 56.3% respectively), probably due the low taxonomic variability identified in these groups of samples. The percentage of AP in the not-burned samples, instead, is much lower (average of 36.2%). Herbs, however, appear better represented in black facies (average of 48.6%). The shrubby vegetation presents low values except in not-burned samples (average of 32.0%). In fact, it is necessary to highlight that the group of not-burned samples shows a balanced representation of the three groups established (average of 36.2% for the arboreal pollen, 32.0% for the shrubs and 37.1% for the herbs).

The representation of the seven pollen groups established (conifers, mesophilic taxa, Mediterranean taxa, riverside trees, shrubs, nitrophilous plants and hygrophyte) it is variable. The mesophilic and Mediterranean taxa as well as the shrubs and the higrophyta are clearly more abundant in the samples of not-burned facies (average of 3.8%, 12.6%, 32.4% and 11.2%, respectively). In the samples from the grey and ochre facies, the groups with a higher representation are conifers (average of 49.2% and 58.7%) and nitrophilous plants (38.6 % and 20.2%). In the black facies sediments, the nitrophilous plants are the majority followed for the conifer group (average of 41.3% and 22.7%, respectively) (Fig. 6.23)

Pollen indeterminable appears in the whole set but presents the higher percentages in the samples of black sediments (average of 46.7%) (Fig. 6.23).

With respect to the type of dispersion of the pollen identified, the anemophilous pollen group is the most abundant, except in the not-burned facies (35.3% of zoophilous pollen), and has the highest average in the samples from the grey facies (57.4%) (Fig. 6.23).

In general, the taphonomic alterations of pollen grains have been observed in almost all the samples, although they are much more abundant in black facies (average of 55.4% of altered pollen). The thermal alteration of pollen grains was the most identified taphonomic trait and it has been identified in all the sedimentary facies, although in the not-burned samples only appeared in three of the five samples analysed. The higher percentages of this alteration were localized in the samples of black facies (44.7%). The fragmentation of grains appeared in all the facies analysed with less significant percentages. Even so, the higher values were identified in black sediments (average of 11.3%). Compaction, meanwhile, could only be identified in one sample of the black facies (0.4%) (Fig. 6.23)

The NPP identified have been divided into six groups of taxa with ecological affinities: Pteridophyta, vegetal remains, algae, fungi, faunal remains and other palynomorphs with and unknown ecological origin.

Fungi are the most represented group of palynomorphs and the higher percentages of fungal spores have been observed in the samples of the black facies (average of 81.8%). The next group in representation are vegetal remains that are more abundant in grey samples (average of 27.4%). The maximum values of faunal remains have been identified in facies ochre (average of 8.6%), as well as algae (7.1%) and ecological indeterminate palynomorphs (29.5%). Finally, Pteridophyta spores only have been identified in four samples of the total set of samples analysed and the higher average has been detected in not-burned samples (1.3%). (Fig. 6.23)

### **6.3.5.3. Phytoliths Variation Index results**

General grasses (a category that includes Grass inflorescence, Grass leaf and grass without anatomical adscription) have a negative phytolith Microremain Variation Index (MVI) in most samples (Fig. 6.24). By facies, a downward trend can be observed, where the indexes closest to zero are found in the black samples, followed by the grey ones. The ochre samples are those that show the most significant decreases with respect to the not-burned assemblages.

Grass inflorescence and grass leaf are the two categories presenting the highest number of samples with positive MVI values. In the case of the grass leaf, MVI shows a positive value independently of the facies sample, and the few negative samples have low negative values. The grass inflorescence group presents a double dynamic. On the one hand, black and grey samples present not very high positive values. On the other hand, ochre samples show quite similar negative values in all the samples analysed (between -0.42 and -0.48).

Wood and bark present a MVI with a negative trend. The values are similar between facies, although the grey samples are those that present greater variability. The GSSCP Pooid-C3 grasses show a



negative MVI in most samples, except for two samples (M4-1 with a MVI of 0.04 and M2-3 with a MVI of 0.12).

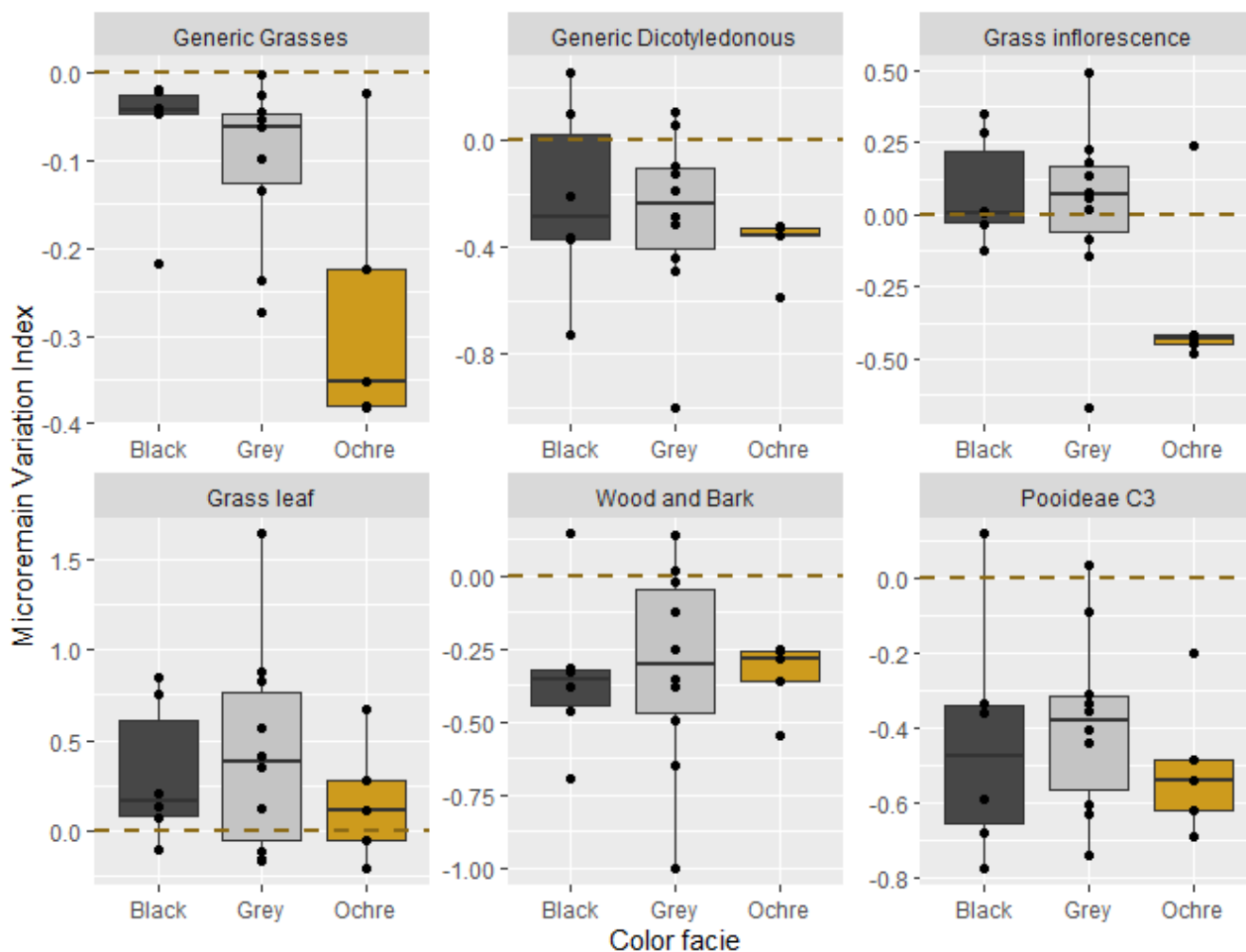


Figure 6.24. Microremain Variation Index (MVI) results of different phytoliths categories from Mas del Pepet pen.

#### 6.3.5.4. Pollen Variation Index results

With regards to the results of MVI applied to the palynological data, in general terms the black samples present the most similar pollen and NPP spectra to the not-burned samples. Even so, all samples present negative values in the arboreal pollen except two samples from the facies black (0.0 and 0.1) and one from the facies ochre (0.7). Shrubs group presents the lower values of MVI in all the samples from burned facies (from -1.0 to -0.8). Instead, the herbaceous plants show remarkable positive values in some of the samples from the black facies (3.2 and 3.4) (Fig. 6.25). In the case of NPP, black facies present positive values in all of the groups of palynomorphs especially in fungi and vegetal remains (values from -0.6 to 20.8 and from -0.6 and 5.1, respectively) and only shows negative results in Pteridophyta and algae groups (values from -1.0 to 0.8 and from -1.0 to 0, respectively). The representation of the NPP groups in grey and ochre samples is always below the average of the not-burned samples (Fig. 6.26).

CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

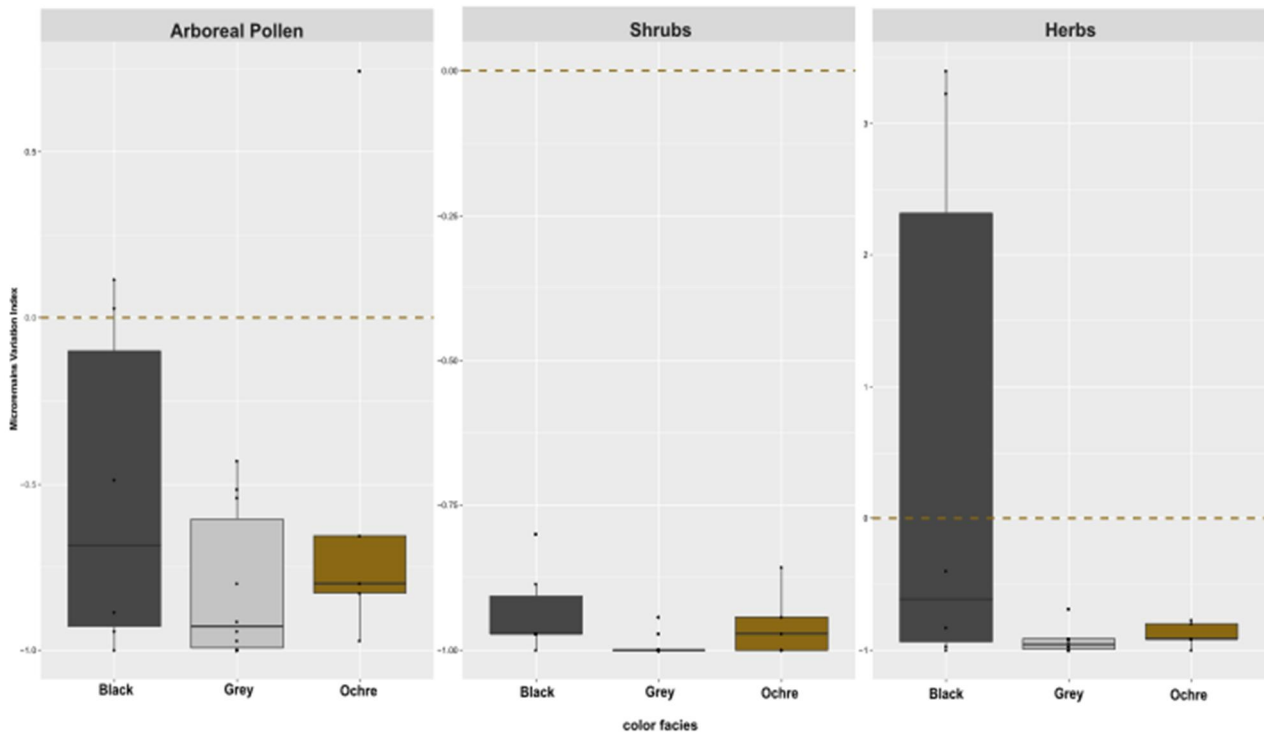


Figure 6.25. Microremain Variation Index (MVI) results of pollen groups

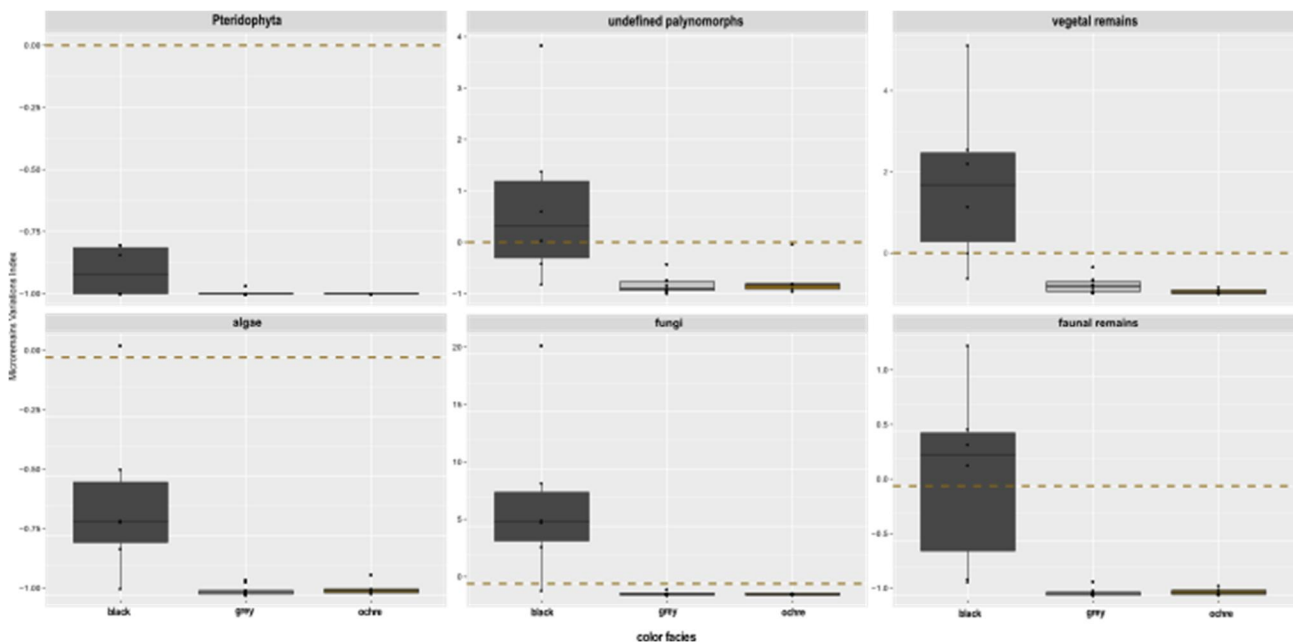
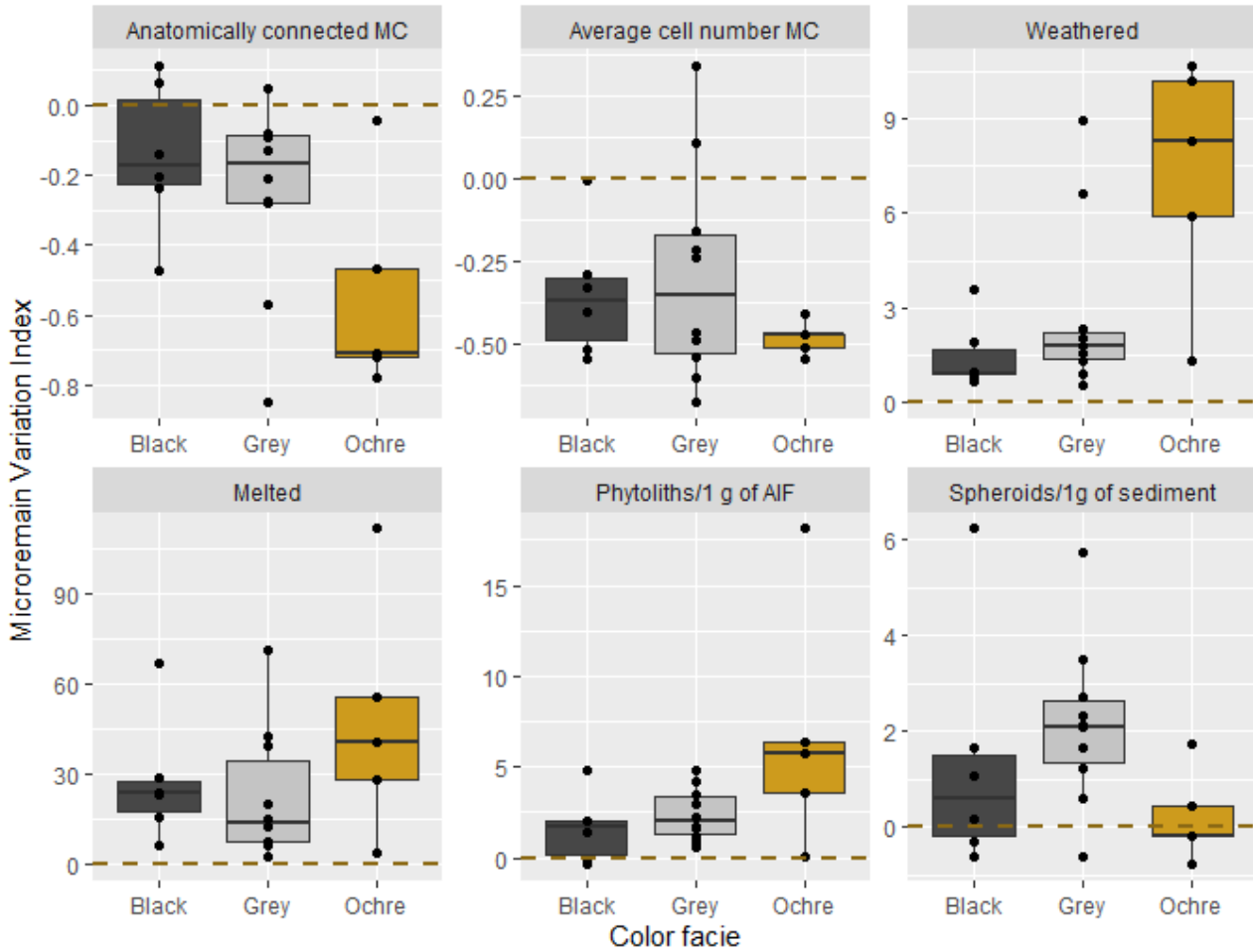


Figure 6.26. Microremain Variation Index (MVI) results of NPP groups

**6.3.5.5. Microremain Variation Index: concentration vs dissolution**

The Microremain Variation Index (MVI) applied to the concentrations of phytoliths provides positive values for most samples (Fig. 6.27). Ochre samples present the highest values and variability, while the black samples are the closest to the not-burned samples values. Grey samples show intermediate values between the black and ochre samples. This tendency can be observed as much in the concentrations per grams of AIF and in those obtained per gram of sediment. A similar trend

between facies has been observed in the different alterations and multicellular structures identified in the phytoliths assemblage.



**Figure 6.27.** Microremain Variation Index (MVI) results of phytoliths anatomical connection, altered phytoliths and quantitative results.

The concentrations of spherulites per gram of sediment present a MVI with variations according to the origin of facies. Black and ochre samples have both positive and negative values, while all grey samples have positive values (except for sample M9-3). The graphs also show the presence of outliers in each of the facies.

The MVI percentage value of multicells anatomical connections show negative values in all facies, especially in the ochre facies (Fig. 6.27). However, the values are similar in the average cell numbers, although the black and especially the grey facies show greater variability.

The two types of alterations identified (weathered and melted morphotypes) present a very high IV in both cases. The trend between facies is similar, the samples from the grey and black facies show a clear increase in relation to core values, but it is the ochre facies where the MVI shows higher values. Melted morphologies are those with a higher MVI, above 30 in various samples of the ochre face. The increase in weathered morphologies is more moderate, below 3 in the case of the black and grey facies, and above 9 in some samples of the ochre facies.

## CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

In what refers to the palynological concentration, the samples belonging to the black facies are those that show greater similarity with the values of the not-burned samples. Both the samples belonging to the grey facies and those that come from the ochre sedimentary context have negative values (-0.5 and -0.6, respectively) and very little amplitude in the results (Fig. 6.28).

Regarding the concentration of charcoal microparticles, the average of data in all sedimentary facies presents positive values, even if the samples of the black facies show the greatest variability (Fig. 6.28).

Regarding the type of pollination, both entomophilous and anemophilous pollen present negative values, much more extreme in the case of entomophiloustaxa (values from -1 to 0.82), that appears underrepresented with respect to the not-burned samples (Fig. 6.29).

The MVI valor of percentage of anatomical connections multicells show negative values in all facies, especially in the ochre facies (Fig. 6.30). However, the values are similar in the average cell numbers, although the black and especially the grey facies show greater variability.

The two types of alterations identified (weathered and melted morphotypes) present a very high MVI in both cases (Fig. 6.30). The trend between facies is similar, the samples from the grey and black facies show a clear increase in relation to core values, but it is the ochre facies where the MVI shows higher values. Melted morphologies are those with a higher MVI, above 30 MVI value in various samples of the ochre face. The increase in weathered morphologies is more moderate, below 3 in the case of the black and grey facies, and above 9 in some samples of the ochre facies.

The MVI use for the identified pollen taphonomic alterations reflect that the compaction appears in burned samples and low intensity than in the not-burned samples (average of -0.9 in black facies, -1 in grey facies, -1 in ochre facies and -1 in not-burned samples). Regarding the thermoalteration, grey and ochre facies are very close to the observed index in the not-burned samples (average of -0.6 and -0.3, respectively), while the black facies samples display high values (average of 38.5) which indicate a higher presence of this kind of alteration than in the control samples. In the same way, fragmentation has similar values to the not-burned samples in the grey and ochre facies (-0.8 and -0.5 respectively) and an index of 9.2 for the black samples, which means that the incidence of this alteration is more intensive in this sedimentary facies (Fig. 6.30). Regarding the rounding of the microcharcoal particles, which appears in a limited number of samples, this alteration presents some positive values in the three burned facies, although the most relevant values have been found in the grey and ochre facies (average of 12.8 and 1.7, respectively) (Fig. 6.30).

CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

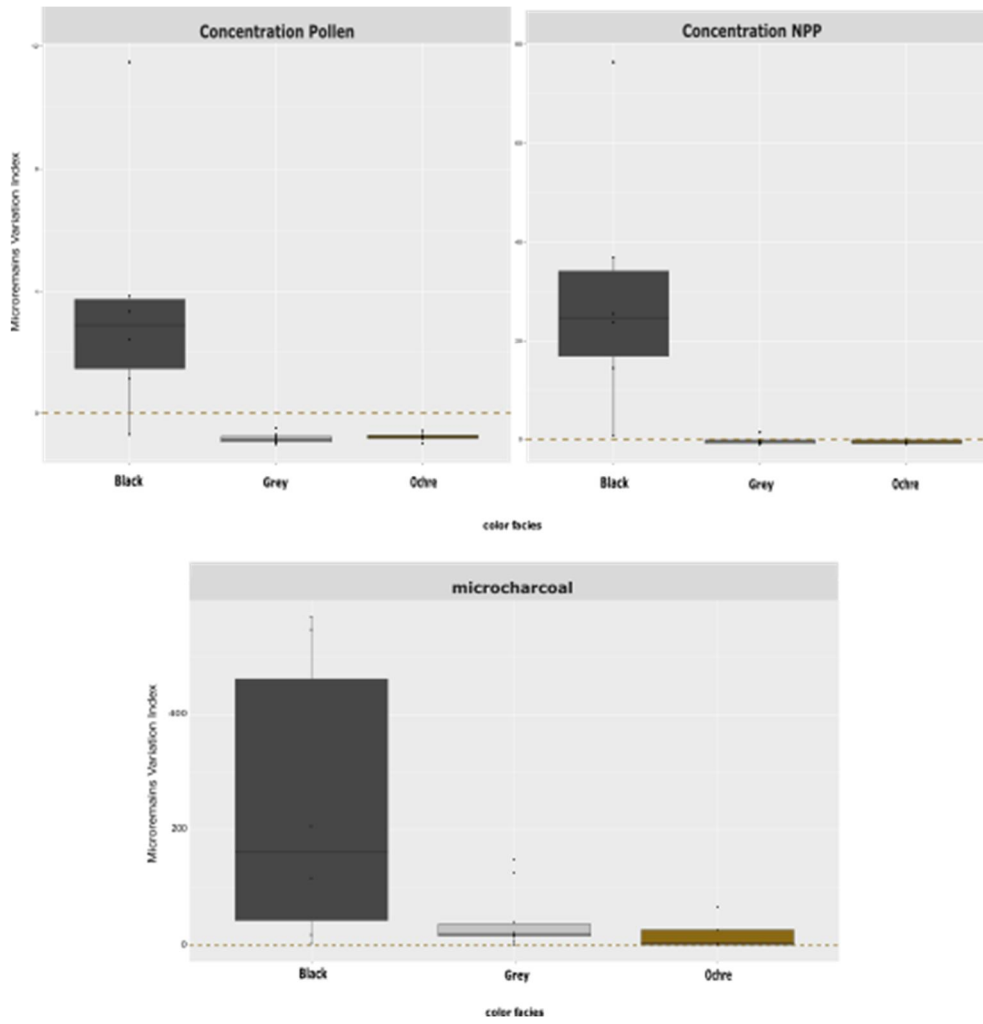


Figure 6.28. Microremain Variation Index (MVI) results of Pollen concentration, NPP concentration and microcharcoals

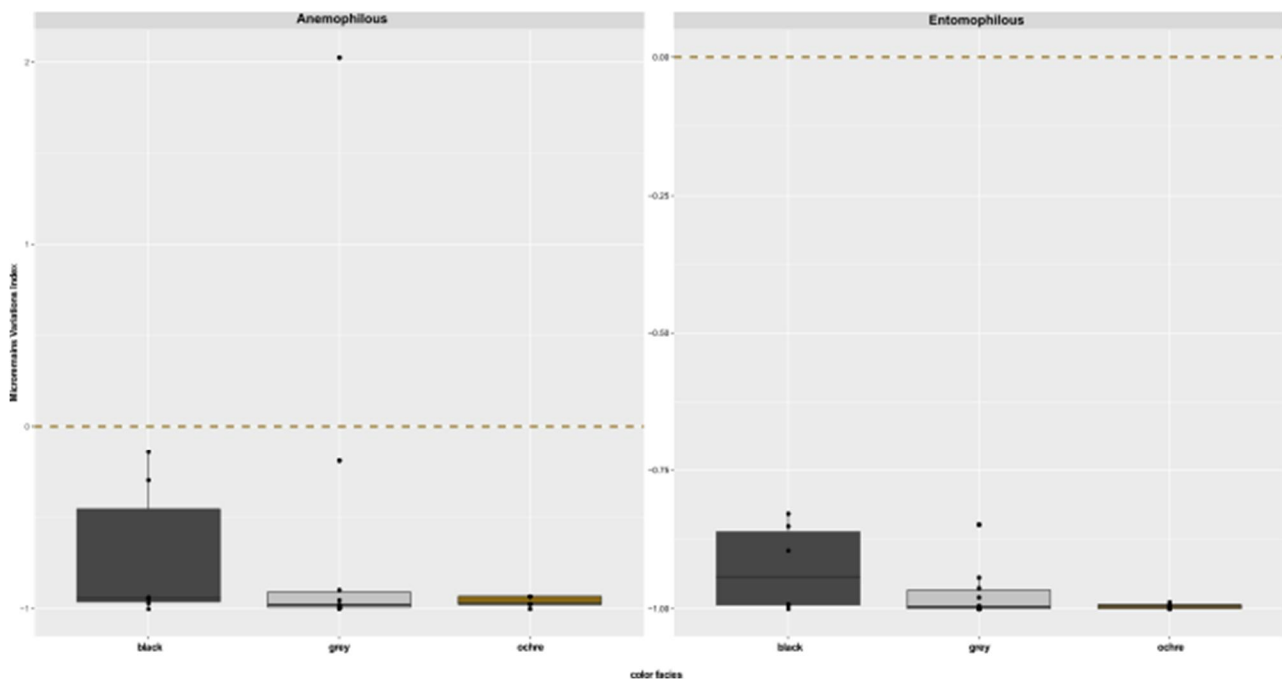


Figure 6.29. Microremain Variation Index (MVI) results of anemophilous-entomophilous pollination type

CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

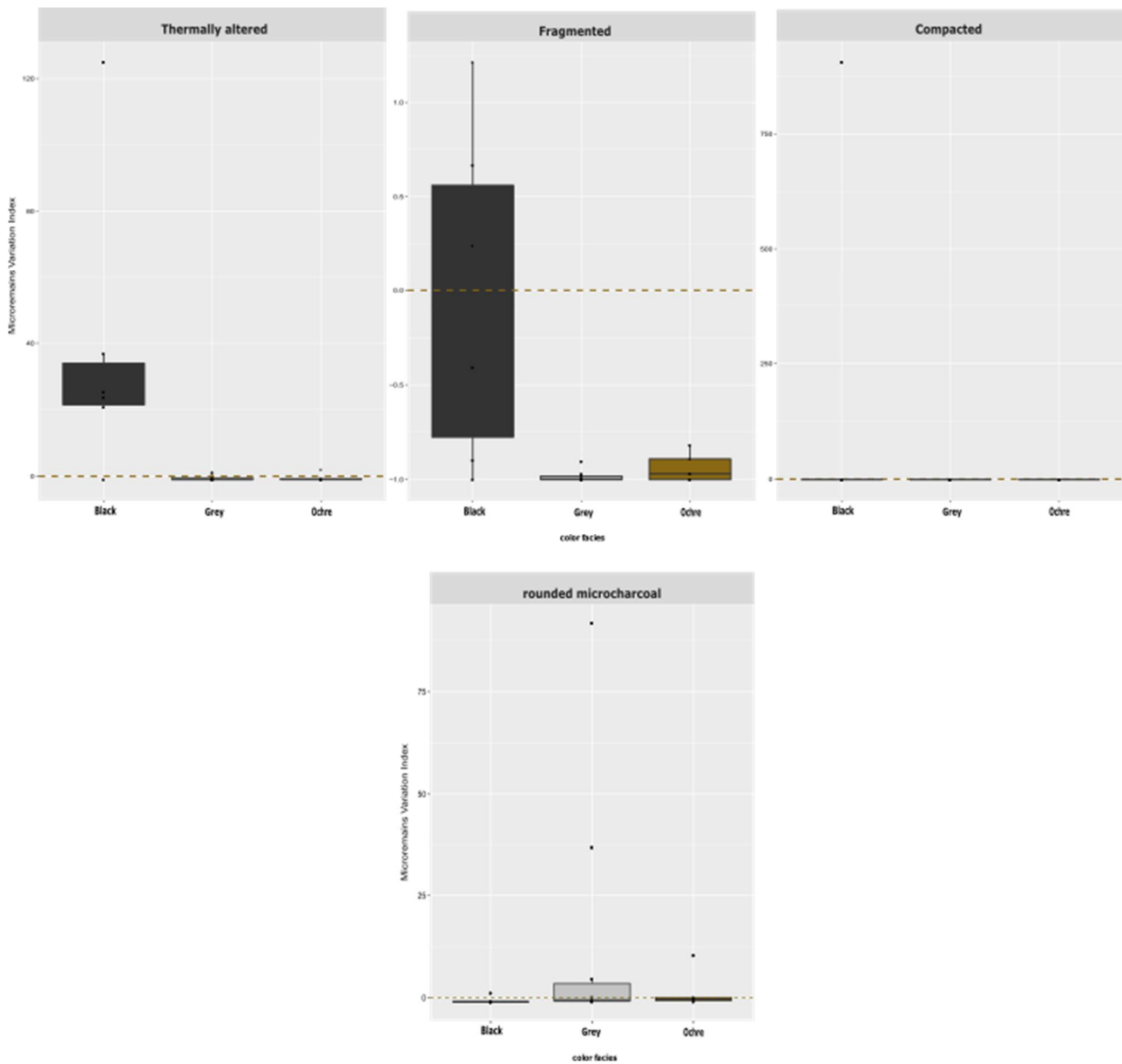


Figure 6.30. Microremain Variation Index (MVI) results of pollen taphonomy and rounded microcharcoals

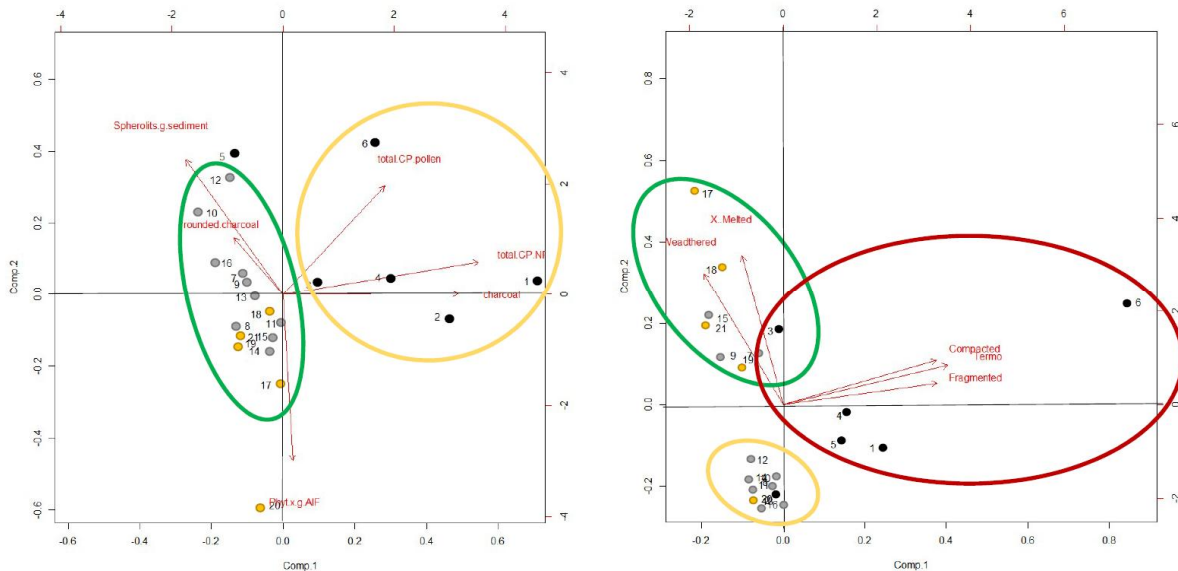
### 3.6.5.6. Multivariate analysis

Principal Component Analysis (PCA) has been applied, on the one hand to the values of phytoliths, spherulites, pollen, NPP and microcharcoal particles (Fig. 6.31) and on the other to analyse the taphonomic alterations observed in the microrremains for the burned samples (Fig. 6.31). The objective was to display both two-dimensional graphs to highlight variance gradients according to the similarity or differences between analysed samples.

The biplot derived from the richness in microremains (Fig. 6.31) revealed a dense sample clustering. Thus, axis 1 depicts the 36.6% of the total variance and shows the segregation of samples from facies grey and ochre, essentially characterized by the relevance of spherulites values and by the presence of rounded microcharcoal, from the black samples, which present the higher absolute frequencies of pollen, NPP and microcharcoal. This fact implies the separation of the samples according to the hierarchy established by the action of fire. The second axis explains 24.9% of the index variation

CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

and pulls apart the samples with higher phytolith concentration values, which implies that the abundance in phytoliths is a variable of special entity that presents a divergent dynamic with respect to the rest of the variables considered. This differentiated behaviour responds mainly to the better preservation of phytoliths in the ochre facies, precisely the facies with the highest incidence of fire action, against pollen, NPP, spherulites and, even, charcoal.



**Figure 6.31.** PCA derived from richness in microremains (left) and PCA derived from taphonomic trends present in pollen and phytoliths.

On the second attempt, we try to further summarise the data provided for the taphonomic trends present in phytoliths and pollen. In this case the first axis explains 55.8% of the variance and groups the samples grey and ochre in the negative side and practically all the black samples in the positive leg of the axis. Black samples appear more or less directly related to the incidence of the observed alterations in pollen (compaction, fragmentation and thermally alteration) (Fig. 6.31).

The second axis in Fig. 6.31 accounts for 29.5% of the variance and separates the samples with a clear link with the intensity of the taphonomic alterations documented. While black samples appear dispersed and, in some cases, with a weak link with the alterations observed, grey and ochre samples are divided in two groups; the first, in the positive area of the axis, closely linked to weathered and melted categories, and the second one, in the negative area of axis 2, away from the influence of both types of taphonomic damages.

Obviously, pollen and phytoliths taphonomic trends have been detected in general terms in the samples with a better preservation of the microremains. Thermally alteration, compaction and fragmentation have been observed in black samples, where the pollen spectra is still preserved. The same occurs with phytolith damages, although somewhat unevenly, because some samples such as the grey and ochre, that present the higher concentrations, do not present the same pattern according their taphonomic traits.

The starting premise was that the microrremains alterations identified in each of the samples would be related to the distinctive origin of the facies. In fact, the conservation of pollen and phytoliths,

could result in significant dissimilarities due to exposure to fire or other similar destructive processes. Therefore, we considered the different modifications observed to establish different diagenetic and conservation patterns.

### 6.3.6. Muffle furnace results

#### 6.3.6.1. Mineralogical results

Muffle replication show a quite homogeneous bulk mineral composition (Table 6.14 and Fig. 6.32). AIF and organic material represent around 15 and 5% respectively, of the composition in all samples. Carbonate dominates the composition of the samples with values beyond 75% of the total amount.

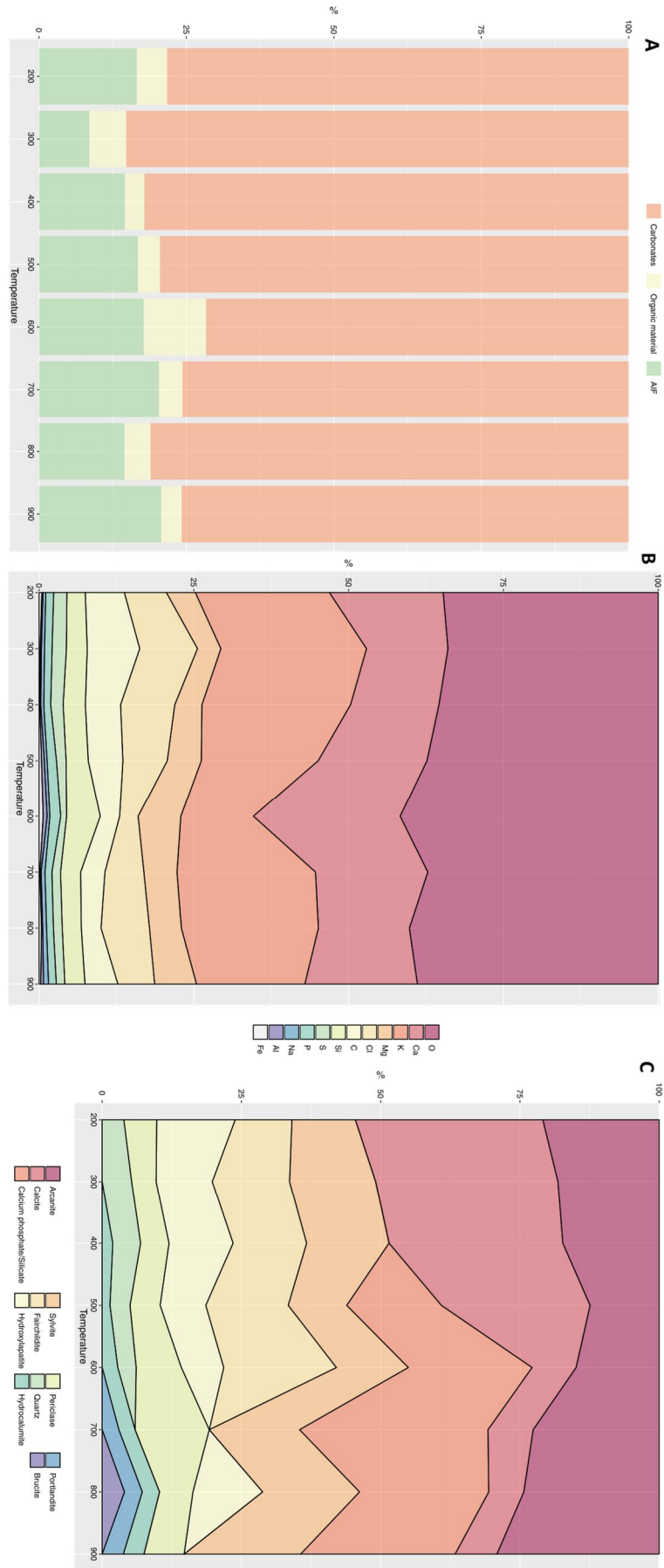
Sample	Subsample	AIF			FTIR	
		% Carbonates	% Organic material	% AIF	main minerals	others minerals
200	1	73.8	6.6	19.6	Ca, PS, Cl	
200	2	80.6	4.5	14.9		
200	3	80.4	4.3	15.3		
300	1	85.4	6.6	8.0	Ca, PS, Cl, Dah	
300	2	85.5	5.1	9.4		
300	3	84.7	7.0	8.3		
400	1	82.1	3.1	14.8	Ca, PS, Cl	
400	2	82.3	3.3	14.4		
400	3	81.9	3.5	14.5		
500	1	77.4	4.2	18.4	Ca, PS, Cl	Mhy
500	2	80.4	3.7	16.0		
500	3	80.7	3.3	16.0		
600	1	71.3	6.9	21.8	Ca, PS, Cl	Mhy, CaHd?
600	2	71.9	14.3	13.8		
600	3	71.8	10.5	17.8		
700	1	78.9	3.2	17.9	Ca, PS, Cl	Mhy, CaHd
700	2	68.5	5.3	26.2		
700	3	79.6	3.5	16.9		
800	1	86.2	3.2	10.6	Ca, PS, Cl?	Mhy, CaHd?
800	2	81.8	4.5	13.7		
800	3	75.2	5.6	19.2		
900	1	73.8	4.3	21.9	Ca, PS	Mhy, CaHd
900	2	77.8	2.2	20.0		
900	3	75.8	3.9	20.3		

**Table 6.14.** Results of AIF & FTIR from muffle furnace AIF & FTIR. Ca=Calcite; Cl=Clay; Op=Opal; Dah= Dahllite; PS=Potassium Sulphate; AH=Acid Humic; Ard=Ardealite; Mhy=Monohydrocalcite; HDC=High disorder calcite. Minerals are arranged according to their relative peak heights in the FTIR spectrum

FTIR results show a common composition based in Calcite, Potassium Sulphates and Clay in all samples, independently the temperature (Table 6.14). Monohydrocalcite starts to appear at 500°C and Calcium hydroxide becomes visible in the spectra only in the higher temperatures (600-900°C).



CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS



**Figure 6.32.** A) Percentage of AIF, organic material and carbonates for each sample from Muffle furnace replication B) Element results of selection of samples from muffle furnace replication C) X-Ray diffraction results of sample selection from muffle furnace replication

## CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

Elemental analysis shows continuity throughout the temperature variation (Fig. 6.32). The main elements show Oxygen percentage range between 40-34%, 18-13 in the case of Carbon and 24-11% in the case of Potassium. Other elements such as Chlorine, Carbon, Silicon, Sulphur, Phosphorus or Sodium are present in values below 10% on a constant basis in all samples.

X-Ray diffraction shows significant changes in composition in relation to temperature variation (Fig. 6.32). Arcanite, Silvie and Periclase maintain percentages without significant variations. Quartz and Farchindite are missing from 600°C and Calcite reduces its presence at the same temperature. Other minerals only appear at high temperatures as is the case with calcium phosphate/Silicate from 500°C or other minerals with low percentages such as Hydrocalumite or Portlandite.

The loss of organic matter in relation to the combustion conditions shows a clear difference between ambiental conditions (Fig. 6.33). At 200°C the organic matter is reduced by more than 70% under oxidizing conditions, and it remains stable up to 800°C which exceeds 80%. The reducing conditions of the combustion cause a slower loss of organic matter, in which 70% of the organic matter is not reduced until reaching 900°C.

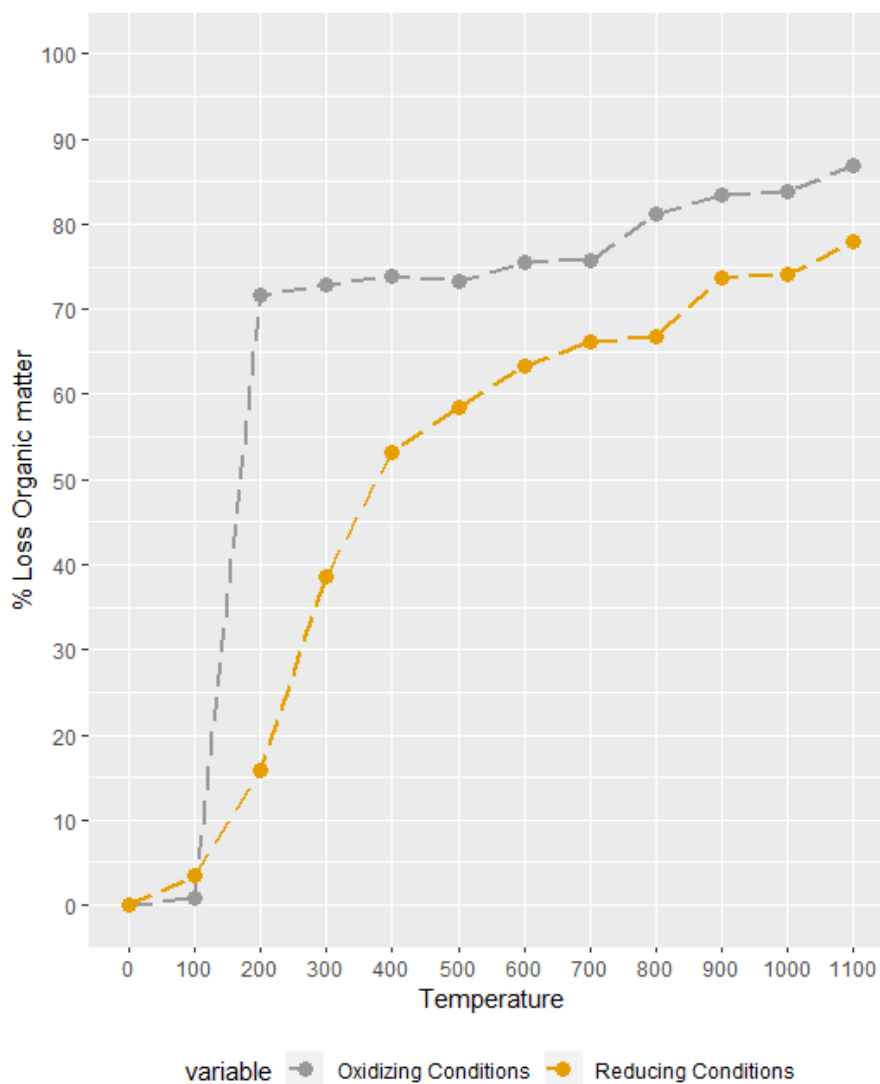
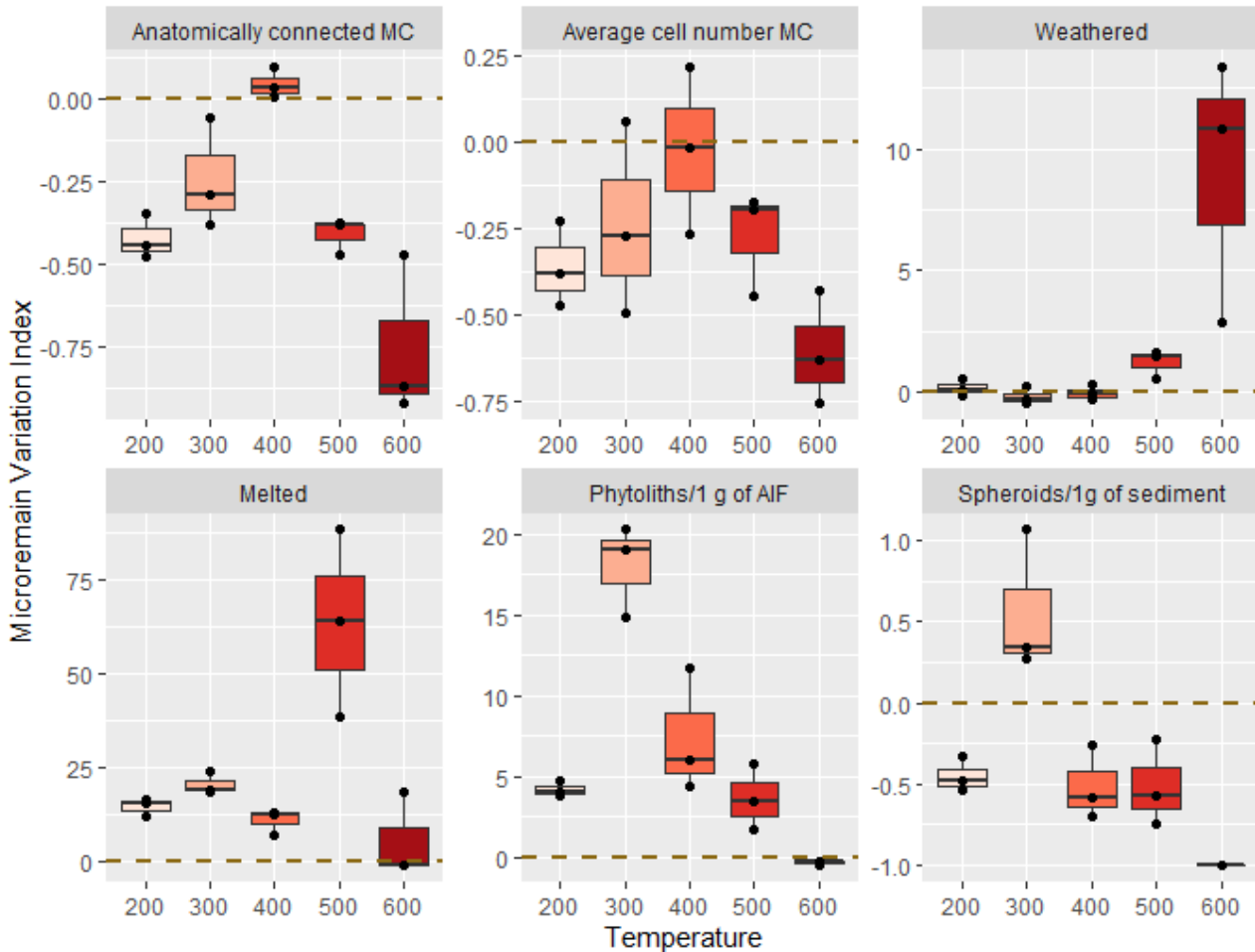


Figure 6.33. Loss of organic matter due to different degrees and conditions of oxygen.

### 6.3.6.2. Microremain results

The application of the Variation Index to the results obtained in the experimentation in muffle furnace is shown in Fig. 6.34. For temperatures above 600°C, the results obtained have been very poor since it has not been possible to identify the minimum number of phytoliths, and therefore the results have not been included in the graphs. In the case of spherulites, they have not been observed at temperatures higher than 600 °C.



**Figure 6.34.** Microremain Variation Index (MVI) results of phytoliths anatomical connection, altered phytoliths and quantitative results.

In relation to multicellular structures, the results obtained have negative values, especially in samples at 600 °C, where multicellular structures are absent. Only 400 °C samples have equal or in some cases higher values than the not-burned samples (core values), as much in the percentage of phytoliths anatomically connected and in the average of cell numbers. Weathered type alterations only show positive values from 500 degrees and especially in the 600 degrees. For the rest of the temperatures, weathered morphotype is little present in relation to the not-burned samples. Melted-type alterations, on the other hand, have high positive values in all temperatures, although they have a greater presence in samples burned at 500 °C.

In relation to quantitative results, phytoliths per gram of AIF indicate a tendency to concentrate and present a higher concentration than in not-burned samples. The values of the variation index are positive at all temperatures, especially those burned at 200 degrees.

The spherulites show reductions in their sets of approximately 50%, as shown by the negative values of the MVI. However, the results show an exception with samples at 200 degrees that have a slightly higher concentration than those obtained for not-burned samples.

### **6.3.7. Discussion**

This work represents one of the first references of modern dung from a mixed flock of sheep and goats in a temperate Mediterranean environment. This would complement other ethnoarchaeological studies that have identified and characterized different types of animal dung in more arid environments in the Mediterranean basin (Portillo et al. 2012, 2014, 2017; Gur-Arieh et al. 2013; Elliott et al. 2014). It is also important to highlight the uniqueness of the experimental project, which approaches an archaeological problem such as the formation of the accumulation and burning sequences of dung, so far only addressed in some experimental works (Shahack-Gross et al. 2005; Vergès 2011; Martín-Rodríguez and Vergès 2016; Vergès et al. 2016b).

#### **6.3.7.1. The mineralogical signal associated with combustion**

The combustion of the organic matter generates a series of interactions and changes in the final composition, with the loss of the most volatile elements, and the formation of new components as well as the consolidation of the less volatile with a greater presence (Canti 2003). The chemical composition of the combustion result can be formed by a wide range of elements, depending on the type of fuel, the combustion atmosphere or the temperature it reaches (Sanderson and Hunter 1981; Etiégni and Campbell 1991; Canti 2003).

The results of the basic composition (Fig. 6.22 and Fig. 6.33) show how combustion causes changes in the composition, especially by the lower presence of organic matter, with a clear correlation with each of the identified facies. Dung is mostly composed by organic matter, high content in biogenic materials, as well as bacteria and intestinal parasites (Shahack-Gross 2017). The organic matter content obtained in the not-burned samples is greater than 50% of the composition as it has been identified in actual and subactual reference collections (Shahack-Gross et al. 2003, 2005; Shahack-Gross 2011). The black facies samples, within the combustion process, would correspond to the first phase, the pyrolysis, with low temperatures and very possibly reducing conditions that would generate a process of dung carbonization. The most representative samples of this process are those collected at the base of the manual pit carried out in heap 2 (samples M2-10-B and M2-11-B), where low temperatures would be generated in a reducing environment, creating carbonates but still with an important percentage of organic matter.

The ochre and grey facies would correspond to a more advanced phase of dung combustion, the oxidation phase, which would lead to an almost total loss of organic matter and the generation of ashes. The grey samples would still maintain small carbon particles, instead, the ochre would represent a more final phase related to higher temperatures or more oxidizing conditions. The

composition for these samples is almost 90% carbonates, the organic part of the sample being reduced almost entirely.

The comparison of the basic mineral composition of the experimental pen with those obtained in the muffle seems to indicate that the results obtained at all temperatures are very similar to the grey and ochre samples of the pen. This can be interpreted as the formation of these two facies would be at 200°C and the black samples below, since it still retains a good part of the organic matter. However, for this experimentation, we have not taken into account the combustion of excrement under reducing conditions, which could cause the maintenance of significant percentages of organic matter at temperatures above 200 degrees.

X-ray diffraction results show that not-burned samples and to a lesser extent, black samples, have a minor variability composition. This would be explained by the high amount of organic matter that hindered the observation of the mineral phase of the samples. This weak point complicates the direct comparison between burned and not-burned samples, and it does not allow establishing if mineralogical phases documented in burned samples are generated by fire or are previously present in minor quantities in not-burned samples. And, in the opposite way, the absence of some mineralogical phase in not-burned samples makes it difficult to evaluate if they are absent or difficult to identify through X-Ray diffraction. In this cases, elemental analysis reveals a more complex and continuous dynamic between burned and not-burned samples.

Several mineral groups provide specific information regarding de combustion (Table 6.15). Here we discuss carbonate, phosphorous, potassium and others to entirely understand their interpretation in pen contexts.

Carbonate is the main mineral group, present especially in burned samples. Calcite, being the most stable polymorph, is the one that predominates and in FTIR results high disorder calcite have been identified. High disorder calcite crystals are related to calcite formed at high temperature, showing reached temperatures higher than 600°C.

Monohydrocalcite ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) is an unstable form of calcium carbonate identified mainly in the caprine enclosure (Shahack-Gross et al. 2003, 2004; Shahack-Gross 2011, 2017). It is formed in intestinal tracts of animals, especially in herbivores and is excellent biomineralization to identified dung and enclosure spaces (Weiner 2010). In our samples, X-Ray diffraction only identifies monohydrocalcite in one sample but using FTIR spectrometry we can identify it in small proportions in samples from experimental pen and from replication whit muffle. It has also been documented in burned samples. However, due to its instability, it would be more normal to identify it in not-burned or low temperature burned samples since fire can cause a transformation into a more stable form such as calcite (Brochier 1983a; Shahack-Gross et al. 2003).

Another carbonate documented in the samples is farchindite ( $\text{K}_2\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$ ), carbonate of potassium and calcium formed from wood ash (Anthony et al. 1990). In the experimental pen, farchindite is present in grey and ochre samples and has a similar presence only in the temperature range from 200 to 600 °C in the replication with muffle furnace. This result is consistent with the temperature obtained from the different thermocouples installed in the dung heaps.

CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

Organic matter in degradation release chemical compounds, especially phosphate minerals (Karkanas and Goldberg 2010). Animal dung is the major source of phosphate and its presence is related to a high amount of dung accumulation (Macphail et al. 2004). In archaeological and ethnoarchaeological contexts, phosphate associated with dung is widely identified (Brochier 1983a; Macphail et al. 1997; Milek 2012; Elliott et al. 2014; Brönnimann et al. 2017; Shahack-Gross 2017). Phosphate in concrete sedimentary conditions could react and form authigenic minerals (Shahack-Gross 2017; Karkanas and Goldberg 2018). In general, phosphate minerals are soluble and not always are identified in the archaeological record with the original form. One of the most common forms present in the archaeological site is the calcium phosphate group which is formed authigenically by the reaction of calcium with decomposing phosphate (Weiner 2010). Calcium phosphate is prevalent in neutral to alkaline pH (Shahack-Gross et al. 2003; Macphail et al. 2004) and has been identified in some experimental and ethnoarchaeological works (Brochier et al. 1992; Macphail et al. 1997). In our results, calcium phosphate is formed at 500°C as indicate replication with muffle results. Hydroxylapatite (Dahllite) is also present in FTIR and X-Ray diffraction results, without relation to the type of samples or with a specific temperature range. (Canti and Brochier 2017a).

	Low temperature		High Temperature	
	Feature	Present in sample	Feature	Present in sample
Experimental pen results	Presence of Dolomite	Black	High disorder Calcite	Grey and ochre
	High presence of Calcite	Black	Presence of Periclase	Grey and ochre
	High amount of C (Carbon)	Black	Presence of Magnesite	Grey and ochre
			Presence Calcium Al. Oxide	Grey and ochre
Muffle results	Feature	T Range	Feature	T Range
	Presence Fairchildite	200-600	Presence Calcium phosphate	500-900
	High amount of Calcite	200-500	Presence of Portlandite	700-900
			Presence of Brucite	800

**Table 6.15.** Main minerals identified in relation of temperature range and facies colour in Mas del Pepet pen and muffle furnace replication.

Potassium (K) is an element identified with important values in both experimental pen and replication with muffle furnace samples. It is present in grey and ochre samples and has similar values in all range temperatures where dung has been burned. Arcanite (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) and Sylvite (KCl) are phosphates minerals identified in our samples by X-Ray, but only Sylvite is present in muffle and pen samples. Brochier et al. (1992) previously identified Sylvite in dung accumulation in a Sicilian cave as a component derived of organic-rich layer in decomposition process and is the only one chloride observed in dung accumulation. In fact, percentages of chlorine (Cl) obtained by elemental analysis is similar and with the same tendency of results obtained of Arcanite by X-Ray diffraction. Sylvite is a highly soluble salt and difficult to identify, for this reason, is absent in the archaeological record (Mees and Tursina 2010).

The comparison of our results allows us to identify the formation, dissolution or diagenesis of some minerals that can be used in the study of *fumier* sequences as potential "geomarkers". These can help us to estimate a minimum or maximum temperature and understand what phase of combustion our sample is in. This information can help us to better understand the formation and

## CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

conservation of microarchaeological assemblages, as well as to draw up specific and more accurate sampling strategies. However, it would be useful to see which of these biomarkers has sufficient stability to consolidate in the sedimentary record and be a valid marker in the archaeological context. Some of these geomarkers are summarized in table (Table X. geomarkers) and are based in our results providing experimental pen and muffle replication using FTIR, X-Ray and elementary analysis.

High amount of C (carbon), high presence of calcite and dolomite are the main diagnostic mineral feature to identify low temperature based in experimental pen. Dolomite ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ), a mineral carbonate, can be generated in contexts rich in organic matter at temperatures below  $250^\circ\text{C}$  (Roberts et al. 2013) and have been identified in guano deposition contexts (Shahack-Gross et al. 2004). If it is exposed to a temperature of  $500^\circ\text{C}$ , Dolomite is transformed into Calcite (Weiner 2010).

The mineralogic results obtained from the experimental pen show that high disorder Calcite, presence of Periclase, Magnesite or Calcium Aluminum Oxide could be related to high temperature obtained during dung combustion. Periclase ( $\text{MgO}$ ) also known as Magnesium oxide is a refractory material and can be produced by heating carbonate rocks, such as Dolomite when heating is extensive reaching temperatures close to  $750^\circ\text{C}$  (Weiner 2010). In our experimental project Periclase is present in ochre and grey samples from the experimental pen and in the muffle furnace samples with a similar proportion along the temperature curve. Also, Dolime is only present in pen samples, more precisely in black samples when Periclase is absent.

Replication with muffle shows results with differences with regards to experimental pen, possibly the result of the oxidizing conditions of the muffle, among other factors. In muffle results obtained at low temperature, the main indicative mineral signal is the high values of Calcite and the presence of Fairchildite. In the high-temperature range, the muffle results indicate as a characteristic of the presence of calcium phosphate, Brucite and Portlandite.

Portlandite is a calcium hydroxide ( $\text{Ca}[\text{OH}]_2$ ) formed when geogenic calcite reacts with high temperatures (between  $750\text{-}900^\circ\text{C}$ ) (Maritan et al. 2007; Weiner 2010). Brucite ( $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ) is magnesium hydrogen, which is commonly generated by the alteration of the periclase (Anthony et al. 1990).

Periclase is formed in similar temperatures of portlandite and brucite, and in archaeological context could be considered a diagnostic element to identified high temperatures, especially if are combined with the absent of Dolomite or other minerals that change the composition close to  $700^\circ\text{C}$ .

Summing up, the differences between the results obtained in the experimental pen and those obtained in the replication with muffle, show that the key aspects of combustion such as environmental conditions, duration or the different atmospheres that are generated in the pen are difficult to achieve with the muffle oven. Nevertheless, we consider that our results are the first step of a long experimental program that will provide more information to sustain these first results.

### 6.3.7.2. Microarchaeological characterization of dung

The identification of dung spherulites and high rich phytoliths assemblage are useful non-faunal criteria to identify animal dung, herding activities, and pen enclosures spaces (Canti 1999; Shahack-Gross 2011; Friesem 2016). Several ethno-archaeological studies analyse these microremains from dung used as fuel in oven cooking (Portillo et al. 2012, 2014, 2017; Gur-Arieh et al. 2013) or as a space marker (Shahack-Gross et al. 2003; Tsartsidou et al. 2008; Lancelotti et al. 2014; Morandi 2018). Modern reference collections published so far are diverse and with disparate characteristics. Most come from much more arid contexts where dung is used as fuel and the results are expressed in different units, which provides a complicated direct comparison between them (Tsartsidou et al. 2008; Portillo et al. 2012, 2014, 2017; Gur-Arieh et al. 2013). Even so, the results of phytoliths and spherulites obtained from the not-burned samples that make up our core values have a similar range to other published results.

Ethnoarchaeological references also incorporate some samples of phytoliths and spherulites from dung samples used as fuel during cooking in ovens (Portillo et al. 2012, 2014, 2017; Gur-Arieh et al. 2013). The values of both microremains, phytoliths and spherulites, obtained in CMP Project are higher than the rest of the published references collections. The number of samples that we include in this work is larger, with great variability in the type of samples, in relation to those previously published. It is necessary to have an account that in the formation of the assemblages of spherulites and phytoliths there are a great number of variables to take into account, such as the composition and age of the herd, the vegetal environment, the climate, the diet or the season (Shahack-Gross 2017).

Regarding to pollen record, several taphonomic works have explored the representativeness of the palynological assemblages from coprolites (Scott 1987; Carrión 2002; Scott et al. 2003; González-Sampéris et al. 2003) and other biotic pollinic contributions as herbivores and carnivores dung, bat guano, etc. (Burjachs 1988; Navarro et al. 2000; Maher 2006; Expósito and Burjachs 2016; Expósito et al. 2017). The main question posed to date in the literature is whether the data collected from these types of sources may contain confusing signals in the representation of some eminently local taxa or an anomalous representation of certain zoophilic taxa.

In general terms, coprolites are considered suitable materials for pollen analyses due to the good preservation of the pollen assemblage they tend to afford, with high pollen concentrations, and few indeterminable pollen usually recorded (Carrión et al. 2001). In fact, it seems that exine thinning in some buried coprolites is the result of degradation in a sedimentary context rather than gastric action (Scott 1987; Scott et al. 2003). Studies based on the pollen content of coprolites indicate that the dung pollen spectra also reflect the occurrence of minor pollen taxa contributing to an improved vegetation reconstruction. In fact, the record of zoophilous pollen, generally underrepresented compared to anemophilous pollen, is more abundant in this sample type (Carrión 2002; Carrión et al. 2009) and it also occurs in this way in non burned samples of CMP.

Regarding burning samples, it seems that there is no doubt in considering thermal alteration, an extreme case of oxidation, which destroys or damages pollen very rapidly, specially from 300°C when sufficient oxygen is available (Ujiié and Ando 2003; Hunt et al. 2007; Castellano et al.



2017)(Staplin 1977; Pini et al. 2018. In addition, pollen can char if heated in relatively anoxic conditions such as those that occur below the soil surface during a fire (Campbell 1999). Even so, it is necessary to consider that diverse studies have confirmed that the low sporopollenin content of some pollen taxa could affect their lifespan or the differential susceptibility to some disturbance factors like fire (Sangster and Dale 1961; Campbell et al. 1994; Tomescu 2005; Lebreton et al. 2010) Pini et al. 2018. This, together with the different temperature gradation suffered by the analyzed samples, depending on the facies of origin, and the oxygen availability during the fire would explain the unequal survival of the pollen residue (Pini et al. 2018). It is evident that there are not many references regarding the study of modern analogues with respect to how the effects of the digestive process affect pollen and palynomorphs. Only a few studies have begun to characterize the pollen and especially non-pollen palynomorph content of dung, with partial and somewhat uneven results (Ebersohn and Eicker 1992; Carrión 2002; Basumatary and Bera 2014; Basumatary and McDonald 2017; Basumatary et al. 2017, 2020; Morandi 2018; Tripathi et al. 2019). The study of pollen and NPP content of burned modern dung is a practically unexplored field.

The results of the CMP samples reflect what has already been stated in the existing literature, both with regard to the safety of gastric processes in palynological conservation, and the destructive effect of fire on pollen and spore assemblages, especially in facies originated from 300°C of temperature and rich in oxygen (Pini et al. 2018; Ujiie and Ando 2003; Ujiie et al. 2003; Castellano et al. 2017).

### **6.3.7.3. Evaluation of the incidence of fire in the microarchaeological assemblages**

The application of the Microremain Variation Index allows us to evaluate the tendency in which the different microremain are registered when they are altered by a taphonomic agent such as a fire.

The Microremain Variation Index shows how the two large groups of phytoliths, generic grasses and generic dicotyledonous, decrease similarly with values that only in a few cases exceed the -0.4 of the M.V.I (i.e 40% lower in relation to the core value). This would indicate, in general terms, that the weight of the two large groups of types of plants would not change the overall view of the whole as they would be affected in a homogeneous way.

The anatomical ascription of the grasses could be affected by the incidence of fire, as indicated by the values of the MVI obtained for the grass inflorescence and grass leaf. The values show that grass leaf is fire resistant, while the morphologies of grass inflorescence decrease in relation to core values. The incidence of fire especially affects the inflorescence of grasses of the ochre facies that see their presence diminished by almost -0.5 their values with respect to the core values. At the same time, in the same ochre facies, the grass leaves maintain or slightly augment their presence within the phytolith assemblage.

Taphonomic studies conducted so far tend to consider the phytolith morphologies of grass inflorescence more delicate than other morphotypes formed in other anatomical parts of plants (Cabanés et al. 2011; Shillito 2011a; Madella and Lancelotti 2012; Cabanes and Shahack-Gross 2015). The morphologies of the inflorescences have decorations on their edges that can be more affected and lost by the action of fire. This process could especially affect morphologies with

## CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

exterior decorations such as ELONGATE DENTATE or ELONGATE CLAVATE. PAPILLAE morphotype is also a typical morphology of grass inflorescence considered less robust than other morphologies formed in the grass leaf and that may have a greater dissolution (Cabanes et al. 2011). The greater presence of grass leaf can be explained both by a greater resistance of the morphologies that makes them gain presence within the assemblage, as well as by the greater identification of grass leaf morphotypes by the loss of the decorations of the grass inflorescence. The fire is a factor that weakens the stability of the phytoliths by altering the hydrogen groups and the water bonds of the silica, a fact that could cause a greater weakness of the group to face off new taphonomy processes such as the increase of pH, among others (Cabanes et al. 2011).

Changes in the values of grass leaf/inflorescence caused by fire may have an impact on the interpretation of the phytoliths assemblages. A predominance of the grass leaf in the ratio grass leaf can be interpreted as a contribution of leaves to the herds in the form of beddings or food contributions. Also, the lower presence of grass inflorescence can change the seasonality perception of the occupation, although the use of the inflorescence as a marker of seasonality has recently been questioned (Burguet-Coca et al. 2020).

Wood and bark present the same trend as the generic dicotyledon. The MVI would indicate a decrease in relation to the core values of a category that generally presents not very high values due to the lower production of phytoliths that dicotyledons have compared to other groups such as grasses (Albert et al. 2000; Albert and Weiner 2001). In light of our results, the action of fire would still cause a lesser representation of wood and bark morphologies, which could interpretively lead us to consider a diet more focused on grazing, with a lower incidence of the consumption of shrubs and tender branches (Shahack-Gross 2011).

Phytolith morphologies related to wood and bark (i.e BLOCKY or TABULAR ENTIRE) are generally more robust and larger than grasses morphologies (Albert et al. 2000; Tsartsidou et al. 2007). Taphonomy works have shown that morphologies with larger sizes and surfaces are more affected than smaller morphologies (Piperno 2006; Osterrieth et al. 2009). This could especially affect the morphologies of wood and bark and could explain their lower presence in the resulting sets of burned samples.

The results obtained show how dung combustion seems to have a clear impact on the percentage of anatomical connections of the assemblage, with a gradual decrease from black to ochre facies. The average cell number shows a result consistent with the anatomical connected multicell since averages are observed below those obtained in the not-burned samples and with a tendency to a lower number of phytoliths per multicell in ochre samples. This would indicate that the release of phytoliths from organic matter by fire action causes an increase in fragmentation indexes (Shillito 2011b, 2011a). Some studies suggest that the best way to study the anatomical connections of the phytoliths is by thin sections since once released from the plants and the extraction process they tend to damage and disintegrate the multicellular assemblages (Jenkins 2009; Shillito 2011b).

The alterations by weathered or melted have a clear relationship with the different identified facies and evidence that correspond to different stages where the intensity of combustion will increasingly alter phytoliths. The black facies and many of the grey ones have positive MVI values, but especially

in the ochre facies and in some grey samples is where the weathered and melted values multiply their presence in the assemblage.

Now entering the description of the results provided by the application of the MVI to the pollen spectra, the incidence of fire in the three groups into which the conserved pollen spectrum has been divided implies, in practically all cases, values below the representation of the core values of unburned samples. Only the group of herbaceous plants presents two samples with values above 1 in the black carbonization facies. The group of arboreal taxa presents values somewhat closer to the not-burned samples also in the black facies, although always remains below the average and presents a great variability. The group of shrubs is the one that suffers the greatest loss in terms of representativeness with respect to the whole. Despite the fact that shrubby taxa tend to be poorly represented in pollen spectra due to their low pollen dispersion, the representation of the three groups of taxa is highly equal in the not-burned samples, which is consistent with the usual representation in a dung deposit, where non-anemophilic taxa generally have a more balanced representation. However, after the action of fire, the values of the bushy component of the pollen spectrum collapse, remaining very far from core values, probably because of the thin exine characteristic of the most of shrubby taxa. For example, *Smilax*, one of the taxa most abundant in some of the non-burned samples, presents an approximate thickness of 1 $\mu$ m (Erdtman 1966).

Non pollen palynomorphs resist somehow better the action of fire, at least in the black facies. So, both fungi and vegetal debris remains are above the values of the not-burned samples. It should be noted that, although experimental studies regarding how fire affects non-pollen palynomorphs are almost non-existent, some recent approximation points to the non-survival of this type of microremains beyond 350-400°C (Gur-Arieh 2019). The remains of mites, worms and insects as well as the palynomorphs of indeterminate ecological origin have values close to the average and only algae and pteridophyta are clearly below the values present before the fire. In the facies grey and ochre, all of the palynomorphs groups are below the core values.

In general terms, the survival of the palynological record is limited to the black facies and is better for some of the NPP. According to the pollen record and the type of pollen dispersal, the two groups, both the anemophilous and the entomophilous, are well below the reference values, although the group of anemophilous pollen is somewhat closer to the pre-burning values. Again it appears that the size and thickness of the exine represents an essential factor in the survival of pollen types (Sangster and Dale, 1961; Campbell and Campbell 1994; Tomescu 2005; Pini et al. 2008). Thus, the group of anemophilous contains some comparatively large pollen types, as is the case of *Pinus*, well above the size and exine thickness of the rest of the taxa (Schwendemann et al. 2007).

The microcharcoal values shows the burning process generates numerous carbonized microparticles that are more abundant in the black facies. They are also above the reference values in the grey and ochre facies, although in a much less prominent way. Regarding the rounding alteration observed in these particles, only in the case of the grey facies is there a higher than average number of altered particles. Both in the case of the black facies and in the case of the ochre, the indexes of this alteration are lower than the core values, but they are very close to what

occurs in the unburned samples. We still do not know why the pollen particles suffer this type of rounding. In previous studies in which their presence was analyzed along with that of the rest of the palynomorphs, there seemed to be a certain correlation with the microalgae values, which suggested a possible relationship with the existence of puddles or sheets of water (Expósito et al. 2017). This is not the case, since the origin of the samples is the same and there is no better preservation of the algal palynomorphs in the grey samples. In this case, it seems more likely that the rounded carbonaceous particles correspond to plant debris or altered organic matter.

Regarding the alterations identified in the pollen, the thermal alteration presents values higher than the reference not-burned samples, as might be expected, while the grey facies and ochre facies have values similar to those prior to burning. The fact that the pollen preserved in these facies does not present thermally alteration stigmas could be indicating that the identified pollen grains could come from the pollen deposition that occurred in the time of sampling, without having undergone the cremation process. In fact, we have estimated the presence in the burned samples of pollen types absent of not-burned reference samples. This is the case of *Alnus*, *Ulmus*, and *Ephedra*, among others, which were in full pollination process during the period in which the sampling was carried out. This question is especially interesting because the presence of unaltered pollen in *fumier* contexts is frequent, and the possible "contamination" of the pollen spectra from a cremation facies with pollen rain has been pointed out as a possibility in some works already published (Expósito et al. 2016; Val et al. 2019). According fragmentation is also more persistent in black facies, although the results are somewhat heterogeneous. The grey and ochre facies are well below the average values, fundamentally due to the low survival of pollen in these contexts of great incidence of high temperatures and due the possible presence of pollen rain. In the case of compaction, in the three facies analyzed, the values are very close to those identified in the not-burned samples, with which it can be assumed that the action of fire does not contribute to generating this type of alteration or the pollen identified is not altered because it came after the fire has finished.

#### **6.3.7.4. Assessing the microarcheological homogeneity of the experimental facies**

Regarding the concordance of the results of the vegetal microremains, the results referring to the concentrations suggest that the trend is clearly the opposite regarding phytoliths and spherulites, respect to the palynological record (Fig. 6.35). Pollen and spores decrease drastically in the facies with the greatest thermal impact, while phytoliths and spherulites survive undergoing a concentration process. This process is especially remarkable in samples from the facies grey for spherulites and instead for phytoliths in facies ochre. Pollen and non pollen palynomorphs are clearly affected by the fire activity and maximum values observed in non burned samples, decrease significantly in the black facies samples and practically disappear in grey and ochre samples.

In any case, if two proxies could have similar behaviour, these are spherulites and coprophilous fungi. In both cases, they are indicators of the existence of herbivore dung accumulations. Spherulites, which are produced inside the intestine of the animals, are generally associated to pen contexts. The coprophilous fungi proliferate in the dung of herbivorous animals and their presence or abundance has been used in Holocene sequences to detect anthropization events associated with

CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

the development of livestock practices. There are already some studies that have confronted these two proxies in not-burned and burned contexts, obtaining a good correlation in the results (Morandi 2020). In the case of CMP in addition to the action of fire, which differentially affects both types of record, the presence of spherulites and coprophilous fungi is different even in the not-burned samples where the fungal spores have their maximum values and the spherulithes present the minimum percents of the total of analyzed samples.

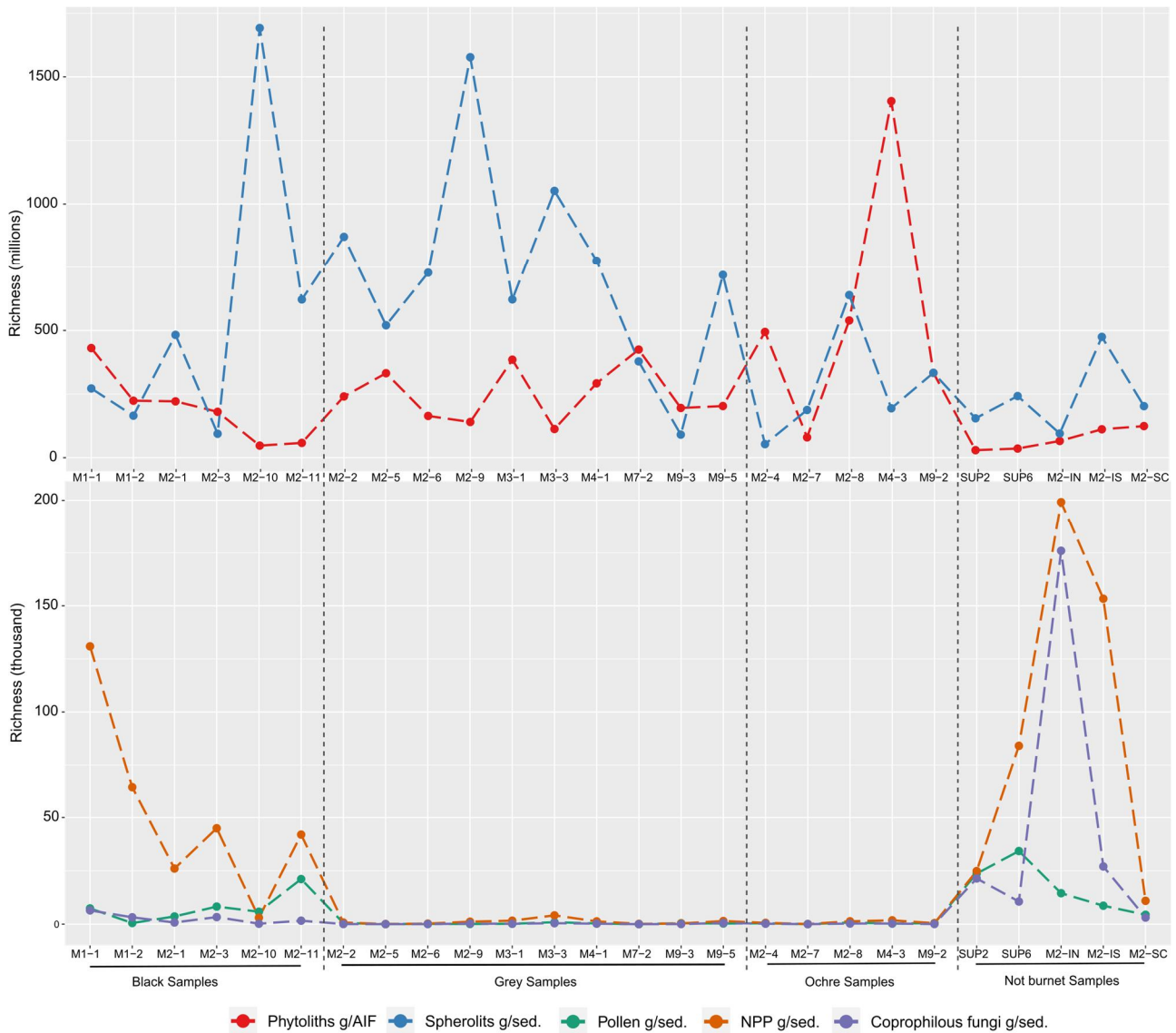


Figure 6.35. Main results from the quantitative and richness analysis.

Furthermore, the main difference between the two types of record is that the observable damages of pollen and phytoliths occur at their optimum moment of conservation. There is no overlap of alterations that allows us to establish a common pattern based on the analysis of both types of microremains. Moreover, the study of the stages of taphonomic alteration of each one of the assemblages allows us to reconstruct the different phases of the diagenesis of the deposit.

This result implies that it is necessary to face the study of this type of infill, mainly affected by fire activity, from a multi-proxy point of view, which allows us to cover all the alteration phases.

#### **6.3.7.5. Laboratory replication of controlled variables**

The results of the experimental replication by muffle oven show some interesting dynamics, although the combustion characteristics do not correspond to those obtained in the experimental pen and therefore the results are not entirely comparable. The most interesting results are related to taphonomic and quantitative aspects. The dynamics identified for anatomical connected multicell and average cell numbers contained in multicell are practically the same of the dynamics identified in the pen samples. This indicates that at 400 °C it is when the highest values are obtained. On the other hand, at lower temperatures (200-300 °C) and higher (500-600 °C), they have lower values regarding not-burned reference samples, but maybe for different reasons. At temperatures below 400 °C it is possible that the phytoliths are still integrated into the organic matter since combustion would not have released them yet. On the other hand, above 400 °C the phytoliths assemblages may begin to be altered by the temperature increase, as indicated by the melted and weathered morphotype values for the same temperature range.

The phytoliths assemblage burned at a temperature above 600 °C could not be included in the graph since the assemblage was very poor and altered, a fact that did not allow to reach the minimum identification of 200 phytoliths. In fact, for the temperature of 600 °C, the phytoliths assemblages already show an important alteration and a low concentration. This temperature should not be enough to alter phytoliths since the melting point of pure silica is 1713 °C. Phytoliths, formed by biogenic opaline, tend to be considered one of the botanical microremains most resistant to taphonomic agents such as a fire (Piperno 2006). However, the sedimentary context in which the phytoliths are deposited may cause a change in the melting point and significantly alter their visibility in the analyses.

It is common in archaeological contexts with the presence of fire that part of the phytolith assemblages show melting damages, generating total or partial alterations of some morphologies (Albert et al. 2008; Alonso-Eguiluz et al. 2016; Rodríguez-Cintas and Cabanes 2017; Wroth et al. 2019). This melted alterations may have a higher incidence if the fuel is dung because its combustion is characterized by a high temperature that is maintained for a long time (Vergès et al. 2016b). Besides, the presence of certain fluxing agents, such as chlorides, sulfates, sodium or organic salts, may reduce the melting point of phytoliths (Canti 2003; Matthews 2010; Canti and Brochier 2017a). Under these conditions, the melting point may decrease to 600-900°C (Shahack-Gross 2011; Brönnimann et al. 2017), easily attainable temperature during dung combustion. The result of combustion under these conditions is the conversion of phytoliths into amorphous and vitreous material in the form of glassy slag similar to clinker (Canti 2003; Brönnimann et al. 2017; Canti and Brochier 2017a). This type of residue resulting from the combustion of dung at high temperature has been found in some archaeological contexts with very specific characteristics such as the ash-mounds of India (Johansen 2004) or the burnt kraals in South Africa (Thy et al. 1995).

The features of the combustion carried out by muffle have the perfect conditions so that the melting point decreases and the phytolith assemblages are altered by an intense melted process.

## CAPÍTULO 6. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS

Experimental replication by muffle has the mineralogical conditions (presence of potassium, chloride, sodium and mineral salts) and temperatures (between 600 and 900 °C) so that the complete melting of the phytolith assemblages is observed. It would be necessary to analyze whether oxidizing combustion has helped the complete vitrification of phytoliths and if in reducing environments this process is partial or occurs under higher temperatures. In the samples of the pen experimentation, high values of melted phytoliths have been identified, especially in the ochres and in some grey facies, but the total destruction of the assemblage has not been identified.

Muffle replication also shows some interesting results for the taphonomy of dung spherulites, since they do not appear after 600 °C. At 300°C the spherulites shows their maximum concentration, to begin to decrease when the temperature increases, reaching 600°C and disappear. Previous works pointed to the calcium carbonate from which the spherulites are formed with stand maximum temperatures of 650-700 °C (Shahack-Gross 2011), although Brochier (2002) lowered the temperature to a range between 500 and 560 ° C. Brochier (2002) results, also obtained under oxidizing conditions, are the most coincident with those obtained in experimentation with muffle. The divergence in the maximum temperatures in which dung spherulites dissolve is possibly related to other factors that influence the breakdown of spherulites and that have not yet been taken into account (Canti and Brochier 2017b).

# Capítulo 7

## Discusión



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI  
EL FUEGO EN LA PREHISTORIA. UNA APROXIMACIÓN ARQUEO-EXPERIMENTAL AL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO  
A TRAVÉS DE LA MICROARQUEOLOGÍA  
Aitor Burguet Coca

## **7.1. EL FUEGO EN LOS CONTEXTOS DE CAZADORES RECOLECTORES PALEOLÍTICOS. UNA APROXIMACIÓN ARQUEO-EXPERIMENTAL AL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO.**

La identificación y evaluación que hemos realizado al registro piroarqueológico paleolítico se ha basado en tres aproximaciones diferenciadas, pero complementarias entre sí: la aproximación teórica, la arqueológica y la experimental. Consideramos que la combinación de estas tres esferas de análisis son una aportación relevante en la comprensión del registro piroarqueológico y un ejemplo teórico, metodológico y aplicado de cómo abordar el uso y la gestión del fuego desde la perspectiva de la microarqueología. Todo ello nos ha permitido analizar y comprender mejor muchos de los aspectos relacionados con las prácticas tecnológicas, culturales y sociales implícitas en el registro del fuego.

La aproximación teórica, nos ha permitido definir los componentes principales de una estructura de combustión y sus características. El hecho de conceptualizar lo que hemos denominado como “residuo de la combustión” e “impacto térmico de la combustión”, nos ha proporcionado un marco de análisis y un objeto de estudio concreto y preciso que puede ser identificado y, por tanto, comparado, tanto en el registro arqueológico como en las aproximaciones experimentales. Esta aproximación teórica también sería válida para cualquier otro tipo de aproximación o ámbito en que se abordase el registro piroarqueológico, como pueden ser los trabajos etnoarqueológicos.

Esta diferenciación y conceptualización de las partes de una estructura de combustión también nos ha permitido comparar los diferentes niveles arqueológicos de Cova Gran a pesar de tener adscripciones tecnoculturales diferentes, representadas por la unidad 497D y S1D, correspondientes al Paleolítico superior y al Paleolítico medio, respectivamente. La identificación y el análisis de los impactos térmicos y los residuos de la combustión nos ha permitido caracterizar estas estructuras y desarrollar un análisis tanto diacrónico como sincrónico entre unidades de un mismo yacimiento y dentro de las mismas unidades arqueológicas.

### **7.1.1. Procesos de formación y conservación del residuo de la combustión**

Los datos de Cova Gran muestran como los procesos de formación arqueológicos pueden conservar de forma muy desigual el registro piroarqueológico. Por un lado, el registro de la unidad adscrita al paleolítico superior 497D mostraba una buena conservación macroscópica de las estructuras de combustión. En cambio, su preservación y concentración impiden hacer inferencias sobre la gestión y el uso del fuego por parte de los humanos anatómicamente modernos. Por otro lado, y con los mismos procesos de formación, la unidad S1D adscrita al Paleolítico medio presentaba una conservación del registro piroarqueológico excelente macroscópicamente, pero desigual en lo que respecta al contenido de fitolitos. Mientras que en la secuencia de hogares analizada en la sección norte los conjuntos de fitolitos estaban muy alterados; en la sucesión de hogares de la sección sur la presencia de esta alteración no impidió recuperar el número mínimo de fitolitos necesario para su interpretación.

## CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

Estos resultados divergentes, entre unidades y en una misma unidad, se explican por una combinación de factores geológicos y antrópicos. La presencia de filtraciones y escorrentías de agua, afectarían a las dos unidades, y especialmente los hogares más cercanos a la pared del abrigo. Mientras la alteración es total para la unidad 497D en la unidad S1D son los hogares de la próximos a la pared de la cavidad los más afectados.

Los procesos antrópicos están relacionados principalmente con la duración de la ocupación y la intensidad de esta. Los hogares de la unidad arqueológica S1D se caracterizan por presentar una morfología irregular y de difícil identificación a causa de la superposición de varios hogares, elemento indicativo de un uso recurrente del fuego durante las ocupaciones. La forma y la morfología de estos hogares sería el resultado del reencendido o la reutilización de un mismo espacio. Experimentalmente se ha observado como un reencendido o una reutilización de un espacio de combustión solo es identificable cuando hay una mínima deposición de sedimentos entre reencendidos o reutilización (Mallol et al. 2013a, b). Un reencendido o reutilización de un hogar directamente encima de las cenizas no es identificable a nivel macroscópico. Los sedimentos intermedios son los que se verán alterados, formando el impacto térmico de la combustión, aunque en ocasiones solo puedan ser identificados a nivel microscópico (Shahack-Gross et al. 2014). En la unidad arqueológica S1D, también existe una superposición vertical de los hogares individualizados. Esta superposición ha sido identificada por la formación de intensas *black layers*, indicando que la unidad S1D estaría formada por más de una ocupación, sin poder definir el número mínimo de ocupaciones.

La potencia de cenizas en los hogares de la unidad arqueológica S1D es de varios centímetros y, a partir de las observaciones de la experimentación realizada, inferimos que sólo podrían formarse después de una combustión larga, intensa y reiterada. Estudios etnoarqueológicos han mostrado como las ocupaciones largas generan potencias de hasta 20 cm (Mallol et al. 2007) y, a su vez, diversas experimentaciones muestran como hogares de corta duración dejan capas cenicientas de no más de 2 cm (Bentsen 2012; Mallol et al. 2013a, b; March et al. 2014). El residuo de la combustión de los diferentes hogares experimentales se pesó para cuantificar su pérdida (Mas et al. 2018). Este residuo estaba formado principalmente por carbones de mediano y pequeño tamaño y, solamente en el caso del hogar H1, también por troncos parcialmente consumidos. El peso del residuo de la combustión fue de entre 1 y 2 kg, sin diferencias significativas entre los hogares de 40 o 80 kg. La diferencia entre la cantidad de combustible utilizado y el residuo generado evidenciaba una pérdida de peso de más del 95%, formado principalmente por carbones y cenizas (Mas et al. 2018).

Es muy probable que la potencia inicial del residuo de la combustión de los hogares de la unidad S1D fuera muy superior a la identificada arqueológicamente, ya que el residuo de la combustión inicial se vería posteriormente afectado por procesos de alteración como la exposición a las condiciones meteorológicas, así como procesos diagenéticos y de compactación que reducirían considerablemente su potencia arqueológica final. Aun así, los grosores identificados en las muestras identificadas como ceniza por el FTIR, indicarían el uso de una gran cantidad de combustible, principalmente combustible leñosos en los diferentes hogares de la unidad arqueológica S1D.

## CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

En cambio, la unidad arqueológica 497D está caracterizada como una ocupación de corta duración (Martínez-Moreno et al. 2012, 2019; Mora et al. 2020), y así lo muestra también el registro piroarqueológico. Los hogares identificados se encuentran aislados y bien definidos dentro de la matriz sedimentaria, siendo su presencia mucho más reducida respecto a la unidad S1D. El residuo de la combustión, cuando se conserva, presenta una potencia escasa.

Por lo tanto, el factor antrópico vinculado a la recurrencia de la ocupación y la abundancia del registro piroarqueológico es la principal diferencia entre las dos unidades arqueológicas estudiadas. Este factor antrópico desigual sería el que mejor explicaría la conservación diferencial, ya que los procesos de formación para el cuerpo sedimentario que contiene estas dos unidades son muy parecidos.

Las diferencias en la conservación de los hogares de la unidad arqueológica S1D pueden posiblemente explicarse por una menor afectación de los hogares situados más al exterior de la cueva. Sin embargo, hay que destacar que la conservación de los conjuntos de fitolitos de los hogares de la sección norte, en la parte más cercana a la pared de la cavidad presenta una mala conservación que no nos ha permitido alcanzar los 200 fitolitos individuales. Aun así, los resultados de los hogares de la sección norte son bastante mejor que los obtenidos en la unidad arqueológica 497D donde el número de fitolitos identificados por muestra no era mayor de 10 en la mayoría de los casos. El motivo que explicaría esta preservación diferencial entre unidades arqueológicas son factores antrópicos vinculados a la dinámica de la ocupación donde el *input* inicial del residuo de la combustión es mayor para la unida S1D que para la unidad arqueológica 497D.

Todas estas evidencias nos llevan a concluir que las dinámicas de la ocupación y la intensidad de éstas es el elemento estructural principal que determina la preservación de los conjuntos de fitolitos, en un contexto con procesos de formación parecidos. El desarrollo de este análisis y las conclusiones alcanzadas no hubieran sido posibles si de la observación de la escasa conservación de los conjuntos de fitolitos en la secuencia paleolítica, especialmente en la unidad 497D, se hubieran desestimado los subsiguientes muestreos. Sin embargo, durante el desarrollo de este trabajo se valoró en todo momento la posibilidad de encontrar unidades arqueológicas o espacios dentro de una misma unidad, donde las condiciones de conservación de los conjuntos de fitolitos pudieran ser óptimas. Estos resultados indican que las condiciones de conservación de los conjuntos de fitolitos son muy específicas, pudiendo generar una preservación diferencial importante dentro de una misma unidad arqueológica.

### 7.1.2. La gestión del combustible en el Paleolítico

El uso de la madera como el principal combustible identificado a partir de los conjuntos de fitolitos en el residuo de la combustión es coherente con el análisis antracológico de la secuencia de Cova Gran (Allué et al. 2018). *Pinus tipo sylvestris* sería al principal taxón en el entorno vegetal, y sugeriría un clima frío en toda la secuencia paleolítica de Cova Gran (Allué et al. 2018). *Pinus sylvestris* se caracteriza por producir gran cantidad de madera muerta de diferentes tamaños que podría favorecer su selección en el entorno inmediato. La madera en descomposición también ha sido identificada en la secuencia, especialmente en la unida S1D, aunque sin llegar a superar el 22% (Allué et al. 2018).

## CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

Los bosques de coníferas, y más concretamente de *Pinus sylvestris*, se extendieron durante el Paleolítico medio y superior por el noreste peninsular, desde la costa a las montañas (Allué 2002; Allué et al. 2017b, a, 2018). En yacimientos como el Abric Romaní, se ha observado las posibilidades que ofrecen estos bosques, a nivel de selección de la morfología y el tamaño, con implicaciones en el manejo del combustible y el funcionamiento del hogar (Solé et al. 2013; Allué et al. 2017b). Esta estrategia de selección y el manejo del combustible en relación a la función de los hogares podría ser parecida para Cova Gran, especialmente para la unidad 497D donde se pueden observar varias alineaciones de hogares, así como dispersiones de material lítico y faunístico relacionadas con las diferentes estructuras de combustión (Mora et al. 2020; Samper Carro et al. 2020).

Los resultados obtenidos dejan claro que la madera fue el principal combustible utilizado. Sin embargo, no podemos descartar el uso de combustibles secundarios minoritarios, como huesos, grasa animal u otros combustibles no leñosos, especialmente poáceas (Théry-Parisot and Meignen 2000; Théry-Parisot 2001; Courty et al. 2012; Yravedra and Uzquiano 2013; Allué et al. 2017b; Vidal-Matutano et al. 2017). Estos combustibles no leñosos serían utilizados en alguno o varios momentos de la cadena operativa de la gestión del fuego, el encendido o el reavivado, así con objetivos funcionales concretos como la iluminación o la generación de humo o brasas (Marquer et al. 2010; Courty et al. 2012; Vidal-Matutano et al. 2017) en las funciones concretas de los hogares, tal como se ha documentado en otros yacimientos

El combustible no leñoso más importante serían los conjuntos de poáceas (Albert et al. 2000; Karkanas et al. 2002; Madella et al. 2002; Esteban et al. 2017) utilizados en diferentes momentos de la cadena operativa del fuego, sin que podamos especificar con que función ni con qué objetivo. Polo-Díaz et al. (2016) propuso un posible uso de hueso como combustibles en uno de los hogares de la unidad 497D adscrita al Paleolítico Superior, hecho que en parte pudiera también explicar el menor contenido en fitolitos de los hogares de esta unidad arqueológica. Sin embargo, un reciente estudio zooarqueológicos y tafonómicos completo de la unidad 497D vinculan la alteración térmica de los huesos con el procesado alimenticio y la quema accidental o relacionada con la limpieza (Samper Carro et al. 2020).

Los conjuntos de fitolitos han sido una forma habitual de aproximarse al combustible y al uso de las plantas en diferentes yacimientos del Paleolítico superior y medio del Próximo Oriente como Amud (Madella et al. 2002), Kebara (Albert et al. 2000, 2012; Albert and Weiner 2001), Hayonim (Albert 2003) o Tabun (Albert et al. 1999; Albert and Weiner 2001). Otros yacimientos paleolíticos en el ámbito mediterráneo con estudio de fitolitos son Grotte XVI (Karkanas et al. 2002) y Roc de Marsal (Wroth et al. 2019) en Francia y, Klisoura (Albert 2010) en Grecia. En la península ibérica, el estudio de los conjuntos de fitolitos de los hogares se centra exclusivamente en contextos de Paleolítico medio con yacimientos como el Esquilieu (Cabanés et al. 2010), Abric Romaní (Cabanés 2002), El Salt (Rodríguez-Cintas and Cabanés 2017) y Abrigo de la Quebrada (Esteban et al. 2017). En todos estos yacimientos los resultados de fitolitos muestran como las poáceas están presentes, junto con las morfologías de madera/corteza en los residuos de combustión, como hemos identificado en la secuencia de Cova Gran.

## CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

La recolección de madera muerta del suelo o de las ramas inferiores de los árboles, muy posiblemente fue una práctica habitual entre los grupos de cazadores-recolectores paleolíticos (Vidal-Matutano 2016; Allué et al. 2017b, 2018; Vidal-Matutano et al. 2017). La producción de madera muerta en los bosques de coníferas está relacionada principalmente con los procesos naturales como tormentas, nevadas o inundaciones (Henry and Théry-Parisot 2014).

La recolección del combustible fue una de las actividades que posiblemente más tiempo ocupó a los cazadores-recolectores que disponían del fuego como un elemento habitual en sus estrategias de subsistencia (Manning and Taylor 2014; McCauley et al. 2020). La utilización del combustible en ocupaciones de larga duración, como las identificadas en la unidad arqueológica S1D, significarían para los grupos de neandertales la dedicación de gran parte del tiempo a la planificación y organización de la recolección del combustible leñosos. El volumen del residuo de la combustión y la intensidad del impacto de la combustión en el registro arqueológico estaría indicando una abundante recolección de combustible para su uso doméstico.

El coste de la recolección se ha estudiado a nivel de tiempo y recursos, en diferentes entornos vegetales (Henry 2017; Henry et al. 2018), considerándose especialmente costoso en entornos con escasez de combustible. Sin embargo, a un posible cálculo coste-beneficio hay que añadirle la esfera social y simbólica que lleva implícita la recolección (Picornell-Gelabert 2009a, b; Dufraisse 2011, 2012; Picornell-Gelabert et al. 2011). La esfera social o el hecho que la recolección no fuera una actividad específica y se integrara junto con otras actividades de subsistencia (Picornell-Gelabert et al. 2011) dificultaría aún más valorar la recolección dentro de una ecuación puramente calórica (Picornell-Gelabert et al. 2011). Se ha considerado que la recolección por parte de los Neandertales estaría caracterizada por una organización compleja que dependería de diferentes parámetros tales como las condiciones ambientales o la disponibilidad de recursos, así como aspectos tecnológicos, culturales, de la calidad de los combustibles o de los patrones de selección (Théry-Parisot et al. 2010). En la selección del combustible los grupos neandertales tendrían predilección por las especies con una alta producción de madera muerta que generan una gran disponibilidad y abundancia (Allué et al. 2017b; Vidal-Matutano et al. 2017), aunque las preferencias también pudieron estar condicionadas por el tamaño (Chrzavzez et al. 2011; Solé et al. 2013) o la calidad de la madera (Texier and Théry-Parisot 2006; Allué et al. 2017b; Vidal-Matutano et al. 2017) según el tipo y la función del hogar (Courty et al. 2012).

En contextos de abundancia de combustible como la península ibérica, el uso cada vez más habitual del fuego, convirtió el fuego y sus actividades asociadas, como la recolección del combustible, en elementos imprescindibles para el grupo. Esta necesidad vinculada al uso del fuego modificó las pautas socioeconómicas y el día a día de estos grupos humanos. Como consecuencia, muy probablemente estos grupos seleccionaron para las ocupaciones espacios próximos a los entornos vegetales boscosos. Esta elección podría disminuir de forma considerable los costes de la recolección. Por lo tanto, la necesidad de abastecerse de combustible leñoso condicionaría las estrategias de movilidad y asentamiento. Del mismo modo, una baja disponibilidad de este combustible en el entorno podría ser importante en el abandono de la ocupación. Esta decisión condicionada por la disponibilidad del combustible pudo ser

determinante en las ocupaciones estudiadas en la unidad S1D, pero no tanto para las analizadas en la unidad 497D al tratarse de una ocupación de corta duración.

Es muy probable que los grupos humanos paleolíticos que adquirieron entre sus estrategias de subsistencia y adaptación el uso habitual del fuego, modificaran sus patrones de asentamiento para vincularlos a la disponibilidad de un nuevo recurso biótico imprescindible, como sería el combustible. Otros recursos explotables por los grupos de cazadores-recolectores paleolíticos serían necesidades puntuales que no tendrían tanto peso en la selección de la ocupación. Entre esta, estaría los afloramientos de recursos líticos o las zonas de caza que podrían ser visitados solamente para satisfacer una necesidad concreta o ser captador durante los estacionales entre campamentos.

### **7.1.3. El impacto térmico de la combustión en contextos arqueológicos Paleolíticos**

El impacto de la combustión en los yacimientos arqueológicos es en muchos casos la principal evidencia de la utilización del fuego, junto con huesos e industria lítica quemada, por parte de los grupos humanos prehistóricos. La identificación y análisis de las evidencias de fuego es interesante desde el punto de vista de la formación del registro, para la disección de las ocupaciones o para comprender mejor la organización del espacio (Pastó et al. 2000; Vaquero et al. 2001; Vallverdú et al. 2012; Machado and Pérez 2016). Es por este motivo que hemos generado un referente experimental vinculado al registro piroarqueológico de Cova Gran que nos ayude a entender su formación en el registro y sus implicaciones en la caracterización de la ocupación y el uso de fuego.

El impacto térmico es la otra parte principal del registro que hemos analizado y abordado experimentalmente. Mallol et al. (2013a, b) definió por primera vez la formación de un impacto térmico, conocido como *black layer*, a partir de un programa experimental basado en la realización de hogares planos. En esta experimentación, realizada en relación con las características y problemáticas del registro piroarqueológico de El Salt, se observó la formación de un impacto térmico con similitudes a las identificadas en nuestra experimentación y en el registro paleolítico aquí estudiado.

En las experimentaciones de El Salt, en todos los hogares con un sustrato orgánico se generó una *black layer* de entre 0.5 y 1.5 cm de potencia. La duración de las combustiones (entre 1 y 7 horas) y la cantidad de combustible utilizado (entre 2 y 28 kg) explicarían un grosor menor de la *black layer* en relación con nuestra experimentación. Estos resultados, aunque realizados en otras condiciones sedimentológicas, parecen también vincular la cantidad de combustible y la duración de la combustión con el espesor y la intensidad del impacto térmico (Mallol et al. 2013a).

Otro elemento común entre nuestros resultados y los publicados por Mallol et al. (2013a) es la formación de una rubefacción en la superficie del hogar de unos pocos milímetros. Subyacente a esta, identificó la formación de una *black layer*, tal como sucedía en la periferia de los hogares experimentales realizados. En la experimentación del Salt se integró el estudio de la micromorfología de suelos, permitiendo observar que esta rubefacción estaba vinculada a una microagregación del suelo que generaba la oxidación total de la materia orgánica y la fusión de

## CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

los componentes minerales (Mallol et al. 2013a). La capa rubefactada identificada en nuestra experimentación presentaba unos sedimentos agregados, muy posiblemente resultado de unos procesos de formación parecidos a los descritos en Mallol et al. (2013a).

Aldeias et al. (2016) realizó una experimentación en condiciones controladas incluyendo variables independientes como la temperatura, la duración y el tipo de sustrato, con un control estricto de la causa-efecto en la experimentación. Los resultados de esta experimentación no pretendía dar respuesta a ningún registro arqueológico en particular, sino generar un *corpus* de datos aplicables a la mayor parte de yacimientos arqueológicos. En relación con nuestros resultados, las temperaturas registradas en los diferentes suelos experimentales son bastante más altos, entre 400 y 600 °C a -2 cm y llegando a alcanzar los 200 °C a los -10 cm de profundidad. En la misma experimentación, Aldeias et al. (2016) y previamente otros autores como Canti and Linford (2000) ya documentan como las cenizas tienen una muy baja conductividad térmica, y esta sería la causa que explicaría que las temperaturas registradas en nuestra experimentación alcanzaran como máximo los 350 °C a -3 cm del suelo. Otros elementos, como la presencia de clastos o una composición del sedimento más heterogénea formada por minerales con diferentes grados de conductividad, también explicarían los resultados obtenidos.

Las características de la experimentación (cantidad de combustible y duración de la combustión) y los resultados obtenidos serían parecidos a los producidos por los grupos cazadores-recolectores en una ocupación de corta duración. Las combustiones de la experimentación duraron menos de un día y quemamos un máximo de 80 kg, variables de la combustión suficientes para la formación de un registro piroarqueológico completo, con un impacto térmico y un residuo de la combustión. Este registro piroarqueológico generado, en caso de no verse alterado por procesos tafonómicos intensos, sería fácilmente identificable en el registro arqueológico. Otras simulaciones con duraciones cortas de no más de un día también han generado una materialidad arqueológica identificable en forma de impacto térmico y residuo de la combustión (Mallol et al. 2013a, b; Bentsen 2014; March et al. 2014) evidenciando la visibilidad de este tipo de registro en ocupaciones cortas.

Por este motivo afirmamos que las ocupaciones de corta duración y baja intensidad pueden ser identificables desde el punto de vista del registro piroarqueológico. En el caso de que un tipo de ocupación muy corta no generase un abundante registro lítico o faunístico, sería el registro piroarqueológico el que permitiría su identificación y su individualización en el marco espacio-temporal.

### **7.1.4. La pirotecnología en el Paleolítico**

La secuencia de Cova Gran, localizada en el noreste de la península ibérica y con una cronología enmarcada en el MIS 3 en las dos unidades arqueológicas estudiadas, representa un registro clave a nivel espacio-temporal para la mejor comprensión de la transición biológica y cultural del Paleolítico medio-superior, momento en el que tiene lugar la substitución de los Neandertales por los humanos anatómicamente modernos.



## CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

El debate sobre si las comunidades neandertales tuvieron entre sus capacidades la de producir fuego ha sido un tema de controversia los últimos años (Sandgathe et al. 2011a, a; Sorensen et al. 2014; Dibble et al. 2017; Sandgathe 2017; Sorensen 2017; Sorensen and Scherjon 2018; Dibble et al. 2018), a pesar de que son muchas las publicaciones que consideraron que el uso habitual del fuego ya estaba presente entre los grupos Neandertales e incluso sus predecesores directos (Roebroeks and Villa 2011). Algunos trabajos han defendido que los Neandertales en Europa occidental, y especialmente del suroeste de Francia, no tenían el conocimiento tecnológico de producir fuego, considerando que esta habilidad tecnológica estaría relacionada de forma exclusiva con *Homo sapiens* (Sandgathe et al. 2011a; Sandgathe 2017). Basándose principalmente en el análisis de las secuencias de Pech de l'Azé IV y Roc de Marsal, estos autores sugieren una variación del uso del fuego en relación a las condiciones climáticas (Sandgathe et al. 2011b, a; Aldeias et al. 2012; Goldberg et al. 2012; Dibble et al. 2017, 2018). En estas secuencias los autores observan como en periodos cálidos, el registro piroarqueológico era abundante, y en los periodos fríos las evidencias de fuego disminuían de forma dramática (Sandgathe et al. 2011a; Dibble et al. 2018). Para explicar las diferencias en el registro, estos autores defendieron que los grupos de Neandertales de la región estudiada dependerían de los fuegos naturales para la obtención del fuego, ya que no habrían desarrollado la capacidad de producirlo por ellos mismos. Esta hipótesis parte de la premisa que la primera causa de los incendios naturales son la caída de rayos, y estos se producen de forma mucho más habitual en los periodos cálidos que en los fríos. Muchos de estos argumentos fueron respondidos por Sorensen (2017) con registros climáticos y arqueológicos de la misma región. Este mismo autor realizó un trabajo arqueo-experimental para poder identificar el registro lítico vinculado a la producción del fuego mediante el sistema de percusión en algunos yacimientos franceses (Sorensen et al. 2014, 2018). El debate y la contraargumentación continua y aún no se puede considerar un debate cerrado (Sorensen and Scherjon 2018; Dibble et al. 2018).

A la luz de esta propuesta, en la que los Neandertales presentarían variaciones pirotecnológicas regionales, parecidas a las identificadas en la industria lítica, se ha abierto el debate sobre las capacidades pirotecnológicas a otras regiones. Recientemente, en el yacimiento de Lusakert Cave (Armenia) se realizó un estudio sobre los hidrocarburos aromáticos, que identificó una relación negativa entre los incendios naturales y el registro piroarqueológico del yacimiento (Brittingham et al. 2019). Según Brittingham et al. (2019) los Neandertales tendrían un notable control del fuego y probablemente pirotecnología, siendo este un comportamiento regional, tal como llegaron a apuntar algunos autores (Sandgathe 2017). Tomando en cuenta las evidencias más antiguas de fuego, Brittingham et al. (2019) considera que la pirotecnología sería un rasgo primitivo que perdieron ciertas poblaciones en algunas regiones concretas, o un comportamiento derivado que tuvo un surgimiento en diferentes regiones.

En las unidades arqueológicas estudiadas y en la secuencia paleolítica descrita de Cova Gran, el uso del fuego fue parte del estilo de vida tanto de los Neandertales como de los humanos anatómicamente modernos. El análisis de la unidad arqueológica S1D, adscrita al Paleolítico medio, ha evidenciado un registro piroarqueológico claro y abundante. Este se caracteriza por grandes hogares de bordes irregulares, lo que nos estaría hablando de reutilización y superposición en una misma zona. La descripción de los hogares, realizada tanto en la sección norte como en la

## CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

sur, muestran la superposición de diferentes momentos de combustión, separados por los impactos térmicos identificados como *black layers*, que corresponderían a los diferentes paleosuelos de la ocupación. Estas superposiciones de hogares muestran una clara recurrencia en la ocupación a través del registro piroarqueológico por parte de los Neandertales dentro de la unidad S1D.

A falta de estudios que permitan diseccionar este nivel de palimpsesto documentado en la unidad S1D, lo que es evidente es que el fuego fue un elemento estructural en las diferentes ocupaciones. La intensidad en que se muestra el registro, especialmente el piroarqueológico, nos estaría indicando una ocupación intensa y posiblemente de larga duración, ligada a un ámbito doméstico. El residuo de la combustión muestra una potencia de varios centímetros de cenizas, que solamente se pueden generar después de una ocupación larga. El uso habitual del fuego en las diferentes visitas que los grupos de Neandertales hicieron a Cova Gran queda por lo tanto claramente demostrado.

Los hogares de las unidades del Paleolítico medio son el resultado de un uso habitual del fuego, y aunque no hay una evidencia directa sobre la capacidad pirotecnológica de estos grupos, la recurrencia y las características del registro hace difícil pensar que no dispusieran de la tecnología y los conocimientos suficientes. La península ibérica tubo las condiciones necesarias para el desarrollo de esta tecnología por parte de los Neandertales, y así parece indicarlo el registro piroarqueológico documentado en varias secuencias y yacimientos, especialmente de la península ibérica. Entre estas condiciones destaca la presencia de un entorno con extensas masas boscosas, como han apuntado los registros antracológicos (Allué et al. 2018) y de micromamíferos (Lopez-García et al. 2014; Fernández-García et al. 2020), lo cual les proporcionaría recursos básicos para su subsistencia, incluyendo combustible.

Estas condiciones favorables están a su vez vinculadas con un registro piroarqueológico constante, especialmente en la vertiente mediterránea desde como mínimo el MIS 5 (ca. 130-80 ka), con yacimientos como Bolomor (Fernández Peris et al. 2012; Vidal-Matutano et al. 2019), Cova Negra (Villaverde et al. 1996; Arsuaga et al. 2007; Eixea et al. 2020), Abrigo de la Quebrada (Esteban et al. 2017), El Salt (Mallol et al. 2013b; Vidal-Matutano 2016; Rodríguez-Cintas and Cabanes 2017; Leierer et al. 2019), Abric del Pastor (Vidal-Matutano et al. 2017; Mallol et al. 2019) Abric Romaní (Vaquero et al. 2001; Cabanes et al. 2007; Vallverdú et al. 2012; Solé et al. 2013; Allué et al. 2017b) o la Roca dels Bous (de la Torre et al. 2012; Martínez-Moreno et al. 2016), entre otros.

La ausencia de una evidencia directa de la producción del fuego a nuestro entender no descarta del todo la posibilidad de que los grupos de Neandertales que ocuparon Cova Gran tuvieran una capacidad técnica, más o menos compleja, para producir fuego sin depender de los fuegos naturales. La ausencia de elementos que evidencien de forma directa la producción del fuego en el registro arqueológico representa una clara dificultad en su identificación en el registro. La producción por fricción de madera solo se identificaría en contextos anaeróbicos o en condiciones de preservación excepcionales. La producción de fuego por la percusión entre materiales líticos genera también unos estigmas difíciles de identificar (Sorensen et al. 2014, 2018), y que en el caso de Cova Gran no se han abordado mediante el estudio traceológico. Algunos trabajos que analizan

## CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

la producción del fuego entre grupos de cazadores recolectores actuales, atestiguan un uso mayor de los sistemas de fricción por encima de los de percusión (McCauley et al. 2020).

De la misma forma, tampoco hemos identificado evidencias directas de producción del fuego en la unidad adscrita al Paleolítico superior, ni en la secuencia holocena de *fumiers*. Sin embargo, para estos dos registros no se ponen en duda las capacidades pirotecnológicas de los *H. sapiens*. Esto nos puede llevar a pensar que estamos delante de un proceso de redundancia o equifinalidad, en que dos grupos con habilidades pirotecnológicas diferentes podrían llegar a generar un mismo registro piroarqueológico. Si no es así, por el tipo de registro que tenemos y sus características, no podemos hacer nada más que considerar que tanto para los grupos de humanos anatómicamente modernos como de neandertales tendrían las mismas capacidades pirotecnológicas.

Sin duda, esta problemática es mucho más compleja y el debate necesita de evidencias más claras y contundentes. Sin embargo, nos gustaría evidenciar que en el caso del registro piroarqueológico de Cova Gran no se detectan diferencias relevantes entre los niveles de Paleolítico medio y los niveles del Paleolítico superior, más allá de las relacionadas con la conservación. Sin embargo, la simple adscripción al Paleolítico medio o superior ya genera una consideración desigual en las capacidades pirotecnológicas entre los *Homo sapiens* y los *Homo neanderthalensis*. La ausencia de evidencia no constituye evidencia de ausencia, aunque en el estudio de los grupos Neandertales y en la construcción del comportamiento humano moderno muchas veces no ha sido así (Speth 2004).

## **7.2. LAS SECUENCIAS DE ACUMULACIÓN Y QUEMA DE EXCREMENTOS: EL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO VINCULADO A LAS PRÁCTICAS GANADERAS DURANTE LA PREHISTORIA RECIENTE**

### **7.2.1. Los procesos de formación**

Los trabajos tanto arqueológicos como experimentales de esta tesis han abordado los procesos de formación en los contextos de estabulación y quema tipo *fumier*, con resultados interesantes a nivel comparativo. Los procesos de reducción identificados nos aportan información clave para entender y poder interpretar de forma más cuidada y detallada los conjuntos y toda la información que se desprende de ellos.

La experimentación controlada con mufla combinada con la replicación experimental a gran escala permite abordar desde diferentes enfoques un fenómeno complejo como los identificados en las secuencias de *fumiers*. La primera conclusión que podemos extraer es que el resultado de la combustión del estiércol a baja temperatura (200 °C) será muy parecido al obtenido a alta temperatura (>600 °C), ya que la reducción del volumen en condiciones oxidantes llega al 70% del volumen inicial a una temperatura de solamente 200 °C. Por consiguiente, cualquier tipo de facies cenicienta habrá sufrido un proceso de reducción del volumen notable, con independencia de alcanzar altas temperaturas durante la combustión.

La reducción del volumen tiene unas implicaciones decisivas en la comprensión de los conjuntos, siendo una de las más destacables la concentración de los conjuntos microarqueológicos en el resultado de la combustión. Según nuestros cálculos a partir de los 200 °C, 100 cm de excrementos no quemados quedarían reducidos a un máximo de 30 cm. Por consiguiente, todos los microrrestos depositados en 70 cm de excrementos quedan concentrados en menos de 30 cm de cenizas. A esta reducción hay que añadirle los posteriores procesos de compactación y, en menor medida, los procesos diagenéticos que acabarían reduciendo el paquete inicial a unos pocos centímetros de potencia. Estos procesos podrán ser cuantificados y conocidos en mucha más profundidad cuando se realice la excavación del corral del Mas del Pepet, programada en el proyecto experimental (Vergès et al. 2016). Durante un muestreo realizado en 2020, ya se pudo observar parte de la secuencia formada estos últimos años, y que en ella las facies cenicientas presentaban potencias de escasos centímetros, con coloraciones parecidas a las identificadas en yacimientos como El Mirador.

Siguiendo con los resultados obtenidos de la experimentación con mufla, una segunda conclusión que podemos extraer del estudio de los contextos arqueo-experimentales es que, si la temperatura no es muy alta, los conjuntos presentan una buena conservación y una importante riqueza. Los resultados de la quema de excrementos en mufla muestran como entre los 200-300 °C se produce la máxima concentración y la conservación óptima de los conjuntos. Es a partir de los 300-400 °C, cuando la alteración empieza a afectar los conjuntos tanto de fitolitos como de esferulitas. Al alcanzar los 600 °C, los conjuntos se disuelven casi en su totalidad.

## CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

Sin embargo, estos resultados no son plenamente coincidentes con lo documentado en las secuencias arqueo-experimentales, donde hemos podido identificar un rico registro microarqueológico. En los contextos arqueo-experimentales estudiados, la temperatura puede alcanzar los 600 °C en algunas muestras, como indica la presencia de calcita altamente desordenada (HDC) de las secuencias de El Mirador y Cova Gran, y los registros de las temperaturas del corral del Mas del Pepet (Vergès et al. 2016). A falta de nuevas experimentaciones controladas y repeticiones que mejoren el grado de certeza de nuestros resultados, hay varios factores que podrían explicar estas diferencias entre la experimentación controlada mediante el uso de mufla y los registros arqueo-experimentales.

Entre los principales factores que podrían explicar esta divergencia en los resultados cabe considerar las condiciones constantes de las variables como el tiempo y la temperatura con la experimentación con mufla, que difieren de las condiciones identificadas en los contextos arqueo-experimentales. Se ha demostrado que la quema experimental de excrementos se caracteriza por una combustión de gran complejidad y alta variabilidad interna que se ve condicionada por múltiples factores, como la entrada de oxígeno durante la combustión, la compactación, la humedad o la potencia del estiércol acumulado (Vergès 2011; Vergès et al. 2016; Burguet-Coca and Expósito 2018).

Asimismo, hay que tener en cuenta que durante la experimentación en mufla se quemaron pequeños fragmentos de estiércol de unos pocos centímetros de espesor. El hecho de utilizar fragmentos centimétricos de estiércol generó una concentración de los microrrestos derivada de la reducción del volumen que fue muy escasa y probablemente poco realista en comparación con los fenómenos identificados y reproducidos mediante la quema controlada.

Estos resultados realizados bajo condiciones controladas resultan fundamentales para comprender la relación causa-efecto de determinadas variables, sin embargo, a la luz de los resultados obtenidos han de ser trasladados con cautela al análisis de las secuencias arqueo-experimentales. Estas presentan una mayor complejidad en las variables implicadas, los fenómenos acaecidos y la casuística implícita en la formación de las secuencias de *fumiers*. A pesar de ello, la combinación de los dos tipos de experimentación ha resultado la mejor forma de aproximarse y poder entender mejor los procesos de formación de las secuencias de estabulación y quema de excrementos.

### 7.2.2. La estacionalidad

La estacionalidad ha sido un tema analizado a partir del análisis de las secuencias de *fumiers* y mediante una pequeña colección de referencia actual. La presencia de la inflorescencia durante todo el año incluso los meses de invierno, es habitual en zonas mediterráneas como las estudiadas (Burguet-Coca et al. 2020). Tal y como se observó, la inflorescencia de las poáceas está presente más allá de la primavera y el verano y, aunque en menor medida, aún continúa presente durante el otoño y el invierno, siendo por lo tanto potencialmente consumible por los rebaños.

Además de la colección de referencia de poáceas del entorno de Cova Gran (Burguet-Coca et al. 2020), hemos obtenido resultados del proyecto arqueo-experimental del corral del Mas del Pepet

## CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

que no son complementarios ni comparables a las secuencias arqueológicas estudiadas, pero pueden ser utilizados para comprender mejor esta problemática.

La acumulación de excrementos en el corral se realizó entre abril/marzo y octubre/noviembre. Por tanto, en el proyecto experimental del corral del Mas del Pepet se acumuló la señal de parte de la primavera, todo verano y parte del otoño. Los valores de inflorescencia en las muestras no quemadas de poáceas oscilan entre el 62 y el 11% y el porcentaje de hojas está entre el 9 y el 28%. Estos valores son inferiores a los documentados en la secuencia estudiada de El Mirador, mientras que los de Cova Gran se hallan dentro del rango documentado en el proyecto arqueológico experimental.

En el caso de El Mirador es relevante la baja presencia de la inflorescencia (<11%), que sugeriría una ocupación de la cueva entre el invierno e inicios de la primavera. Estos resultados concuerdan con los obtenidos a partir del estudio de los perfiles de muerte y nacimiento del ganado, que fijarían la ocupación principalmente durante el invierno y principio de la primavera (Martín 2015; Martín et al. 2016).

La secuencia de *fumiers* analizada en Cova Gran se situaría en un momento más difícil de acotar, ya que el rango de inflorescencias y hojas de poáceas está dentro del documentado en el corral del Mas del Pepet. Solamente podríamos descartar una ocupación durante el invierno. Una mejor comprensión de la estacionalidad de las ocupaciones sería una manera de poder ayudar a la comprensión de los sistemas socioeconómicos y de movilidad de los rebaños en esta parte del Prepirineo, zona de contacto entre dos grandes unidades biogeográficas. La hipótesis principal que se ha planteado en el caso de Cova Gran es que se trate de un espacio de agregación de rebaños para realizar movimientos regionales de los animales (Polo-Díaz et al. 2014). Establecer los momentos de la ocupación de forma más precisa, mediante el estudio de los conjuntos de fitolitos, sería una manera concreta de poder validar esta hipótesis principal. Por el momento, los resultados de fitolitos no son ni concluyentes ni contradictorios con la hipótesis planteada.

Sin embargo, en Cova Gran sí hemos podido atestiguar una secuencia de estabulación, donde la quema parece producirse de forma habitual y recurrente cada cierto tiempo. Nuestros resultados muestran quemaduras recurrentes ya que las características mineralógicas de la combustión están presentes y son continuas, especialmente en la unidad 3Nb. En la secuencia de Cova Gran no se observan macroscópicamente grandes paquetes de cenizas, como ocurre en la secuencia de El Mirador. Esto podría indicar que las quemaduras se realizaron después de una ocupación de poco tiempo, lo cual es congruente con la hipótesis de una ocupación corta necesaria para la agrupación de rebaños, para la realización de desplazamientos en busca de nuevos espacios de pasto.

### 7.2.3. Los conjuntos de fitolitos

Los conjuntos microarqueológicos, y especialmente los conjuntos de fitolitos, depositados con los excrementos pueden variar dependiendo de las condiciones del entorno vegetal, del animal que los produce, de su dieta o su edad, así como de las prácticas ganaderas llevadas a cabo (Anderson and Ertug-Yaras 1996). Por lo tanto, los conjuntos analizados procedentes de las secuencias de estabulación y quema nos pueden informar sobre todos estos ámbitos. Bien es cierto, que estos

## CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

aspectos son difíciles de abordar desde el registro arqueológico, ciertos referentes etnoarqueológicos o arqueo-experimentales puedan ayudar a su identificación.

Con los resultados que hemos obtenido, hemos podido detectar aspectos como la caracterización del rebaño o la gestión de la cabaña ganadera. En las secuencias arqueológicas los resultados indican que el pastoreo libre es la principal estrategia para la alimentación del rebaño. A pesar de que para El Mirador se llegó a proponer la aportación de forraje para la alimentación del rebaño (Euba et al. 2016), los resultados de fitolitos no confirman esta hipótesis.

Los pocos yacimientos con estudios de fitolitos de la península ibérica muestran una composición parecida, con un predominio de poáceas por encima de las plantas dicotiledóneas. Es este el caso de las secuencias del norte peninsular, con yacimientos como Los Husos II (Alonso-Eguíluz et al. 2016) y San Cristóbal (Alonso-Eguíluz 2012; Polo-Díaz et al. 2016a), así como en pequeñas secuencias caracterizadas como *fumiers* en Cova Bonica (Daura et al. 2019) o Els Trocs (Lancelotti et al. 2014). Todas ellas muestran un predominio de las poáceas como fuente de alimentación del rebaño.

Todas estas secuencias con predominio de las poáceas nos pueden estar indicando que la aportación de forraje en forma de hojas no era necesaria para los grupos de pastores que habitaron cuevas y abrigos en la península ibérica, ya que disponían de suficientes pastos durante todo el año para la alimentación de los animales. Las fuentes etnográficas muestran como esta estrategia de alimentación del rebaño mediante forraje leñoso solamente se realiza cuando no hay suficientes pastos, especialmente durante el invierno (Solecki 1979; Halstead 1996; Zapata and Peña-Chocarro 2003). Las condiciones ambientales y climáticas durante el Holoceno proporcionarían pastos durante todo el año, así también lo indicarían el dominio de las poáceas tipo C3-Pooid indicativas de un clima templado (Twiss et al. 1969; Twiss 1992; Pearsall and Piperno 1993) en las secuencias estudiadas. Además, otras estrategias pastoriles como los movimientos del ganado podría ser una alternativa al agotamiento de los pastos, sin tener que optar por el forraje leñoso para alimentar el rebaño. Estos movimientos del rebaño en busca de pastos se han planteado tanto para el yacimiento de El Mirador (Martín 2015), con posibles movimientos transterminantes, como en Cova Gran con movimientos de carácter trashumante que implicarían la agregación de rebaños (Polo-Díaz et al. 2014).

El uso de forraje en forma de hojas podría estar presente de forma muy puntual, y eso dificultaría su identificación en los conjuntos de fitolitos. Solamente una práctica habitual dejaría una composición identificable como aportación de forraje en los conjuntos de fitolitos (Delhon et al. 2008).

### **7.2.4. Las esferulitas**

La presencia de esferulitas es una de las evidencias directas de la presencia de excrementos de animales, principalmente herbívoros, en los yacimientos arqueológicos (Brochier 1983; Canti 1997, 1998; Cabanes et al. 2011; Canti and Brochier 2017). La presencia de esferulitas es indicativo de animales estabulados que, considerando el registro faunístico asociado a las dos secuencias estudiadas, serían eminentemente animales domésticos (Polo-Díaz et al. 2014; Martín 2015).

## CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

En relación con las esferulitas, existen algunas colecciones de referencia que cuantifican su presencia en excrementos de diferentes animales (Canti 1999; Portillo et al. 2012, 2014, 2017; Gur-Arieh et al. 2013; Morandi 2018). Aunque estas muestras de referencia provengan de entornos vegetales y edáficos variados, no presentan grandes diferencias en los resultados obtenidos. Sin embargo, la mayoría de los referentes publicados siguen el protocolo de Canti (1999), mientras que en nuestra metodología nos basamos en la propuesta de Gur-Arieh et al. (2013) ya que este procedimiento es parecido al utilizado para la extracción de fitolitos (Katz et al. 2010). Desconocemos que incidencia puede suponer esta divergencia entre los métodos de extracción en la comparación de la producción de esferulitas de diferentes colecciones de referencia.

Entre nuestros propios datos observamos diferencias entre las muestras no quemadas del corral del Mas del Pepet, con valores que van entre los 95 y los 500 millones de esferulitas por gramo de sedimento. El Mirador, con valores entre los 50 y los 1600 millones, presenta valores de esferulitas más altos que las muestras no quemadas del corral del Mas del Pepet. En cambio, y, como es comprensible, los elevados valores de El Mirador son parecidos a los documentados en las muestras quemadas del corral del Mas del Pepet, con un rango de entre 50 y 1600 millones. Cova Gran presenta unos valores más bajos tanto en relación con El Mirador como con el corral del Mas del Pepet, pero sin que éstos sean indicativos de alteración tafonómica de las esferulitas. Estos valores nos indican que en las muestras quemadas hay mayor concentración de esferulitas que en las no quemadas por el ya mencionado proceso de reducción del volumen y concentración de los microrrestos. Estos resultados están en relación a una de las ideas publicadas por Canti and Brochier (2017) en una de las síntesis más recientes sobre las esferulitas en la que consideran su presencia o ausencia en los excrementos como imprevisible. Este hecho sería la causa de los múltiples factores relacionados con la producción de este microrresto, entre los que destacar el tipo de animal, la edad o la alimentación pero también factores como el pH de los pastos o el contexto geológico donde pastan los animales (Brochier et al. 1992; Canti 1999; Canti and Brochier 2017). Es por lo tanto y hasta el momento la gran variabilidad cuantitativa de las esferulitas una de sus características intrínsecas, siendo solamente diagnóstica como microrresto vinculado a la presencia de excrementos en contextos de estabulación de animales.

### 7.2.5. La composición mineralógica

En el proyecto arqueo-experimental del corral del Mas del Pepet hemos observado una variabilidad y una riqueza en la composición mineralógica que no se observa en las secuencias arqueológicas analizadas. Si nos centramos estrictamente en los resultados de FTIR podemos observar claramente las diferencias entre las secuencias, a pesar de que la comparación directa es difícil ya que para el proyecto arqueo-experimental se han realizado un mayor número de analíticas (microanálisis elemental mediante ESEM y DRX) que para los contextos arqueológicos (FTIR y cálculo de AIF).

No es extraño que en una secuencia tipo *fumier* haya una gran variabilidad mineralógica. Los excrementos están formados principalmente por materia orgánica aunque también presentan una parte inorgánica con la presencia de sales minerales procedentes de la orina y partículas ingeridas durante la dieta (Shahack-Gross 2011; Abell et al. 2019). A este *input* animal hay que añadirle los



restos domésticos generados por la ocupación humana y los minerales autigénicos que se formarían durante la combustión. Todo ello formaría un contexto mineralógicamente rico y diverso, como se ha podido observar en el referente arqueo-experimental del corral del Mas del Pepet. En cambio, las secuencias arqueológicas estudiadas presentan una composición mineralógica con una señal más simple. La ausencia de esta variabilidad en el registro arqueológico nos estaría mostrando unos procesos diagenéticos que afectarían los conjuntos mineralógicos, reduciendo su variabilidad inicial y pudiendo solamente identificar la fracción mineral más estable. Según los resultados de las dos secuencias estudiadas, la fracción más estable estaría formada principalmente por calcita, arcilla, cuarzo y, en menor medida, dahllita y ópalo.

### **7.2.6. Las estrategias de muestreo en secuencias de fumiers**

Si tenemos en cuenta los resultados sobre alteración del registro, los procesos de formación y los resultados obtenidos para la estacionalidad, podemos destacar algunos aspectos que pueden ser interesantes discutir en relación con las estrategias de muestreo. Si consideramos la intensidad de los procesos de reducción del volumen y que el fuego es una agente que puede alterar parte del registro según la temperatura que alcance la combustión, sería necesario plantear estrategias específicas que intentaran tener en cuenta y sortear estos fenómenos identificados.

En el caso de estar muestreando una secuencia con facies quemadas y no quemadas, la distancia entre muestras tiene que ser diferente. Las facies no quemadas o solamente carbonizadas serían las más adecuadas para poder abordar muchos de los aspectos tratados como la composición del rebaño y la estacionalidad. En este tipo de facies no hay procesos de reducción y alteración del conjunto. Sin embargo, no queremos tampoco descartar las facies quemadas, ya que también nos permiten abordar diferentes aspectos sobre las dinámicas de ocupación, gestión de los rebaños y los espacios de estabulación. Ahora bien, para este tipo de facies cabría replantear la estrategia de muestreo y diferenciarla de la realizada en las facies no quemadas. La principal diferencia sería la distancia entre muestras, ya que ésta tendría que ser mucho menor para intentar compensar los procesos de reducción y compactación del volumen inicial. Afortunadamente, los estudios de los microrrestos y minerales que hemos llevado a cabo para esta tesis no necesitan de una gran cantidad de sedimento y esta estrategia de muestreo mucho más detallada sería perfectamente aplicable a las facies quemadas. Con esta diferenciación entre las facies quemadas de las no quemadas en el planteamiento de muestreos podríamos disponer de unos resultados de alta resolución.

### **7.2.7. La gestión del espacio de estabulación mediante la quema**

La función de reducir el volumen mediante la quema de estiércol queda más que evidenciada en las secuencias estudiadas, así como su funcionalidad, ya que se reduce hasta el 70% del volumen inicial. La función de esterilización del espacio también está clara, como observamos durante la quema del corral del Mas del Pepet. No solamente los montones son los que queman sino también el espacio entre montones y el suelo del corral, penetrando el fuego más allá de la superficie. Esto facilitaría que mediante el encendido únicamente algunos montones situados en puntos clave se podrían llegar a quemar y sanear todo el estiércol acumulado en el corral.

## CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

No obstante, la combustión del estiércol de las cuevas necesita de ciertas condiciones, que implicarían planificación y anticipación por parte de los grupos de pastores que utilizaron estos espacios. Estas condiciones han sido observadas durante la experimentación y en algunos casos han sido identificadas en el registro arqueológico, especialmente mediante el análisis de la micromorfología de suelos.

La primera condición sería la necesidad de dejar expuestos los excrementos para su secado después del uso como redil, ya que la humedad que se acumula a causa de los orines imposibilitaría la combustión. El abandono del espacio de estabulación, previo a la quema, se ha identificado especialmente mediante estudios micromorfológicos (Polo-Díaz et al. 2014, 2016a).

El segundo elemento es la necesidad de quemar mediante el amontonamiento de placas de estiércol, ya que la combustión necesita de cierta oxigenación para poder prender. La quema mediante el amontonamiento de placas provocó diferencias en la coloración de las cenizas, tal como observamos en el corral del Mas del Pepet, dónde las zonas que provenientes de un montón presentaban una coloración ocre, mientras que el espacio entre montones que se quemó y que pertenecía al suelo, estaba compuesto principalmente por unas cenizas blanquecinas. Estas diferencias se relacionarían con las condiciones de la combustión, con condiciones más oxidantes entre las del montón y más reductoras en las del espacio entre montones pertenecientes al suelo del corral. Estas diferencias pueden tener incidencia en la composición del conjunto microarqueológico, tanto a nivel de concentración como de disolución de los microrrestos.

De los dos contextos de *fumiers* analizados, solamente en la secuencia del sector 100 de El Mirador se ha podido observar macroscópicamente la acumulación de cenizas de los episodios de combustión. Estas no presentaban forma de montón y muy posiblemente corresponderían a la zona entre montones, ya que en el sondeo central se documentaron amontonamientos (Angelucci et al. 2009). La coloración blanquecina de las cenizas del sector 100 de El Mirador corroboraría esta idea según las observaciones realizadas en la experimentación. En otros yacimientos con secuencias de *fumiers* se ha identificado claramente este método para la quema del estiércol, tanto en la península ibérica, con yacimientos como San Cristóbal (Polo-Díaz et al. 2016a) o Portalón (Carretero et al. 2008), así como en varios yacimientos italianos (Boschian and Montagnari-Kokelj 2000).

Finalmente, hay que destacar la importancia de utilizar yesca en el encendido de los montones, en forma de ramas secas y de pequeño calibre u otros elementos vegetales, ya que el encendido directo de las placas es muy difícil. El uso de yesca, en forma de ramas, para el encendido de los montones implicaría la aportación al conjunto de fitolitos de morfologías de dicotiledóneas. Sin embargo, aun utilizando una gran cantidad de rama seca en la combustión experimental, el porcentaje de dicotiledóneas identificado fue muy bajo. Los valores de las muestras del corral antes de la quema son de entre el 4 y el 9%, y corresponderían al porcentaje de plantas dicotiledóneas consumidas por el rebaño. Esto significa que los conjuntos de dicotiledóneas añadidos para el encendido no provocaron un aumento en el porcentaje final, e incluso es una parte de los conjuntos de los fitolitos que se ve alterada por la combustión de los excrementos. En los dos conjuntos arqueológicos estudiados, el porcentaje de dicotiledóneas también es muy bajo. Ahora bien, estos

## CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

valores no descartan por insuficientes la posibilidad de atestiguar el uso de ramas para el encendido, si tenemos en cuenta los resultados arqueo-experimentales. En el corral del Mas del Pepet se utilizó una abundante cantidad de ramas para el encendido, que no generó un abundante conjunto de fitolitos.

Las secuencias de fumier se han documentado especialmente en un gran número de cavidades y abrigos del arco mediterráneo (Angelucci et al. 2009). Posiblemente Cova Gran es un yacimiento con unas características algo diferentes al resto de yacimientos, puesto que se trata de un gran abrigo de 25 m de altura, 90 de ancho y 80 de profundidad (Martínez-Moreno et al. 2007; Mora et al. 2011). La secuencia de Cova Gran puede ser un ejemplo de cómo la quema del estiércol podría haber sido una práctica económica, pero también cultural. La gestión de los espacios de estabulación con la quema en casos como el de Cova Gran podrían trascender a la mera práctica económica y ser también un patrón cultural de la gestión de los espacios de estabulación y uso del fuego. En el yacimiento de Cova Gran, no es ni un pequeño aprisco, ni una pequeña cavidad donde el estiércol nunca podría llegar a colapsar el abrigo, habiendo espacio suficiente para poder cercar el rebaño en diferentes áreas dentro del yacimiento. Además, la hipótesis que se baraja para Cova Gran, es que sería un espacio de agrupación de rebaños para la realización de movimientos estacionales. Es decir, el uso como redil no tendría una gran continuidad temporal, y así parece indicarlo las múltiples fases de quema que no presentan casi potencia horizontal y que solamente son identificables micromorfológicamente (Polo-Díaz et al. 2014).

Todos estos elementos pueden estar indicándonos en el caso de Cova Gran, que la reducción del volumen y la esterilización del espacio no daría solamente respuesta a una necesidad económica vinculada a la limpieza del espacio y la facilitación de la reocupación de la cavidad, sino que también podría ser parte de una práctica cultural. Por tanto, la quema de excrementos nos podría estar indicando una práctica sociocultural que podría ser común entre la mayoría de los grupos de pastores mediterráneos. Estudios etnoarqueológicos han evidenciado la importancia de la concepción social de los entornos vegetales en la recolección de la leña, con normas y patrones establecidos por la comunidad (Brochier et al. 1992; Acovitsioti-hameau et al. 1999; Violant i Simorra and Ros i Fontana 2001; Shahack-Gross et al. 2003; Dufraisse et al. 2007; Picornell-Gelabert 2009a, 2018; Picornell-Gelabert et al. 2017). Una cosa parecida podría suceder con la quema de estiércol en cuevas y abrigos durante la Prehistoria reciente mediterránea, pasando de ser una práctica meramente económica a estar vinculada a un elemento cultural global.

# **Capítulo 8**

## **Conclusiones y perspectivas de futuro**

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI  
EL FUEGO EN LA PREHISTORIA. UNA APROXIMACIÓN ARQUEO-EXPERIMENTAL AL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO  
A TRAVÉS DE LA MICROARQUEOLOGÍA  
Aitor Burguet Coca

## 8.1. CONCLUSIONES

En las conclusiones de este trabajo valoraremos si aceptar o refutar las dos hipótesis planteadas y formuladas en el capítulo introductorio.

La primera hipótesis que planteábamos era:

- H<sub>1</sub>: Desde el análisis de los conjuntos de fitolitos, esferulitas y minerales se pueden abordar los procesos de formación y preservación que han afectado al registro piroarqueológicos y evaluar la idoneidad del registro.

Los resultados de este trabajo han podido contrastar esta hipótesis al demostrar que el análisis de los conjuntos de fitolitos, esferulitas y minerales son un instrumento analítico válido para profundizar en los procesos de formación y preservación que afectan al registro piroarqueológico, y que a través de éstos poder evaluar la idoneidad del registro para realizar una serie de inferencias. Por lo tanto, la primera hipótesis de la tesis queda validada por nuestros resultados, que resumimos a continuación.

Los resultados microarqueológicos obtenidos de las secuencias arqueológicas analizadas nos muestran una clara conservación diferencial. Estas divergencias en la preservación se han identificado entre las diferentes unidades arqueológicas, entre sectores de una misma unidad arqueológica y entre muestras que formaban parte de una misma secuencia. El análisis de los factores nos ha llegado a concluir que la preservación o disolución de los conjuntos microarqueológicos y, por tanto, su grado de preservación depende de un equilibrio entre factores antrópicos y factores geológico y de formación.

En la secuencia paleolítica de Cova Gran, hemos observado que el principal elemento que condiciona la preservación del conjunto son las dinámicas generales de la ocupación humana. Hemos podido evidenciar cómo la dinámica de la ocupación implica un mayor o menor *input* de registro piroarqueológico y como éste tiene relación con la posibilidad que los conjuntos microarqueológicos presentes un determinado nivel de preservación. El otro elemento que condiciona el nivel de preservación son los procesos de formación, que en el caso de la secuencia estudiada son parecidos para las dos unidades arqueológicas. Estos están relacionados con la filtración de agua y la caída gravitacional de clastos, que deja expuesto el registro piroarqueológico al formarse lentamente el cuerpo sedimentario de las unidades estudiadas. Esta exposición permitió que las filtraciones de agua afectaran químicamente los conjuntos de fitolitos. Aun así, en base a nuestros resultados consideramos que estos procesos tafonómicos y de formación fueron de baja intensidad, ya que el registro piroarqueológico está bien preservado macroscópicamente y no afecta a todas las unidades por igual. Además, mineralógicamente se ha podido identificar la buena preservación de cenizas, la parte más frágil del registro piroarqueológico.

En las secuencias de *fumiers* analizadas la dinámica es parecida, la alta presencia de microrrestos que caracterizan estas secuencias es la que, en parte, acaba condicionando la riqueza y la preservación del conjunto. En este tipo de secuencias los dos factores principales que determinan

la formación y preservación del registro son la reducción del volumen que provoca la combustión y la temperatura que se alcanzan durante la quema del estiércol.

El fuego como agente antrópico puede alcanzar altas temperaturas y disolver o alterar parte del conjunto. La reducción del volumen es como mínimo de un 90% y esta importante reducción comporta una concentración de los microrrestos. La conclusión que sacamos del análisis tanto de las secuencias arqueológicas como de los referentes experimentales es que la alteración, que puede llegar a ocasionar la disolución total, se ve compensada por la reducción del volumen que provoca una importante concentración de los microrrestos. El resultado final es un conjunto de microrrestos con diferentes orígenes y con trayectorias diagenéticas dispares, donde al concentrarse se mezclan conjuntos muy alterados con otros que apenas sufrieron alteración. El residuo de la combustión está formado por secuencias ricas en microrrestos, tanto en esferulitas como en fitolitos, a pesar de que la señal mineralógica indique temperaturas elevadas suficientes para que los microrrestos queden muy alterados.

Mineralógicamente, en el proyecto experimental hemos identificado una alta variabilidad, una parte importante de la cual no está presente en las secuencias arqueológicas, conservándose en los registros arqueológicos solamente los minerales más estables como la calcita, la arcilla y algunos minerales como la dahllita.

Una vez aceptada la primera hipótesis planteada en relación con los procesos de formación y preservación del registro microarqueológico y piroarqueológico, podemos pasar a la siguiente hipótesis que era:

- H<sub>2</sub>: La combinación de los análisis de fitolitos, esferulitas y minerales es una herramienta útil para descifrar desde el análisis del registro piroarqueológico los comportamientos culturales, tecnológicos y conductuales de los grupos prehistóricos.

Con los resultados obtenidos en este trabajo hemos podido evidenciar como los conjuntos microarqueológicos analizados son una fuente de información relevante para abordar un gran número de problemática de forma transversal. Por este motivo, consideramos contrastada la hipótesis sobre que fitolitos, esferulitas y minerales identificados en el registro piroarqueológico son herramientas útiles para descifrar comportamientos culturales, tecnológicos y conductuales en el pasado. Las principales conclusiones a las que hemos llegado a este respecto se exponen a continuación.

En los registros piroarqueológicos vinculados a grupos de cazadores y recolectores, hemos identificado importantes conjuntos microarqueológicos, especialmente en la unidad S1D, que evidencian un uso generalizado de las plantas por parte de los neandertales con propósitos dispares. Entre ellos, se documenta el uso de la leña como combustible, que según nuestros resultados, sería leña muerta recolectada seca o degradada.

Los conjuntos de poáceas identificados tienen un origen principalmente antrópico y es una evidencia del uso de estas plantas por parte de los neandertales. Los propósitos podrían ser varios, aunque por el momento no podemos confirmar ningún otro que no esté vinculado a la combustión. Estas poáceas se usarían probablemente durante el encendido o llegarían al yacimiento junto con

la madera muerta recolectada. Las pocas diferencias identificadas entre el impacto térmico y el residuo de la combustión se explicarían por los importantes procesos de *trampling* sufridos por el registro piroarqueológico de la unidad S1D, y también vinculado a la intensa ocupación de los neandertales.

En relación con el impacto térmico de la combustión, hemos observado como se genera en forma de *black layer* y de rubefacción, a partir de la experimentación vinculada al registro piroarqueológico de Cova Gran. Las variables implicadas en cada uno de los impactos térmicos son las condiciones oxidantes o reductoras que se generan en el subsuelo. También hemos identificado la relevancia de variables como la cantidad de combustible o el tamaño del hogar son importantes en la formación del impacto térmico. Respecto a las implicaciones de estos resultados en relación con las ocupaciones paleolíticas, hemos visto que ocupaciones de corta duración y con poca cantidad de combustible generan impactos térmicos suficientemente importantes para su preservación y su recuperación en el registro arqueológico. Las temperaturas que se generan en el impacto térmico no son muy elevadas a causa de la acción aislante que provocan las cenizas. Esto hace que, en el impacto térmico y a poca profundidad de la superficie, el análisis de los sedimentos mediante FTIR puedan no mostrar en algunos casos una arcilla alterada térmicamente. Por lo tanto, no es de extrañar que en el registro piroarqueológico, el impacto térmico no siempre pueda definirse por la presencia de arcilla alterada térmicamente.

La calibración de las arcillas es una forma precisa de aproximarnos al registro piroarqueológico de un yacimiento en concreto. En este trabajo hemos visto como las arcillas de cada yacimiento se comportan diferente al ser calentadas a diferente temperatura. La calibración con la mufla es una forma de tener un referente rápido y concreto que nos permita aproximarnos a la caracterización del registro piroarqueológico y a las paleotemperaturas alcanzadas. Entre la calibración con arcillas comerciales o la calibración con sedimentos no alterados del yacimiento, la segunda opción resulta ser la más rápida, económica y fiable.

El análisis del registro piroarqueológico y especialmente el residuo de la combustión nos han permitido diferenciar las ocupaciones de corta duración de la unidad 497D de las de larga duración de la unidad S1D. Las acumulaciones de cenizas identificadas en la unidad arqueológica S1D fueron el resultado de una ocupación larga, durante la cual el uso del fuego fue recurrente y continuo. Por este motivo hemos considerado que en las ocupaciones de la unidad arqueológica S1D, las actividades vinculadas con la recolección del combustible tendrían un importante peso en las actividades diarias. En este sentido hemos hipotetizado sobre la influencia que pudiese tener la abundancia del combustible en el entorno en la toma de decisiones sobre la elección del asentamiento por parte de los grupos humanos paleolíticos.

En relación con las capacidades pirotecnológicas de los Neandertales que ocuparon Cova Gran no hemos identificado evidencias directas de la producción del fuego. Ahora bien, comparando el registro piroarqueológico con otras secuencias paleolítica de la península ibérica y teniendo en cuenta las condiciones bioclimáticas de esta, hemos considerado como muy probable la capacidad pirotecnológica de los neandertales.



En las secuencias adscritas a la Prehistoria reciente analizadas, el análisis de los diferentes microrrestos y minerales ha permitido caracterizar las secuencias de El Mirador y Cova Gran como espacios de estabulación de animales y quema de excrementos. También ha permitido identificar posibles cambios en el uso de la cueva, mediante los valores cuantitativos de fitolitos y esferulitas, como en el caso de la unida MIR105 de El Mirador. Tanto en las secuencias arqueológicas como en el programa experimental, hemos identificado como la quema de estiércol se produce a alta temperatura derivado de las características que presenta el estiércol como combustible, generando paquetes de cenizas con una reducción remarkable respecto a la acumulación inicial.

Los rebaños estabulados estarían compuestos principalmente por ovejas y cabras y mantendrían una dieta formada principalmente por poáceas. Éstas serían consumidas por los rebaños durante el pastoreo libre, dado que no hemos detectado ningún tipo de aporte vegetal para la alimentación de los animales. La ausencia de forraje en las secuencias analizadas indicaría que los rebaños accederían todo el año a las zonas de pastoreo, considerando que no se producirían eventos climáticos adversos, como la presencia de nevadas permanentes, que obligarían a un aporte en forma de forraje.

En relación con la estacionalidad en la ocupación y uso de las cuevas como redil, hemos obtenidos unos primeros resultados prometedores, los cuales requerirán de establecer un referencial a gran escala y completo. En cualquier caso, nos confirman que los fitolitos presentan claras potencialidades para abordar la estacionalidad de los rebaños. Para su futura aplicación a las secuencias arqueológicas, en esta tesis hemos generado un conocimiento fundamental sobre los procesos de formación y alteración de los conjuntos microarqueológicos que serán clave para interpretar los resultados en términos de estacionalidad.

Finalmente, en relación con las actividades de acumulación y quema de estiércol, hemos documentado que es una práctica muy extendida en toda la zona mediterránea, la cual posiblemente no responde de manera exclusiva a una necesidad económica. No se pone en duda la reducción del volumen con el objetivo de continuar usando las cuevas o su esterilización para que los rebaños no enfermen; pero por encima de este objetivo meramente funcional podría considerarse una práctica de carácter cultural. Esta hipótesis resulta especialmente fehaciente en el yacimiento de Cova Gran, donde el objetivo de esterilización y reutilización implícito en la quema carecen de tanta importancia, considerando las dimensiones y las características del abrigo. Por este motivo, proponemos que la quema del estiércol fue también resultado de una práctica cultural enraizada entre los pastores prehistóricos del área mediterránea.

## **8.2. PERSPECTIVAS DE FUTURO**

Esta tesis doctoral ha permitido alcanzar una serie de conclusiones relevantes para entender desde una perspectiva microarqueológica y diacrónica el registro piroarqueológico, dando respuesta a las hipótesis y los objetivos planteados. Ahora bien, esta tesis doctoral no significa el final de nada sino el principio de muchas otras cosas, que implicarán la continuación de algunas de las líneas de investigación y el inicio de nuevas, el refinamiento de parte de los resultados obtenidos y la perspectiva de mejorar las estrategias de muestreo específicas para cada tipo de registro

piroarqueológico. Por eso motivo, incluimos a continuación unas perspectivas de futuro para explicar los caminos que quedan por recorrer:

- Las colecciones de referencia son fundamentales en el desarrollo de la fitolitología como disciplina. Resulta necesario continuar analizando referentes específicos de poáceas para establecer la estacionalidad de las ocupaciones en las secuencias de *fumiers*. Los combustibles paleolíticos también tienen que ser abordados en el futuro, desarrollando colecciones de referencia específicas, que deberán incluir variables como la calidad de la madera, las diferentes partes de las plantas o la producción de fitolitos por kg o m<sup>3</sup> de madera. Esta sería una buena forma de acercarnos al residuo de la combustión desde una óptica que pueda aportar información sobre las dinámicas de la ocupación o la recolección del combustible.
- Espacialmente también sería interesante poder abordar aspectos relacionados con las ocupaciones, tanto de pastores como de cazadores-recolectores. En las unidades arqueológicas paleolíticas, donde hemos identificado una abundante recurrencia de las ocupaciones, el registro piroarqueológico puede ser utilizado como una herramienta que permita la disección de palimpsestos. En las unidades arqueológicas donde el registro piroarqueológico está presente en forma de cenizas o impactos en los sedimentos de casi la totalidad de la matriz sedimentaria, sería interesante combinar los resultados microarqueológicos con la distribución de material lítico y faunístico quemado y no quemado. Entre las secuencias de *fumiers*, constituye un reto poder trabajar en planta las ocupaciones probando de identificar y diferenciar los montos de excrementos o el uso de combustible leñoso para el encendido de los montones de estiércol.
- En el campo de la tafonomía también hay camino para recorrer. En los hogares paleolíticos se debería continuar estudiando la reacción y la relación entre las cenizas y los fitolitos con el agua procedente del goteo de la cavidad, puesto que este parece ser el mecanismo principal de alteración de los conjuntos de fitolitos. Un mejor conocimiento, posiblemente apoyado en la experimentación, ayudaría a evaluar el sesgo que hayan podido tener los conjuntos e identificar las mejores zonas de preservación dentro del yacimiento. Las secuencias de *fumiers* son muy complejas a nivel de formación y contienen varios sesgos tafonómicos. Es por ello por lo que aún quedan por evaluar elementos claves en la formación de la secuencia, como la digestión de los animales que afecta a los conjuntos de fitolitos, especialmente para aproximarnos de forma más certera tanto a la dieta de los animales como a la vegetación por donde pastorearían los rebaños.
- Implementar el conocimiento que hemos generado sobre los procesos de formación a las estrategias de muestreo. Ser consciente que en el caso de las secuencias de *fumiers*, en 5 cm entre muestra y muestra puede estar comprimido un lapso de tiempo (y de conjuntos microarqueológicos) muy grande. En el caso de los contextos paleolíticos, hemos de continuar muestreando independientemente de que los conjuntos estén mal preservados ya que como hemos observado, la preservación no es homogénea ni entre unidades arqueológicas ni dentro de una misma unidad. Por lo tanto, hay que continuar implementado aún más sistemas de muestreos generalizados que vayan más allá de las estructuras evidente y que busquen en los conjuntos microarqueológicos actividades que

## CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

macroscópicamente no son visibles durante el proceso de excavación. También tenemos que sociabilizar la responsabilidad y la práctica del muestreo. Está bien que sea el encargado de analizar las muestras quien las recoja, pero en caso de que no pueda acudir el conjunto de arqueólogos y arqueólogas debe tener las herramientas y los criterios para hacerlo, tal como hacemos con el resto del registro arqueológico.

- Se debe continuar empleando la experimentación como elemento imprescindible para el desarrollo de la arqueología como ciencia. En un futuro, muchos de los resultados obtenidos del proyecto experimental del corral del Mas del Pepet tendrán que ser comparados con los resultados obtenidos después de la excavación de este mismo corral, siguiendo los pasos marcados en este proyecto (Vergès et al 2016c). Comparar el resultado de los conjuntos de fitolitos, esferulitas y minerales justo después de la quema con los obtenidos después de unos años y de unos procesos de compactación elevados será un ejercicio fundamental para comprender la influencia de los procesos de formación en el registro microarqueológico. De la misma forma, en relación con las estructuras de combustión paleolítica, es necesario generar repeticiones de las experimentaciones realizadas y contemplar los resultados derivados de otras variables determinantes en la formación del impacto térmico. También será interesante comparar el impacto térmico que generan los hogares planos y los hogares en cubeta, los dos tipos identificados en la secuencia paleolítica de Cova Gran.
- Finalmente, cabe sociabilizar y dar a conocer la importancia del registro piroarqueológico y de las actividades vinculadas a la gestión del fuego. Visibilizar estas actividades cotidianas en las narrativas de la Prehistoria y dar a conocer la importancia del fuego en las sociedades del pasado entre un público no especializado tendría que ser el paso final de esta tesis, para cerrar el círculo de la investigación. Esta sociabilización debe tener como objetivo poner en valor las investigaciones en arqueología y en ciencias sociales, así como devolver a la sociedad que ha financiado y acoge nuestras investigaciones el conocimiento que hemos obtenidos sobre nuestro pasado.

# Bibliografía

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI  
EL FUEGO EN LA PREHISTORIA. UNA APROXIMACIÓN ARQUEO-EXPERIMENTAL AL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO  
A TRAVÉS DE LA MICROARQUEOLOGÍA  
Aitor Burguet Coca

BIBLIOGRAFÍA

# A

- Abell JT, Quade J, Duru G, et al (2019) Urine salts elucidate Early Neolithic animal management at Aşıklı Höyük, Turkey. *Science Advances* 5:eaaw0038. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaw0038>
- Acovitsioti-hameau A, Brochier JE, Hameau P (1999) Témoignages et marqueurs du pastoralisme actuel en grece: une ethnographie des gestes et des restes et les applications archeologiques correlees. *Ethnologia* 6-7:93-135
- Agam A, Azuri I, Pinkas I, et al (2020) Estimating temperatures of heated Lower Palaeolithic flint artefacts. *Nat Hum Behav*. <https://doi.org/10.1038/s41562-020-00955-z>
- Aiello LC, Dunbar RIM (1993) Neocortex Size, Group Size, and the Evolution of Language. *Current Anthropology* 34:184-193
- Aiello LC, Wheeler P (1995) The Expensive-Tissue Hypothesis: The Brain and the Digestive System in Human and Primate Evolution. *Current Anthropology* 36:199-221
- Akeret Ö, Jacomet S (1997) Analysis of plant macrofossils in goat/sheep faeces from the Neolithic lake shore settlement of Horgen Scheller - An indication of prehistoric transhumance? *Veg Hist Archaeobot* 6:235-239. doi: 10.1007/BF01370444
- Albert RM (2003) Quantitative Phytolith Study of Hearths from the Natufian and Middle Palaeolithic Levels of Hayonim Cave (Galilee, Israel). *Journal of Archaeological Science* 30:461-480. <https://doi.org/10.1006/jasc.2002.0854>
- Albert R-M (2006) Reconstrucción de la vegetación en África Oriental durante el Plio-Pleistoceno a través del estudio de fitolitos: La Garganta de Olduvai (Tanzania). *Ecosistemas* 15:47-58
- Albert RM (2010) Hearths and plant uses during the upper palaeolithic period at Klisoura cave 1 (Greece): The results from phytolith analyses. *Eurasian Prehistory* 7:71-85
- Albert RM, Bamford MK (2012) Vegetation during UMBI and deposition of Tuff IF at Olduvai Gorge, Tanzania (ca. 1.8 Ma) based on phytoliths and plant remains. *Journal of Human Evolution* 63:342-350. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2011.05.010>
- Albert RM, Bamford MK, Cabanes D (2006) Taphonomy of phytoliths and macroplants in different soils from Olduvai Gorge (Tanzania) and the application to Plio-Pleistocene palaeoanthropological samples. *Quaternary International* 148:78-94. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2005.11.026>
- Albert RM, Bamford MK, Esteban I (2015) Reconstruction of ancient palm vegetation landscapes using a phytolith approach. *Quaternary International* 369:51-66. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.06.067>
- Albert R-M, Berna F, Golberg P (2012) Insights on Neanderthal fire use at Kebara Cave (Israel) through high resolution study of prehistoric combustion features: Evidence from phytoliths and thin sections. *Quaternary International* 247:278-293
- Albert R-M, Lavi O, Estroff L, et al (1999) Mode of Occupation of Tabun Cave, Mt Carmel, Israel During the Mousterian Period: A Study of the Sediments and Phytoliths. *Journal of Archaeological Science* 26:1249-1260
- Albert RM, Marean CW (2012) The Exploitation of Plant Resources by Early Homo sapiens: The Phytolith Record from Pinnacle Point 13B Cave, South Africa. *Geoarchaeology: An International Journal* 27:363-384
- Albert RM, Ruíz JA, Sans A (2016) PhytCore ODB: A new tool to improve efficiency in the management and exchange of information on phytoliths. *Journal of Archaeological Science* 68:98-105. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.10.014>
- Albert RM, Shahack-Gross R, Cabanes D, et al (2008) Phytolith-rich layers from the Late Bronze and Iron Ages at Tel Dor (Israel): mode of formation and archaeological significance. *Journal of Archaeological Science* 35:57-75. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2007.02.015>
- Albert R-M, Weiner L, Bar-Yosef O, Meignen L (2000) Phytoliths in the Middle Palaeolithic Deposits of Kebara Cave, Mt Carmel, Israel: Study of the Plant Materials used for Fuel and Other Purposes. *Journal of Archaeological Science* 27:931-947

BIBLIOGRAFÍA

- Albert RM, Weiner S (2001) Study of phytoliths in prehistoric ash layers from Kebara and Tabun Caves using a quantitative approach. In: Meunier JD, Colin F (eds) *Phytoliths: application in Earth Sciences and Human History*. A. A. Balkema Publishers, Lisse, pp 251–266
- Alday Ruiz A, Fernández Eraso JM, Yusta Arnal I (2003) Suelos de habitación-suelos de corrales: los casos de Atxoste y Los Husos. *Veleia* 20:183–225
- Aldeias V (2017) Experimental approaches to archaeological fire features and their behavioral relevance. *Current Anthropology* 58:S191–S205. <https://doi.org/10.1086/691210>
- Aldeias V, Dibble HL, Sandgathe D, et al (2016) How heat alters underlying deposits and implications for archaeological fire features: A controlled experiment. *Journal of Archaeological Science* 67:64–79. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2016.01.016>
- Aldeias V, Goldberg P, Sandgathe D, et al (2012) Evidence for Neandertal use of fire at Roc de Marsal (France). *Journal of Archaeological Science* 39:2414–2423. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.01.039>
- Alejandro Sáez JA, García López JM, Mateo Sanz G (eds) (2009) *Atlas de la flora vascular silvestre de Burgos*, Jolube Editor
- Alexandre A, Crespín J, Sylvestre F, et al (2012) The oxygen isotopic composition of phytolith assemblages from tropical rainforest soil tops (Queensland, Australia): validation of a new paleoenvironmental tool. *Climate of the Past* 8:307–324. <https://doi.org/10.5194/cp-8-307-2012>
- Alexandre A, Landais A, Vallet-Coulomb C, et al (2018) The triple oxygen isotope composition of phytoliths as a proxy of continental atmospheric humidity: insights from climate chamber and climate transect calibrations. *Biogeosciences* 15:3223–3241. <https://doi.org/10.5194/bg-15-3223-2018>
- Alexandre A, Meunier J-D, Colin F, Koud J-M (1997a) Plant impact on the biogeochemical cycle of silicon and related weathering processes. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 61:677–682. [https://doi.org/10.1016/S0016-7037\(97\)00001-X](https://doi.org/10.1016/S0016-7037(97)00001-X)
- Alexandre A, Meunier J-D, Lézine A-M, et al (1997b) Phytoliths: indicators of grassland dynamics during the late Holocene in intertropical Africa. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 136:213–229. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(97\)00089-8](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(97)00089-8)
- Alhousari F, Greger M (2018) Silicon and Mechanisms of Plant Resistance to Insect Pests. *Plants* 7:33. <https://doi.org/10.3390/plants7020033>
- Allué E (2002) *Dinámica de la vegetación y explotación del combustible leñoso durante el Pleistoceno Superior y el Holoceno del Noreste de la Península ibérica a partir del análisis antracológico*. PhD Thesis, Universitat Rovira i Virgili
- Allué E, Cáceres I, Expósito I, et al (2015) *Celtis* remains from the Lower Pleistocene of Gran Dolina, Atapuerca (Burgos, Spain). *Journal of Archaeological Science* 53:570–577. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.11.016>
- Allué E, Euba I (2005) Los datos antracológicos de la secuencia Neolítica de El Mirador (Atapuerca, Burgos): un estudio sobre el medio vegetal y la explotación de las especies vegetales leñosas. In: Pérez MSH, Díaz JAS (eds) *IV Congreso del Neolítico Peninsular*. MARQ. Museo Arqueològic de Alacant., Alacant, pp 345–352
- Allué E, Martínez-Moreno J, Roy M, et al (2018) Montane pine forests in NE Iberia during MIS 3 and MIS 2. A study based on new anthracological evidence from Cova Gran (Santa Linya, Iberian Pre-Pyrenees). *Review of Palaeobotany and Palynology* 258:62–72. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2018.06.012>
- Allué E, Mas B (2020) The meaning of *Pinus sylvestris*-type charcoal taphonomic markers in Palaeolithic sites in NE Iberia. *Journal of Archaeological Science: Reports* 30:102231. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102231>
- Allué E, Picornell-Gelabert L, Daura J, Sanz M (2017a) Reconstruction of the palaeoenvironment and anthropogenic activity from the Upper Pleistocene/Holocene anthracological records of the NE Iberian Peninsula (Barcelona, Spain). *Quaternary International* 457:172–189. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.10.024>
- Allué E, Solé A, Burguet-Coca A (2017b) Fuel exploitation among Neanderthals based on the anthracological record from Abric Romaní (Capellades, NE Spain). *Quaternary International* 431:6–15. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.12.046>
- Allué E, Vernet JL, Cebrià A (2009) Holocene vegetational landscapes of NE Iberia: Charcoal analysis from Cova de la Guineu, Barcelona, Spain. *Holocene* 19:765–773. doi: 10.1177/0959683609105301

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso-Eguíluz M (2012) Estudio de los fitolitos en conjuntos de la Prehistoria reciente en la Sierra de Cantabria. El caso de los niveles de redil de San Cristóbal (Laguardia, Álava). *Estudios de Cuaternario* 2012:1–14
- Alonso-Eguíluz M, Fernández-Eraso J, Albert RM (2016) The first herders in the upper Ebro basin at Los Husos II (Álava, Spain): microarchaeology applied to fumier deposits. *Vegetation History and Archaeobotany*. <https://doi.org/10.1007/s00334-016-0590-y>
- Alperson-Afil N (2008) Continual fire-making by Hominins at Gesher Benot Ya'aqov, Israel. *Quaternary Science Reviews* 27:1733–1739. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2008.06.009>
- Alperson-Afil N (2012) Archaeology of fire: Methodological aspects of reconstructing fire history of prehistoric archaeological sites. *Earth-Science Reviews* 113:111–119. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2012.03.012>
- Alperson-Afil N (2017) Spatial Analysis of Fire: Archaeological Approach to Recognizing Early Fire. *Current Anthropology* 58:S258–S266. <https://doi.org/10.1086/692721>
- Alperson-Afil N, Goren-Inbar N (2006) Out of Africa and into Eurasia with controlled use of fire: Evidence from Gesher Benot Ya'aqov, Israel. *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia* 28:63–78. <https://doi.org/10.1134/S1563011006040086>
- Alperson-Afil N, Goren-Inbar N (2010) The Acheulian site of Gesher Benot Yaaqov, Israel. Volume II: Ancient flames and controlled Use of Fire. Springer
- Alperson-Afil N, Richter D, Goren-Inbar N (2017) Evaluating the intensity of fire at the Acheulian site of Gesher Benot Ya'aqov—Spatial and thermoluminescence analyses. *PLOS ONE* 12:e0188091. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188091>
- Alperson-Afil N, Sharon G, Kislev M, et al (2009) Spatial organization of hominin activities at Gesher Benot Ya'aqov, Israel. *Science (New York, NY)* 326:1677–1680. <https://doi.org/10.1126/science.1180695>
- Anderson S, Ertug-Yaras F (1996) Fuel Fodder and Faeces: An Ethnographic and Botanical Study of Dung Fuel Use in Central Anatolia. *Environmental Archaeology* 1:99–109. <https://doi.org/10.1179/146141096790605704>
- Andrews K (2015) *The animal mind: an introduction to the philosophy of animal cognition*. Routledge, Abingdon, Oxon
- Angelucci DE, Boschian G, Fontanals M, et al (2009) Shepherds and karst: the use of caves and rock-shelters in the Mediterranean region during the Neolithic. *World Archaeology* 41:191–214
- Anthony JW, Bideaux RA, Bladh KW, Nichols MC (eds) (1990) *Handbook of Mineralogy*, Mineralogical Society of America. Mineral Data Pub, Tucson, Ariz
- Aranguren B, Becattini R, Lippi MM, Revedin A (2007) Grinding flour in Upper Palaeolithic Europe (25 000 years bp). *Antiquity* 81:845–855
- Aranguren B, Revedin A, Amico N, et al (2018) Wooden tools and fire technology in the early Neanderthal site of Poggetti Vecchi (Italy). *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115:201716068. <https://doi.org/10.1073/pnas.1716068115>
- Argant J, Heinz C, Brochier JL (1991) Pollens, charbons de bois et sédiments: l'action humaine et la végétation, le cas de la grotte d'Antonnaire (Montmaur-en-Diois, Drôme) TT - Pollen, charcoal, and sediments: human action and vegetation, the case of the cave of Antonnaire (Montmaur-en-Dioi. *Rev d'archéométrie* 15:29–40
- Arsuaga JL, Villaverde V, Quam R, et al (2007) New Neandertal remains from Cova Negra (Valencia, Spain). *Journal of Human Evolution* 52:31–58. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2006.07.011>
- Ascher R (1961a) Analogy in Archaeological Interpretation. *Southwestern Journal of Anthropology* 17:317–325
- Ascher R (1961b) Experimental Archeology. *American Anthropologist* 63:793–816. <https://doi.org/10.1525/aa.1961.63.4.02a00070>
- Asscher Y, Weiner S, Boaretto E (2017) A new method for extracting the insoluble occluded carbon in archaeological and modern phytoliths: Detection of <sup>14</sup>C depleted carbon fraction and implications for radiocarbon dating. *Journal of Archaeological Science* 78:57–65. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2016.11.005>



BIBLIOGRAFÍA

- Attwell L, Kovarovic K, Kendal J (2015) Fire in the Plio-Pleistocene: the functions of hominin fire use, and the mechanistic, developmental and evolutionary consequences. *Journal of Anthropological Sciences* 1–20. <https://doi.org/10.4436/JASS.93006>
- Audiard B, Thery-Parisot I, Blasco T, et al (2019) Crossing taxonomic and isotopic approaches in charcoal analyses to reveal past climates. New perspectives in Paleobotany from the Paleolithic Neanderthal dwelling-site of La Combette (Vaucluse, France). *Review of Palaeobotany and Palynology* 266:52–60. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2019.04.002>

## B

- Baber C (2003) *Cognition and tool use: forms of engagement in human and animal use of tools*. Taylor & Francis, London ; New York
- Badal E (1999) El potencial pecuario de la vegetación mediterránea: las cuevas Redil. In: *Actes del II Congrés del Neolític a la Península Ibèrica*. Universitat de València, València, pp 69–76
- Badal E (2009) Estudio antracológico de la secuencia holocena de la Cova de Les Cendres. In: Bernabeu J, Molina L (eds) *La Cova de les Cendres (Moraira-Teulada, Alicante)*. MARQ, Museo Arqueológico de Alicante, Alicante, pp 125–134
- Baena J, Carrión E, Cuartero R, Fluck H (2012) A chronicle of crisis: The Late Mousterian in north Iberia (Cueva del Esquilleu, Cantabria, Spain). *Quaternary International* 247:199–211
- Ball T, Chandler-Ezell K, Dickau R, et al (2016) Phytoliths as a tool for investigations of agricultural origins and dispersals around the world. *Journal of Archaeological Science* 68:32–45. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.08.010>
- Ball T, Gardner JS, Brotherson JD (1996) Identifying Phytoliths Produced by the Inflorescence Bracts of Three Species of Wheat (*Triticum monococcum* L., *T. dicoccon* Schrank., and *T. aestivum* L.) Using Computer-Assisted Image and Statistical Analyses. *Journal of Archaeological Science* 23:619–632. <https://doi.org/10.1006/jasc.1996.0058>
- Ball T, Vrydaghs L, Van Den Hauwe I, et al (2006) Differentiating banana phytoliths: wild and edible *Musa acuminata* and *Musa balbisiana*. *Journal of Archaeological Science* 33:1228–1236. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2005.12.010>
- Ball TB, Davis AL, Evett RR, et al (2016) Morphometric analysis of phytoliths: recommendations towards standardization from the International Committee for Phytolith Morphometrics. *Journal of Archaeological Science* 68:106–111. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2015.03.023>
- Ball TB, Ehlers R, Standing MD (2009) Review of typologic and morphometric analysis of phytoliths produced by wheat and barley. *Breeding Science* 59:505–512. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.59.505>
- Ball TB, Gardner JS, Anderson N (1999) Identifying Inflorescence Phytoliths from Selected Species of Wheat (*Triticum monococcum*, *T. dicoccon*, *T. dicocoides*, and *T. aestivum*) and Barley (*Hordeum vulgare* and *H. spontaneum* (Gramineae)). *American Journal of Botany* 86:1615. <https://doi.org/10.2307/2656798>
- Bamford MK, Albert RM, Cabanes D (2006) Plio–Pleistocene macroplant fossil remains and phytoliths from Lowermost Bed II in the eastern palaeolake margin of Olduvai Gorge, Tanzania. *Quaternary International* 148:95–112. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2005.11.027>
- Bañuls-Cardona S, López-García JM, Morales Hidalgo JI, et al (2017a) Lateglacial to Late Holocene palaeoclimatic and palaeoenvironmental reconstruction of El Mirador cave (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain) using the small-mammal assemblages. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 471:71–81. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2017.01.019>
- Bañuls-Cardona S, López-García JM, Vergès JM (2013) Palaeoenvironmental and palaeoclimatic approach of the middle bronze age (level MIR 4) from El Mirador Cave (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *quaternaire* 217–223. <https://doi.org/10.4000/quaternaire.6627>
- Bañuls-Cardona S, Martín Rodríguez P, López-García JM, et al (2017b) Human impact on small-mammal diversity during the middle- to late-Holocene in Iberia: The case of El Mirador cave (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *The Holocene* 27:1067–1077. <https://doi.org/10.1177/0959683616683257>

BIBLIOGRAFÍA

- Barbetti M (1986) Traces of fire in the archaeological record, before one million years ago? *Journal of Human Evolution* 15:771–781. [https://doi.org/10.1016/S0047-2484\(86\)80009-4](https://doi.org/10.1016/S0047-2484(86)80009-4)
- Barboni D, Bonnefille R, Alexandre A, Meunier JD (1999) Phytoliths as paleoenvironmental indicators, West Side Middle Awash Valley, Ethiopia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 152:87–100. [http://dx.doi.org/10.1016/S0031-0182\(99\)00045-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0031-0182(99)00045-0)
- Barboni D, Bremond L, Bonnefille R (2007) Comparative study of modern phytolith assemblages from inter-tropical Africa. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 246:454–470
- Bardavio A, González Marcén P (1996) La vida quotidiana a la prehistòria. L'estudi de les activitats de manteniment. *Balma* 6:7–16
- Barkai R, Gopher A (2013) Cultural and Biological Transformations in the Middle Pleistocene Levant: A View from Qesem Cave, Israel. In: Akazawa T, Nishiaki Y, Aoki K (eds) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Volume 1*. Springer Japan, Tokyo, pp 115–137
- Barkai R, Rosell J, Blasco R, Gopher A (2017) Fire for a Reason: Barbecue at Middle Pleistocene Qesem Cave, Israel. *Current Anthropology* 58:S314–S328. <https://doi.org/10.1086/691211>
- Barsky D, Moigne AM, Pois V (2019) The shift from typical Western European Late Acheulian to microproduction in unit 'D' of the late Middle Pleistocene deposits of the Caune de l'Arago (Pyrénées-Orientales, France). *Journal of Human Evolution* 135:102650. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2019.102650>
- Basile D, Castelletti L, Peresani M (2014) Results from an anthracological investigation of the Mousterian layer A9 at Grotta di Fumane, Italy. *Quartär* 61:103–111. [https://doi.org/10.7485/QU61\\_05](https://doi.org/10.7485/QU61_05)
- Basumatary SK, Bera SK (2014) Modern pollen record on bat guano deposit from Siju cave and its implication to palaeoecological study in south Garo hills of Meghalaya, India. *Journal of Cave and Karst Studies* 76:173–183. <https://doi.org/10.4311/2013PA0119>
- Basumatary SK, McDonald HG (2017) Coprophilous fungi from dung of the Greater One-Horned Rhino in Kaziranga National Park, India and its implication to paleoherbivory and paleoecology. *Quaternary Research* 88:14–22. <https://doi.org/10.1017/qua.2017.34>
- Basumatary SK, McDonald HG, Gogoi R (2017) Pollen and non-pollen palynomorph preservation in the dung of the Greater One-horned Rhino (*Rhinoceros unicornis*), and its implication to palaeoecology and palaeodietary analysis: A case study from India. *Review of Palaeobotany and Palynology* 244:153–162. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2017.05.004>
- Basumatary SK, Singh H, van Asperen EN, et al (2020) Coprophilous and non-coprophilous fungal spores of *Bos mutus* modern dung from the Indian Himalaya: Implications to temperate paleoherbivory and paleoecological analysis. *Review of Palaeobotany and Palynology* 277:104208. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2020.104208>
- Bates M, Pope M, Shaw A, et al (2013) Late Neanderthal occupation in North-West Europe: rediscovery, investigation and dating of a last glacial sediment sequence at the site of La Cotte de Saint Brelade, Jersey: DATING LATE NEANDERTHAL DEPOSITS AT LA COTTE DE SAINT BRELADE, JERSEY. *Journal of Quaternary Science* 28:647–652. <https://doi.org/10.1002/jqs.2669>
- Beaumont PB (2011) The Edge: More on Fire-Making by about 1.7 Million Years Ago at Wonderwerk Cave in South Africa. *Current Anthropology* 52:585–595. <https://doi.org/10.1086/660919>
- Beeching A (2003) Mobilité et société néolithiques dans les Alpes occidentales et la France méridionale. *Preistoria alpina* 39:175–187
- Beeching A, Berger J-F, Brochier J-L, et al (2000) Chasséens: agriculteurs ou éleveurs, sédentaires ou nomades? Quels types de milieux, d'économies et de sociétés? l'exemple du Baratin à Courthézon (Vaucluse). In: *Rencontres méridionales de Préhistoire récente, Session*. Toulouse
- Bellomo RV (1993) A Methodological Approach for Identifying Archaeological Evidence of Fire Resulting from Human Activities. *Journal of Archaeological Science* 20:525–553. <https://doi.org/10.1006/jasc.1993.1033>
- Bellomo RV (1994) Methods for documenting unequivocal evidence of humanly controlled fire at early Pleistocene sites in East Africa: the role of actualistic studies. *Journal of Human Evolution* 27:173–195
- Bellomo RV, Kean W (1997) Evidence of hominid-controlled fire at the FxJj20 site complex, Karari Escarpment. In: *Koobi Fora Research Project*, Isaac, G. L., Issac, G. L. (Eds.). Clarendon Press, Oxford

BIBLIOGRAFÍA

- Benito-Calvo A, Martínez-Moreno J, Jordá Pardo JF, et al (2009) Sedimentological and archaeological fabrics in Palaeolithic levels of the South-Eastern Pyrenees: Cova Gran and Roca dels Bous Sites (Lleida, Spain). *Journal of Archaeological Science* 36:2566–2577. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2009.07.012>
- Benito-Calvo A, Martínez-Moreno J, Mora R, et al (2011) Trampling experiments at Cova Gran de Santa Linya, Pre-Pyrenees, Spain: their relevance for archaeological fabrics of the Upper-Middle Paleolithic assemblages. *Journal of Archaeological Science* 38:3652–3661
- Benito-Calvo A, Pérez-González A (2015) Geomorphology of the Sierra de Atapuerca and the Middle Arlanzón Valley (Burgos, Spain). *Journal of Maps* 11:535–544. <https://doi.org/10.1080/17445647.2014.909339>
- Bentsen SE (2012) Size matters: Preliminary results from an experimental approach to interpret Middle Stone Age hearths. *Quaternary International* 270:95–102. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.09.002>
- Bentsen SE (2014) Using Pyrotechnology: Fire-related Features and Activities with a Focus on the African Middle Stone Age. *Journal of Archaeological Research* 22:141–175. <https://doi.org/10.1007/s10814-013-9069-x>
- Bergadà MM (1995) Estudio geoarqueológico de la secuencia Holocena de la Cova del Vidre (Roquetes, Baix Ebre, Tarragona). *Rubricatum* 1:65–72
- Bergadà MM (2001) Análisis micromorfológico de los niveles neolíticos de la Cova de Cendres (Moraira, Teulada): resultados preliminares. In: Bernabeu J, Fumanal MP, Badal E (eds) *La Cova de les Cendres (Teulada-Moraira, Alicante)*. Universitat de València, València, pp 119–126
- Bergadà MM, Cebriá A, Mestres J (2005) Prácticas de estabulación durante el Neolítico Antiguo en Cataluña a través de la micromorfología: cueva de la Guineau (Font- Rubí, Alt Penedès, Barcelona). In: Cabal PA, Peredo RO, Piñeiro CGM (eds) *III Congreso del Neolítico en la Península ibérica*. Universidad de Cantabria, Santander, pp 187–196
- Bergadà MMercè (1997) Actividad antrópica en el Neolítico antiguo Catalán a través del análisis micromorfológico. *Trabajos De Prehistoria* 54:151–162
- Bergadà MMercè (1998) Estudio geoarqueológico de los asentamientos prehistóricos del Pleistoceno Superior y el Holoceno inicial en Catalunya. In: *BAR internation series 742*. p 742
- Berna F, Behar A, Shahack-Gross R, et al (2007) Sediments exposed to high temperatures: reconstructing pyrotechnological processes in Late Bronze and Iron Age Strata at Tel Dor (Israel). *Journal of Archaeological Science* 34:358–373
- Berna F, Golberg P, Kolska L, et al (2012) Microstratigraphic evidence of in situ fire in the Acheulean strata of Wonderwerk Cave, Northern Cape province, South Africa. *PNAS* 2:1215–1220
- Berna F, Goldberg P (2007) Assessing Paleolithic pyrotechnology and associated hominin behavior in Israel. *Israel Journal of Earth Sciences* 56:107–121. <https://doi.org/10.1560/IJES.56.2-4.107>
- Bernabeu J, Molina Balaguer L (2009) *La cova de les Cendres (Moraira-Teulada, Alicante)*. MARQ. Museo Arqueològic de Alacant., Alacant
- Binford LR (1996) Hearth and home: the spatial analysis of ethnographically documented rock shelter occupations as a template for distinguishing between human and hominid use of sheltered space. In: Conard, N.J., Wendorf F (eds) *Middle Paleolithic and Middle Stone Age Settlement Systems*. A.B.A.C.O. Edizioni, Forlì, Italy, pp 229–239
- Binford LR, Ho CK, Aigner JS, et al (1985) Taphonomy at a Distance: Zhoukoudian, “The Cave Home of Beijing Man”? [and Comments and Reply]. *Current Anthropology* 26:413–442. <https://doi.org/10.1086/203303>
- Binford LR, Stone NM, Aigner JS, et al (1986) Zhoukoudian: A Closer Look [and Comments and Reply]. *Current Anthropology* 27:453–475. <https://doi.org/10.1086/203469>
- Black D (1926) Tertiary Man in Asia: the Chou Kou Tien Discovery1. *Nature* 118:733–734. <https://doi.org/10.1038/118733a0>
- Blackwell BAB, Leung HY, Skinner AR, et al (2000) External dose rate determinations for ESR dating at Bau de l’Aubesier, Provence, France. *Quaternary International* 68–71:345–361. [https://doi.org/10.1016/S1040-6182\(00\)00057-4](https://doi.org/10.1016/S1040-6182(00)00057-4)
- Blasco A, Edo M, Villalba J (2005) Primeros datos sobre la utilización sepulcral de la Cueva de Can Sadurní (Begues, Baix Llobregat) en el Neolítico Cardial. In: Arias P, Ontañón R, García-Moncó C (eds) *Actas*

BIBLIOGRAFÍA

- del III Congreso del Neolítico en la Península ibérica. Monografías del Instituto Internacional de Investigaciones Prehistóricas de Cantabria, 1, Santander, pp 867–878
- Blasco R, Rosell J, Arilla M, et al (2019) Bone marrow storage and delayed consumption at Middle Pleistocene Qesem Cave, Israel (420 to 200 ka). *Science Advances* 5:eaav9822. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aav9822>
- Blasco R, Rosell J, Gopher A, Barkai R (2014) Subsistence economy and social life: A zooarchaeological view from the 300 kya central hearth at Qesem Cave, Israel. *Journal of Anthropological Archaeology* 35:248–268. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaa.2014.06.005>
- Blumenschine R, Stanistreet IG, Njau JK, et al (2012) Environments and hominin activities across the FLK Peninsula during *Zinjanthropus* times (1.84 Ma), Olduvai Gorge, Tanzania. *Journal of Human Evolution* 63:364–383
- Bogaard A (2012) Middening and Manuring in Neolithic: Europe: Issues of Plausibility, Intensity and Archaeological Method. In: Jones R (ed) *Manure matters. Historical, Archaeological and Ethnographic Perspectives*. Ashgate Publishing, Franham, pp 25–39
- Boivin N (2000) Life rhythms and floor sequences: excavating time in rural Rajasthan and Neolithic Catalhoyuk. *World Archaeology* 31:367–388. <https://doi.org/10.1080/00438240009696927>
- Boix Calbet J (2012) El tratamiento térmico en rocas silíceas, un procedimiento técnico para la talla. *Trab prehist* 69:37–50. <https://doi.org/10.3989/tp.2012.12078>
- Bonsall C, Mlekuž D, Bartosiewicz L, Pickard C (2016) Early farming adaptations of the northeast Adriatic Karst. In: Colledge S, Conolly J, Dobney K, et al. (eds) *The origins and spread of domestic animals in Southwest Asia and Europe*. Routledge, pp 145–160
- Boscato P, Ronchitelli A (2017) Le strutture di combustione al Riparo l'Oscursciuto (Ginosa - TA). *Studi di Preistoria e Protostoria* 4:175–180
- Boschian G, Miracle PT (2007) Shepherds and caves in the Karst of Istria (Croatia). *Atti della Società Toscana di Scienze Naturali, Memorie, Serie A* 112:173–181
- Boschian G, Montagnari-Kokelj E (2000) Prehistoric shepherds and caves in the Trieste Karst (Northeastern Italy). *Geoarchaeology* 15:331–371. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1520-6548\(200004\)15:4<331::aid-gea3>3.0.co;2-h](https://doi.org/10.1002/(sici)1520-6548(200004)15:4<331::aid-gea3>3.0.co;2-h)
- Boyd R, Richerson PJ, Henrich J (2011) The cultural niche: Why social learning is essential for human adaptation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108:10918–10925. <https://doi.org/10.1073/pnas.1100290108>
- Braadbaart F, Poole I (2008) Morphological, chemical and physical changes during charcoalification of wood and its relevance to archaeological contexts. *Journal of Archaeological Science* 35:2434–2445. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2008.03.016>
- Bradák B, Carrancho Á, Lagunilla ÁH, et al (2020) Magnetic fabric and archaeomagnetic analyses of anthropogenic ash horizons in a cave sediment succession (Crvena Stijena site, Montenegro). *Geophysical Journal International*. <https://doi.org/10.1093/gji/ggaa461>
- Bréhard S, Beeching A, Vigne J-D (2010) Shepherds, cowherds and site function on middle Neolithic sites of the Rhône valley: An archaeozoological approach to the organization of territories and societies. *Journal of Anthropological Archaeology* 29:179–188. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2010.02.001>
- Bremond L, Alexandre A, Peyron O, Guiot J (2005) Grass water stress estimated from phytoliths in West Africa. *Journal of Biogeography* 32:311–327. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2004.01162.x>
- Bremond L, Alexandre A, Véla E, Guiot J (2004) Advantages and disadvantages of phytolith analysis for the reconstruction of Mediterranean vegetation: an assessment based on modern phytolith, pollen and botanical data (Luberon, France). *Review of Palaeobotany and Palynology* 129:213–228. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2004.02.002>
- Brittingham A, Hren MT, Hartman G, et al (2019) Geochemical Evidence for the Control of Fire by Middle Palaeolithic Hominins. *Scientific Reports* 9:. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51433-0>
- Brochier JE (1983a) Combustion et parage des herbivores domestiques. Le point de vue du sédimentologue. *Bulletin de la Société préhistorique française* 80:143–145
- Brochier JE (1983b) Bergeries et feux néolithiques dans le Midi de la France, caractérisation et incidence sur le raisonnement sédimentologique. *Quatär Ban* 33–34:181– 183

BIBLIOGRAFÍA

- Brochier JE (1991a) La grotte de Combe Obscure. Etude géoarchéologique des dépôts holocènes récents. <https://doi.org/10.13140/2.1.3469.4083>
- Brochier JE (1991b) Géoarchéologie du monde agropastoral. In: Pour une Archéologie Agraire. À la croisée des sciences de l'homme et de la nature. Armand Colin Éditeur, Paris, pp 303–322
- Brochier JE (1993) Etude géoarchéologique des dépôts holocènes du roc de Dourgne. In: Dourgne. Derniers chasseurs-collecteurs et premiers éleveurs de la Haute Vallée de l'Aude, Centre d'Anthropologie des Sociétés Rurales. Toulouse, pp 49–61
- Brochier JE (1995) Estudi geoarqueològic dels dipòsits holocens de la Balma de la Margineda: capes 1 a 6. In: Guilaie J, Martzluff M (eds) Les excavacions a la balma de la Margineda (1979-1991). Edicions el Govern d'Andorra, Andorra, pp 56–89
- Brochier JE (2002) Les sédiments anthropiques. Méthodes d'étude et perspectives. In: Miskovsky JC (ed) Géologie de la Préhistoire: méthodes, techniques, applications, Geopré. Paris, pp 453–477
- Brochier JÉ (2005) Des hommes et des bêtes : une approche naturaliste de l'histoire et des pratiques de l'élevage. In: Guilaine J (ed) Populations néolithiques et environnements, Collection. Errance, pp 137–152
- Brochier JE, Claustre F (2000) Le parage des bovins et le problème des litières du Néolithique final à l'Âge du Bronze dans la Grotte de Bélesta. In: Gascón J, Claustre F, Guilane J (eds) XXIVe Congrès Préhistorique de France: Habitats, économies et sociétés du Nord-Ouest méditerranéen. Carcassonne, pp 27–36
- Brochier JE, Villa P, Giacomarra M, Tagliacozzo A (1992) Shepherds and sediments: Geo-ethnoarchaeology of pastoral sites. *Journal of Anthropological Archaeology* 11:47–102. [https://doi.org/10.1016/0278-4165\(92\)90010-9](https://doi.org/10.1016/0278-4165(92)90010-9)
- Brochier J-L, Beeching A (1994) Les grottes bergeries d'altitude. Début de l'élevage et premières transhumances au Néolithique dans les Préalpes dioises. *L'Homme et le mouton dans l'espace de la transhumance Glénat*, Grenoble 35–47
- Brochier J-L, Beeching A, Sidi Maamar H, Vital J (1999) Les grottes bergeries des Préalpes et le pastoralisme alpin, durant la fin de la Préhistoire. In: Beeching A (ed) Circulations et identités culturelles alpines à la fin de la Préhistoire-Matériaux pour une étude. Travaux du Centre d'Archéologie Préhistorique de Valence. Centre d'Archéologie préhistorique de Valence, Travaux du Centre d ..., Valence, pp 77–114
- Brönnimann D, Ismail-Meyer K, Rentzel P, et al (2017) Excrements of Herbivores. In: Nicosia C, Stoops G (eds) *Archaeological Soil and Sediment Micromorphology*. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK, pp 55–65
- Brown KS, Marean CW, Herries AIR, et al (2009) Fire As an Engineering Tool of Early Modern Humans. *Science* 325:859–862. <https://doi.org/10.1126/science.1175028>
- Bucchi A, Burguet-Coca A, Expósito I, et al (2019) Comparisons between methods for analyzing dental calculus samples from El Mirador cave (Sierra de Atapuerca, Spain). *Archaeological and Anthropological Sciences*. <https://doi.org/10.1007/s12520-019-00919-z>
- Burguet-Coca A, Expósito I (2018) Construyendo un redil; tras el rastro de los microrrestos vegetales de un "fumier" experimental. *Butlletí Arqueològic (Experimental archaeology: from research to society: Proceedings of the Vth International Congress of Experimental Archaeology)* 187–194
- Burguet-Coca A, Polo-Díaz A, Martínez-Moreno J, et al (2020) Pen management and livestock activities based on phytoliths, dung spherulites, and minerals from Cova Gran de Santa Linya (Southeastern pre-Pyrenees). *Archaeological and Anthropological Sciences* 12:. <https://doi.org/10.1007/s12520-020-01101-6>
- Burjachs F (1988) Aplicació de la palinologia a l'arqueologia. *Cota Zero* 4:24–30
- Burjachs F, López-Sáez JA, Iriarte-Chiapusso MJ (2003) Metodología arqueopalinológica. In: Buxó R, Piqué R (eds) *La recogida de muestras en arqueobotànica: objetivos y propuestas metodològicas*. Museu d'Arqueologia de Catalunya, Barcelona, pp 9–16

# C

- Cabanes D (2002) Estudi dels fitòlits de silici en les estructures de combustió del nivell J de l'Abric Romani (Capellades, l'Anoia). PhD Thesis, Universitat Rovira i Virgili
- Cabanes D (2009) L'estudi dels processos de formació dels sediments arqueològics i dels paleosòls a partir de l'anàlisi dels fitòlits, els minerals i altres microrestes. PhD Thesis, Universitat Rovira i Virgili
- Cabanes D (2020) Phytolith Analysis in Paleoecology and Archaeology. In: Henry AG (ed) Handbook for the Analysis of Micro-Particles in Archaeological Samples. Springer International Publishing, Cham, pp 255–288
- Cabanes D, Allué E, Vallverdú J, et al (2002) Hearth structure and function at level J ( 50kyr , bp ) from Abric Romani ( Capellades , Spain ): phytolith , charcoal , bones and stone-tools. 98–106
- Cabanes D, Allué E, Vallverdú J, et al (2007) Hearth structure and function at level J ( 50kyr , bp ) from Abric Romani ( Capellades , Spain ): phytolith , charcoal , bones and stone-tools. In: Madella M, Zurro D (eds) Plants, People and Places: Recent Studies in Phytolithic Analysis. pp 98–106
- Cabanes D, Burjachs F, Expósito I, et al (2009) Formation processes through archaeobotanical remains: The case of the Bronze Age levels in El Mirador cave, Sierra de Atapuerca, Spain. *Quaternary International* 193:160–173. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2007.08.002>
- Cabanes D, Gadot Y, Cabanes M, et al (2012) Human impact around settlement sites: a phytolith and mineralogical study for assessing site boundaries, phytolith preservation, and implications for spatial reconstructions using plant remains. *Journal of Archaeological Science* 39:2697–2705
- Cabanes D, Mallol C, Expósito I, Baena J (2010) Phytolith evidence for hearths and beds in the late Mousterian occupations of Esquilleu cave (Cantabria, Spain). *Journal of Archaeological Science* 37:2947–2957. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.07.010>
- Cabanes D, Shahack-Gross R (2015) Understanding Fossil Phytolith Preservation: The Role of Partial Dissolution in Paleoecology and Archaeology. *PLoS ONE* 10:e0125532. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125532>
- Cabanes D, Weiner L, Shahack-Gross R (2011) Stability of phytoliths in the archaeological record: a dissolution study of modern and fossil phytoliths. *Journal of Archaeological Science* 38:2480–2490
- Cabanilles JJ, Martínez Valle R, Badal García E, et al (2005) Un aprisco bajo abrigo en el yacimiento eneolítico de "El Cinto Mariano"(Requena, Valencia). In: III Congreso del Neolítico en la Península ibérica. Universidad de Cantabria, Santander, Santander, pp 167–174
- Cáceres I, Lozano M, Saladié P (2007) Evidence for Bronze Age Cannibalism in El Mirador Cave (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *American Journal of Physical Anthropology* 133:899–917
- Cámalich MD, Buxó R, Chávez E, et al (2004) Cueva de El Toro (Antequera, Malaga-Spain): a Neolithic stockbreeding community in the Andalusian region, between the 6th and 3th millennia BC. *Documenta Praehistorica* 31:163–181. <https://doi.org/10.4312/dp.31.12>
- Campbell GS, Jungbauer JDJR, Bidlake WR, Hungerford RD (1994) Predicting the effect of temperature on soil thermal conductivity. *Soil Science* 158:
- Campbell ID (1999) Quaternary pollen taphonomy: Examples of differential redeposition and differential preservation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 149:245–256. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(98\)00204-1](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(98)00204-1)
- Canti MG (1997) An Investigation of Microscopic Calcareous Spherulites from Herbivore Dung. *Journal of Archaeological Science* 24:219–231. <https://doi.org/10.1006/jasc.1996.0105>
- Canti MG (1998) The Micromorphological Identification of Faecal Spherulites from Archaeological and Modern Materials. *Journal of Archaeological Science* 25:435–444. <http://dx.doi.org/10.1006/jasc.1997.0210>
- Canti MG (1999) The Production and Preservation of Faecal Spherulites: Animals, Environment and Taphonomy. *Journal of Archaeological Science* 26:251–258. <http://dx.doi.org/10.1006/jasc.1998.0322>
- Canti MG (2003) Aspects of the chemical and microscopic characteristics of plant ashes found in archaeological soils. *Catena* 54:339–361

BIBLIOGRAFÍA

- Canti MG, Brochier JÉ (2017a) Plant Ash. In: Nicosia C, Stoops G (eds) *Archaeological Soil and Sediment Micromorphology*. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK, pp 147–154
- Canti MG, Brochier JÉ (2017b) Faecal Spherulites. In: Nicosia C, Stoops G (eds) *Archaeological Soil and Sediment Micromorphology*. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK, pp 51–54
- Canti MG, Linford N (2000) The Effects of Fire on Archaeological Soils and Sediments: Temperature and Colour Relationships. *Proceedings of the Prehistoric Society* 66:385–395. <https://doi.org/10.1017/S0079497X00001869>
- Canti MG, Nicosia C (2018) Formation, morphology and interpretation of darkened faecal spherulites. *Journal of Archaeological Science* 89:32–45. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2017.11.004>
- Carbonell E, Bermúdez De Castro JM, Parés JM, et al (2008) The first hominin of Europe. *Nature* 452:465–469. <https://doi.org/10.1038/nature06815>
- Carmody RN, Weintraub GS, Wrangham RW (2011) From the Cover: Energetic consequences of thermal and nonthermal food processing. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108:19199–19203. <https://doi.org/10.1073/pnas.1112128108>
- Carmody RN, Wrangham RW (2009) The energetic significance of cooking. *Journal of Human Evolution* 57:379–391. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2009.02.011>
- Carrancho Á, Villalaín JJ, Angelucci DE, et al (2009) Rock-magnetic analyses as a tool to investigate archaeological fired sediments: a case study of Mirador cave (Sierra de Atapuerca, Spain). *Geophysical Journal International* 179:79–96. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2009.04276.x>
- Carrancho Á, Villalaín JJ, Vergès JM, Vallverdú J (2012) Assessing post-depositional processes in archaeological cave fires through the analysis of archaeomagnetic vectors. *Quaternary International* 275:14–22. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2012.01.010>
- Carrancho, Herrejón Lagunilla, Vergès JM (2016a) Three archaeomagnetic applications of archaeological interest to the study of burnt anthropogenic cave sediments. *Quaternary International* 414:244–257. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.10.010>
- Carrancho, Villalaín JJ, Vallverdú J, Carbonell E (2016b) Is it possible to identify temporal differences among combustion features in Middle Palaeolithic palimpsests? The archaeomagnetic evidence: A case study from level O at the Abric Romaní rock-shelter (Capellades, Spain). *Quaternary International* 417:39–50. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.12.083>
- Carretero JM, Ortega AI, Juez L, et al (2008) A late pleistocene-early Holocene archaeological sequence of portalón de Cueva mayor (Sierra de atapuerca, burgos, Spain). *Munibe* 59:67–80
- Carrión JS (2002) A taphonomic study of modern pollen assemblages from dung and surface sediments in arid environments of Spain. *Review of Palaeobotany and Palynology* 120:217–232. [https://doi.org/10.1016/S0034-6667\(02\)00073-8](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(02)00073-8)
- Carrión JS, Andrade A, Bennett KD, et al (2001) Crossing forest thresholds: inertia and collapse in a Holocene sequence from south-central Spain. *The Holocene* 11:635–653
- Carrión JS, Fernández S, González-Sampériz P, et al (2009) Quaternary pollen analysis in the Iberian Peninsula: the value of negative results. *Internet Archaeology* 25:1–48
- Carrión JS, Lalueza-Fox C, Stewart J (2019) Neanderthals: Ecology and evolution. *Quaternary Science Reviews* 217:1–6. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.05.008>
- Carter JA (2002) Phytolith analysis and paleoenvironmental reconstruction from Lake Poukawa Core, Hawkes Bay, New Zealand. *Global and Planetary Change* 33:257–267. [https://doi.org/10.1016/S0921-8181\(02\)00081-4](https://doi.org/10.1016/S0921-8181(02)00081-4)
- Caruso L (2010) Ethnographie, archéobotanique et expérimentation sur le site d'Ewan I (Tierra del Fuego, Argentine). *Anthropobotanica* 1:3–17
- Caruso L (2015) La madera como recurso en grupos cazadores-recolectores patagónicos: métodos de análisis del material leñoso. *Comechingonia Revista de Arqueología* 19:141–157. <https://doi.org/10.37603/2250.7728.v19.n2.18135>
- Caruso L (2019) Methods of acquisition and use of firewood among hunter-gatherer groups in Patagonia (Argentina) during the Holocene. *Veget Hist Archaeobot* 28:465–479. <https://doi.org/10.1007/s00334-018-0705-8>

BIBLIOGRAFÍA

- Caruso L, Mansu ME, Piqué R (2008) Voces en el bosque: el uso de recursos vegetales entre cazadores-recolectores de la zona central de Tierra del Fuego. *Darwiniana* 46:202–212
- Carvalho S, Beardmore-Herd M (2019) Technological Origins: Primate Perspectives and Early Hominin Tool Use in Africa. In: *Oxford Research Encyclopedia of African History*. Oxford University Press
- Carvalho S, Cunha E, Sousa C, Matsuzawa T (2008) Chaînes opératoires and resource-exploitation strategies in chimpanzee (*Pan troglodytes*) nut cracking. *Journal of human evolution* 55:148–63. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2008.02.005>
- Castellano L, Ravazzi C, Furlanetto G, et al (2017) Charred honeycombs discovered in Iron Age Northern Italy. A new light on boat beekeeping and bee pollination in pre-modern world. *Journal of Archaeological Science* 83:26–40. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2017.06.005>
- Ceperuelo D, Lozano M, Duran-Sindreu F, Mercadé M (2014) Root Canal Morphology of Chalcolithic and Early Bronze Age Human Populations of El Mirador Cave (Sierra de Atapuerca, Spain): ROOT CANAL MORPHOLOGY OF EL MIRADOR CAVE. *The Anatomical Record* 297:2342–2348. <https://doi.org/10.1002/ar.22958>
- Ceperuelo D, Lozano M, Duran-Sindreu F, Mercadé M (2015) Supernumerary fourth molar and dental pathologies in a Chalcolithic individual from the El Mirador Cave site (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *HOMO* 66:15–26. <https://doi.org/10.1016/j.jchb.2014.05.007>
- Charles M (1996) Fodder From Dung: the Recognition and Interpretation of Dung-Derived Plant Material from Archaeological Sites. *Environmental Archaeology* 1:111–122. <https://doi.org/doi:10.1179/env.1996.1.1.111>
- Charles M, Halstead P, Jones G (1998) *Fodder: Archaeological, Historical and Ethnographic Studies*. Environmental Archaeology. Oxbow Books, Oxford
- Chazan M (2017) Toward a Long Prehistory of Fire. *Current Anthropology* 58:S351–S359. <https://doi.org/10.1086/691988>
- Christian HJ (2003) Global frequency and distribution of lightning as observed from space by the Optical Transient Detector. *J Geophys Res* 108:4005. <https://doi.org/10.1029/2002JD002347>
- Chrzązvez J, Henry A, Théry-Parisot I (2011) Identificando estrategias de adquisición del combustible leñoso en antracología: ¿puede contribuir la experimentación a determinar el calibre de los carbones en contexto arqueológico? In: Margado A, Baena J, García-González D (eds) *La investigación experimental aplicada a la Arqueología*. Editorial Universidad de Granada, Granada, pp 205–211
- Chu V, Regev L, Weiner S, Boaretto E (2008) Differentiating between anthropogenic calcite in plaster, ash and natural calcite using infrared spectroscopy: implications in archaeology. *Journal of Archaeological Science* 35:905–911
- Clark JD (1987) Transitions: *Homo erectus* and the Acheulian: the Ethiopian sites of Gadeb and the Middle Awash. *Journal of Human Evolution* 16:809–826. [https://doi.org/10.1016/0047-2484\(87\)90025-X](https://doi.org/10.1016/0047-2484(87)90025-X)
- Clark JD, Harris JWK (1985) Fire and its roles in early hominid lifeways. *African Archaeological Review* 3:3–27. <https://doi.org/10.1007/BF01117453>
- Coe K, Aiken NE, Palmer CT (2006) Once Upon a Time: Ancestors and the Evolutionary Significance of Stories. *Anthropological Forum* 16:21–40. <https://doi.org/10.1080/00664670600572421>
- Cohen-Ofri I, Weiner L, Boaretto E, et al (2006) Modern and fossil charcoal: aspects of structure and diagenesis. *Journal of Archaeological Science* 33:428–439. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2005.08.008>
- Coles JM (1973) *Archaeology by Experiment*. Hutchinson, London
- Coles JM (1979) *Experimental Archaeology*. Academic Press, London
- Collina-Girard J (1998) *Le feu avant les allumettes: expérimentation et mythes techniques*. Editions de la Maison des sciences de l'homme, Paris
- Comber Jean (1967) *Le Paléolithique de l'Ardèche dans son cadre paléoclimatique: par Jean Comber ...* Impr. Delmas, Bordeaux
- Conard NJ, Bolus M, Münzel SC (2012) Middle Paleolithic land use, spatial organization and settlement intensity in the Swabian Jura, southwestern Germany. *Quaternary International* 247:236–245. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.05.043>



BIBLIOGRAFÍA

- Conard NJ, Serangeli J, Bigga G, Rots V (2020) A 300,000-year-old throwing stick from Schöningen, northern Germany, documents the evolution of human hunting. *Nature Ecology & Evolution*. <https://doi.org/10.1038/s41559-020-1139-0>
- Conard NJ, Serangeli J, Böhner U, et al (2015) Excavations at Schöningen and paradigm shifts in human evolution. *Journal of Human Evolution* 89:1–17. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2015.10.003>
- Conesa J, Pedrol J (2014) Mapa de vegetació de Catalunya 1:50.000. *Os de Balaguer* 327 (32-13)
- Cook SF (1964) The Nature of Charcoal Excavated at Archaeological Sites. *American Antiquity* 29:514–517. <https://doi.org/10.2307/277998>
- Costa FGCM da, Souza PCT, Klein DE, Bove CP (2016) Application of acetolysis in phytoliths extraction. *Review of Palaeobotany and Palynology* 228:93–97. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2016.01.001>
- Courty M-A, Carbonell E, Vallverdú Poch J, Banerjee R (2012) Microstratigraphic and multi-analytical evidence for advanced Neanderthal pyrotechnology at Abric Romani (Capellades, Spain). *Quaternary International* 247:294–312. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2010.10.031>
- Cushing EJ (1967) Evidence for differential pollen preservation in Late Quaternary sediments in Minnesota. *Review of Palaeobotany and Palynology* 4:87–101

## D

- Daniau A-L, d'Errico F, Sánchez Goñi MF (2010) Testing the Hypothesis of Fire Use for Ecosystem Management by Neanderthal and Upper Palaeolithic Modern Human Populations. *PLoS ONE* 5:e9157. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009157>
- Darlas A (2007) Le Moustérien de Grèce à la lumière des récentes recherches. *L'Anthropologie* 111:346–366. <https://doi.org/10.1016/j.anthro.2007.04.001>
- Darlas A, De Lumley H (2003) Kalamakia. *Bulletin de correspondance hellénique* 127:640–645. <https://doi.org/10.3406/bch.2003.7341>
- Daura J, Sanz M, Arsuaga JL, et al (2017) New Middle Pleistocene hominin cranium from Gruta da Aroeira (Portugal). *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114:3397–3402. <https://doi.org/10.1073/pnas.1619040114>
- Daura J, Sanz M, Oms FX, et al (2019) Deciphering Neolithic activities from a Cardial burial site (Cova Bonica) on the western Mediterranean coast. *Journal of Archaeological Science: Reports* 23:324–347. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.10.036>
- David F, D'Intchenko V, Enloe JG, et al (2009) New Neanderthal remains from the Grotte du Bison at Arcy-sur-Cure, France. *Journal of Human Evolution* 57:805–809. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2009.03.006>
- David N, Kramer C (2015) Ethnoarchaeology in action
- Davis OK, Shafer DS (2006) Sporormiella fungal spores, a palynological means of detecting herbivore density. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 237:40–50. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2005.11.028>
- de la Torre I, Martínez-Moreno J, Mora R (2012) When Bones are Not Enough: Lithic Refits and Occupation Dynamics in the Middle Palaeolithic Level 10 of Roca dels Bous (Catalonia, Spain). In: Seetah K, Gravina B (eds) *Bones for tools - tools for bones. The interplay between objects and objectives*. McDonald Institute for Archaeological Research, Cambridge, pp 13–23
- de Lumley H (1969) A Paleolithic Camp at Nice. *Scientific American* 220:42–51
- de Lumley H (2006) Il y a 400 000 ans: la domestication du feu, un formidable moteur d'hominisation. *Comptes Rendus Palevol* 5:149–154. <https://doi.org/10.1016/j.crpv.2005.11.014>
- De Lumley H, Darlas A, Anglada R, et al (1994) Grotte de Kalamakia (Aéropolis, Péloponnèse). *Bulletin de correspondance hellénique* 118:535–559. <https://doi.org/10.3406/bch.1994.6992>
- Dediu D, Levinson SC (2013) On the antiquity of language: the reinterpretation of Neanderthal linguistic capacities and its consequences. *Front Psychol* 4: . <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00397>
- del Valle H (2018) Aproximación a la Diagénesis del hueso en contextos de fumier: La Cueva de El Mirador (Sierra de Atapuerca, Burgos). Tesis de Máster, Universitat Rovira i Virgila

BIBLIOGRAFÍA

- Delagnes A, Schmidt P, Douze K, et al (2016) Early Evidence for the Extensive Heat Treatment of Silcrete in the Howiesons Poort at Klipdrift Shelter (Layer PBD, 65 ka), South Africa. *PLoS ONE* 11:e0163874. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163874>
- Delhon C, Alexandre A, Berger J-F, et al (2003) Phytolith assemblages as a promising tool for reconstructing Mediterranean Holocene vegetation. *Quaternary Research* 59:48–60. [https://doi.org/10.1016/S0033-5894\(02\)00013-3](https://doi.org/10.1016/S0033-5894(02)00013-3)
- Delhon C, Martin L, Argant J, Thiébault S (2008) Shepherds and plants in the Alps: multi-proxy archaeobotanical analysis of neolithic dung from “La Grande Rivoire” (Isère, France). *Journal of Archaeological Science* 35:2937–2952. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2008.06.007>
- Delhon C (2010) Phytolithes et taphonomie, apport de l’expérimentation à la quantification des phytolithes dans les cendres de bois. In: Théry-Parisot I, Costamagno S CL (ed) *taphonomie de la combustion des résidus organiques et des structures de combustion en contexte archéologique*. *P@lethnologie*, Actes de la table ronde, 27-29 mai 2008, CEPAM, pp 95–107
- Di Fraia T, Tiberio D (2008) Nuovi dati dalla Grotta Sant’Angelo di Civitella del Tronto (TE): quali culti e/o quali attività. *Paesaggi realie paesaggi mentali Ricerche e scavi Atti ottavo incontro di preistoria e protostoria in Etruria* 1:477–489
- Dibble HL, Abodolazadeh A, Aldeias V, et al (2017) How Did Hominins Adapt to Ice Age Europe without Fire? *Current Anthropology* 58:S000–S000. <https://doi.org/10.1086/692628>
- Dibble HL, Sandgathe D, Goldberg P, et al (2018) Were Western European Neandertals Able to Make Fire? *Journal of Paleolithic Archaeology* 1:54–79. <https://doi.org/10.1007/s41982-017-0002-6>
- Douka K, Grimaldi S, Boschian G, et al (2012) A new chronostratigraphic framework for the Upper Palaeolithic of Riparo Mochi (Italy). *Journal of Human Evolution* 62:286–299. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2011.11.009>
- Dufraisse A (2011) Interpretation of firewood management as a socio-ecological indicator. *Saguntum (PLAV) Extra* 11:179–180
- Dufraisse A (2012) Firewood and woodland management in their social, economic and ecological dimensions. *New perspectives*. *Saguntum (PLAV) Extra* 13:65–74
- Dufraisse A, Pétrequin AM, Pétrequin P (2007) La gestion du bois de feu: un indicateur des contextes socio-écologiques. *Approche ethnoarchéologique dans les Hautes Terres de Papua (Nouvelle-Guinée indonésienne)*. In: Besse M (ed) *Sociétés néolithiques. Des faits archéologiques aux fonctionnements socio-économiques*. Actes du 27e colloque interrégional sur le Néolithique (Neuchâtel, octobre 2005). Lausanne, pp 115–126
- Dunbar RIM (2003) The Social Brain: Mind, Language, and Society in Evolutionary Perspective. *Annual Review of Anthropology* 32:163–181. <https://doi.org/10.1146/annurev.anthro.32.061002.093158>
- Dunbar RIM (2009) The social brain hypothesis and its implications for social evolution. *Annals of Human Biology* 36:562–572. <https://doi.org/10.1080/03014460902960289>
- Dunseth ZC, Fuks D, Langgut D, et al (2019) Archaeobotanical proxies and archaeological interpretation: A comparative study of phytoliths, pollen and seeds in dung pellets and refuse deposits at Early Islamic Shivta, Negev, Israel. *Quaternary Science Reviews* 211:166–185. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.03.010>
- Durkheim E, Cosman C, Cladis MS (2001) *The elementary forms of religious life*. Oxford University Press, Oxford New York

## E

- Ebersohn C, Eicker A (1992) Coprophilous fungal species composition and species diversity on various dung substrates of African game animals. *Bot Bull Acad Sin* 33:85–95
- Edwards KJ, Fyfe RM, Hunt CO, Schofield JE (2015) Moving forwards? Palynology and the human dimension. *Journal of Archaeological Science* 56:117–132. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.02.010>
- Égüez N, Dal Corso M, Wieckowska-Lüth M, et al (2020) A pilot geo-ethnoarchaeological study of dung deposits from pastoral rock shelters in the Monti Sibillini (central Italy). *Archaeological and Anthropological Sciences* 12:. <https://doi.org/10.1007/s12520-020-01076-4>

BIBLIOGRAFÍA

- Égüez N, Makarewicz CA (2018) Carbon Isotope Ratios of Plant n-Alkanes and Microstratigraphy Analyses of Dung Accumulations in a Pastoral Nomadic Winter Campsite (Eastern Mongolia). *Ethnoarchaeology* 10:141–158. <https://doi.org/10.1080/19442890.2018.1510614>
- Égüez N, Mallol C, Martín-Socas D, Camalich MD (2016) Radiometric dates and micromorphological evidence for synchronous domestic activity and sheep penning in a Neolithic cave: Cueva de El Toro (Málaga, Antequera, Spain). *Archaeological and Anthropological Sciences* 8:107–123. <https://doi.org/10.1007/s12520-014-0217-0>
- Eixea A, Oltra I, Bergadà MM, Villaverde V (2020) The reinterpretation of the Cova Negra archaeological and stratigraphical sequence and its implications in the understanding of the Middle Palaeolithic Iberian Peninsula. *Quaternary International*. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.04.007>
- Eixea A, Villaverde Bonilla V, Zilhão J, et al (2011a) El nivel IV del abrigo de la Quebrada (Chelva, Valencia) análisis microespacial y valoración del uso del espacio en los yacimientos del Paleolítico Medio valenciano. *Mainake* 33:127–158
- Eixea A, Villaverde V, Zilhão J (2011b) Aproximación al aprovisionamiento de materias primas líticas en el yacimiento del Paleolítico medio del Abrigo de la Quebrada (Chelva, Valencia). *Trabajos de Prehistoria* 68:65–78. <https://doi.org/10.3989/tp.2011.11059>
- Elbaum R, Weiner S, Albert R-M, Elbaum M (2003) Detection of Burning of Plant Materials in the Archaeological Record by Changes in the Refractive Indices of Siliceous Phytoliths. *Journal of Archaeological Science* 30:217–226
- Elefanti P, Panagopoulou E, Karkanas P (2008) The transition from the Middle to the Upper Paleolithic in the southern Balkans: The evidence from the Lakonis I Cave. *Eurasian Prehistory* 5:85–95
- Elliott S, Bendrey R, Whitlam J, et al (2014) Preliminary ethnoarchaeological research on modern animal husbandry in Bestansur, Iraqi Kurdistan: Integrating animal, plant and environmental data. *Environmental Archaeology* 20:283–303. <https://doi.org/doi:10.1179/1749631414Y.0000000025>
- Emslie-Smith D, Lightbody I, Maclean D (1983) Regulation of Body Temperature in Man. In: Tinker J, Rapin M (eds) *Care of the Critically Ill Patient*. Springer London, London, pp 111–124
- Epstein E (2001) Silicon in plants: facts vs. concepts. In: Datnoff LE, Snyder GH, Korndorfer GH (eds) *Silicon in Agriculture*. Elsevier Science, Amsterdam, pp 221–239
- Esteban I, Albert RM, Eixea A, et al (2017) Neanderthal use of plants and past vegetation reconstruction at the Middle Paleolithic site of Abrigo de la Quebrada. *Archaeological and Anthropological Sciences* 4–10. <https://doi.org/10.1007/s12520-015-0279-7>
- Esteban I, Marean CW, Fisher EC, et al (2018) Phytoliths as an indicator of early modern humans plant gathering strategies, fire fuel and site occupation intensity during the Middle Stone Age at Pinnacle Point 5-6 (south coast, South Africa). *PLOS ONE* 6:1–33. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198558>
- Etiégni L, Campbell AG (1991) Physical and Chemical Characteristics of Wood Ash. *Bioresource Technology* 37:173–178
- Euba I, Allué E, Burjachs F (2016) Wood uses at El Mirador Cave (Atapuerca, Burgos) based on anthracology and dendrology. *Quaternary International* 414:285–293. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.08.084>
- Evans AR, Daly ES, Catlett KK, et al (2016) A simple rule governs the evolution and development of hominin tooth size. *Nature* 530:477–480. <https://doi.org/10.1038/nature16972>
- Expósito I (2007) Reconstrucción Paleoambiental de los Niveles Neolíticos de la Cueva de El Mirador, Sierra de Atapuerca, Burgos. DEA, Universitat Rovira i Virgila
- Expósito I, Burjachs F (2016) Taphonomic approach to the palynological record of burnt and unburnt samples from El Mirador Cave (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *Quaternary International* 414:258–271. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.01.051>
- Expósito I, Burjachs F, Vergès JM (2017) Human trace on the landscape during the Holocene at El Mirador Cave (Sierra de Atapuerca, Spain): The palynological evidence. *The Holocene* 27:1201–1213. <https://doi.org/10.1177/0959683616683253>

# F

- Falguères C, Bahain J-J, Tozzi C, et al (2008) ESR/U-series chronology of the Lower Palaeolithic palaeoanthropological site of Visogliano, Trieste, Italy. *Quaternary Geochronology* 3:390–398. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2008.01.007>
- Falguères C, Yokohama Y, Quaegebeur J (1988) Datations de sédiments quaternaires par la méthode de résonance de spin électronique (ESR) [Dating of Quaternary sediments through use of Electron Spin Resonance (ESR)]. *L'Anthropologie* 92:723–726
- Farizy C (1988) Présentation du matériel lithique provenant du gisement moustérien de Champlost (Yonne) et hypothèses de fonctionnement du site. *Revue archéologique de Picardie* 141–148
- Fauteux F, Rémus-Borel W, Menzies JG, Bélanger RR (2005) Silicon and plant disease resistance against pathogenic fungi. *FEMS Microbiology Letters* 249:1–6. <https://doi.org/10.1016/j.femsle.2005.06.034>
- Fernández Eraso J (2013) La actividad pecuaria en la Rioja Alavesa durante la Prehistoria Reciente. *Cuadernos de Arqueología Univerisdad de Navarra* 18:158–171
- Fernández Peris J, González VB, Blasco R, et al (2012) The earliest evidence of hearths in Southern Europe: The case of Bolomor Cave (Valencia, Spain). *Quaternary International* 247:267–277. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2010.10.014>
- Fernández-Eraso J, Mujika-Alustiza JA, Zapata-Peña L, et al (2015) Beginnings, settlement and consolidation of the production economy in the Basque region. *Quaternary International* 364:162–171. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.09.070>
- Fernández-Eraso J, Polo-Díaz A (2008) Establos en abrigos bajo roca de la Prehistoria Reciente: su formación, caracterización y proceso de estudio. *Los casos de Los Husos y de San Cristóbal*. *Krei* 10:39–51
- Fernández-García M, López-García JM, Royer A, et al (2020) Combined palaeoecological methods using small-mammal assemblages to decipher environmental context of a long-term Neanderthal settlement in northeastern Iberia. *Quaternary Science Reviews* 228:106072. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.106072>
- Fishkis O, Ingwersen J, Lamers M, et al (2010a) Phytolith transport in soil: a laboratory study on intact soil cores. *European Journal of Soil Science* 61:445–455. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2010.01257.x>
- Fishkis O, Ingwersen J, Lamers M, et al (2010b) Phytolith transport in soil: A field study using fluorescent labelling. *Geoderma* 157:27–36. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.03.012>
- Fox J (2005) The R Commander: A Basic-Statistics Graphical User Interface to R. *Journal of Statistical Software* 19:1–42
- Fox J (2007) Extending the R Commander by “plug-in” packages. *R News* 7:46–52
- Fox J (2017) *Using the R Commander: A Point-and-Click Interface for R*, CRC Press. Boca Raton FL.
- Frazer JG (1989) Mitos sobre el origen del fuego. *Alt FULLA*, Barcelona
- Friesem DE (2016) Geo-ethnoarchaeology in action. *Journal of Archaeological Science* 70:145–157. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2016.05.004>
- Friesem DE (2018) Geo-ethnoarchaeology of Fire: Geoarchaeological Investigation of Fire Residues in Contemporary Context and its Archaeological Implications. *Ethnoarchaeology* 10:159–173. <https://doi.org/10.1080/19442890.2018.1510616>
- Friesem DE, Lavi N, Madella M, et al (2016) Site formation processes and hunter-gatherers use of space in a tropical environment: A geo-ethnoarchaeological approach from South India. *PLoS ONE* 11:1–30. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164185>
- Friesem DE, Zaidner Y, Shahack-Gross R (2014) Formation processes and combustion features at the lower layers of the Middle Palaeolithic open-air site of Neshar Ramla, Israel. *Quaternary International* 331:128–138. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.03.023>

## G

- Gadebois G, Antoine P, Hérissou D, et al (2010) Une occupation de la phase ancienne du Paléolithique moyen à Therdonne (Oise). Chronostratigraphie, production de pointes Levallois et réduction des nucléus. *Gallia Préhistoire* 1–32
- Gallego-Valle A, Colominas L, Burguet-Coca A, et al (2020) What is on the menu today? Creating a microwear reference collection through a controlled-food trial to study feeding management systems of ancient agropastoral societies. *Quaternary International*. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.02.020>
- Galván B, Hernández CM, Mallol C, et al (2014) New evidence of early Neanderthal disappearance in the Iberian Peninsula. *Journal of human evolution* 75:16–27. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2014.06.002>
- Gao G, Jie D, Liu L, et al (2018a) Phytolith characteristics and preservation in trees from coniferous and broad-leaved mixed forest in an eastern mountainous area of Northeast China. *Review of Palaeobotany and Palynology* 255:43–56. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2018.05.001>
- Gao G, Jie D, Wang Y, et al (2018b) Phytolith reference study for identifying vegetation changes in the forest–grassland region of northeast China. *Boreas* 47:481–497. <https://doi.org/10.1111/bor.12280>
- Gao X, Zhang S, Zhang Y, Chen F (2017) Evidence of Hominin Use and Maintenance of Fire at Zhoukoudian. *Current Anthropology* 58:S267–S277. <https://doi.org/10.1086/692501>
- Garcia O, Aura JE (coord. ) (2006) El Abric de la Falguera (Alcoi, Alacant). 8000 años de ocupacion humana en la cabecera del río de Alcoi. Provincial, Alicante: Diputación Mediterráneo, Alcoy: Ayuntamiento: Caja de Ahorros del, Alacant
- García-Suárez A, Portillo M, Matthews W (2018) Early Animal Management Strategies during the Neolithic of the Konya Plain, Central Anatolia: Integrating Micromorphological and Microfossil Evidence. *Environmental Archaeology* 1–19. <https://doi.org/10.1080/14614103.2018.1497831>
- Garefalakis C, Panagopoulou E, Harvati K (2018) Late Pleistocene Neanderthal occupation of Western Mani: The evidence from the Middle Palaeolithic assemblages of Mavri Spilia. *Quaternary International* 497:4–13. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.12.049>
- Ghosh R, Gupta S, Bera S, et al (2008) Ovi-caprid dung as an indicator of paleovegetation and paleoclimate in northwestern China. *Quaternary Research* 70:149–157
- Gibaja JF, Ibáñez JJ, Nielsen E, et al (2017) The Neolithic reaping knives from Egozvil 3: A Mediterranean technical tradition in the late 5th millennium Swiss Neolithic. *Quaternary International* 427:211–224. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.12.075>
- Gilligan I (2010) The Prehistoric Development of Clothing: Archaeological Implications of a Thermal Model. *J Archaeol Method Theory* 17:15–80. <https://doi.org/10.1007/s10816-009-9076-x>
- Goeury C, de Beaulieu JL (1979) À propos de la concentration du pollen à l'aide de la liqueur de Thoulet dans les sédiments minéraux. *Pollen et Spores* XXI:239–251
- Golberg P, Macphail RI (2006) *Practical and Theoretical Geoarchaeology*. Blackwell publishing, Victoria
- Goldberg P, Dibble H, Berna F, et al (2012) New evidence on Neandertal use of fire: Examples from Roc de Marsal and Pech de l'Azé IV. *Quaternary International* 247:325–340. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2010.11.015>
- Goldberg P, Miller CE, Mentzer SM (2017) Recognizing Fire in the Paleolithic Archaeological Record. *Current Anthropology* 58:S175–S190. <https://doi.org/10.1086/692729>
- Goldberg P, Miller CE, Schiegl S, et al (2009) Bedding, hearths, and site maintenance in the Middle Stone Age of Sibudu Cave, KwaZulu-Natal, South Africa. *Archaeological and Anthropological Sciences* 1:95–122. <https://doi.org/10.1007/s12520-009-0008-1>
- Goldberg P, Sherwood SC (2006) Deciphering human prehistory through the geoarchaeological study of cave sediments. *Evol Anthropol* 15:20–36. <https://doi.org/10.1002/evan.20094>

BIBLIOGRAFÍA

- Goldberg P, Weiner S, Bar-Yosef O, et al (2001) Site formation processes at Zhoukoudian, China. *Journal of Human Evolution* 41:483–530. <https://doi.org/10.1006/jhev.2001.0498>
- Goldberg P, Whitebread I (1993) Micromorphological Study of a Bedouin Tent floor. In: Goldberg P, Nash DT, Petraglia M (eds) *Formation Processes in Context*. Prehistory Press, pp 165–188
- Gómez-Sánchez D, Olalde I, Pierini F, et al (2014) Mitochondrial DNA from El Mirador Cave (Atapuerca, Spain) Reveals the Heterogeneity of Chalcolithic Populations. *PLoS ONE* 9:e105105. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105105>
- González Marcén P, Montón Subias S, Picazo Gurina M (eds) (2005) *Dones i activitats de manteniment en temps de canvi*
- González Rubial A (2003) *La experiencia del otro: una introducción a la etnoarqueología*. Akal, Madrid
- Goren Y (1999) On determining use of pastoral cave sites: a critical assessment of spherulites in archaeology. *Journal of The Israel Prehistoric Society* 29:
- Goren-Inbar N (2000) Pleistocene Milestones on the Out-of-Africa Corridor at Gesher Benot Ya'aqov, Israel. *Science* 289:944–947. <https://doi.org/10.1126/science.289.5481.944>
- Goren-Inbar N, Alperson-Afin N, Kislev M, et al (2004) Evidence of Hominin Control of Fire at Gesher Benot Ya'aqov, Israel. *Science* 304:725–727
- Goren-Inbar N, Sharon G, Melamed Y, Kislev M (2002a) Nuts, nut cracking, and pitted stones at Gesher Benot Ya'aqov, Israel. *PNAS* 99:2455–2460
- Goren-Inbar N, Werker E, Feibel C (2002b) *The Acheulian site of Gesher Benot Ya'aqov, Israel. The Wood Assemblage*. Oxbow Books, Oxford
- Goudsblom J (1994) *Fire and civilization*. Penguin, London
- Gowlett JAJ (2006) The early settlement of northern Europe: Fire history in the context of climate change and the social brain. *Comptes Rendus Palevol* 5:299–310. <https://doi.org/10.1016/j.crvp.2005.10.008>
- Gowlett JAJ (2016) The discovery of fire by humans: a long and convoluted process. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 371:20150164. <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0164>
- Gowlett JAJ, Hallos J, Hounsell S, et al (2005) Beeches Pit: Archaeology, assemblage dynamics and early fire history of a Middle Pleistocene site in East Anglia, UK. *Eurasian Prehistory* 3:3–38
- Gowlett JAJ, Wrangham RW (2013) Earliest fire in Africa: towards the convergence of archaeological evidence and the cooking hypothesis. *Azania: Archaeological Research in Africa* 48:5–30. <https://doi.org/10.1080/0067270X.2012.756754>
- Grave P, Kealhofer L (1999) Assessing Bioturbation in Archaeological Sediments using Soil Morphology and Phytolith Analysis. *Journal of Archaeological Science* 26:1239–1248
- Gregg ML, Grybush RJ (1976) Thermally Altered Siliceous Stone from Prehistoric Contexts: Intentional versus Unintentional Alteration. *American Antiquity* 41:189–192. <https://doi.org/10.2307/279170>
- Grünberg JM (2002) Middle Palaeolithic birch-bark pitch. *Antiquity* 76:15–16. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00089638>
- Gur-Arieh S, Boaretto E, Maeir A, Shahack-Gross R (2012) Formation processes in Philistine hearths from Tell es-Safi/Gath (Israel): An experimental approach. *J F Archaeol* 37:121–131. doi: doi:10.1179/0093469012Z.00000000011
- Gur-Arieh S, Mintz E, Boaretto E, Shahack-Gross R (2013) An ethnoarchaeological study of cooking installations in rural Uzbekistan: Development of a new method for identification of fuel sources. *Journal of Archaeological Science*. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.06.001>
- Gur-Arieh S, Shahack-Gross R, Maeir AM, et al (2014) The taphonomy and preservation of wood and dung ashes found in archaeological cooking installations: case studies from Iron Age Israel. *Journal of Archaeological Science* 46:50–67. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.03.011>

# H

- Haas JN, Karg S, Rasmussen P (1996) Beech Leaves and Twigs used as Winter Fodder: Examples from Historic and Prehistoric Times. *Environ Archaeol* 1:81–86. doi: 10.1179/146141096790605803
- Halstead P (1996) Pastoralism or Household Herding? Problems of Scale and Specialisation in Early Greek Animal Husbandry. *World Archaeology* 28:20–42
- Halstead P (2012) Las transformaciones económicas del Neolítico en Europa. In: Rojo Guerra M, Garrido-Pena R, García-Martínez de Lagrán Í (eds) *El neolítico en la península ibérica y su contexto europeo*, 1a. edición. Cátedra, Madrid, pp 27–40
- Hammer Ø, Harper DA, Ryan PD (2001) PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia electronica* 4:9
- Hardy BL, Moncel M-H, Kerfant C, et al (2020) Direct evidence of Neanderthal fibre technology and its cognitive and behavioral implications. *Scientific Reports* 10:4889. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61839-w>
- Hardy K, Radini A, Buckley S, et al (2017) Diet and environment 1.2 million years ago revealed through analysis of dental calculus from Europe's oldest hominin at Sima del Elefante, Spain. *The Science of Nature* 104:2. <https://doi.org/10.1007/s00114-016-1420-x>
- Harmand S, Lewis JE, Feibel CS, et al (2015) 3.3-million-year-old stone tools from Lomekwi 3, West Turkana, Kenya. *Nature* 521:310
- Hart TC (2011) Evaluating the usefulness of phytoliths and starch grains found on survey artifacts. *Journal of Archaeological Science* 38:3244–3253. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2011.06.034>
- Hart TC (2016) Issues and directions in phytolith analysis. *Journal of Archaeological Science* 68:24–31. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2016.03.001>
- Harvati K, Darlas A, Bailey SE, et al (2013) New Neanderthal remains from Mani peninsula, Southern Greece: The Kalamakia Middle Paleolithic cave site. *Journal of Human Evolution* 64:486–499. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2013.02.002>
- Harvati K, Panagopoulou E, Karkanas P (2003) First Neanderthal remains from Greece: the evidence from Lakonis. *Journal of Human Evolution* 45:465–473. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2003.09.005>
- Harvey EL, Fuller DQ (2005) Investigating crop processing using phytolith analysis: The example of rice and millets. *Journal of Archaeological Science* 32:739–752. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2004.12.010>
- Haslam M, Hernandez-Aguilar A, Ling V, et al (2009) Primate archaeology. *Nature* 460:339–344
- Haslam M, Hernandez-Aguilar RA, Proffitt T, et al (2017) Primate archaeology evolves. *Nature Ecology & Evolution* 1:1431–1437. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0286-4>
- Hawksworth DL (1991) The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance, and conservation. *Mycological Research* 95:641–655
- Heizer RF (1963) Domestic Fuel in Primitive Society. *The Journal of the Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland* 93:186. <https://doi.org/10.2307/2844241>
- Hejcman M, Hejcmanová P, Stejskalová M, Pavlů V (2014) Nutritive value of winter-collected annual twigs of main European woody species, mistletoe and ivy and its possible consequences for winter foddering of livestock in prehistory. *Holocene* 24:659–667. doi: 10.1177/0959683614526904
- Helmer D (2000) Discrimination des genres *Ovis* et *Capra* à l'aide des prémolaires inférieures 3 et 4 et interprétation des âges d'abattage: l'exemple de Dikili Tash. *Discrimination des genres *Ovis* et *Capra* à l'aide des prémolaires inférieures 3 et 4 et interprétation des âges d'abattage: l'exemple de Dikili Tash* 31:29–38
- Helmer D, Gourichon L, Sidi Maamar H, Vigne J-D (2005) L'élevage des caprinés néolithiques dans le sud-est de la France: saisonnalité des abattages, relations entre grottes-bergeries et sites de plein air. *Anthropozoologica* 40:167–189
- Henrich J, Ensminger J, McElreath R, et al (2010) Markets, Religion, Community Size, and the Evolution of Fairness and Punishment. *Science* 327:1480–1484. <https://doi.org/10.1126/science.1182238>

BIBLIOGRAFÍA

- Henry A, Théry-Parisot I (2014) From Evenk campfires to prehistoric hearths: Charcoal analysis as a tool for identifying the use of rotten wood as fuel. *Journal of Archaeological Science* 52:321–336. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.09.005>
- Henry AG (2017) Neanderthal Cooking and the Costs of Fire. *Current Anthropology* 58:S329–S336. <https://doi.org/10.1086/692095>
- Henry AG, Brooks AS, Piperno DR (2011) Microfossils in calculus demonstrate consumption of plants and cooked foods in Neanderthal diets (Shanidar III, Iraq; Spy I and II, Belgium). *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108:486–491. <https://doi.org/10.1073/pnas.1016868108>
- Henry AG, Büdel T, Bazin P-L (2018) Towards an understanding of the costs of fire. *Quaternary International* 493:96–105. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.06.037>
- Henry D (2012) The palimpsest problem, hearth pattern analysis, and Middle Paleolithic site structure. *Quaternary International* 247:246–266
- Henry DO, Albert RM (2004) Herding and agricultural activities at the early neolithic site of Ayn Abu Nukhayla (Wadi Rum, Jordan). The results of phytolith and spherulite analyses. *Paléorient* 30:81–92. <https://doi.org/10.3406/paleo.2004.1012>
- Hérisson D, Locht J-L, Auguste P, Tuffreau A (2013) Néandertal et le feu au Paléolithique moyen ancien. Tour d'horizon des traces de son utilisation dans le Nord de la France. *L'Anthropologie* 117:541–578. <https://doi.org/10.1016/j.anthro.2013.10.002>
- Hernáudo A (2005) ¿Por qué la Historia no ha valorado las actividades de mantenimiento? In: González Marcén P, Montón Subías S, Picazo Gurina M (eds) *Treballs d'Arqueologia. Dones i activitats de manteniment en temps de canvi*. pp 115–133
- Hernando Gonzalo A (1995) La etnoarqueología, hoy: Una vía eficaz de aproximación al pasado. *Trabajos de Prehistoria* 52:15–30. <https://doi.org/10.3989/tp.1995.v52.i2.415>
- Hill KR, Walker RS, Bozicevic M, et al (2011) Co-Residence Patterns in Hunter-Gatherer Societies Show Unique Human Social Structure. *Science* 331:1286–1289. <https://doi.org/10.1126/science.1199071>
- Hlubik S, Berna F, Feibel C, et al (2017) Researching the Nature of Fire at 1.5 Mya on the Site of FxJj20 AB, Koobi Fora, Kenya, Using High-Resolution Spatial Analysis and FTIR Spectrometry. *Current Anthropology* 58:S243–S257. <https://doi.org/10.1086/692530>
- Hlubik S, Cutts R, Braun DR, et al (2019) Hominin fire use in the Okote member at Koobi Fora, Kenya: New evidence for the old debate. *Journal of Human Evolution* 133:214–229. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2019.01.010>
- Hodson MJ (2018) Phytoliths in Archaeology: Chemical Aspects. In: *Encyclopedia of Global Archaeology*. Springer International Publishing, Cham, pp 1–8
- Hodson MJ, Parker AG, Leng MJ, Sloane HJ (2008) Silicon, oxygen and carbon isotope composition of wheat (*Triticum aestivum* L.) phytoliths: implications for palaeoecology and archaeology. *Journal of Quaternary Science* 23:331–339. <https://doi.org/10.1002/jqs.1176>
- Holloway RG (1989) Experimental mechanical pollen degradation and its application to Quaternary age deposits. *Texas Journal of Science* 41:131–145
- Holt B, Negrino F, Riel-Salvatore J, et al (2019) The Middle-Upper Paleolithic transition in Northwest Italy: new evidence from Riparo Bombrini (Balzi Rossi, Liguria, Italy). *Quaternary International* 508:142–152. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.11.032>
- Homsey L, Sherwood S (2010) Interpretation of Prepared Clay Surfaces at Dust Cave, Alabama. *Ethnoarchaeology* 2:73–98. <https://doi.org/10.1179/eth.2010.2.1.73>
- Honea K (1981) New Romanian Radiocarbon Dates: Middle Palaeolithic, Mesolithic, Neolithic. *American Journal of Archaeology* 85:483. <https://doi.org/10.2307/504873>
- Honea K (1984) Chronometry of the Romanian Middle and Upper Palaeolithic: implications of current radiocarbon dating results. *Dacia Revue d'Archéologie et d'Histoire Ancienne Bucaresti* 28:23–39
- Hunt CO, Gilbertson DD, Rushworth G (2007) Modern humans in Sarawak, Malaysian Borneo, during Oxygen Isotope Stage 3: palaeoenvironmental evidence from the Great Cave of Niah. *Journal of Archaeological Science* 34:1953–1969. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2007.02.023>



BIBLIOGRAFÍA

I

- Iaconis MA, Boschian G (2007) Geoarchaeology of the deposits of Grotta dei Piccioni and Grotta Sant'Angelo (Abruzzo, Central Italy). In: Proceedings of the 2nd International Conference on Soils and Archaeology. Atti Società Toscana Scienze Naturali. Memorie, pp 181–188
- Ingersoll D, Yellen JE, Macdonal L (1977) Experimental Archaeology. Columbia Universty Press, New York
- Ishida S, Parker AG, Kennet D, Hodson MJ (2003) Phytolith analysis from the archaeological site of Kush, Ras al-Khaimah, United Arab Emirates. Quat res 59:310–321. [https://doi.org/10.1016/S0033-5894\(03\)00043-7](https://doi.org/10.1016/S0033-5894(03)00043-7)

J

- James SR, Dennell RW, Gilbert AS, et al (1989) Hominid Use of Fire in the Lower and Middle Pleistocene: A Review of the Evidence [and Comments and Replies]. Current Anthropology 30:1–26
- Jarzen DM, Elsik WC (1986) Fungal palynomorphs recovered from recent river deposits, Luangwa valley, Zambia. Palynology 10:35–60
- Jaubert J, Verheyden S, Genty D, et al (2016) Early Neanderthal constructions deep in Bruniquel Cave in southwestern France. Nature 534:111
- Jenkins E (2009) Phytolith taphonomy: a comparison of dry ashing and acid extraction on the breakdown of conjoined phytoliths formed in Triticum durum. Journal of Archaeological Science 36:2402–2407. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2009.06.028>
- Jenkins EL, Allcock SL, Elliott S, et al (2017) Ethno-geochemical and Phytolith Studies of Activity Related Patterns: A Case Study from Al Ma'tan, Jordan. Environmental Archaeology 22:412–433. <https://doi.org/10.1080/14614103.2017.1362787>
- Jensen LB (1943) ACTION OF HARDWOOD SMOKE ON BACTERIA IN CURED MEATS. Journal of Food Science 8:377–387. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1943.tb16572.x>
- Johansen PG (2004) Landscape, monumental architecture, and ritual: a reconsideration of the South Indian ashmounds. Journal of Anthropological Archaeology 23:309–330. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2004.05.003>
- Jones LH, Beavers AH (1963) Some mineralogical and chemical properties of plant opal. Soil Science 96:375–379

K

- Kam M, El-Meccawi S, Degen AA (2012) Foraging behaviour and diet selection of free-ranging sheep and goats in the Negev Desert, Israel. The Journal of Agricultural Science 150:379–387. <https://doi.org/10.1017/S0021859611000955>
- Karg S (1996) Winter- and Spring-foddering of Sheep/Goat in the Bronze Age Site of Fiavè-Carera, Northern Italy. Environ Archaeol 1:87–94. doi: doi:10.1179/env.1996.1.1.87
- Karkanas P (2001) Site formation processes in Theopetra Cave: A record of climatic change during the Late Pleistocene and Early Holocene in Thessaly, Greece. Geoarchaeology 16:373–399. <https://doi.org/10.1002/gea.1009>
- Karkanas P (2006) Late Neolithic household activities in marginal areas: the micromorphological evidence from the Kouveleiki caves, Peloponnese, Greece. Journal of Archaeological Science 33:1628–1641. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2006.02.017>
- Karkanas P (2010) Geology, stratigraphy and site formation processes in the Upper Paleolithic and later sequence in Kissoura Cave 1. Eurasian Prehistory 7:15–36

BIBLIOGRAFÍA

- Karkanas P (2010) Preservation of anthropogenic materials under different geochemical processes: A mineralogical approach. *Quaternary International* 214:63–69
- Karkanas P, Bar-Yosef O, Goldberg P, Weiner S (2000) Diagenesis in Prehistoric Caves: the Use of Minerals that Form In Situ to Assess the Completeness of the Archaeological Record. *Journal of Archaeological Science* 27:915–929. <https://doi.org/10.1006/jasc.1999.0506>
- Karkanas P, Goldberg P (2010) Phosphatic Features. In: *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*. Elsevier, pp 521–541
- Karkanas P, Goldberg P (2018) Phosphatic Features. In: *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*. Elsevier, pp 323–346
- Karkanas P, Koumouzelis M, Kozlowaki J, et al (2004) The earliest evidence for clay hearths: Aurignacian features in Klisoura Cave 1, southern Greece. *Antiquity* 78:513–525
- Karkanas P, Kyparissi-Apostolika N, Bar-Yosef O, Weiner L (1999) Mineral Assemblages in Theopetra, Greece: A Framework for Understanding Diagenesis in a Prehistoric Cave. *Journal of Archaeological Science* 26:1171–1180
- Karkanas P, Rigaud J-P, Simek JF, et al (2002) Ash Bones and Guano: a Study of the Minerals and Phytoliths in the Sediments of Grotte XVI, Dordogne, France. *Journal of Archaeological Science* 29:721–732
- Karkanas P, Shahack-Gross R, Ayalon A, et al (2007) Evidence for habitual use of fire at the end of the Lower Paleolithic: Site-formation processes at Qesem Cave, Israel. *Journal of Human Evolution* 53:197–212. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2007.04.002>
- Karkanas P, White D, Lane CS, et al (2015) Tephra correlations and climatic events between the MIS6/5 transition and the beginning of MIS3 in Theopetra Cave, central Greece. *Quaternary Science Reviews* 118:170–181. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.05.027>
- Karlin C (1991) Analyse d'un processus technique: le débitage laminaire des Magdaléniens de Pincevent (Seine et Marne). *Treballs d'Arqueologia: Tecnologia y cadenas operativas líticas I*:125–162
- Katz O, Cabanes D, Weiner S, et al (2010) Rapid phytolith extraction for analysis of phytolith concentrations and assemblages during an excavation: an application at Tell es-Safi/Gath, Israel. *Journal of Archaeological Science* 37:1557–1563. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.01.016>
- Kealhofer L, Torrence R, Fullagar R (1999) Integrating Phytoliths within Use-Wear/Residue Studies of Stone Tools. *Journal of Archaeological Science* 26:
- Kelly EF, Blecker SW, Yonker CM, et al (1998) Stable isotope composition of soil organic matter and phytoliths as paleoenvironmental indicators. *Geoderma* 82:59–81. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(97\)00097-9](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(97)00097-9)
- Khun S, Pigati J, Karkanas P, et al (2011) Radiocarbon dating results for the Early Upper Paleolithic of Klisoura Cave 1. *Eurasian Prehistory* 7:37–46
- Kim SG, Kim KW, Park EW, Choi D (2002) Silicon-Induced Cell Wall Fortification of Rice Leaves: A Possible Cellular Mechanism of Enhanced Host Resistance to Blast. *Phytopathology* 92:1095–1103. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2002.92.10.1095>
- Klein C, Hurlbut CS (2006) *Manual de mineralogía*. Basado en la obra de J. D. Dana. Editorial Reverté, S. A., Barcelona
- Koller J, Baumer U, Mania D (2001) High-tech in the middle Palaeolithic: Neandertal-manufactured pitch identified. *European Journal of Archaeology* 4:385–397. <https://doi.org/doi:10.1179/eja.2001.4.3.385>
- Koumouzelis M, Kozlowski JK, Escutenaire C, et al (2001) La fin du Paléolithique moyen et le début du Paléolithique supérieur en Grèce : la séquence de la Grotte 1 de Klisoura. *L'Anthropologie* 105:469–504. [https://doi.org/10.1016/S0003-5521\(01\)80049-2](https://doi.org/10.1016/S0003-5521(01)80049-2)
- Kozowyk PRB, Soressi M, Pomstra D, Langejans GHJ (2017) Experimental methods for the Palaeolithic dry distillation of birch bark: implications for the origin and development of Neandertal adhesive technology. *Sci Rep* 7:8033. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08106-7>
- Kramer C (1982) *Village ethnoarchaeology: rural Iran in archaeological perspective*. Academic Press, New York
- Kretzoi N, Dobosi VT (1990) *Vértesszölls: Man, Site and Culture*. Akadémiaia Kiadó, Budapest

BIBLIOGRAFÍA

Kreutzer S, Texier P, Moineau V, Mercier N (2015) re-investigated: new luminescence dating results for the mousterian sequence la combette (bonnieux, vaucluse, france). In: LAIS15: Symposium International de Luminescence en Archéologie: Paris (France)

Krier V, Girard C (1982) Un gisement moustérien dans le Nord de la Bourgogne à Champlost (Yonne): premiers résultats. *Quaternaire* 129–134

L

Laloy J, Massard P (1984) Nouvelle méthode thermique d'étude des foyers préhistoriques. *ArchéoSciences, revue d'Archéométrie* 8:33–40

Lancelotti C, Balbo AL, Madella M, et al (2014) The missing crop: investigating the use of grasses at Els Trocs, a Neolithic cave site in the Pyrenees (1564 m asl). *Journal of Archaeological Science* 42:456–466. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2013.11.021>

Lancelotti C, Madella M (2012) The 'invisible' product: developing markers for identifying dung in archaeological contexts. *Journal of Archaeological Science* 19:953–963

Lancelotti C, Ruiz-Pérez J, García-Granero JJ (2017) Investigating fuel and fireplaces with a combination of phytoliths and multi-element analysis; an ethnographic experiment. *Vegetation History and Archaeobotany* 26:75–83. <https://doi.org/10.1007/s00334-016-0574-y>

Larkin N (2011) Pyrite Decay: cause and effect, prevention and cure. *NatSCA News* 21:35–43

Lebel S, Trinkaus E (2002) Middle Pleistocene human remains from the Bau de l'Aubesier. *Journal of Human Evolution* 43:659–685. <https://doi.org/10.1006/jhev.2002.0598>

Lebreton V, Messager E, Marquer L, Renault-Miskovsky J (2010) A neotaphonomic experiment in pollen oxidation and its implications for archaeopalynology. *Review of Palaeobotany and Palynology* 162:29–38. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2010.05.002>

Leduc T, Goemaere É, Jadin I, Cattelain P (2012) L'altération des briquets en « marcassite » du « Trou de Chaleux » (Fouilles d'Édouard Dupont): identification des phases minérales primaires et secondaires. *ArchéoSciences* 85–93. <https://doi.org/10.4000/archeosciences.3776>

Leierer L, Jambriña-Enríquez M, Herrera-Herrera AV, et al (2019) Insights into the timing, intensity and natural setting of Neanderthal occupation from the geoarchaeological study of combustion structures: A micromorphological and biomarker investigation of El Salt, unit Xb, Alcoy, Spain. *PLoS ONE* 14:e0214955. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214955>

Lentfer C, Boyd WE (1998) A Comparison of Three Methods for the Extraction of Phytoliths from Sediments. *Journal of Archaeological Science* 25:1159–1183

Lentfer CJ, Boyd WE (2000) Simultaneous Extraction of Phytoliths, Pollen and Spores from Sediments. *Journal of Archaeological Science* 27:363–372. <https://doi.org/10.1006/jasc.1998.0374>

Leroi-Gourhan A (1961) Les fouilles d'Arcy-sur-Cure (Yonne). *Gallia Préhistoire* 3–16

Leroi-Gourhan A (1964) *Le Geste et la Parole I: Technique et Langage*. Albin Michal, Paris

Leroi-Gourhan A (1984) *Arte y grafismo en la Europa prehistórica*. Istmo, Madrid

Lombard M (2007) The gripping nature of ochre: The association of ochre with Howiesons Poort adhesives and Later Stone Age mastics from South Africa. *Journal of Human Evolution* 53:406–419. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2007.05.004>

López-Bultó O, Piqué R, Antolín F, et al (2020) Digging sticks and agriculture development at the ancient Neolithic site of la Draga (Banyoles, Spain). *Journal of Archaeological Science: Reports* 30:102193. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102193>

Lopez-García JM, Blain H-A, Bennàsar M, et al (2014) Climate and landscape during Heinrich Event 3 in south-western Europe: the small-vertebrate association from Galls Carboners cave (Mont-ral, Tarragona, north-eastern Iberia). *Journal of Quaternary Science* 29:130–140. <https://doi.org/10.1002/jqs.2687>

Loublier Y (1978) Application de l'analyse pollinique à l'étude du paléoenvironnement du remplissage Würmien de la grotte de L'Arbreda (Espagne). PhD Thesis, Académie de Montpellier (U.S.T.L.)

BIBLIOGRAFÍA

- Lozano M, Bermúdez de Castro JM, Arsuaga JL, Carbonell E (2017) Diachronic analysis of cultural dental wear at the Atapuerca sites (Spain). *Quaternary International* 433:243–250. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.08.028>
- Lucas PW, Turner IM, Dominy NJ, Yamashita N (2000) Mechanical Defences to Herbivory. *Annals of Botany* 86:913–920
- Lumley H de (2017) *La domestication du feu aux temps paléolithiques*. Odile Jacob, Paris

## M

- Machado J, Pérez L (2015) Temporal frameworks to approach human behavior concealed in Middle Palaeolithic palimpsests: A high-resolution example from El Salt Stratigraphic Unit X (Alicante, Spain). *Quaternary International* 417:66–81. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.11.050>
- Machado J, Pérez L (2016) Temporal frameworks to approach human behavior concealed in Middle Palaeolithic palimpsests: A high-resolution example from El Salt Stratigraphic Unit X (Alicante, Spain). *Quaternary International* 417:66–81. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.11.050>
- Macphail RI, Courty M-A, Hather J, et al (1997) The soil micromorphological evidence of domestic occupation and stabling activities. In: Maggi R (ed) *Arene Candide: A Functional and Environmental Assessment of the Holocene Sequence (Excavations Bernabò Brea-Cardini 1940–50)*. Il Calamo, Roma, pp 53–88
- Macphail RI, Cruise GM, Allen MJ, et al (2004) Archaeological soil and pollen analysis of experimental floor deposits; with special reference to Butser Ancient Farm, Hampshire, UK. *Journal of Archaeological Science* 31:175–191. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2003.07.005>
- Madella M, Alexandre A, Ball T (2005) International Code for Phytolith Nomenclature 1.0. *Annals of Botany* 96:253–260
- Madella M, Jones K, Golberg P, et al (2002) The Exploitation of Plant Resources by Neanderthals in Amud Cave (Israel): The Evidence from Phytolith Studies. *Journal of Archaeological Science* 29:703–719
- Madella M, Jones MK, Echlin P, et al (2009) Plant water availability and analytical microscopy of phytoliths: Implications for ancient irrigation in arid zones. *Quaternary International* 193:32–40. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2007.06.012>
- Madella M, Lancelotti C (2012) Taphonomy and phytoliths: A user manual. *Quaternary International* 275:76–83
- Madella M, Powers-Jones AH, Jones MK (1998) A Simple Method of Extraction of Opal Phytoliths from Sediments Using a Non-Toxic Heavy Liquid. *Journal of Archaeological Science* 25:801–803
- Maggi R, Starnini E, BA V (eds) (1997) *Arene Candide: a functional and environmental assessment of the Holocene sequence excavated by L. Bernabò Brea (1940-50)*. Il calamo
- Maher LJ (2006) Environmental information from guano palynology of insectivorous bats of the central part of the United States of America. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 237:19–31. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2005.11.026>
- Mallol C, Cabanes D, Baena J (2010) Microstratigraphy and diagenesis at the upper Pleistocene site of Esquilleu Cave (Cantabria, Spain). *Quaternary International* 214:70–81. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2009.10.018>
- Mallol C, Henry A (2017) Ethnoarchaeology of Paleolithic Fire: Methodological Considerations. *Current Anthropology* 58:S217–S229. <https://doi.org/10.1086/691422>
- Mallol C, Hernández C, Mercier N, et al (2019) Fire and brief human occupations in Iberia during MIS 4: Evidence from Abric del Pastor (Alcoy, Spain). *Sci Rep* 9:18281. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54305-9>
- Mallol C, Hernández CM, Cabanes D, et al (2013a) The black layer of Middle Palaeolithic combustion structures. Interpretation and archaeostratigraphic implications. *Journal of Archaeological Science* 41:2515–2537
- Mallol C, Hernández CM, Cabanes D, et al (2013b) Human actions performed on simple combustion structures: An experimental approach to the study of Middle Palaeolithic fire. *Quaternary International* 1–13

BIBLIOGRAFÍA

- Mallol C, Marlowe FW, Wood BM, Porter CC (2007) Earth, wind, and fire: ethnoarchaeological signals of Hadza fires. *Journal of Archaeological Science* 34:2035–2052. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2007.02.002>
- Mandeville MD, Flenniken JJ (1974) A Comparison of the Flaking Qualities of Nehawka Chert: Before and After Thermal Pretreatment. *Plains Anthropologist* 19:146–148. <https://doi.org/10.1080/2052546.1974.11908697>
- Mania D, Mania U (2005) The natural and sociocultural environment of *Homo erectus* at Bilzingsleben, Germany. In: Gamble C, Porr M (eds) *The hominid individual in context: archaeological investigations of Lower and Middle Palaeolithic landscapes, locales and artefacts*. Routledge, London ; New York, pp 98–114
- Manning DT, Taylor JE (2014) Migration and fuel use in rural Mexico. *Ecological Economics* 102:126–136. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.03.012>
- March R, Muhieddine M, Canot E (2010) Simulation 3D des structures de combustion préhistoriques. In: Vernieux R, Delevoie C (eds) *Actes du Colloque Virtual Retrospect 2009*. Editions Ausonius, Bordeaux, pp 19–29
- March RJ, Lucquin A, Joly D, et al (2014) Processes of Formation and Alteration of Archaeological Fire Structures: Complexity Viewed in the Light of Experimental Approaches. *Journal of Archaeological Method and Theory* 21:1–45. <https://doi.org/10.1007/s10816-012-9134-7>
- March RJ, Whallon R, Morley MW (2017) Studying Neanderthal Fire Structures from Crvena Stijena. In: Whallon R (ed) *Crvena Stijena in Cultural and Ecological Context Multidisciplinary Archaeological Research in Montenegro*. National Museum of Montenegro Montenegrin Academy of Sciences and Arts, pp 340–449
- Margaris AV (2014) Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR): Applications in Archaeology. In: Smith C (ed) *Encyclopedia of Global Archaeology*. Springer New York, New York, NY, pp 2890–2893
- Marginedas F, Rodríguez-Hidalgo A, Soto M, et al (2020) Making skull cups: Butchering traces on cannibalised human skulls from five European archaeological sites. *Journal of Archaeological Science* 114:105076. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2020.105076>
- Maritan L, Mazzoli C, Freestone I (2007) MODELLING CHANGES IN MOLLUSC SHELL INTERNAL MICROSTRUCTURE DURING FIRING: IMPLICATIONS FOR TEMPERATURE ESTIMATION IN SHELL-BEARING POTTERY. *Archaeometry* 49:529–541. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2007.00318.x>
- Marquer L, Otto T, Nespoulet R, Chiotti L (2010) A new approach to study the fuel used in hearths by hunter-gatherers at the Upper Palaeolithic site of Abri Pataud (Dordogne, France). *Journal of Archaeological Science* 37:2735–2746. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2010.06.009>
- Martín P (2015) Caracterización zooarqueológica de las cuevas redil en la Prehistoria de la Meseta Norte: el caso de El Mirador (Sierra de Atapuerca, Burgos). *Universitat Rovira i Virgila*
- Martín P, García-González R, Nadal J, Vergès JM (2016a) Perinatal ovicaprine remains and evidence of shepherding activities in Early Holocene enclosure caves: El Mirador (Sierra De Atapuerca, Spain). *Quaternary International* 414:316–329. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.08.024>
- Martín P, Rosell J, Vergès JM (2009) La gestión de los recursos faunísticos durante el Neolítico en la Sierra de Atapuerca (Burgos): los niveles 19 y 20 de la Cueva del Mirador. *Trabajos de Prehistoria* 66:77–92
- Martín P, Saladié P, Nadal J, Vergès JM (2014) Butchered and consumed: Small carnivores from the Holocene levels of El Mirador Cave (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *Quaternary International* 353:153–169. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.08.011>
- Martín P, Vergès JM, Nadal J (2016b) The Status Problem of Iberian Holocene Equids: New Data from Cueva de El Mirador (Sierra de Atapuerca, Spain): New Data of Holocene Iberian Equids. *Int J Osteoarchaeol* 26:232–245. <https://doi.org/10.1002/oa.2413>
- Martínez-Moreno J, Mora R, de la Torre I (2007) La Cova Gran de Santa Linya i el poblament humà del vessant sud dels Pirineus al Pleistocè superior i a l'Holocè. *Tribuna d'Arqueologia* 69–91
- Martínez-Moreno J, Mora R, de la Torre I, Benito-Calvo A (2012) The role of flakes in the early Upper Palaeolithic 497D assemblage of Cova Gran de Santa Linya (Southeastern Pre-Pyrenees, Spain). *Flake not blades: the role of flake production at the onset of the Upper Palaeolithic in Europe* 85–104

BIBLIOGRAFÍA

- Martínez-Moreno J, Mora R, de la Torre I, Casanova J (2006) La Roca dels Bous en el context del Paleolític Mitjà final del Noreste de la Península Ibèrica. In: Manillo J-M, Baquedano E (eds) *Miscelánea en homenaje a Victoria Cabrera*. Zona Arqueológica. pp 252–263
- Martínez-Moreno J, Mora R, Ignacio de la Torre (2010) The Middle-to-Upper Palaeolithic transition in Cova Gran (Catalunya, Spain) and the extinction of Neanderthals in the Iberian Peninsula. *Journal of Human Evolution* 58:211–226. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2009.09.002>
- Martínez-Moreno J, Mora Torcal R, Benito-Calvo A, et al (2019) A bunch of refits: 497D blade knapping assemblage of the Early Upper Paleolithic in Cova Gran (Northeast Iberia). *Archaeol Anthropol Sci* 11:4585–4600. <https://doi.org/10.1007/s12520-018-0726-3>
- Martínez-Moreno J, Mora Torcal R, Roy Sunyer M, Benito-Calvo A (2016) From site formation processes to human behaviour: Towards a constructive approach to depict palimpsests in Roca dels Bous. *Quaternary International* 417:82–93. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.09.038>
- Martinón-Torres M (2002) Chaîne Opératoire. The concept and its applications within the study of technology. *Gallaecia: revista de arqueoloxía e antigüidades* 21:29–44
- Martín-Rodríguez P, Vergès JM (2016) Bone alterations in fumiers: Experimental approach. *Quaternary International* 414:294–303. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.12.056>
- Mas B, Burguet-Coca A, Allué E (2018) Does firewood quality matter? An experimental program to understand fuel selection patterns in Palaeolithic hearths. Vth International Congress of Experimental Archaeology, Tarragona: 25th – 27th October 2017
- Mathieson I, Lazaridis I, Rohland N, et al (2015) Genome-wide patterns of selection in 230 ancient Eurasians. *Nature* 528:499–503. <https://doi.org/10.1038/nature16152>
- Matthews W (2010) Geoarchaeology and taphonomy of plant remains and microarchaeological residues in early urban environments in the Ancient Near East. *Quaternary International* 214:98–113. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2009.10.019>
- Mauss M (1947) *Manuel d'Ethnographie*. Payot, Paris
- Mazza PPA, Martini F, Sala B, et al (2006) A new Palaeolithic discovery: tar-hafted stone tools in a European Mid-Pleistocene bone-bearing bed. *Journal of Archaeological Science* 33:1310–1318. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2006.01.006>
- McCauley B, Collard M, Sandgathe D (2020) A Cross-cultural Survey of On-site Fire Use by Recent Hunter-gatherers: Implications for Research on Palaeolithic Pyrotechnology. *Journal of Paleolithic Archaeology*. <https://doi.org/10.1007/s41982-020-00052-7>
- Mees F, Tursina TV (2010) Salt Minerals in Saline Soils and Salt Crusts. In: *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*. Elsevier, pp 441–469
- Meignen L (1990) Recherche de structure d'habitat dans l'abri des Canalettes (Causse du Larzac, Aveyron). *Bulletin de la Société préhistorique française* 294–298
- Meignen L, Bar-Yosef O, Goldberg P, Weiner S (2000) Le feu au paléolithique moyen : recherches sur les structures de combustion et le statut des foyers. l'exemple du Proche-Orient. *Paléorient* 26:9–22. <https://doi.org/10.3406/paleo.2000.4706>
- Melamed Y, Kislev ME, Geffen E, et al (2016) The plant component of an Acheulian diet at Gesher Benot Ya'aqov, Israel. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113:14674–14679. <https://doi.org/10.1073/pnas.1607872113>
- Mentzer SM (2014) Microarchaeological Approaches to the Identification and Interpretation of Combustion Features in Prehistoric Archaeological Sites. *Journal of Archaeological Method and Theory* 21:616–668. <https://doi.org/10.1007/s10816-012-9163-2>
- Mercader J, Bennett T, Esselmont C, et al (2013) Phytoliths from Middle Stone Age habitats in the Mozambican Rift (105–29 ka). *Journal of Human Evolution* 64:328–336
- Mercader J, Runge F, Vrydaghs L, et al (2000) Phytoliths from Archaeological Sites in the Tropical Forest of Ituri, Democratic Republic of Congo. *Quaternary Research* 54:102–112
- Mertens SB (1996) The Middle Paleolithic in Romania. *Current Anthropology* 37:515–521
- Mesado N, Fumanal MP, Bordas V (1997) Estudio paleoambiental de la Cova de les Bruixes (Rosell, Castelló). Resultados preliminares. *Cuaternario y geomorfología* 11:93–111

BIBLIOGRAFÍA

- Meunier JD, Barboni D, Anwar-ul-Haq M, et al (2017) Effect of phytoliths for mitigating water stress in durum wheat. *New Phytologist* 215:229–239. <https://doi.org/10.1111/nph.14554>
- Milek KB (2012) Floor formation processes and the interpretation of site activity areas: An ethnoarchaeological study of turf buildings at Thver??, northeast Iceland. *Journal of Anthropological Archaeology* 31:119–137. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2011.11.001>
- Miller CE, Conard NJ, Goldberg P, Berna F (2010) Dumping, sweeping and trampling: experimental micromorphological analysis of anthropogenically modified combustion features
- Miller N (1996) Seed Eaters of the Ancient Near East: Human or Herbivore? *Current Anthropology* 37:521–528
- Miller NF (1984) The use of dung as fuel: an ethnographic example and an archaeological application. *Paléorient* 71–79
- Miller NF (2013) Agropastoralism and archaeobiology: Connecting plants, animals and people in west and central Asia. *Environmental Archaeology* 18:247–256. <https://doi.org/doi:10.1179/1749631413Y.0000000003>
- Miola A (2012) Tools for non-pollen palynomorphs (NPPs) analysis: A list of Quaternary NPP types and reference literature in english language (1972-2011). *Review of Palaeobotany and Palynology* 186:142–161. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2012.06.010>
- Miracle PT, Forenbaher S (2005) Neolithic and Bronze-Age Herders of Pupičina Cave, Croatia. *Journal of Field Archaeology* 30:255–581. <https://doi.org/10.1179/009346905791072251>
- Mlekuž D (2009) The materiality of dung: the manipulation of dung in Neolithic Mediterranean caves. *Documenta Praehistorica* 36:219. <https://doi.org/10.4312/dp.36.14>
- Moncel M, Daujeard C, Cregut-Bonnoure É, et al (2010) Nouvelles données sur les occupations humaines du début du Pléistocène supérieur de la moyenne vallée du Rhône (France). Les sites de l’abri des pêcheurs, de la Baume Flandin, de l’Abri du Maras et de la grotte du Figuier (Ardèche). *Quaternaire* 385–411. <https://doi.org/10.4000/quaternaire.9212>
- Moncel M-H, Allué E, Bailon S, et al (2015) Evaluating the integrity of palaeoenvironmental and archaeological records in MIS 5 to 3 karst sequences from southeastern France. *Quaternary International* 378:22–39. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.12.009>
- Moncel M-H, Michel V (2000) Première datation radiométrique par U-Th d’un niveau moustérien de l’Abri du Maras (Ardèche, France). *Bulletin de la Société préhistorique française* 371–375
- Monnier GF (2018) A review of infrared spectroscopy in microarchaeology: Methods, applications, and recent trends. *Journal of Archaeological Science: Reports* 18:806–823. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2017.12.029>
- Monnier J-L, Ravon A-L, Hinguant S, et al (2016) Menez-Dregan 1 (Plouhinec, Finistère, France): un site d’habitat du Paléolithique inférieur en grotte marine. Stratigraphie, structures de combustion, industries riches en galets aménagés. *L’Anthropologie* 120:237–262. <https://doi.org/10.1016/j.anthro.2016.05.003>
- Montes Barquín R (2014) La secuencia estratigráfica de la Cueva de El Pendo (Escobedo de Camargo, Cantabria). In: Sala Ramos R, Carbonell E, Bermúdez De Castro JM, Arsuaga JL (eds) Los cazadores recolectores del Pleistoceno y del Holoceno en Iberia y el estrecho de Gibraltar. Burgos, pp 87–91
- Montón Subías S (2010) Maintenance Activities and Ethics of Care. In: Dommasnes LH, European Association of Archaeologists (eds) Situating gender in European archaeologies. *Archaeolingua*, Budapest, pp 22–29
- Moore PD, Webb JA, Collinson ME (1991) *Pollen Analysis*, 2a edn. Blackwell Scientific Publications, Oxford
- Mora R, Benito-Calvo, Alfonso Martínez-Moreno J, de la Torre I, et al (2014) A key sequence in the Western Mediterranean Prehistory: Cova Gran de Santa Linya (Pre-Pyrenees in Lleida). In: Sala Ramos R (ed) PLEISTOCENE AND HOLOCENE HUNTER-GATHERERS IN IBERIA AND THE GIBRALTAR STRAIT: THE CURRENT ARCHAEOLOGICAL RECORD. pp 162–166
- Mora R, Benito-Calvo A, Martínez-Moreno J, et al (2011) Chrono-stratigraphy of the Upper Pleistocene and Holocene archaeological sequence in Cova Gran (south-eastern Pre-Pyrenees, Iberian Peninsula). *Journal of Quaternary Science* 26:635–644. <https://doi.org/10.1002/jqs.1486>

BIBLIOGRAFÍA

- Mora R, Martínez-Moreno J, Roy Sunyer M, et al (2018) Contextual, technological and chronometric data from Cova Gran: Their contribution to discussion of the Middle-to-Upper Paleolithic transition in northeastern Iberia. *Quaternary International* 474:30–43. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.05.017>
- Mora R, Martínez-Moreno J, Terradas X (1991) Un proyecto de analisis: el sistema lógico analítico. *Treballs d'Arqueologia* 1:173–199
- Mora R, Roy Sunyer M, Martínez-Moreno J, et al (2020) Inside the Palimpsest: Identifying Short Occupations in the 497D Level of Cova Gran (Iberia). In: Cascalheira J, Picin A (eds) *Short-Term Occupations in Paleolithic Archaeology*. Springer International Publishing, Cham, pp 39–69
- Morales JI, Cebrià A, Mestres J, et al (2013) La Cova de la Guineu. 12.000 anys de presència humana a les capçaleres del Foix. III Monografies del Foix 172–183
- Morandi LF (2018) An Ethnoarchaeological Case Study of Dung Fungal Spore and Faecal Spherulite Taphonomy in a Pastoral Cave Deposit. *Environmental Archaeology* 1–10. <https://doi.org/10.1080/14614103.2018.1529944>
- Moreno A, Svensson A, Brooks SJ, et al (2014) A compilation of Western European terrestrial records 60–8 ka BP: towards an understanding of latitudinal climatic gradients. *Quaternary Science Reviews* 106:167–185. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.06.030>
- Morgado A, Baena Preysler J (2011) Experimentación, Arqueología Experimental y experiencia del pasado en la Arqueología actual. In: Morgado A, Baena Preysler J, García Gonzalez D (eds) *La investigación experimental aplicada a la arqueología*. pp 21–28
- Mourre V, Bruxelles L, Colonge D, et al (2004) Le site moustérien de la Grotte du Noisetier à Fréchet-Aure (Hautes-Pyrénées)
- Mourre V, Villa P, Henshilwood CS (2010) Early Use of Pressure Flaking on Lithic Artifacts at Blombos Cave, South Africa. *Science* 330:659–662. <https://doi.org/10.1126/science.1195550>
- Mulholland SC, Rapp JrG (1992) A morphological classification of grass silica-bodies. In: Rapp JrG, Mulholland SC (eds) *Phytolith systematics. Emerging issues*. Plenum Press, London/New York, pp 65–89
- Munro LE, Longstaffe FJ, White CD (2007) Burning and boiling of modern deer bone: Effects on crystallinity and oxygen isotope composition of bioapatite phosphate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 249:90–102. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2007.01.011>

# N

- Navarrete A, van Schaik CP, Isler K (2011) Energetics and the evolution of human brain size. *Nature* 480:91–93. <https://doi.org/10.1038/nature10629>
- Navarro C, Carrión JS, Navarro J, et al (2000) An experimental approach to the palynology of cave deposits. *Journal of Quaternary Science* 15:603–619. [https://doi.org/10.1002/1099-1417\(200009\)15:6<603::AID-JQS544>3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/1099-1417(200009)15:6<603::AID-JQS544>3.0.CO;2-F)
- Nawaz MA, Zakharenko AM, Zemchenko IV, et al (2019) Phytolith Formation in Plants: From Soil to Cell. *Plants* 8:249. <https://doi.org/10.3390/plants8080249>
- Neumann K, Fahmy AG, Müller-Scheeßel N, Schmidt M (2017) Taxonomic, ecological and palaeoecological significance of leaf phytoliths in West African grasses. *Quaternary International* 434:15–32. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.11.039>
- Neumann K, Strömberg CAE, Ball T, et al (2019) International Code for Phytolith Nomenclature (ICPN) 2.0. *Annals of Botany* 124:189–199. <https://doi.org/10.1093/aob/mcz064>
- Nicod P-Y, Picavet R, Argant J, et al (2008) La bergerie néolithique de la Grande Rivoire. In: Jospin J-P, Favrie T (eds) *Premiers bergers des Alpes: de la préhistoire à l'Antiquité*. Infolio, pp 74–79
- Niekus MJLTh, Kozowyk PRB, Langejans GHJ, et al (2019) Middle Paleolithic complex technology and a Neandertal tar-backed tool from the Dutch North Sea. *Proc Natl Acad Sci USA* 201907828. <https://doi.org/10.1073/pnas.1907828116>
- Ntinou M, Kyparissi-Apostolika N (2016) Local vegetation dynamics and human habitation from the last interglacial to the early Holocene at Theopetra cave, central Greece: the evidence from wood



BIBLIOGRAFÍA

charcoal analysis. *Vegetation History and Archaeobotany* 25:191–206.  
<https://doi.org/10.1007/s00334-015-0538-7>



- Oakley K (1956) Fire as Palaeolithic tool and weapon. *Proceedings of the Prehistoric Society* 21:36–48
- Olive M, Taborin Y (eds) (1989) *Nature et fonction des foyers préhistoriques: actes du Colloque international de Nemours, 12-13-14 mai 1987*. Association pour la promotion de la recherche archéologique en Ile-de-France, Nemours
- Ollendorf AL (1992) Toward a Classification scheme of sedge (Cyperaceae) phytoliths. In: Rapp GJr, Mulholland SC (eds) *Phytolith systematics. Emerging issues*. London/New York, pp 91–111
- Olszak-Humienik M, Jablonski M (2015) Thermal behavior of natural dolomite. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 119:2239–2248. <https://doi.org/10.1007/s10973-014-4301-6>
- Oms O, Bargalló A, Chalier M, et al (2008) Cova Colomera (Sant Esteve de la Sarga, Lleida): una cueva-redil en el Prepirineo de Lérida. Primeros resultados y perspectivas de futuro. In: *IV Congreso del Neolítico Peninsular*. pp 230–237
- Ortega Martínez AI, Martín Merino MÁ, Grupo Espeleológico Edelweiss (Burgos), et al (2012) Cuevas de Atapuerca: una visión de la mano del Grupo Espeleológico Edelweiss. *Diputación Provincial de Burgos: Grupo Espeleológico Edelweiss, Burgos*
- Osterrieth M, Madella M, Zurro D, Alvarez MF (2009) Taphonomical aspects of silica phytoliths in the loess sediments of the Argentinean Pampas. *Quaternary International* 193:70–79
- Out W a., Madella M (2016) Morphometric distinction between bilobate phytoliths from *Panicum miliaceum* and *Setaria italica* leaves. *Archaeological and Anthropological Sciences* 8:505–521. <https://doi.org/10.1007/s12520-015-0235-6>



- Palomo A, Piqué R, Terradas X, et al (2014) Prehistoric Occupation of Banyoles Lakeshore: Results of Recent Excavations at La Draga Site, Girona, Spain. *Journal of Wetland Archaeology* 14:58–73. <https://doi.org/10.1179/1473297114Z.00000000010>
- Panadès X, Bartolomé J, Strömberg C, et al (2016) The utility of livestock dung for reconstructing recent ethnological and environmental histories. *Environmental Archaeology*. <https://doi.org/10.1080/14614103.2016.1142630>
- Panagopoulou E, Karkanias P, Tsartsidou G, et al (2004) Late Pleistocene Archaeological and Fossil Human Evidence from Lakonis Cave, Southern Greece. *Journal of Field Archaeology* 29:323–349. <https://doi.org/10.1179/jfa.2004.29.3-4.323>
- Parfitt SA, Ashton NM, Lewis SG, et al (2010) Early Pleistocene human occupation at the edge of the boreal zone in northwest Europe. *Nature* 466:229–233. <https://doi.org/10.1038/nature09117>
- Parr JF (2006) Effect of fire on phytolith coloration. *Geoarchaeology* 21:171–185. <https://doi.org/10.1002/gea.20102>
- Parr JF, Lentfer C, Boyd WE (2001) A Comparative Analysis of Wet and Dry Ashing Techniques for the Extraction of Phytoliths from Plant Material. *J Archaeol Sci* 28:875–886
- Pastó I, Allué E, Vallverdú J (2000) Mousterian hearths at Abric Romaní, Catalonia (Spain). In: Stringer C, Barton RNE, Finlayson CB (eds) *Neanderthals on the edge*. Oxbow books, Oxford, pp 55–67
- Pausas JG, Keeley JE (2009) A Burning Story: The Role of Fire in the History of Life. *BioScience* 59:593–601. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.7.10>
- Pawlik AF, Thissen JP (2011) Hafted armatures and multi-component tool design at the Micoquian site of Inden-Altdorf, Germany. *Journal of Archaeological Science* 38:1699–1708. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2011.03.001>

BIBLIOGRAFÍA

- Pearsall DM, Chandler-Ezell K, Zeidler JA (2004) Maize in ancient Ecuador: results of residue analysis of stone tools from the Real Alto site. *Journal of Archaeological Science* 31:423–442
- Pearsall DM, Dinan EH (1992) Developing a phytolith classification system. In: Rapp GJr, Mulholland SC (eds) *Phytolith systematics. Emerging issues*. Plenum Press, London/New York, pp 37–64
- Pearsall DM, Piperno DR (1993) *Current research in phytolith analysis: applications in archaeology and paleoecology*. University Museum of Archaeology and Anthropology, Philadelphia
- Pelegrin J, Karlin C, Bodu P, Tixier J (1988) "Chaînes opératoires": un outil pour le préhistorien. In: *Technologie Préhistorique*. Paris, pp 55–62
- Peña-Chocarro L, Peña LZ, Gazólaz JG, et al (2005) The spread of agriculture in northern Iberia: New archaeobotanical data from El Mirón cave (Cantabria) and the open-air site of Los Cascajos (Navarra). *Vegetation History and Archaeobotany* 14:268–278. <https://doi.org/10.1007/s00334-005-0078-7>
- Peresani M, Chrzavzez J, Danti A, et al (2011) Fire-places, frequentations and the environmental setting of the final Mousterian at Grotta di Fumane: A report from the 2006-2008 research. *Quartar* 58:131–151
- Peresani M, Cremaschi M, Ferraro F, et al (2008) Age of the final Middle Palaeolithic and Uluzzian levels at Fumane Cave, Northern Italy, using <sup>14</sup>C, ESR, <sup>234</sup>U/<sup>230</sup>Th and thermoluminescence methods. *Journal of Archaeological Science* 35:2986–2996. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2008.06.013>
- Pérez L, Sanchis A, Hernández CM, et al (2017) Hearths and bones: An experimental study to explore temporality in archaeological contexts based on taphonomical changes in burnt bones. *Journal of Archaeological Science: Reports* 11:287–309. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.11.036>
- Perlès C (1977) *Préhistoire du feu*. Masson, Paris
- Perrin T, Sordoillet D, Voruz J-L (2002) L'habitat en grotte au Néolithique : vers une estimation de l'intensité des occupations. *L'Anthropologie* 106:423–433. [https://doi.org/10.1016/S0003-5521\(02\)01121-4](https://doi.org/10.1016/S0003-5521(02)01121-4)
- Pessina A, Tiné V (2008) *Archeologia del neolitico: l'Italia tra il sesto e il quarto millennio*. Carocci, Roma
- Pető Á, Gyulai F, Pópty D, Kenéz Á (2013) Macro- and micro-archaeobotanical study of a vessel content from a Late Neolithic structured deposition from southeastern Hungary. *Journal of Archaeological Science* 40:58–71. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.08.027>
- Pető Á, Kenéz Á, Prunner AC, Lisztes-Szabó Z (2015) Activity area analysis of a Roman period semi-subterranean building by means of integrated archaeobotanical and geoarchaeological data. *Vegetation History and Archaeobotany* 24:101–120. <https://doi.org/10.1007/s00334-014-0491-x>
- Picin A, Chacón MG, Gómez de Soler B, et al (2020) Neanderthal mobile toolkit in short-term occupations at Teixoneres Cave (Moia, Spain). *Journal of Archaeological Science: Reports* 29:102165. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.102165>
- Picornell-Gelabert L (2009a) Quemar la prosperidad: Leña y vida cotidiana en los pueblos fang de Guinea Ecuatorial. *Afro-Hispanic Review* 28:43–56
- Picornell-Gelabert L (2009b) Antracología y etnoarqueología. Perspectivas para el estudio de las relaciones entre las sociedades humanas y su entorno. *Complutum* 20:133–155
- Picornell-Gelabert L (2018) Etnoarqueología del combustible: una aproximación arqueológica a las interacciones sociales entre bosques, árboles y personas. *Complutum* 28:. <https://doi.org/10.5209/CMPL.58433>
- Picornell-Gelabert L, Allué E, Courty MA (2017) An archaeology of fuels: Social and environmental factors in behavioural strategies of multi-resource management. *Quaternary International* 431:2–5. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.02.025>
- Picornell-Gelabert L, Asouti E, Martí EA (2011) The ethnoarchaeology of firewood management in the Fang villages of Equatorial Guinea, central Africa: Implications for the interpretation of wood fuel remains from archaeological sites. *Journal of Anthropological Archaeology* 30:375–384. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2011.05.002>
- Pini R, Furlanetto G, Castellano L, et al (2018) Effects of stepped-combustion on fresh pollen grains: Morphoscopic, thermogravimetric, and chemical proxies for the interpretation of archeological charred assemblages. *Review of Palaeobotany and Palynology* 259:142–158. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2018.10.005>

BIBLIOGRAFÍA

- Piperno DR (1988) *Phytolith Analysis. An Archaeological and Geological Perspective*. Academic Press, San Diego
- Piperno DR (2003) Phytolith Evidence for Early Holocene Cucurbita Domestication in Southwest Ecuador. *Science* 299:1054–1057. <https://doi.org/10.1126/science.1080365>
- Piperno DR (2006) *Phytoliths: A comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists*. AltaMira Press, Lanham
- Piperno DR, Becker P (1996) Vegetational History of a Site in the Central Amazon Basin Derived from Phytolith and Charcoal Records from Natural Soils. *Quaternary Research* 45:202–209. <https://doi.org/10.1006/qres.1996.0020>
- Piperno DR, Jones JG (2003) Paleoecological and archaeological implications of a Late Pleistocene/Early Holocene record of vegetation and climate from the Pacific coastal plain of Panama. *Quaternary Research* 59:79–87. [https://doi.org/10.1016/S0033-5894\(02\)00021-2](https://doi.org/10.1016/S0033-5894(02)00021-2)
- Poduska KM, Regev L, Boaretto E, et al (2011) Decoupling Local Disorder and Optical Effects in Infrared Spectra: Differentiating Between Calcites with Different Origins. *Advanced Materials* 23:550–554. <https://doi.org/10.1002/adma.201003890>
- Polo-Díaz A (2010) Rediles prehistóricos y uso del espacio en abrigos bajo roca en la Cuenca Alta del Ebro: geoarqueología y procesos de formación durante el Holoceno. Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV-EHU).
- Polo-Díaz A, Alonso Eguíluz M, Ruiz M, et al (2016a) Management of residues and natural resources at San Cristóbal rock-shelter: Contribution to the characterisation of chalcolithic agropastoral groups in the Iberian Peninsula. *Quat Int* 414:202–225. doi: 10.1016/j.quaint.2016.02.013
- Polo-Díaz A, Benito-Calvo A, Martínez-Moreno J, Mora Torcal R (2016b) Formation processes and stratigraphic integrity of the Middle-to-Upper Palaeolithic sequence at Cova Gran de Santa Linya (Southeastern Prepyrenees of Lleida, Iberian Peninsula). *Quat Int* 417:16–38. doi: 10.1016/j.quaint.2015.10.113
- Polo-Díaz A, Martínez-Moreno J, Benito-Calvo A, Mora R (2014) Prehistoric herding facilities: site formation processes and archaeological dynamics in Cova Gran de Santa Linya (Southeastern Prepyrenees, Iberia). *J Archaeol Sci* 41:784–800. doi: 10.1016/j.jas.2013.09.013
- Polo-Díaz AP, Eraso JF (2010) Same anthropogenic activity, different taphonomic processes: A comparison of deposits from Los Husos I & II (Upper Ebro Basin, Spain). *Quaternary International* 214:82–97. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2009.10.022>
- Portillo M, Albert RM (2011) Husbandry practices and livestock dung at the Numidian site of Althiburos (el Médéina, Kef Governorate, northern Tunisia): the phytolith and spherulite evidence. *Journal of Archaeological Science* 38:3224–3233. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2011.06.027>
- Portillo M, Albert RM, Henry DO (2009) Domestic activities and spatial distribution in Ain Abū Nukhayla (Wadi Rum, Southern Jordan): The use of phytoliths and spherulites studies. *Quaternary International* 193:174–183. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2007.06.002>
- Portillo M, Albert RM, Kadowaki S, Nishiaki Y (2010) Domestic activities at Early Neolithic Tell Seker al-Aheimar (Upper Khabu, Northeastern Syria) through phytoliths and spherulites studies. *Des Hommes Et Des Plantes Exploitation Du Milieu Et Gestion Des Ressources Végétales De La Préhistoire À Nos Jours* 19–30
- Portillo M, Ball T, Manwaring J (2006) Morphometric Analysis of Inflorescence Phytoliths Produced by *Avena sativa* L. and *Avena strigosa* Schreb. *Economic Botany* 60:121–129
- Portillo M, Ball TB, Wallace M, et al (2019a) Advances in Morphometrics in Archaeobotany. *Environmental Archaeology* 1–11. <https://doi.org/10.1080/14614103.2019.1569351>
- Portillo M, Belarte MC, Ramon J, et al (2017) An ethnoarchaeological study of livestock dung fuels from cooking installations in northern Tunisia. *Quaternary International* 431:131–144. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.12.040>
- Portillo M, Bofill M, Molist M, Albert RM (2013) Phytolith and use-wear functional evidence for grinding stones from the Near East. In: Anderson N, Cheval C, Durand A (eds) *Regards Croisés sur les Outils liés au travail des végétaux. An interdisciplinary focus on plant-working tools*. Editions APDCA, Antibes

BIBLIOGRAFÍA

- Portillo M, García-Suárez A, Klimowicz A, et al (2019b) Animal penning and open area activity at Neolithic Çatalhöyük, Turkey. *Journal of Anthropological Archaeology* 56:101106. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2019.101106>
- Portillo M, Kadowaki S, Nishiaki Y, Albert RM (2014) Early Neolithic household behavior at Tell Seker al-Aheimar (Upper Khabur, Syria): a comparison to ethnoarchaeological study of phytoliths and dung spherulites. *Journal of Archaeological Science* 42:107–118. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2013.10.038>
- Portillo M, Valenzuela S, Albert RM (2012) Domestic patterns in the Numidian site of Althiburos (northern Tunisia): The results from a combined study of animal bones, dung and plant remains. *Quaternary International* 275:84–96. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.01.024>
- Power RC, Rosen AM, Nadel D (2014) The economic and ritual utilization of plants at the Raqefet Cave Natufian site: The evidence from phytoliths. *Journal of Anthropological Archaeology* 33:49–65. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaa.2013.11.002>
- Power RC, Salazar-García DC, Rubini M, et al (2018) Dental calculus indicates widespread plant use within the stable Neanderthal dietary niche. *Journal of Human Evolution* 119:27–41. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2018.02.009>
- Power RC, Salazar-García DC, Straus LG, et al (2015) Microremains from El Mirón Cave human dental calculus suggest a mixed plant–animal subsistence economy during the Magdalenian in Northern Iberia. *Journal of Archaeological Science* 60:39–46. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2015.04.003>
- Powers H, Gilbertson DD (1987) A simple preparation technique for the study of opal phytoliths from archaeological and quaternary sediments. *Journal of Archaeological Science* 14:529–535. [https://doi.org/10.1016/0305-4403\(87\)90036-7](https://doi.org/10.1016/0305-4403(87)90036-7)
- Prasad V (2005) Dinosaur Coprolites and the Early Evolution of Grasses and Grazers. *Science* 310:1177–1180. <https://doi.org/10.1126/science.1118806>
- Preece RC, Gowlett JAJ, Parfitt SA, et al (2006) Humans in the Hoxnian: habitat, context and fire use at Beeches Pit, West Stow, Suffolk, UK. *Journal of Quaternary Science* 21:485–496. <https://doi.org/10.1002/jqs.1043>
- Prentice AJ, Webb EA (2016) The effect of progressive dissolution on the oxygen and silicon isotope composition of opal-A phytoliths: Implications for palaeoenvironmental reconstruction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 453:42–51. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2016.03.031>
- Pruetz JD, Herzog NM (2017) Savanna Chimpanzees at Fongoli, Senegal, Navigate a Fire Landscape. *Current Anthropology* 58:S337–S350. <https://doi.org/10.1086/692112>
- Pruetz JD, LaDuke TC (2010) Brief communication: Reaction to fire by savanna chimpanzees (*pan troglodytes verus*) at fongoli, senegal: Conceptualization of “fire behavior” and the case for a chimpanzee model. *American Journal of Physical Anthropology* 141:646–650. <https://doi.org/10.1002/ajpa.21245>
- Pyne SJ (2001) *Fire: a brief history*. University of Washington Press, Seattle

# R

- Rae TC, Koppe T, Stringer CB (2011) The Neanderthal face is not cold adapted. *Journal of Human Evolution* 60:234–239. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2010.10.003>
- Rapp G, Mulholland SC (1992) *Phytolith Systematics. Emerging Issues*. Plenum Press, New York
- Rashid I, Mir SH, Zurro D, et al (2019) Phytoliths as proxies of the past. *Earth-Science Reviews* 194:234–250. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.05.005>
- Rasmussen P (1989) Leaf-foddering of Livestock in the Neolithic: Archaeobotanical Evidence from Weier, Switzerland. *J Danish Archaeol* 8:51–71. doi: 10.1080/0108464X.1989.10590019
- Rasmussen P (1993) Analysis of goat/sheep faeces from Egolzwil 3, Switzerland: evidence for branch and twig foddering of livestock in the Neolithic. *Journal of Archaeological Science* 20:479–502. <https://doi.org/10.1006/jasc.1993.1030>
- Reddy SN (1998) Fueling the hearths in India: the role of dung in paleoethnobotanical interpretation. *Paléorient* 61–70

BIBLIOGRAFÍA

- Regev L, Poduska KM, Addadi L, et al (2010) Distinguishing between calcites formed by different mechanisms using infrared spectrometry: archaeological applications. *Journal of Archaeological Science* 37:3022–3029
- Reille M (1992) *Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du nord*. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Marseille
- Reille M (1995) *Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du Nord (Supplément 1)*. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, CNRS, Marseille
- Reynolds PJ (1999) The nature of experiment in Archaeology. In: Harding AF (ed) *Experiment and Desing in Archaeology*. pp 156–162
- Rhodes SE, Walker MJ, López-Jiménez A, et al (2016) Fire in the Early Palaeolithic: Evidence from burnt small mammal bones at Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar, Murcia, Spain. *Journal of Archaeological Science: Reports* 9:427–436. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.08.006>
- Riel-Salvatore J, Ludeke IC, Negrino F, Holt BM (2013) A Spatial Analysis of the Late Mousterian Levels of Riparo Bombrini (Balzi Rossi, Italy). *Canadian Journal of Archaeology / Journal Canadien d'Archéologie* 37:70–92
- Rigaud J-P, Simek JF, Ge T (1995) Mousterian fires from Grotte XVI (Dordogne, France). *Antiquity* 69:902–912. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00082454>
- Rivas-Martínez S (1983). Pisos bioclimáticos de España. *Lazaroa* 5: 33–43.
- Roberts JA, Kenward PA, Fowle DA, et al (2013) Surface chemistry allows for abiotic precipitation of dolomite at low temperature. *Proc Natl Acad Sci USA* 110:14540–14545. <https://doi.org/10.1073/pnas.1305403110>
- Rodríguez A, Allué E, Buxó R (2016) Agriculture and livestock economy among prehistoric herders based on plant macro-remains from El Mirador (Atapuerca, Burgos). *Quaternary International* 414:272–284. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.01.045>
- Rodríguez-Cintas A, Albert RM, Bamford MK, et al (2020) Palaeovegetation changes recorded in Palaeolake Olduvai OGCP Core 2A (2.09–2.12 Ma) Naibor Soit Formation Olduvai Gorge, Tanzania. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 557:109928. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.109928>
- Rodríguez-Cintas Á, Cabanes D (2017) Phytolith and FTIR studies applied to combustion structures: The case of the Middle Paleolithic site of El Salt (Alcoy, Alicante). *Quaternary International* 431:16–26. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.09.043>
- Rodríguez-Navarro C, Jiménez-López C, Rodríguez-Navarro A, et al (2007) Bacterially mediated mineralization of vaterite. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 71:1197–1213. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2006.11.031>
- Roebroeks W (1988) From find scatters to early hominid behaviour: a study of middle Palaeolithic riverside settlements at Maastricht-Belvédère (the Netherlands). University of Leiden, Leiden
- Roebroeks W, Sier MJ, Nielsen TK, et al (2012) Use of red ochre by early Neandertals. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109:1889–1894. <https://doi.org/10.1073/pnas.1112261109>
- Roebroeks W, Villa P (2011) On the earliest evidence for habitual use of fire in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108:5209–5214. <https://doi.org/10.1073/pnas.1018116108>
- Rojo Guerra M, Garrido-Pena R, García-Martínez de Lagrán (eds) (2012) *El neolítico en la península ibérica y su contexto europeo*, 1a. edición. Cátedra, Madrid
- Rojo-Guerra M, Royo JI, Garrido R, et al (2012) Los caminos del neolítico: Un proyecto de investigación en el Valle del Ebro. *Rubricatum Rev del Mus Gavà* 5:43–50
- Rosell J, Blasco R, Fernández-Laso MC, et al (2012a) Connecting areas: Faunal refits as a diagnostic element to identify synchronicity in the Abric Romaní archaeological assemblages. *Quaternary International* 252:56–67. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.02.019>
- Rosell J, Blasco R, Rivals F, et al (2010) Las ocupaciones en la Cova de les Teixoneres (Moià, Barcelona) relaciones espaciales y grado de competencia entre hienas, osos y neandertales durante el Pleistoceno superior. *Zona arqueológica* 13:392–402

BIBLIOGRAFÍA

- Rosell J, Cáceres I, Blasco R, et al (2012b) A zooarchaeological contribution to establish occupational patterns at Level J of Abric Romaní (Barcelona, Spain). *Quaternary International* 247:69–84. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.01.020>
- Rosell J, Rodríguez J, Benito-Calvo A (2017) What's happening now in Atapuerca? Latest research at the Sierra de Atapuerca sites. *Quaternary International* 433:2–4. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.03.023>
- Rosen AM (1992) Preliminary Identification of Silica Skeletons from Near Eastern Archaeological Sites: An Anatomical Approach. In: Rapp G, Mulholland SC (eds) *Phytolith Systematics*. Springer US, Boston, MA, pp 129–147
- Rosen AM (2003) *Middle Paleolithic Plant Exploitation: The Microbotanical Evidence*. Continuum, London
- Rosen AM, Weiner S (1994) Identifying Ancient Irrigation: a New Method Using Opaline Phytoliths from Emmer Wheat. *Journal of Archaeological Science* 21:125–132. <https://doi.org/10.1006/jasc.1994.1013>
- Rossotti H (1993) *Fire*. Oxford University Press, Oxford ; New York
- Rots T (2001) Hafting and the interpretation of site function in the European Middle Palaeolithic. In: Conard NJ, International Union of Prehistoric and Protohistoric Sciences (eds) *Settlement dynamics of the Middle Paleolithic and Middle Stone Age*. Kerns Verlag, Tübingen, pp 383–410
- Rots T (2011) Tool use and hafting in the western European Middle Palaeolithic. In: Toussaint M, Ulrix-Closset M (eds) *Le paléolithique moyen en Belgique: mélanges Marguerite Ulrix-Closset*. Liège, pp 277–287
- Roussel B (2005) Contribution à l'étude d'une technique préhistorique: la production du feu par percussion de la pierre. Montpellier 3
- Roux V (2007) Ethnoarchaeology: A Non Historical Science of Reference Necessary for Interpreting the Past. *Journal of Archaeological Method and Theory* 14:153–178. <https://doi.org/10.1007/s10816-007-9030-8>
- Rowley-Conwy P (1991) Arene Candide: a small part of a larger pastoral system? *Rivista di studi liguri* 57:95–116
- Rowley-Conwy P (2000) Milking caprines, hunting pigs: the Neolithic economy of Arene Candide in its West Mediterranean context. In: Rowley-Conwy P (ed) *Animal bones, human societies*. Oxbow Books, Oxford, pp 124–132
- Roy Sunyer M, Mora Torcal R, Plasencia Figueroa FcoJ, et al (2017) Quartzite selection in fluvial deposits: The N12 level of Roca dels Bous (Middle Palaeolithic, southeastern Pyrenees). *Quaternary International* 435:49–60. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.09.010>
- Roy Sunyer M, Tarriño Vinagre A, Benito-Calvo A, et al (2013) Aprovechamiento de sílex en el Prepireneo oriental durante el Paleolítico superior antiguo: el nivel arqueológico 497C de Cova Gran (Santa Linya, Lleida). *Trabajos de Prehistoria* 70:7–27. <https://doi.org/10.3989/tp.2013.12100>
- Ryan P (2011) Plants as material culture in the Near Eastern Neolithic: Perspectives from the silica skeleton artifactual remains at Çatalhöyük. *Journal of Anthropological Archaeology* 30:292–305. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2011.06.002>

## S

- Samper Carro SC, Martínez-Moreno J, Mora R (2020) Wind of change: zooarchaeological approach to the Middle–Upper Palaeolithic transition in Cova Gran of Santa Linya (Lleida, south-eastern Pre-Pyrenees). *Journal of Paleolithic Archaeology*. <https://doi.org/10.1007/s41982-020-00066-1>
- Sanderson DCW, Hunter JR (1981) Composition and variability in vegetable ash. *Science and Archaeology* 23:27–30
- Sandgathe DM (2017) Identifying and Describing Pattern and Process in the Evolution of Hominin Use of Fire. *Current Anthropology* 58:S360–S370. <https://doi.org/10.1086/691459>
- Sandgathe DM, Berna F (2017) Fire and the Genus Homo: An Introduction to Supplement 16. *Current Anthropology* 58:S165–S174. <https://doi.org/10.1086/691424>

BIBLIOGRAFÍA

- Sandgathe DM, Dibble HL, Goldberg P, et al (2011a) On the Role of Fire in Neandertal Adaptations in Western Europe: Evidence from Pech de l'Azé IV and Roc de Marsal, France. *PaleoAnthropology* 216–242. <https://doi.org/10.4207/PA.2011.ART54>
- Sandgathe DM, Dibble HL, Goldberg P, et al (2011b) Timing of the appearance of habitual fire use. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108:E298; author reply E299. <https://doi.org/10.1073/pnas.1106759108>
- Sangster AG, Dale HM (1961) A preliminary study of differential pollen grain preservation. *Canadian Journal of Botany* 39:35–43
- Santos GM, Alexandre A, Coe HHG, et al (2010) The Phytolith 14 C Puzzle: A Tale of Background Determinations and Accuracy Tests. *Radiocarbon* 52:113–128. <https://doi.org/10.1017/S0033822200045070>
- Sanz CM, Call J, Boesch C (eds) (2013) *Tool use in animals: cognition and ecology*. Cambridge University Press, Cambridge New York, NY
- Sanz M, Daura J, Cabanes D, et al (2020) Early evidence of fire in south-western Europe: the Acheulean site of Gruta da Aroeira (Torres Novas, Portugal). *Scientific Reports* 10:. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68839-w>
- Saraydar SC, Shimada I (1973) Experimental Archaeology: A New Outlook. *American Antiquity* 38:344–350. <https://doi.org/10.2307/279722>
- Scalise Sugiyama M (2001) Food, foragers, and folklore: the role of narrative in human subsistence. *Evolution and Human Behavior* 22:221–240. [https://doi.org/10.1016/S1090-5138\(01\)00063-0](https://doi.org/10.1016/S1090-5138(01)00063-0)
- Scherjon F, Bakels C, MacDonald K, Roebroeks W (2015) Burning the Land: An Ethnographic Study of Off-Site Fire Use by Current and Historically Documented Foragers and Implications for the Interpretation of Past Fire Practices in the Landscape. *Current Anthropology* 56:299–326. <https://doi.org/10.1086/681561>
- Schiegl S, Goldberg P, Bar-Yosef O, Weiner S (1996) Ash deposits in Hayonim and Kebara Caves, Israel: Macroscopic, microscopic and mineralogical observations, and their archaeological implications. *Journal of Archaeological Science* 23:763–781. <https://doi.org/10.1006/jasc.1996.0071>
- Schiegl S, Stockhammer P, Scott C, Wadley L (2004) A mineralogical and phytolith study of the Middle Stone Age hearths in Sibudu Cave, KwaZulu-Natal, South Africa. *South Africa Journal Science* 100:185–194
- Schoch WH, Bigga G, Böhner U, et al (2015) New insights on the wooden weapons from the Paleolithic site of Schöningen. *Journal of Human Evolution* 89:214–225. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2015.08.004>
- Scott AC (2000) The Pre-Quaternary history of fire. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 164:281–329. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(00\)00192-9](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(00)00192-9)
- Scott L (1987) Pollen analysis of hyena coprolites and sediments from Equus Cave, Taung, Southern Kalahari (South Africa). *Quat Res* 28:144–156
- Scott L, Fernández-Jalvo Y, Carrión JS, Brink J (2003) Preservation and interpretation of pollen in hyaena coprolites: Taphonomic observations from Spain and southern Africa. *Palaeontologia Africana* 83–91
- Seguí (1999) La muntanya i els pastors: aspectes del pasturatge tradicional d'ovins i caprins a les muntanyes del Nord d'Alacant. *Recerques del Museu d'Alcoi* 8:45–52
- Sellet F (1993) *Chaine Operatoire: the concept and its applications*. *Lithic Technology* 18:106–112
- Servei Meteorològic de Catalunya, 2018. *Anuari de dades meteorològiques 2018*.
- Shahack-Gross R (2011) Herbivorous livestock dung: formation, taphonomy, methods for identification, and archaeological significance. *Journal of Archaeological Science* 38:205–218. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.09.019>
- Shahack-Gross R (2017) Animal Gathering Enclosures. In: Nicosia C, Stoops G (eds) *Archaeological Soil and Sediment Micromorphology*. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK, pp 265–280
- Shahack-Gross R (2018) Fire and Society in the Eastern Mediterranean: A Diachronic View with a Microarchaeological Focus. In: Yasur-Landau A, Cline EH, Rowan Y (eds) *The Social Archaeology of the Levant*, 1st edn. Cambridge University Press, pp 86–97

BIBLIOGRAFÍA

- Shahack-Gross R, Albert RM, Gilboa A, et al (2005) Geoarchaeology in an urban context: The uses of space in a Phoenician monumental building at Tel Dor (Israel). *Journal of Archaeological Science* 32:1417–1431
- Shahack-Gross R, Berna F, Karkanas P, et al (2014) Evidence for the repeated use of a central hearth at Middle Pleistocene (300 ky ago) Qesem Cave, Israel. *Journal of Archaeological Science* 44:12–21. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.11.015>
- Shahack-Gross R, Berna F, Karkanas P, Weiner L (2004a) Bat guano and preservation of archaeological remains in cave sites. *Journal of Archaeological Science* 31:1259–1272
- Shahack-Gross R, Boaretto E, Cabanes D, et al (2014) Subsistence economy in the Negev Highlands: the Iron Age and the Byzantine/Early Islamic period. *Levant* 46:98–117. doi: doi:10.1179/0075891413Z.00000000034
- Shahack-Gross R, Marshall F, Ryan K, Weiner S (2004b) Reconstruction of spatial organization in abandoned Maasai settlements: implications for site structure in the Pastoral Neolithic of East Africa. *Journal of Archaeological Science* 31:1395–1411. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2004.03.003>
- Shahack-Gross R, Marshall F, Weiner S (2003) Geo-Ethnoarchaeology of Pastoral Sites: The Identification of Livestock Enclosures in Abandoned Maasai Settlements. *J Archaeol Sci* 30:439–459. doi: 10.1006/jasc.2002.0853
- Shahack-Gross R, Shemesh A, Yakir D, Weiner S (1996) Oxygen isotopic composition of opaline phytoliths: Potential for terrestrial climatic reconstruction. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 60:3949–3953. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(96\)00237-2](https://doi.org/10.1016/0016-7037(96)00237-2)
- Sharp WD, Mertz-Kraus R, Vallverdu J, et al (2016) Archeological deposits at Abric Romaní extend to 110 ka: U-series dating of a newly cored, 30 meter-thick section. *Journal of Archaeological Science: Reports* 5:400–406. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2015.12.015>
- Shillito L (2011a) Taphonomic observations of archaeological wheat phytoliths from neolithic Çatalhöyük, Turkey, and the use of conjoined phytolith size as an indicator of water availability. *Archaeometry* 53:631–641. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2010.00582.x>
- Shillito L-M (2011b) Simultaneous thin section and phytolith observations of finely stratified deposits from Neolithic Çatalhöyük, Turkey: implications for paleoeconomy and Early Holocene paleoenvironment. *Journal of Quaternary Science* 26:576 – 588. <https://doi.org/10.1002/jqs.1470>
- Shimelmitz R, Kuhn SL, Jelinek AJ, et al (2014) 'Fire at will': The emergence of habitual fire use 350,000 years ago. *Journal of Human Evolution* 77:196–203. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2014.07.005>
- Shumaker RW, Walkup KR, Beck BB (2011) *Animal tool behavior: the use and manufacture of tools by animals*, Rev. and updated ed. Johns Hopkins University Press, Baltimore
- Sillar B (2000) Dung by preference: the choice of fuel as an example of how Andean pottery production is embedded within wider technical, social and economic practices. *Archaeometry* 42:43–60. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2000.tb00865.x>
- Smith A, Proctor L, Hart TC, Stein GJ (2018) The burning issue of dung in archaeobotanical samples: a case-study integrating macro- botanical, dung spherulites, and phytoliths to assess sample origin and fuel use at Tell Zeidan, Syria. *Vegetation History and Archaeobotany* Accepted 2:0. <https://doi.org/10.1007/s00334-018-0692-9>
- Smith BC (2011) *Fundamentals of Fourier transform infrared spectroscopy*, 2nd ed. CRC Press, Boca Raton, FL
- Solà i Mas J (2003) *La muntanya oblidada: economia tradicional, desenvolupament rural i patrimoni etnològic al Montsec*. Generalitat de Catalunya, Departament de Cultura, Barcelona
- Solé A, Allué E, Carbonell E (2013) HEARTH-RELATED WOOD REMAINS FROM ABRIC ROMANÍ LAYER M (CAPELLADES, SPAIN). *Journal of Anthropological Research* 69:535–559
- Solecki RS (1979) Contemporary Kurdish winter-time inhabitants of Shanidar cave, Iraq. *World Archaeology* 10:318–330. <https://doi.org/10.1080/00438243.1979.9979740>
- Soler B (2003) *Estudio de las estructuras de combustión prehistóricas: una propuesta experimental*. Diputación Provincial de Valencia
- Sorensen A, Roebroeks W, van Gijn A (2014) Fire production in the deep past? The expedient strike-a-light model. *Journal of Archaeological Science* 42:476–486. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.11.032>



BIBLIOGRAFÍA

- Sorensen AC (2017) On the relationship between climate and Neandertal fire use during the Last Glacial in south-west France. *Quaternary International* 436:114–128. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.10.003>
- Sorensen AC, Claud E, Soressi M (2018) Neandertal fire-making technology inferred from microwear analysis. *Scientific Reports* 8:1–16. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-28342-9>
- Sorensen AC, Scherjon F (2018) fiReproxies: A computational model providing insight into heat-affected archaeological lithic assemblages. *PLoS ONE* 13:1–25. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196777>
- Soressi M, d'Errico F (2007) Pigments, gravures, parures: les comportements symboliques controversés des Néandertaliens
- Soressi M, Maureille B (2000) A propos de la position chronostratigraphique de l'enfant du Pech-de-l'Azé I (commune de Carsac, Dordogne) : la résurrection du fantôme / On the chrono-stratigraphic position of the Pech-de-l'Azé I child (Carsac, Dordogne) : the ghost resurrection. *Paléo, Revue d'Archéologie Préhistorique* 339–352
- Soressi M, McPherron SP, Lenoir M, et al (2013) Neandertals made the first specialized bone tools in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110:14186–14190. <https://doi.org/10.1073/pnas.1302730110>
- Souvirón B (2018) Prometeo y el secreto del fuego. *Gredos*
- Spagnolo V, Marciani G, Aureli D, et al (2016) Between hearths and volcanic ash: The SU 13 palimpsest of the Oscurusciuto rock shelter (Ginosa – Southern Italy): Analytical and interpretative questions. *Quaternary International* 417:105–121. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.11.046>
- Spagnolo V, Marciani G, Aureli D, et al (2019) Neanderthal activity and resting areas from stratigraphic unit 13 at the Middle Palaeolithic site of Oscurusciuto (Ginosa - Taranto, Southern Italy). *Quaternary Science Reviews* 217:169–193. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.06.024>
- Spengler RN (2018) Dung burning in the archaeobotanical record of West Asia: where are we now? *Vegetation History and Archaeobotany* 0:1–13. <https://doi.org/10.1007/s00334-018-0669-8>
- Speth J (2004) News flash: Negative evidence convicts Neanderthals of gross mental incompetence. *World Archaeology* 36:519–526. <https://doi.org/10.1080/0043824042000303692>
- Speth J (2012) Middle Palaeolithic subsistence in the Near East: zooarchaeological perspectives – past, present and future. *Before Farming* 2012:1–45. <https://doi.org/10.3828/bfarm.2012.2.1>
- Sponheimer M, Lee-Thorp JA (1999) Alteration of Enamel Carbonate Environments during Fossilization. *Journal of Archaeological Science* 26:143–150. <https://doi.org/10.1006/jasc.1998.0293>
- Stahlschmidt MC, Ligouis B, Hambach U, et al (2015) On the evidence for human use and control of fire at Schöningen. *Journal of Human Evolution* 89:181–201. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2015.04.004>
- Starkovich BM (2012) Intensification of small game resources at Klissoura Cave 1 (Peloponnese, Greece) from the Middle Paleolithic to Mesolithic. *Quaternary International* 264:17–31. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.10.019>
- Stiner MC, Kuhn SL, Weiner S, Bar-Yosef O (1995) Differential Burning, Recrystallization, and Fragmentation of Archaeological Bone. *Journal of Archaeological Science* 22:223–237. <https://doi.org/10.1006/jasc.1995.0024>
- Stolarczyk RE, Schmidt P (2018) Is early silcrete heat treatment a new behavioural proxy in the Middle Stone Age? *PLoS ONE* 13:e0204705. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204705>
- Stringer CB, Finlayson JC, Barton RNE, et al (2008) Neanderthal exploitation of marine mammals in Gibraltar. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105:14319–14324. <https://doi.org/10.1073/pnas.0805474105>
- Strömberg CAE (2002) The origin and spread of grass-dominated ecosystems in the late Tertiary of North America: preliminary results concerning the evolution of hypsodonty. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 177:59–75. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(01\)00352-2](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(01)00352-2)

BIBLIOGRAFÍA

T

- Taylor C (2016) *The language animal*. Harvard University Press
- Taylor TN, Taylor EL, Krings M (2009) *Paleobotany. The Biology and Evolution of Fossil Plants*. Academia Press, Amsterdam, Boston
- Teixer P-J, Brugal J-P, Desclaux E, et al (2003) La Combette (Bonnieux, Vaucluse, France): a Mousterian sequence in the Luberon mountain chain, between the plains of the Durance and Calavon rivers. *Preistoria Alpina* 39:77–90
- Texier P-J, Théry-Parisot I (2006) La collecte du bois de feu dans le site moustérien de la Combette (Bonnieux, Vaucluse, France): implications paléo-économiques et paléo-écologiques. Approche morphométrique des charbons de bois). *Bulletin de la Société préhistorique française* 453–463
- Théry I, Gril J, Vernet JL, et al (1996) Coal used for Fuel at Two Prehistoric Sites in Southern France: Les Canalettes (Mousterian) and Les Usclades (Mesolithic). *Journal of Archaeological Science* 23:509–512. <https://doi.org/10.1006/jasc.1996.0048>
- Théry-Parisot I (2001) Économie des combustibles au paléolithique: expérimentation, taphonomie, anthracologie. CNRS éd, Paris
- Théry-Parisot I, Chabal L, Chrzavzez J (2010) Anthracology and taphonomy, from wood gathering to charcoal analysis. A review of the taphonomic processes modifying charcoal assemblages, in archaeological contexts. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 291:142–153. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2009.09.016>
- Théry-Parisot I, Meignen L (2000) Économie des combustibles (bois et lignite) dans l’abri moustérien des Canalettes [L’expérimentation à la simulation des besoins énergétiques]. *Gallia Préhistoire* 45–55
- Thiébaud S (2001) Anthracanalyse des établissements néolithiques de la région liguro-provençale. *Bull la Société préhistorique française* 399–409
- Thiébaud S (2005) L’apport du fourrage d’arbre dans l’élevage depuis le Néolithique. *Anthropozoologica* 40:95–108
- Thiébaud S (2005) L’apport du fourrage d’arbre dans l’élevage depuis le Néolithique. *Anthropozoologica* 40:95–108
- Thy P, Segobye AK, Ming DW (1995) Implications of prehistoric glassy biomass slag from east-central Botswana. *Journal of Archaeological Science* 22:629–637. [https://doi.org/10.1016/S0305-4403\(95\)80148-0](https://doi.org/10.1016/S0305-4403(95)80148-0)
- Toffolo MB (2020) The significance of aragonite in the interpretation of the microscopic archaeological record. *Geoarchaeology*. <https://doi.org/10.1002/gea.21816>
- Toffolo MB, Boaretto E (2014) Nucleation of aragonite upon carbonation of calcium oxide and calcium hydroxide at ambient temperatures and pressures: A new indicator of fire-related human activities. *Journal of Archaeological Science* 49:237–248. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.05.020>
- Tomasello M, Carpenter M (2007) Shared intentionality. *Developmental Science* 10:121–125. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2007.00573.x>
- Tomasello M, Carpenter M, Call J, et al (2005) Understanding and sharing intentions: The origins of cultural cognition. *Behavioral and Brain Sciences* 28:675–691. <https://doi.org/10.1017/S0140525X05000129>
- Tomescu AMF (2005) Selective pollen destruction in archeological sediments at Grădiștea Coslogeni (Călărași county, Romania). *Studii de Preistorie* 2:181–186
- Toups MA, Kitchen A, Light JE, Reed DL (2011) Origin of Clothing Lice Indicates Early Clothing Use by Anatomically Modern Humans in Africa. *Molecular Biology and Evolution* 28:29–32. <https://doi.org/10.1093/molbev/msq234>
- Tourloukis V, Harvati K (2018) The Palaeolithic record of Greece: A synthesis of the evidence and a research agenda for the future. *Quaternary International* 466:48–65. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.04.020>
- Traverse A, Landman NH, Jones DS (2007) The Natural History of Palynomorphs. In: *Paleopalynology*, 2nd edn. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp 55–76

BIBLIOGRAFÍA

- Tringham R (1978) Experimentation, Ethnoarchaeology, and leapfrogs in archaeological methodology. In: Gould RA (ed) *Explanation in Ethnoarchaeology*. Albuquerque, pp 169–200
- Tripathi S, Basumatary SK, Singh YR, et al (2019) Multiproxy studies on dung of endangered Sangai (*Rucervus eldii eldii*) and Hog deer (*Axis porcinus*) from Manipur, India: Implications for paleoherbivory and paleoecology. *Review of Palaeobotany and Palynology* #pagerange#. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2019.01.008>
- Trueman CN, Privat K, Field J (2008) Why do crystallinity values fail to predict the extent of diagenetic alteration of bone mineral? *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 266:160–167. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2008.03.038>
- Trueman CNG, Behrensmeier AK, Tuross N, Weiner S (2004) Mineralogical and compositional changes in bones exposed on soil surfaces in Amboseli National Park, Kenya: diagenetic mechanisms and the role of sediment pore fluids. *Journal of Archaeological Science* 31:721–739. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2003.11.003>
- Tsartsidou G, Karkanias P, Marshall G, Kyriakou-Apostolika N (2015) Palaeoenvironmental reconstruction and flora exploitation at the Palaeolithic cave of Theopetra, central Greece: the evidence from phytolith analysis. *Archaeological and Anthropological Sciences* 1–17. <https://doi.org/10.1007/s12520-014-0183-6>
- Tsartsidou G, Lev-Yadun S, Albert R-MR-M, et al (2007) The phytolith archaeological record: strengths and weaknesses evaluated based on a quantitative modern reference collection from Greece. *Journal of Archaeological Science* 34:1262–1275. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2006.10.017>
- Tsartsidou G, Lev-Yadun S, Efstratiou N, Weiner L (2008) Ethnoarchaeological study of phytolith assemblages from an agro-pastoral village in Northern Greece (Sarakini): development and application of a Phytolith Difference Index. *Journal of Archaeological Science* 35:600–613
- Tsartsidou G, Lev-Yadun S, Efstratiou N, Weiner S (2009) Use of space in a Neolithic village in Greece (Makri): phytolith analysis and comparison of phytolith assemblages from an ethnographic setting in the same area. *Journal of Archaeological Science* 36:2342–2352. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2009.06.017>
- Tubb H (1993) The Inflorescence Papillae of the Triticeae: a New Tool for Taxonomic and Archaeological Research. *Annals of Botany* 72:537–545. <https://doi.org/10.1006/anbo.1993.1142>
- Tuna AL, Kaya C, Higgs D, et al (2008) Silicon improves salinity tolerance in wheat plants. *Environmental and Experimental Botany* 62:10–16. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2007.06.006>
- Twiddle CL, Bunting MJ (2010) Experimental investigations into the preservation of pollen grains: A pilot study of four pollen types. *Review of Palaeobotany and Palynology* 162:621–630. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2010.08.003>
- Twiss PC (1992) Predicted World Distribution of C3 and C4 grass phytoliths. In: Rapp JrG, Mulholland SC (eds) *Phytolith systematics. Emerging issues*. Plenum Press, London/New York, pp 113–128
- Twiss PC, Suess E, Smith RM (1969) Morphological classification of grass phytoliths. *Soil Science Society of America Proceedings* 33:109–115
- Twomey T (2013) *The Cognitive Implications of Controlled Fire Use by Early Humans*. Cambridge Archaeological Journal 23:113–128. <https://doi.org/10.1017/S0959774313000085>
- Twomey T (2014) How domesticating fire facilitated the evolution of human cooperation. *Biology and Philosophy* 29:89–99. <https://doi.org/10.1007/s10539-013-9402-2>

## U

- Ujiié Y, Ando M (2003) Heating experiments on living-pollen grains of angiosperm, *Styrax japonica*. *Res Org Geochem* 18:23–27
- Ujiié Y, Arata Y, Sugawara M (2003) Heating experiment on *Pinus* pollen grains and its relation to petroleum genesis. *Geochem J* 37:367–376
- Uzquiano P, Yravedra J, Zapata BR, et al (2012) Human behaviour and adaptations to MIS 3 environmental trends (>53–30 ka BP) at Esquilieu cave (Cantabria, northern Spain). *Quaternary International* 252:82–89. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.07.023>

BIBLIOGRAFÍA

# V

- Vallverdú J, Allué E, Bischoff JL, et al (2005) Short human occupations in the Middle Palaeolithic level i of the Abric Romaní rock-shelter (Capellades, Barcelona, Spain). *Journal of Human Evolution* 48:157–174. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2004.10.004>
- Vallverdú J, Alonso N, Bargalló A, et al (2012) Combustion structures of archaeological level O and mousterian activity areas with use of fire at the Abric Romaní rockshelter (NE Iberian Peninsula). *Quaternary International* 247:313–324
- Vallverdú J, Vaquero M, Cáceres I, et al (2010) Sleeping Activity Area within the Site Structure of Archaic Human Groups. *Current Anthropology* 51:137–145. <https://doi.org/10.1086/649499>
- Valoch K (1995) The earliest occupation of Europe: Eastern Central and Southeastern Europe. In: Roebroeks W, Kolfschoten T (eds) *The earliest occupation of Europe*, University of Leiden. University of Leiden, Leiden, pp 67–84
- Val-Peón C, Expósito I, Soto M, Burjachs F (2019) A taphonomic approach to the pollen assemblage from layer M of the Abric Romaní archaeological site (NE Iberian Peninsula). *Review of Palaeobotany and Palynology* 270:19–39. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2019.07.004>
- van Geel B, Klink AG, Pals JP, Wieggers J (1986) An Upper Eemian lake depòsit from Twente, eastern Netherlands. *Review of Palaeobotany and Palynology* 47:31–61
- van Hove ML, Hendrikse M (1998) A study of non-pollen objects in pollen slides (the types as described by Dr van Geel and colleagues). Edició fotocopiada, Utrecht
- van Schaik CP, Burkart JM (2010) Mind the Gap: Cooperative Breeding and the Evolution of Our Unique Features. In: Kappeler PM, Silk J (eds) *Mind the Gap*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp 477–496
- van Vliet-Lanoë B, Cliquet D, Auguste P, et al (2006) L'abri sous-roche du Rozel (France, Manche) : un habitat de la phase récente du Paléolithique moyen dans son contexte géomorphologique. *Quaternaire* 207–258. <https://doi.org/10.4000/quaternaire.826>
- Vaquero M, Allué E, Bischoff JL, et al (2013) Environmental, depositional and cultural changes in the upper Pleistocene and Early Holocene: the Cinglera del Capelló. *Quaternaire* 49–64. <https://doi.org/10.4000/quaternaire.6481>
- Vaquero M, Chacón MG, García-Antón MD, et al (2012) Time and space in the formation of lithic assemblages: The example of Abric Romaní Level J. *Quaternary International* 247:162–181. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2010.12.015>
- Vaquero M, Pastó I (2001) The Definition of Spatial Units in Middle Palaeolithic Sites: The Hearth-Related Assemblages. *Journal of Archaeological Science* 28:1209–1220. <https://doi.org/10.1006/jasc.2001.0656>
- Vaquero M, Vallverdú J, Rosell J, et al (2001) Neandertal Behavior at the Middle Palaeolithic Site of Abric Romaní, Capellades, Spain. *Journal of Field Archaeology* 28:93–114. <https://doi.org/10.1179/jfa.2001.28.1-2.93>
- Vergès J-M (2011) La combustión del estiércol: aproximación experimental a la quema en montón de los residuos de redil. In: Morgado A, Baena J, García-González D (eds) *La investigación experimental aplicada a la Arqueología*. Editorial Universidad de Granada, Granada, pp 325–330
- Vergès JM, Allué E, Angelucci D, et al (2008) Los niveles Neolíticos de la Cueva de el Mirador (Sierra de Atapuerca, Burgos): Nuevos datos sobre la implantación y el desarrollo de la economía agropecuaria en la Submeseta Norte. In: Hernández Pérez M, Soler Díaz J, López Padilla JA (eds) *IV Congreso del Neolítico Peninsular*. Museo Arqueológico de Alicante. Diputación de Alicante., Alicante, pp 418–427
- Vergès J-M, Allué E, Angelucci DE, et al (2002) La Sierra de Atapuerca durante el Holoceno: datos preliminares sobre las ocupaciones de la Edad del Bronce en la cueva de El Mirador (Ibeas de Juarros, Burgos). *Trabajos de Prehistoria* 59:107–126
- Vergès JM, Allué E, Fontanals M (2016b) Shepherds and Caves. *Quaternary International* 414:199–201. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.04.039>

BIBLIOGRAFÍA

- Vergès JM, Allué E, Fontanals M, et al (2016a) El Mirador cave (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain): A whole perspective. *Quaternary International* 414:236–243. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.01.044>
- Vergès JM, Burguet-Coca A, Allué E, et al (2016c) The Mas del Pepet experimental programme for the study of prehistoric livestock practices: Preliminary data from dung burning. *Quaternary International* 414:304–315. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.01.032>
- Vergès JM, Morales JI (2016) Polished walls as indirect evidence of both the use of caves and stone enclosures as livestock folds and dung management strategies: Ethnological and archaeological examples. *Quat Int* 414:330–336. doi: 10.1016/j.quaint.2016.01.049
- Vidal-Matutano P (2016) Firewood and hearths: Middle Palaeolithic woody taxa distribution from El Salt, stratigraphic unit Xb (Eastern Iberia). *Quaternary International* 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.07.040>
- Vidal-Matutano P, Blasco R, Sañudo P, Fernández Peris J (2019) The Anthropogenic Use of Firewood During the European Middle Pleistocene: Charcoal Evidence from Levels XIII and XI of Bolomor Cave, Eastern Iberia (230–160 ka). *Environmental Archaeology* 24:269–284. <https://doi.org/10.1080/14614103.2017.1406026>
- Vidal-Matutano P, Henry A, Théry-Parisot I (2017) Dead wood gathering among Neanderthal groups: Charcoal evidence from Abric del Pastor and El Salt (Eastern Iberia). *Journal of Archaeological Science* 80:109–121. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2017.03.001>
- Vila a, Mameli L, Terradas X, et al (2007) Investigaciones etnoarqueológicas en Tierra del Fuego (1986-2006): reflexiones para la arqueología prehistórica europea. *Trabajos de Prehistoria* 64:37–53
- Villaverde V, Martínez Valle R, Guillem Calatayud PM, Fumanal MP (1996) Mobility and the role of small game in the Middle Paleolithic of the Central Region of the Spanish Mediterranean: a Comparison of Cova Negra with other Paleolithic deposits. In: Carbonell E, Vaquero M (eds) *The Last Neandertals, the First Anatomically Modern Humans*, Universitat Rovira i Virgili. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona, pp 267–288
- Violant i Simorra R, Ros i Fontana I (2001) *La vida pastoral al Pallars*, 1. ed. Garsineu Edicions, Tremp
- Violant i Simorra R (1985) *El Pirineo español: vida, usos, costumbres, creencias y tradiciones de una cultura milenaria que desaparece*. Ed. Alta Fulla, Barcelona
- Vitagliano S, Bruno M (2012) Late and final mousterian setting in the Fossellone Cave (Latium, Italy): Patterns of settlement, micro-environmental factors and evidence of coloured material in a transitional context. *Quaternary International* 259:48–58. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.03.038>
- von Lettow-Vorbeck CL, Morales A (2012) Las transformaciones económicas del Neolítico en la Península ibérica: la ganadería. In: Rojo Guerra M, Garrido-Pena R, García-Martínez de Lagrán Í (eds) *El neolítico en la península ibérica y su contexto europeo*, 1a. edición. Cátedra, Madrid, pp 107–128
- Voruz J-L, Sordoillet D, Perrin T (2004) La séquence néolithique de la grotte du Gardon (Ain). *Bulletin de la Société préhistorique française* 827–866
- Vrydaghs L, Ball TB, Devos Y (2016) Beyond redundancy and multiplicity. Integrating phytolith analysis and micromorphology to the study of Brussels Dark Earth. *Journal of Archaeological Science* 68:79–88. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.09.004>
- VV.AA (2013) *Atlas Agroclimático de Castilla y León -ITACYL-AEMET-*. 2013. [<http://atlas.itacyl.es>]

# W

- Wadley L, Esteban I, Lennox S, et al (2020) Fire and grass-bedding construction 200 thousand years ago at Border Cave, South Africa. 5
- Wales N (2012) Modeling Neanderthal clothing using ethnographic analogues. *Journal of Human Evolution* 63:781–795. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2012.08.006>
- Walker A, Hoeck H, Perez L (1978) Microwear of mammalian teeth as an indicator of diet. *Science* 201:908–910. <https://doi.org/10.1126/science.684415>
- Walker MJ, Anesin D, Angelucci DE, et al (2016) Combustion at the late Early Pleistocene site of Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar (Murcia, Spain). *Antiquity* 90:571–589. <https://doi.org/10.15184/aqy.2016.91>

BIBLIOGRAFÍA

- Wallis LA (2001) Environmental history of northwest Australia based on phytolith analysis at Carpenter's Gap 1. *Quaternary International* 83–85:103–117. [https://doi.org/10.1016/S1040-6182\(01\)00033-7](https://doi.org/10.1016/S1040-6182(01)00033-7)
- Webb EA, Longstaffe FJ (2006) Identifying the  $\delta^{18}\text{O}$  signature of precipitation in grass cellulose and phytoliths: Refining the paleoclimate model. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 70:2417–2426
- Weiner L, Bar-Yosef O (1990) States of Preservation of Bones from Prehistoric Sites in the Near East: A Survey. *Journal of Archaeological Science* 17:187–196
- Weiner S (2010) *Microarchaeology. Beyond the Visible Archaeological Record*. Cambridge University Press, New York
- Weiner S, Golberg P, Bar-Yosef O (1993) Bone Preservation in Kebara Cave, Israel using On-Site Fourier Transform Infrared Spectrometry. *Journal of Archaeological Science* 20:613–627
- Weiner S, Goldberg P, Bar-Yosef O (2002) Three-dimensional Distribution of Minerals in the Sediments of Hayonim Cave, Israel: Diagenetic Processes and Archaeological Implications. *Journal of Archaeological Science* 29:1289–1308. <https://doi.org/10.1006/jasc.2001.0790>
- Weiner S, Nagorsky A, Taxel I, et al (2020) High temperature pyrotechnology: A macro- and microarchaeology study of a late Byzantine-beginning of Early Islamic period (7th century CE) pottery kiln from Tel Qatra/Gedera, Israel. *Journal of Archaeological Science: Reports* 31:102263. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102263>
- Weiner S, Xu Q, Golberg P, et al (1998) Evidence for the Use of Fire at Zhoukoudian, China. *Science* 281:251–253. <https://doi.org/10.1126/science.281.5374.251>
- Weisskopf A, Harvey E, Kingwell-Banham E, et al (2014) Archaeobotanical implications of phytolith assemblages from cultivated rice systems, wild rice stands and macro-regional patterns. *Journal of Archaeological Science* 51:43–53. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2013.04.026>
- Wendrich W, Ryan P (2012) Phytoliths and Basketry Materials at Çatalhöyük (Turkey): Timelines of growth, harvest and objects life histories. *Paléorient* 38:55–63
- Whallon R (ed) (2017) *Crvena Stijena in cultural and ecological context: multidisciplinary archaeological research in Montenegro*. Montenegrin Academy of Sciences and Arts; National Museum of Montenegro, Podgorica
- Wiessner PW (2014) Embers of society: Firelight talk among the Ju/'hoansi Bushmen. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111:14027–14035. <https://doi.org/10.1073/pnas.1404212111>
- Wilding LP (1967) Radiocarbon Dating of Biogenetic Opal. *Science* 156:66–67. <https://doi.org/10.1126/science.156.3771.66>
- Wilding LP, Drees LR (1974) Contributions of forest opal and associated crystalline phases to fine silt and clay fractions of soils. *Clays and Minerals* 22:295–306
- Wolff EW, Chappellaz J, Blunier T, et al (2010) Millennial-scale variability during the last glacial: The ice core record. *Quaternary Science Reviews* 29:2828–2838. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2009.10.013>
- Wrangham R (2017) Control of Fire in the Paleolithic: Evaluating the Cooking Hypothesis. *Current Anthropology* 58:S000–S000. <https://doi.org/10.1086/692113>
- Wrangham R (2019) *En llamas: cómo la cocina nos hizo humanos*. Capitán Swing, Madrid
- Wrangham RW (2009) *Catching Fire: How Cooking Made Us Human*. Basic Books, New York
- Wright PJ (2010) Methodological Issues in Paleoethnobotany: A consideration of Issues, Methods, and Cases. In: VanDerwarker AM, Peres TM (eds) *Integrating Zooarchaeology and Paleoethnobotany*. Springer New York, New York, NY, pp 37–64
- Wroth K, Cabanes D, Marston JM, et al (2019) Neanderthal plant use and pyrotechnology: phytolith analysis from Roc de Marsal, France. *Archaeological and Anthropological Sciences* 11:4325–4346. <https://doi.org/10.1007/s12520-019-00793-9>
- Wu Y, Jiang L, Zheng Y, et al (2014) Morphological trend analysis of rice phytolith during the early Neolithic in the Lower Yangtze. *Journal of Archaeological Science* 49:326–331. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2014.06.001>
- Wu Y, Wang C, Hill DV (2012) The transformation of phytolith morphology as the result of their exposure to high temperature. *Microscopy Research and Technique* 75:852–855. <https://doi.org/10.1002/jemt.22004>

BIBLIOGRAFÍA

Y

- Yang X, Song Z, Liu H, et al (2015) Plant silicon content in forests of north China and its implications for phytolith carbon sequestration. *Ecological Research* 30:347–355. <https://doi.org/10.1007/s11284-014-1228-0>
- Yetish G, Kaplan H, Gurven M, et al (2015) Natural Sleep and Its Seasonal Variations in Three Pre-industrial Societies. *Current Biology* 25:2862–2868. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.09.046>
- Yizhaq M, Mintz G, Cohen I, et al (2005) Quality Controlled Radiocarbon Dating of Bones and Charcoal from the Early Pre-Pottery Neolithic B (PPNB) of Motza (Israel). *Radiocarbon* 47:193–206. <https://doi.org/10.1017/S003382220001969X>
- Yravedra J, Uzquiano P (2013) Burnt bone assemblages from El Esquilleu cave (Cantabria, Northern Spain): deliberate use for fuel or systematic disposal of organic waste? *Quaternary Science Reviews* 68:175–190. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2013.01.019>

Z

- Zanchetta G, Giaccio B, Bini M, Sarti L (2018) Tephrostratigraphy of Grotta del Cavallo, Southern Italy: Insights on the chronology of Middle to Upper Palaeolithic transition in the Mediterranean. *Quaternary Science Reviews* 182:65–77. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2017.12.014>
- Zapata L, Peña-Chocarro L (2003) Uso y gestión del bosque en la Euskal Herria atlántica: aprovechamiento tradicional de los recursos forestales en Encartaciones y Gorbea. *Zainak* 22:155–169
- Zapata Peña L, Peña-Chocarro L, Ibáñez Estévez JJ, González Urquijo JE (2003) Ethnoarchaeology in the Moroccan Jebala (Western Rif): wood and dung as fuel. *Africa Praehistorica* 15:
- Zazo C, Goy JL, Hoyos Gómez M (1983) Estudio geomorfológico de los alrededores de la Sierra de Atapuerca (Burgos). *Estudios Geológicos* 39:179–185
- Zhao Z, Piperno DR (2000) Late Pleistocene/Holocene Environments in the middle Yangtze River Valley, China and rice (*oryza sativa* L.) domestication: The phytolith evidence. *Geoarchaeology* 15:203–222. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1520-6548\(200002\)15:2<203::aid-gea5>3.0.co;2-j](https://doi.org/10.1002/(sici)1520-6548(200002)15:2<203::aid-gea5>3.0.co;2-j)
- Zuo X, Lu H, Zhang J, et al (2016) Radiocarbon dating of prehistoric phytoliths: a preliminary study of archaeological sites in China. *Scientific Reports* 6:. <https://doi.org/10.1038/srep26769>
- Zurro D, García-Granero JJ, Lancelotti C, Madella M (2016) Directions in current and future phytolith

# LISTA DE FIGURAS Y TABLAS



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRILI  
EL FUEGO EN LA PREHISTORIA. UNA APROXIMACIÓN ARQUEO-EXPERIMENTAL AL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO  
A TRAVÉS DE LA MICROARQUEOLOGÍA  
Aitor Burguet Coca

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.1.</b> Esquema de las unidades arqueológicas y los proyectos arqueo-experimentales incluidos en esta tesis doctoral.....	7
<b>Figura 2.1.</b> Esquema de las diferentes cadenas operativa descritas en el texto: Cadena operativa de la gestión de la leña (izquierda); Cadena operativa de la producción del fuego (centro), Cadena Operativa de la gestión del fuego (derecha). .....	19
<b>Figura 2.2.</b> Esquema de los elementos estructurales y estructurados que forman el registro piroarqueológico de un hipotético hogar plano .....	26
<b>Figura 2.3.</b> Esquema de los elementos estructurales y estructurados del registro piroarqueológico de una secuencia de acumulación y quema de excrementos tipo <i>fumier</i> .....	27
<b>Figura 3.1.</b> Localización de los yacimientos africanos mencionados en el texto.....	42
<b>Figura 3.2.</b> Localización de los yacimientos con cronología de Pleistoceno medio mencionados en el texto .....	46
<b>Figura 3.3.</b> Localización de los yacimientos de Paleolítico medio mencionados en el texto .....	55
<b>Figura 3.4.</b> Localización de los yacimientos con cronologías de Paleolítico medio mencionados en el texto .....	62
<b>Figura 3.5.</b> Esquema de los procesos de formación implicados en la secuencias de <i>fumiers</i> , desde el consumo del alimento por parte de los animales hasta la quema del estiércol acumulado (Vergès et al., 2016).....	67
<b>Figura 3.6</b> Yacimientos con secuencias de <i>fumiers</i> localizados en la península ibérica y mencionados en el texto .....	72
<b>Figura 4.1.</b> Imágenes del proceso de extracción de fitolitos y de su análisis mediante microscópico óptico. a) kit necesario para la extracción de fitolitos. B) proceso de pesado de la muestra en un eppendorf de 0.5 ml c) pipeteo de los 50 µl de ácido clorhídrico (HCl) a 6N para la eliminación de los carbonatos d) proceso de reacción de la muestra con el ácido clorhídrico e) pipeteo de los 450 µl de SPT a 2.4 g/ml f-h) agitación, baño de ultrasonidos y centrifugado de la muestra para poder separar la materia orgánica y los fitolitos en el sobrenadante i) detalle de la parte mineral de la muestra concentrada en el fondo del vial j) pipeteo del sobrenadante de la muestra k) sobrenadante una vez separada de la parte mineral e introducido en un nuevo eppendorf l-m) montaje de una alícuota de 50 µl en un portaobjetos y un cobre de 24x24 n-o) observación al microscopio a x200 y x400 aumentos.....	83
<b>Figura 5.1.</b> Situación geográfica de Cova Gran. A) Localización de la zona de contacto entre la Cuenca del Ebro y el Pirineo sur en la península ibérica. B) Marco general de las primeras estribaciones del sureste del Prepirineo. C) Vista general del abrigo. D) Excavación de las unidades sedimentarias 497 (niveles Paleolítico superior inicial) y S1 (Paleolítico medio final). Las capas de del Paleolítico superior inicial, excepto la unidad arqueológica 497D, se vieron gravemente afectadas por la erosión de la peniente.....	97
<b>Figura 5.2.</b> Plano general del abrigo con la posición del Sector Rampa (modificado Mora et al. 2011). A la derecha está la secuencia litoestratigráfica del sector Rampa con las unidades sedimentarias 497 y S1.....	97

- Figura 5.3.** Sección estratigráfica transversal de unidad S1 del sector Rampa. Leyenda: 1, arenas y arcillas con clastos redondeados y subredondeados; 2, clastos angulares con matriz de arenas, arcillas y limos; 3, bloques de caliza; 4, niveles arqueológicos. .... 99
- Figura 5.4.** Hogares planos. A (H17) y B (H13) son hogares excavados en la unidad arqueológica 497D, atribuidos al Paleolítico superior inicial. Su contexto deposicional se muestra en la Fig. 5.6 C) Hogares planos del nivel S1B (Paleolítico medio final). D) Dos hogares planos adyacentes al nivel S1E (Paleolítico medio final). Se muestra la diferencia de tamaños entre los hogares del Paleolítico superior inicial y Paleolítico medio final. .... 102
- Figura 5.5.** Hogares en cubeta. A) Cubeta en la unidad arqueológica 497A, con su parte superior afectada por la erosión, ya que se encuentra a unos pocos centímetros del suelo actual (EUP). B) Hogar en cubeta (H10), perteneciente a la unidad arqueológica 497D; su relación con otros hogares en esta capa se observa en la Fig. 5.6. C) Hogar en cubeta (arriba) y hogar plano (abajo) de la unidad arqueológica S1B (Paleolítico medio final). Se pueden observar sedimentos rojizos que afectan a un gran bloque que articula ambos hogares. .... 104
- Figura 5.6.** Impacto antropogénico sobre el sedimento. A) Presencia de varios hogares en la unidad arqueológica 497D (Paleolítico superior inicial) en que existe un perímetro preciso alrededor de la superficie termoalterada. Varios indicadores contextuales sugieren que estos hogares adyacentes no ocurrieron simultáneamente (Mora et al., 2020) B). Acumulación de hogar en el área excavada correspondiente a los niveles arqueológicos S1D y S1E LMP. Las superficies termoalteradas se extienden por toda la zona central y tienen continuidad lateral a ambos lados, especialmente a la derecha. La acumulación de residuos de combustión sugiere un alto impacto antropogénico. . 105
- Figura 5.7.** Proyección del registro piroarqueológico y arqueológico de la unidad arqueológica 497D. A) Plantas general de la unidad arqueológica 497D con la localización de todos los hogares y bloques de la unidad, así como del material arqueológico (puntos amarillos). B) Fotografía general del impacto térmico de la estructura de combustión E10 y localización de las muestras analizadas en la plata y sección del hogar. C) Detalle de la secuencia interna del hogar E17 y la localización de la muestra analizada en la plata y sección del hogar. .... 107
- Figura 5.8.** Imágenes microscópicas de los morfotipos de fitolitos identificados en las muestras de los hogares. A-B) Fitolitos alterados por *weathered*, muy posible pertenecientes a BULLIFORM FLABELLATE. C-D) BULLIFORM FLABELLATE con alteración parcial de su superficie. E-F) Fitolito indeterminable con una elevada alteración química (*weathered alteration*). G) POLIGONAL ENTIRE adscrito a hoja/tallo de gramínea. H) ELONGATE DENTATE adscrito a la inflorescencia de las poáceas. I) ACUTE BULBOUS adscritas a hojas/tallo de gramínea. .... 109
- Figura 5.9.** Modelo esquemático para explicar la relación entre la ocupación dinámica y los procesos de formación de las unidades arqueológicas en relación con el nivel de conservación de los hogares y los fitolitos de Cova Gran. .... 112
- Figura 5.10.** Visión de la superposición de las estructuras del sector norte, en su vista norte, este y en la sección provisional sur donde muchas de estas estructuras presentaban una clara continuidad debajo de un gran bloque. .... 115
- Figura 5.11.** Fotogrametría de la sección sur y fotografías de detalle de los hogares de la sección sur estudiados. En ellas se observa la superposición de los hogares así como la dinámica entre capa blanca y capa negra que presentan la mayoría de ellos. La estructura E17 se identificó en

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

planta, su morfología no se pudo delimitar en su totalidad, ya que la estructura presentaba una continuidad en la sección norte del yacimiento. De la misma forma, de la estructura E18 sólo se pudo delimitar una parte, puesto que no presentaba una forma clara que se pudiera reseguir en planta y continuaba por debajo del gran bloque. Las dos estructuras comparten la misma dinámica en relación con la formación interna: un techo formado por una capa endurecida y blanquecina, que marca la extensión del hogar en planta, y la presencia de una matriz suelta de color negruzca, fracción fina y con presencia de clastos justo por debajo. .... 116

**Figura 5.12.** Espectros obtenidos de la calibración directa e indirecta de las arcillas a diferentes temperaturas. Los dos espectros superiores corresponden a la calibración indirecta mediante arcillas comerciales, mientras que los espectros inferiores corresponden a la calibración directa utilizando sedimentos de la parte estéril del paquete sedimentario. .... 120

**Figura 5.13.** Promedio del porcentaje de carbonatos, materia orgánica y AIF obtenidos por cada una de las capas identificada en los diferentes hogares. El número de muestras (*n*) que se han utilizado para calcular el promedio y la desviación estándar se pueden consultar en la tabla 5.8. Las barras de error indican 1 $\delta$  desviación estándar. WL=White Layer, BL= Black Layer ..... 123

**Figura 5.14.** Promedio de los resultados cuantitativos para las diferentes estructuras. El número de muestras (*n*) que se han utilizado para calcular el promedio y la desviación estándar se pueden consultar en la tabla 5.9 y 5.10. Las barras de error indican 1 $\delta$  desviación estándar. .... 127

**Figura 5.15.** Imágenes microscópicas de diferentes morfologías de fitolitos identificadas en los hogares de la unidad arqueológica S1D a) ACUTE BULBOSUS adscrita a las hojas/tallo de poáceas b) BULLIFORM FLABELLATE adscrita a las hojas/tallo de poáceas c) Estructura multicelular de ELONGATE DENTATE adscrito a la inflorescencia de las poáceas d) SPHEROID PSILATE adscrito a la madera/corteza de dicotiledónea e) GSSCP RONDEL adscrito a las poáceas Pood-C3 f) GSSCP CROSS adscrito a las poáceas Pood-C3 g) GSSCP BILOBATE adscrito a las poáceas Panicoid-C4 h) ELONGATE DENTATE adscrito a la inflorescencia de las poáceas i) ELONGATE ENTIRE adscrito a las hojas/tallo de las poáceas j) Estructura multicelular de ELONGATE ENTIRE adscrito a las hojas/tallo de poáceas k) BLOCKY adscrito a la madera/corteza de dicotiledónea l) Bulliform flabellate parcialmente alterado (*weathered*) m) ACUTE BULBOUS parcialmente alterado (*weathered*) n) BLOCKY parcialmente alterado (*weathered*) o) ELONGATE DENTATE parcialmente alterado (*weathered*). .... 129

**Figura 5.16.** Promedio de los resultados de fitolitos para cada uno de los hogares identificados en la sección sur. El número de muestras (*n*) que se han utilizado para calcular el promedio y la desviación estándar se pueden consultar en la tabla 5.10. Las barras de error indican 1 $\delta$  desviación estándar. WL=White Layer, BL= Black Layer ..... 130

**Figura 5.17.** Promedio de los resultados de fitolitos para cada una de las capas identificadas en la estructura interna de cada hogar de la sección sur. El número de muestras (*n*) que se han utilizado para calcular el promedio y la desviación estándar se pueden consultar en la tabla 5.10. Las barras de error indican 1 $\delta$  desviación estándar. WL=White Layer, BL= Black Layer ..... 130

**Figura 5.18.** Promedio de los resultados de las capas blancas y capas negras de los hogares de la sección sur. El punto rojo representa la media. El número de muestras (*n*) que se han utilizado para calcular el promedio y la desviación estándar se pueden consultar en la tabla 5.10. Las barras de error indican 1 $\delta$  desviación estándar. El punto rojo es la media de los resultados. WL=White Layer, BL= Black Layer ..... 131

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

**Figura 5.19.** Filtraciones de agua de baja intensidad documentadas en el sector Rampa de Cova Gran donde se ha identificado la secuencia Paleolítica. Esta filtración afecta parcialmente la superficie. La presencia de estas filtraciones de la pared y escorrentías en la superficie sería parecidas a las que afectarían el registro piroarqueológico de la secuencia paleolítica..... 133

**Figura 5.20.** Imágenes del proceso de combustión donde se puede observar el tamaño de cada uno de los hogares (izquierda) y el resultado final de la combustión de trocos sin combustionar, carbones y abundantes cenizas. .... 140

**Figura 5.21.** Esquema del residuo de la combustión en relación a la localización de las diferentes sondas, tanto en planta como en sección donde se puede observar la profundidad en que se colocaron previamente a la combustión..... 142

**Figura 5.22.** Imagen que ilustra la variabilidad de coloración recogida en las muestras y la adscripción a cada categoría definida para el muestreo (*base, black, reddish, ash* y *control*) para cada uno de los hogares. .... 143

**Figura 5.23.** Gráfico de las temperaturas registradas por las ocho sondas (T1-T8) colocadas en profundidad (T1-T4) y en superficie (T5-T8) en los hogares experimentales (H1-H2)..... 144

**Figura 5.24.** Gráfico de las temperaturas registradas por las ocho sondas (T1-T8) colocadas en profundidad (T1-T4) y en superficie (T5-T8) en los hogares experimentales (H3-H4). Los registros de las temperaturas en superficie (T5-T8) para el hogar H3 no se pudieron recoger por un fallo en las sondas superficiales..... 146

**Figura 5.25.** Diferentes momentos de la excavación de los 4 hogares experimentales donde se puede observar las características descritas para el impacto térmico con la presencia de rubefacciones y capas negras, que se diferencian del sedimento sin alteración y del sedimento subyacente al impacto, muestreo con la categoría *base*. También se pueden observar el residuo de la combustión formado por varios centímetros de cenizas y carbones. para el residuo de la combustión..... 149

**Figura 6.1.** A-B) General context of the Cova Gran site. Location in the European (A) and Pyrenees context. (B). C) General view of Cova Gran D) Topographic and excavation areas. Note the location of Perfil E in sector Platform (in red) E) General stratigraphic sequence..... 163  
 Legend: 1, limestone bedrock; 2, excavated areas; 3, topographic contour lines (0.5 m); 4, drainage channels. C) General stratigraphic sequence. Legend: 1, limestone bedrock; 2, excavated areas; 3, topographic contours (0.5 m); 4, drainage channels; 5, limestone blocks; 6, sands; 7, pen accumulations; 8, sands and clays; 9, clays and sands; 10, sands, clays and silts; 11, rounded and subrounded clasts; 12, angular and subangular clasts; 13, archaeological blocks; 14, carbonate concretions; 15, bedding; 16, discontinuity; 17, hearths; 18, TL data; 19, 14C data; 20, stratigraphic unit; 21, archaeological level; 22, MIS. .... 163

**Figura 6.2.** General view of profile E. A) Stratigraphic section of profile E (N-S). Legend: 1, fine and medium sands 2, pen residues with detritic sediments; 3, coarse sands and fine pebbles; 4, massive and medium bedded sands; 6, bedding; 7, micromorphological samples; 8, Phytoliths, Spherulite and FTIR samples. B) Detail of the area studied for this work in profile E ..... 164

**Figura 6.3.** A) Selected area for the collection of control samples of modern plants (November) B) General view of the disused field where the grasses were collected (October) C) Detail of one of

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

the identified grass inflorescences of the collection area (*Dactylis glomerata* L. subsp. *Hispanica*).  
 ..... 165

**Figure 6.4.** Principal composition with percentages of carbonates, organic matter and AIF. .... 169

**Figure 6.5.** Phytoliths per gram of AIF, spherulites per gram of sediment, percentage of phytolith morphotype groups identified and weathered morphotype for each one of the analyzed samples in relation depth (in cm) sequence. Line of average mobile trend to two periods. .... 170

**Figure 6.6.** Phytoliths results in relation to Holocene stratigraphy. Percentages of phytolith morphotype groups identified, and weathered morphotypes in 2N and 3Nb archaeological level. Error bars indicate 1 $\sigma$  standard deviation. .... 171

**Figure 6.7.** Microscope images of different examples of phytoliths identified in the archaeological samples. a) PAPILLATE in anatomical connection from grasses inflorescence b) Rondel (GSSCP) from Pooid grasses (C3) c) ELONGATE ENTIRE in anatomical connection from leaves/stem of grasses d) ELONGATE SINUATE from leave/steam of grasses e) BILOBATE (GSSCP) from Panicoid grasses (C4) f) spherulites under cross-polarized light (XPL). .... 172

**Figure 6.8.** Results of the current grass control samples. Average percentage of grass inflorescence, grass leaves/stem and ratio leaf/stem:inflorescence per each month (n = 3). Error bars indicate 1 standard deviation. .... 173

**Figure 6.9.** Microscope images of phytoliths identified in modern reference collection samples. a) GSSCP RONDEL from Pooid grasses (C3); b) ELONGATE DENTATE from grass inflorescence; c) ELONGATE COLUMNAR with GSSCP RONDEL in anatomical connection from grass inflorescence; d) PAPILLATE from grass inflorescence; e-f) ELONGATE DENTATE with PAPILLATE in anatomical connection from grass inflorescence ..... 174

**Figura 6.10.** Localització de la cueva de El Mirador en la península ibérica y en el contexto de la Sierra de Atapuerca (Imagen superior). Planta de la cueva de El Mirador donde se identifican los tres sondeos realizados hasta el momento, con el sector 100 a la izquierda de El Mirador. Estratigrafía del sector MIR con las principales unidades cronoculturales identificados en la secuencia Holocena. .... 180

**Figura 6.11.** Estratigrafía donde se pueden observar las dos unidades estudiadas en sección N-S (a) y E-O (b). Los puntos rojos de la figura a muestran la localización de las muestras estudiadas. . 185

**Figura 6.12.** Espectros de algunas de las muestras estudiadas. .... 188

**Figura 6.13.** Principales resultados de fitolitos obtenidos de las muestras analizadas ..... 191

**Figura 6.14.** Resultados cuantitativos de fitolitos y esferulitas obtenidos de las muestras analizadas ..... 193

**Figura 6.15.** Promedio del porcentaje de los resultados de fitolitos agrupando por facies (izquierda) y nivel (derecha). Las barras de error indican 1 $\delta$  desviación estándar. .... 194

**Figura 6.16.** Promedio de los valores cuantitativos de fitolitos y esferulitas agrupados por facies (izquierda) y nivel (derecha). Las barras de error indican 1 $\delta$  desviación estándar. .... 195

**Figura 6.17.** Resultados de la PCA obtenida de los principales resultados de fitolitos y los valores cuantitativos de fitolitos y esferulitas. Todas las variables han sido corregidas mediante el estadístico var-covar normalizada de PAST. .... 196

**Figura 6.18.** Resultado del clúster análisis de los resultados cuantitativos de fitolitos y esferulitas ..... 197

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

**Figure 6. 19.** Location of the Mas el Pepet, location in a) Muntanyes de Prades context and b) Iberian Peninsula context. c) Different areas of the Corral del Mas del Pepet and d) topography in the section of the pen e) Location of the different heaps inside the pen and number of the heap. ....211

**Figure 6.20.** Global process was carried out in the experimental program. A) dung heaping and fuel placement. b) ignition of dung heaps c) burning process d) general view of the heaps after burning e) sampling f) digging small pit in the heap 1.....213

**Figure 6.21.** Thermocouples location in the heap before combustion.....214

**Figure 6.22.** A) Percentage of AIF, organic material and carbonates for each sample from Mas del Pepet pen B) Element results of selection of samples from Mas del Pepet pen C) X-Ray diffraction results of sample selection from Mas del Pepet pen.....223

**Figure 6.23.** Diagram of the relative frequencies of pollen and Phytoliths in the Mas del Pepet pen samples. ....225

**Figure 6.24.** Microremain Variation Index (MVI) results of different phytoliths categories from Mas del Pepet pen.....229

**Figure 6.25.** Microremain Variation Index (MVI) results of pollen groups.....230

**Figure 6.26.** Microremain Variation Index (MVI) results of NPP groups.....230

**Figure 6.27.** Microremain Variation Index (MVI) results of phytoliths anatomical connection, altered phytoliths and quantitative results. ....231

**Figure 6.28.** Microremain Variation Index (MVI) results of Pollen concentration, NPP concentration and microcharcoals.....233

**Figure 6.29.** Microremain Variation Index (MVI) results of aneophilous-entomophilous pollination type .....233

**Figure 6.30.** Microremain Variation Index (MVI) results of pollen taphonomy and rounded microcharcoals.....234

**Figure 6.31.** PCA derived from richness in microremains (left) and PCA derived from taphonomic trends present in pollen and phytoliths. ....235

**Figure 6.32.** A) Percentage of AIF, organic material and carbonates for each sample from Muffle furnance replication B) Element results of selection of samples from muffle furnance replication C) X-Ray diffraction results of sample selection from muffle furnance replication .....237

**Figure 6.33.** Loss of organic matter due to different degrees and conditions of oxygen. ....238

**Figure 6.34.** Microremain Variation Index (MVI) results of phytoliths anatomical connection, altered phytoliths and quantitative results. ....239

**Figure 6.35.** Main results from the quantitative and richness analysis. ....249

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 3.1</b> Resumen de las diferentes propuestas sobre la periodización del proceso de adquisición del fuego.....	38
<b>Tabla 4.1.</b> Listados de los morfotipos y su adscripción taxonómica y anatómica según el ICPN 2.0. ....	84
<b>Tabla 5.1.</b> Contexto cronométrico disponible para la unidad arqueológica 497D. ....	100
<b>Tabla 5.2</b> Contexto cronométrico disponible para la unidad arqueológica S1D .....	100
<b>Tabla 5.3.</b> Caracterización de las estructuras de combustión en las unidades arqueológicas del Paleolítico superior inicial y Paleolítico medio final.....	103
<b>Tabla 5.4.</b> Relación de las muestras analizadas con los hogares de procedencia y sus características .....	106
<b>Tabla 5.5.</b> Resultados de los análisis de fitolitos y FTIR de los hogares del nivel 497 de Cova Gran. H=Hearth; SA=Spot Ashes; C=Control sample. Ca=Calcite; Cl=Clay; Qz=Quartz; Dah=Dahllite (carbonated hydroxylapatite); b=thermally altered clay; nb= not thermally altered clay. Los Minerales se han ordenado según la altura relativa de los picos en los espectros de FTIR.....	108
<b>Tabla 5.6.</b> Resultados de fitolitos de las muestras analizadas de la unida arqueológica 497D. H=Hearth; SA=Spot Ashes; C=Control simple. 1. Sample; 2. Site; 3. Level.....	110
<b>Tabla 5.7.</b> Tabla resumen de las características y posiciones de los principales picos identificados y descritos en la calibración de las arcillas, tanto por calibración directa como indirecta. ....	119
<b>Tabla 5.8.</b> Resultados de FTIR y del cálculo de AIF de los hogares de la unidad arqueológica S1D. WL=White Layer, BL= Black Layer; Ca=Calcite; Cl=Clay; Qz=Quartz; Dah=Dahllite (carbonated hydroxylapatite); b=thermally altered clay; nb= not thermally altered clay. Los Minerales se han ordenado según la altura relativa de los picos en los espectros de FTIR. ....	122
<b>Tabla 5.9.</b> Resultados de fitolitos de las muestras analizadas de los hogares de la sección norte de la unidad arqueológica S1D. WL=White Layer; BL= Black Layer; 1=Structure; 2=Layer; 3=Sample .....	125
<b>Tabla 5.10.</b> Resultados de fitolitos de las muestras analizadas de los hogares de la sección norte de la unidad arqueológica S1D. WL=White Layer; BL= Black Layer; 1=Structure; 2=Layer; 3=Sample .....	126
<b>Tabla 5.11.</b> Tabla donde se recoge los kg de combustible utilizado en cada hogar en relación con la categoría (trunk, thick branches, etc.) así como el promedio de las medidas (longitud y diámetro). El diámetro se tomó primero de cada una de las brancas o troncos, tomando un total de 3 medidas (una al centro y dos a los extremos) y haciendo el promedio de estas. ....	138
<b>Tabla 5.12.</b> Resultados de FTIR de las muestras de control tomadas de la superficie de la experimentación antes de la combustión. Ca=Calcite; Cl=Clay; Qz=Quartz; b=thermally altered clay; nb= not thermally altered clay. Los Minerales se han ordenado según la altura relativa de los picos en los espectros de FTIR. ....	150
<b>Tabla 5.13.</b> Resultados de FTIR de las muestras de cenizas recogidas de los diferentes hogares experimentales. Ca=Calcite; Cl=Clay; Qz=Quartz; Op=Opal; b=thermally altered clay; nb= not thermally altered clay. *Presencia escasa; HDC=High Disorder calcite. Los Minerales se han ordenado según la altura relativa de los picos en los espectros de FTIR. ....	151



LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

**Tabla 5.14.** Resultados de FTIR de las muestras pertenecientes a la categoría de *black layer* de los hogares experimentales. Ca=Calcite; Cl=Clay; Qz=Quartz; b=thermally altered clay; nb= not thermally altered clay. Los Minerales se han ordenado según la altura relativa de los picos en los espectros de FTIR..... 152

**Tabla 5.15.** Resultados de FTIR de las muestras pertenecientes a la categoría *redish* de los hogares experimentales. Ca=Calcite; Cl=Clay; Qz=Quartz; b=thermally altered clay; nb= not thermally altered clay. Los Minerales se han ordenado según la altura relativa de los picos en los espectros de FTIR..... 152

**Tabla 5.16.** Resultados de FTIR de las muestras pertenecientes a la categoría de *base* de los hogares experimentales, recogidas de la base de los hogares subyacentes al impacto térmico identificado. Ca=Calcite; Cl=Clay; Qz=Quartz; b=thermally altered clay; nb= not thermally altered clay. Los Minerales se han ordenado según la altura relativa de los picos en los espectros de FTIR ..... 153

**Tabla 5.17.** Tabla resumen de los resultados presentados en el apartado 5.5.3..... 154

**Table 6.1.** Sedimentological description of the samples and mine results of FTIR analysis. Ca=Calcite; Cl=Clay; Qz=Quartz; Dah=Dahllite (carbonated hydroxylapatite); b=thermally altered clay; nb= not thermally altered clay. Minerals are arranged according to their relative peak heights in the FTIR spectra..... 168

**Table 6.2.** Main results in phytoliths morphotypes identification regarding taphonomy criteria, ratio leaf/stem:inflorescence and C3/C4 grass adscription. 1. Sample; 2. Layer 3. Registry number 4. Depth ..... 170

**Table 6.3.** Average and Standard Deviation (SD) per month of phytoliths main results. .... 173

**Tabla 6.4.** Característiques sedimentaries de diferents litofacies identificades en series Holocenes tipo *fumier* (Angelucci et al. 2009)..... 182

**Taula 6.5.** Dataciones radiocarbónicas disponibles hasta el momento para el sector MIR100 de El Mirador..... 186

**Tabla 6.6.** Listado de las muestras analizadas del sector MIR100 en relación con la unidad arqueológica, cuadro, facies y episodio al cual corresponden..... 186

**Tabla 6.7.** Resultados de AIF y de FTIR. Ca=Calcite; Cl=Clay; Qz=Quartz; Dah=Dahllite (carbonated hydroxylapatite); b=thermally altered clay; nb= not thermally altered clay. Los minerales han sido ordenados en relación con su altura relativa identificada en los espectros de FTIR. .... 189

**Tabla 6.8.** Resultados de fitolitos de las muestras analizaas del sector MIR100. 1=Sample; 2=Level; 3=Facies; 4=Episoe ..... 190

**Tabla 6.9.** Principales resultados tafonómicos y cuantitativos obtenidos de las muestras analizadas ..... 193

**Table 6.10.** List of samples in relation the analysis performed on each of them from the Mas del Pepet pen. 1=heap; 2=sample; 3=colour facie; 4=condition ..... 216

**Table 6.11.** List of samples in relation the analysis performed on each of them from muffle furnace replication ..... 217

**Table 6.12.** Results of AIF & FTIR from Mas del Pepet pen. Ca=Calcite; Cl=Clay; Op=Opal; Dah=Dahllite; PS=Potassium Sulphate; AH=Acid Humic; Ard=Ardealite; Mhy=Monohydrocalcite;

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

HDC=Hight disorder calcite. Minerals are arranged according to their relative peak heights in the FTIR spectrum. 1=heap; 2= sample; 3=colour facies; 4=condition.....222

**Table 6.13.** Main Phytoliths results from Mas del Pepet pen. ....226

**Table 6.14.** Results of AIF & FTIR from muffle furnace AIF & FTIR. Ca=Calcite; Cl=Clay; Op=Opal; Dah= Dahllite; PS=Potassium Sulphate; AH=Acid Humic; Ard=Ardealite; Mhy=Monohydrocalcite; HDC=Hight disorder calcite. Minerals are arranged according to their relative peak heights in the FTIR spectrum .....236

**Table 6.15.** Main minerals identified in relation of temperature range and facies colour in Mas del Pepet pen and muffle furnance replication.....242

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI  
EL FUEGO EN LA PREHISTORIA. UNA APROXIMACIÓN ARQUEO-EXPERIMENTAL AL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO  
A TRAVÉS DE LA MICROARQUEOLOGÍA  
Aitor Burguet Coca

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI  
EL FUEGO EN LA PREHISTORIA. UNA APROXIMACIÓN ARQUEO-EXPERIMENTAL AL REGISTRO PIROARQUEOLÓGICO  
A TRAVÉS DE LA MICROARQUEOLOGÍA  
Aitor Burguet Coca