

Maria Carme Belarte
Marta Portillo
Marta Mateu
Carme Saorin
Valentina Pescini
Alessandra Pecci
Sílvia Vila

Revista
d'Arqueologia
de Ponent



nº 33 2023

Pàgs. 93-105

DOI 10.21001/rap.2023.33.5

Universitat de Lleida

ISSN 1131-883-X

ISSN electrònic 2385-4723

www.rap.udl.cat

Proposta metodològica per al mostreig i l'estudi interdisciplinari d'estructures de combustió

Methodological proposal for the sampling and interdisciplinary study of combustion structures

Presentem el projecte TRANSCOMB [Estudi transdisciplinari i experimental d'estructures de combustió a la Mediterrània occidental durant la protohistòria (primer mil·lenni aC)]. En el marc d'aquest projecte, hem implementat una metodologia específica per a l'estudi de les estructures de combustió que inclou anàlisis interdisciplinàries (antracologia, fitòlits i microfòssils calcítics, micromorfologia, espectroscòpia per FTIR i anàlisis químiques) combinades amb l'arqueologia experimental. S'ha aplicat a una sèrie d'estructures de combustió en jaciments protohistòrics de la Mediterrània nord-occidental, i també en estructures experimentals. En vista dels resultats positius obtinguts amb aquesta metodologia, i amb l'objectiu d'estendre'n l'aplicació al màxim de casos possible, resumim les instruccions bàsiques i els protocols de mostreig, de manera que els equips d'excavació puguin aplicar-la quan els especialistes no es puguin desplaçar *in situ* per mostrejar directament.

Paraules clau: llars, forns, Mediterrània occidental, península Ibèrica, protohistòria, anàlisis interdisciplinàries.

Nous présentons le projet TRANSCOMB [Étude transdisciplinaire et expérimentale des structures de combustion en Méditerranée occidentale pendant la protohistoire (1er millénaire av. J.-C.)]. Dans le cadre de ce projet, nous avons mis en place une méthodologie spécifique pour l'étude des structures de combustion qui comprend diverses analyses (anthracologie, phytolithes et microfossiles calcitiques, micromorphologie, spectroscopie FTIR et analyses chimiques) combinées avec l'archéologie expérimentale. Elle a été appliquée à plusieurs structures de combustion sur des sites protohistoriques de la Méditerranée nord-occidentale ainsi qu'à des structures expérimentales récentes. Compte tenu des résultats positifs obtenus avec cette méthodologie, et dans le but d'étendre son application au plus grand nombre de cas possible, nous résumons les instructions de base et les protocoles de prélèvement afin que les équipes de fouilles puissent l'appliquer lorsqu'il n'est pas possible pour des spécialistes de se rendre sur place pour prélever directement des échantillons.

Mots-clé: foyers, fours, Méditerranée occidentale, péninsule Ibérique, protohistoire, analyses interdisciplinaires.

1. L'estudi d'estructures de combustió protohistòriques a la Mediterrània nord-occidental

L'objectiu d'aquest article és donar difusió a una metodologia de mostreig i anàlisi interdisciplinària d'estructures de combustió que ha estat aplicada a llars i forns protohistòrics de la Mediterrània occidental (amb casos d'estudi del sud de França, Catalunya, nord de Castelló i les Balears) (Belarte *et al.* 2023a; 2023b; 2023c) i que es podria aplicar a altres períodes i/o àrees geogràfiques.

L'interès de les estructures de combustió rau en el seu paper fonamental en els assentaments de la nostra zona de recerca, on són un element omnipresent en el període cronològic indicat. En particular, les llars serveixen sovint per definir un espai com a habitació. S'associen, principalment, a la cuina i al processament d'aliments, però també poden tenir altres funcions, com l'escalfament i la il·luminació dels espais, la protecció contra els depredadors o la transformació de matèries primeres. La seva ubicació està estretament relacionada amb l'ús de l'espai, la distribució de les activitats i la circulació. Així doncs, aporten informació de primera mà sobre les activitats quotidianes, no tan sols de caràcter domèstic, sinó també econòmic, social i simbòlic.

Des del punt de vista constructiu, aquestes estructures comparteixen algunes característiques en diferents àrees de la Mediterrània occidental durant l'edat del ferro, especialment en el cas de les llars, la majoria de les quals tenen una solera de terra argilosa com a superfície de combustió.¹ El tipus més simple de llar (sovint anomenat "llar lenticular") consisteix en una solera de terra construïda directament sobre el sòl d'ocupació; més freqüentment, les llars estan semiexcavades en una cubeta. En aquest cas, dins la cubeta i sota la solera de terra hi pot haver una capa de preparació composta per fragments ceràmics, còdols o gravetes, o per una combinació de materials, barrejats o bé en dues capes successives (de còdols i de ceràmica, o a la inversa) (Belarte 2021). Altres llars estan sobreaixecades, per damunt del paviment, i algunes estan dotades d'una revora que les delimita. Ocasionalment, són construïdes a base de toves (Abad i Sala 1993: 176-177; Chazelles 1999: 59). Diversos treballs han intentat ordenar aquestes variants en propostes tipològiques de caire regi-

onal, com la classificació d'E. Pons, M. Molist i R. Buxó per al nord-est peninsular (Pons *et al.* 1994), o la de J.-C. Roux i S. Raux per al sud de la Gàl·lia (Roux i Raux 1996). En el cas dels forns, se'n distingeixen, fonamentalment, dos tipus: estructures semiexcavades en el sòl i estructures sobreaixecades amb un basament de pedra. La majoria de forns domèstics pertanyen al darrer tipus, segons es recull en la base de dades elaborada en el marc del projecte que dona peu a aquest article.²

Malgrat que el seu ús devia generar un volum més o menys important de carbons i cendres, les soleres de les estructures no sempre conserven restes, sigui perquè eren netejades abans de la següent encesa, sigui per motius tafonòmics, o bé perquè, durant els treballs, no s'han pogut detectar i s'han excavat junt amb el nivell immediatament superior.

Al llarg de les últimes dècades han proliferat els estudis sobre estructures de combustió de diverses àrees geogràfiques i períodes a partir d'un ampli ventall de metodologies interdisciplinàries i d'enfocaments experimentals i etnoarqueològics (p. ex., March *et al.* 2012; Gur-Arieh *et al.* 2013; Aldeias *et al.* 2016; Matthews 2016; Mallol *et al.* 2017; Portillo *et al.* 2017; Shahack-Gross 2018), així com reflexions teòriques i propostes interpretatives sobre el control de l'energia tèrmica i els seus usos (March i Wünsch 2003; Clark i Yusoff 2014; March 2023, entre d'altres). Hi ha una selecció de casos d'estudi recents en un volum monogràfic (Belarte *et al.* 2023b).

En el cas de l'edat del ferro en l'àrea que ens ocupa, la investigació arqueològica dels assentaments sol incloure l'estudi d'objectes i macrorestes, així com el mostreig sistemàtic de sediments per a estudis bioarqueològics, però les anàlisis de residus químics o micromorfològiques són menys freqüents. També són escassos els estudis etnoarqueològics o experimentals, igual que ho és la recerca sobre estructures de combustió.

És per aquest motiu que l'any 2020 es va iniciar el projecte TRANSCOMB, liderat des de l'ICAC.³ El projecte tenia com a objectiu caracteritzar les estructures de combustió de l'edat del ferro a la Mediterrània occidental (amb ca-

1. Entenem per solera la superfície sobre la qual es produeix la combustió, tant si es tracta d'una llar com d'un forn (Pons *et al.* 1994).

2. BELARTE FRANCO, M. C.; PASTOR QUILES, M.; CUSCÓ BADIA, O.; CAMAÑES VILLAGRASA, P. (2023). Protohistoric Combustion Structures from the Western Mediterranean: <https://doi.org/10.34810/data775>. CORA. *Repositori de Dades de Recerca*, V1.

3. *Estudio transdisciplinar y experimental de estructuras de combustión en el Mediterráneo occidental durante la protohistoria* (1^{er} milenio a.C.) (TRANSCOMB). PID2019-104661GB-I00.

sos d'estudi del sud de França, Catalunya, nord de Castelló i les Balears) per obtenir informació més precisa sobre aspectes d'aquestes estructures com els materials, les tècniques i els processos constructius, la gestió del combustible i les activitats que s'hi relacionaven (culinàries o d'altres). El projecte es va concebre amb un enfocament interdisciplinari, que havia d'integrar l'aplicació de diverses tècniques d'anàlisi a mostres obtingudes d'estructures de combustió de jaciments arqueològics dins l'àrea i el període esmentats. Si bé ja hi ha diversos treballs sobre protocols de recollida de mostres (Buxó i Piqué 2003; ACBA 2012; Margaritis *et al.* 2023, entre d'altres), aquí presentem una adaptació pensada específicament per a l'estudi d'aquest tipus d'instal·lacions, que ha estat desenvolupada i aplicada de manera sistemàtica en el marc d'aquest projecte des de l'estiu del 2020. El finançament del projecte TRANSCOMB acaba de ser renovat,⁴ cosa que permetrà la continuïtat dels mostrejos i les anàlisis, així com l'ampliació i la contrastació d'alguns aspectes metodològics.

2. Tècniques i mètodes d'estudi i objectius de les anàlisis

En el marc del nostre projecte, hem combinat les següents metodologies d'estudi: anàlisis antracològiques, estudi de fitòlits i altres microfòssils calcítics (esferòlits fecals i pseudomorfs), FTIR (espectroscòpia infraroja per transformada de Fourier), micromorfologia i anàlisi química (Belarte *et al.* 2023b i 2023c). Aquests estudis s'han aplicat a mostres de les soleres de les llars —i, en el cas de la micromorfologia, també als nivells inferiors— per complir els objectius esmentats més amunt i aprofundir en el coneixement de l'explotació dels recursos naturals, l'organització de les activitats diàries, l'ús de l'espai i l'organització domèstica de les societats de l'edat del ferro.

En paral·lel a l'estudi de les estructures de combustió arqueològiques s'ha posat en marxa un programa d'arqueologia experimental, en el marc del qual s'han construït set rèpliques de llars i un forn, que han estat encesos reiteradament, alternant diferents combustibles. Així, s'ha fet un registre acurat de les temperatures i de la durada de les combustions, i s'han mostrat les soleres, que han estat analitzades amb la mateixa metodologia que les estructures ar-

queològiques a l'efecte de comparar resultats (Belarte *et al.* 2022 i 2023c). En fases posteriors del projecte es preveu incloure-hi la carpologia i l'etnoarqueologia.

2.1. Macrorestes vegetals: antracologia i carpologia

L'antracologia es basa en el reconeixement botànic dels tàxons identificats en els carbons d'origen arqueològic i d'altres procedències, com incendis naturals, dipòsits lacustres i torberes, entre d'altres (Chabal *et al.* 1999). En el cas de les estructures de combustió, els carbons són indicadors dels últims usos abans de l'abandonament de la llar o forn. Poden aportar informació valuosa sobre usos especialitzats del combustible, així com informació complementària per a una interpretació paleoecològica, si bé cal tenir en compte que hi ha diverses espècies que podrien no estar representades en el registre antracològic (Chabal 1997; Di Pasquale 2011). Aquest seria el cas de les plantes herbàcies, que habitualment no es conserven, i d'espècies llenyoses que no van ser recollides per raons econòmiques, socials o culturals.

Quant a la carpologia, és una subdisciplina de la botànica que es dedica a estudiar les llavors i els fruits (Pearsall 2015). En el cas de les estructures de combustió, les llavors poden haver arribat a l'estructura com a part del combustible o bé com a resultat d'algun procés de tractament dels vegetals per consumir-los, com el desgranament de les llavors o la torrefacció de cereals o fruits. Poden aportar informació indirecta sobre combustibles, però també sobre l'agricultura i l'alimentació.

2.2. Fitòlits i microrestes calcítics

L'estudi de microfòssils vegetals i fecals, en integració amb la micromorfologia, té com a objectiu aprofundir en l'anàlisi de les estructures de combustió des d'una perspectiva microcontextual. En aquest projecte s'integren les evidències vegetals, com els fitòlits i els pseudomorfs calcítics que es produeixen després de la combustió d'oxalats de calci en temperatures d'almenys 450 °C, principalment a partir de les fulles de plantes dicotiledònies i de la fusta (Wattez i Courty 1987; Brochier i Thionon 2003). Les microrestes fecals, com els esferòlits calcítics, es produeixen en l'aparell digestiu de certs animals, principalment els ruminants, i són indicadors directes de fems (Brochier *et al.* 1992; Canti 1999).

L'estudi microarqueològic permet determinar processos de formació, efectes deposicionals i postdeposicionals, així com el tipus de combusti-

4. Estudio transdisciplinar, experimental y etnoarqueológico de estructuras de combustión de la Edad del Hierro en el Mediterráneo occidental (TRANSCOMB-2). PID2022-137999NB-I00.

ble i materials associats als processos de combustió (per exemple, discriminar entre materials de combustió llenyosos i fecals) (Gur-Arieh *et al.* 2013; Portillo i García-Suárez 2021).

2.3. Micromorfologia

La micromorfologia de sòls és una subdisciplina de la geoarqueologia que estudia els sediments arqueològics a escala microscòpica, i que contribueix així a diferenciar els materials, els fenòmens i els processos antròpics dels pròpiament naturals (Mallol 2015; Shahack-Gross 2017). La seva aplicació a l'estudi de les estructures de combustió ha de permetre identificar els diferents components (minerals, orgànics, antròpics, etc.), i la proporció i la distribució en què es presentin ha d'informar del seu possible origen i procedència, així com de les tècniques de manufactura dels sediments antròpics (Friesem *et al.* 2017; Cammas 2018; Mateu i Daneels 2020). A partir d'aquesta anàlisi també s'ha de poder inferir l'ús d'aquestes estructures i observar els processos postdeposicionals (Mallol *et al.* 2017; Mateu 2016).

2.4. Espectroscòpia per FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)

El FTIR és una tècnica analítica molecular capaç d'identificar els minerals cristal·lins i els amorfs, així com els materials orgànics, i que permet determinar l'estructura i el nivell de cristallinització dels minerals i la presència o absència de termoalteració en materials arqueològics (Berna *et al.* 2007; Weiner 2010), entre altres aspectes no perceptibles a escala macroscòpica. Prenent com a base la manera com la radiació interactua amb els materials en el rang infra-roig, estableix els pics d'absorció que componen l'espectre d'infrarojos d'un material específic, característic d'aquest material. Aquesta tècnica és especialment eficient si es combina amb la micromorfologia (Balbo *et al.* 2015; Mallol i Bertran 2010; Mallol *et al.* 2013). Per aplicar el FTIR es requereixen pocs micrograms de sediment, és a dir, no és una tècnica destructiva per als elements arqueològics.

2.5. Anàlisis de residus químics

L'estudi de residus químics es basa en el fet que els materials porosos absorbeixen les substàncies líquides i semilíquides amb les quals entren en contacte. S'ha realitzat, sobretot, en recipients ceràmics, i ha aportat informació important sobre l'ús o la funció dels recipients, el comerç i el transport de productes i l'alimenta-

ció en el passat (Charters *et al.* 1993; Evershed 2008; Pecci 2021). També s'ha pogut aplicar amb èxit en paviments, inclosos els construïts amb terra (Barba 2007; Pecci 2009; Pecci *et al.* 2017). Hi ha diferents anàlisis que permeten identificar residus químics: *spot tests* (Barba *et al.* 1991; Barba 2007) o cromatografia de gasos acoblada a espectrometria de massa.

L'anàlisi de mostres d'estructures de combustió té com a objectiu identificar residus que puguin estar relacionats amb l'ús d'aquestes estructures. Si s'han usat per preparar aliments, les anàlisis químiques amb *spot tests* poden revelar enriquiments en fosfats, àcids grassos i residus proteics (però no determinar la quantitat exacta ni l'origen específic de la substància), i la cromatografia pot identificar els lípids relacionats amb els productes cuinats (brous, carn, etc.). Aquestes anàlisis també permeten detectar residus derivats de la crema de la fusta utilitzada com a combustible, tal com suggereixen els treballs experimentals (Belarte *et al.* 2023c). En el cas d'haver-se utilitzat fems com a combustible, també es poden detectar amb cromatografia de gasos acoblada a espectrometria de masses, i amb estudis isotòpics (Bull *et al.* 2002).

3. Els protocols de mostreig

3.1. Els passos previs: documentació de les estructures

En el marc del projecte TRANSCOMB s'ha elaborat un protocol específic per a la recollida de mostres tenint en compte els requeriments de cada tècnica analítica. En una situació ideal, les mostres haurien de ser recollides per les persones especialistes que han de realitzar les anàlisis. Això no obstant, els calendaris dels treballs d'excavació poden no coincidir amb els de tot l'equip de persones implicades. A més, la metodologia de mostreig és relativament senzilla i no requereix cap equipament especialitzat, de manera que els diferents equips d'excavació poden realitzar els mostresos sistemàtics i fer arribar les mostres a les persones especialistes o als laboratoris. En aquest article publiquem les indicacions bàsiques que s'han de seguir.

Com a norma general, cal fer prèviament un croquis de l'estructura on situarem les mostres que s'han de recollir. També és convenient fer una fotografia zenital de l'estructura, amb indicació del nord, i, si és possible, dels punts de recollida de les mostres (fig. 1). És convenient, per a cada anàlisi, agafar mostres de diferents punts de l'estructura a fi de detectar si hi ha àrees on es concentren la combustió i l'ús (més termoalteració, concentració de combustible, presència de residus).

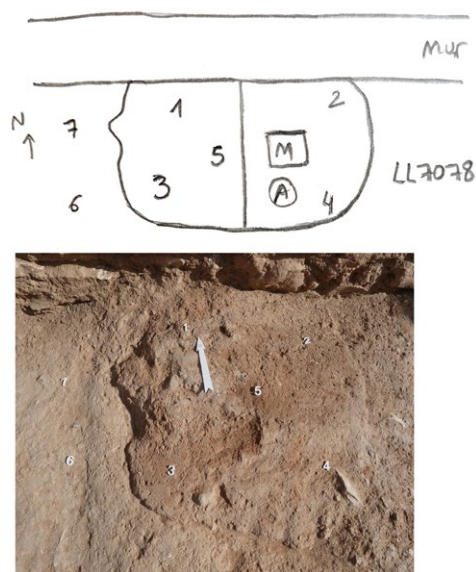


Figura 1. Croquis i foto zenital de la llar LL7078 de Masies de Sant Miquel (Banyeres del Penedès, Baix Penedès). Situació de les mostres recollides: A: mostra de sediment per a anàlisis d'antracologia; M: situació del bloc per a micromorfologia; 1 a 7: Mostres per a anàlisis de fitòlits i microfòssils calcítics, FTIR i residus químics (6 i 7 són mostres de control) (Autoria: Projecte TRANSCOMB).

3.2. Recollida de mostres per a FTIR, fitòlits i anàlisis de residus químics

Per a algunes de les anàlisis s'han de recollir quantitats reduïdes de sediment. És el cas de les anàlisis de FTIR, microrestes i residus. S'agafa ca. 1 g per a FTIR i microfòssils; per a l'anàlisi de residus químics, depèn de la tècnica que s'ha d'aplicar. Si es fan *spot tests*, es pot analitzar menys d'un gram de sediment; si es fa una anàlisi per cromatografia de gasos acoblada a espectrometria de masses, és necessària una quantitat superior de mostra —aproximadament, 2 g de mostra polvoritzada per cada extracció.

El fet que n'hi hagi prou amb petites quantitats de sediment permet que es puguin agafar, de cada punt situat sobre l'estructura, almenys tres mostres, una per a cada una de les tres analítiques. Els protocols de recollida per a totes tres tenen, com veurem, alguns punts en comú, si bé cal considerar algunes recomanacions i precaucions, especialment en el cas de les mostres per a anàlisis químiques (fig. 2 i 3).

Per a l'anàlisi de residus químics, és important comparar els valors dels resultats i considerar la distribució espacial dels residus. Per aquesta raó,



Figura 2. Exemple de recollida de mostres per a FTIR 1) fitòlits i microfòssils calcítics 2) i residus químics 3). Les fotos 1 i 2 corresponen a llars del Camp de les Lloses (Tona, Osona) i la 3, al Castellet de Banyoles (Tivissa, Ribera d'Ebre) (Autoria: Projecte TRANSCOMB).

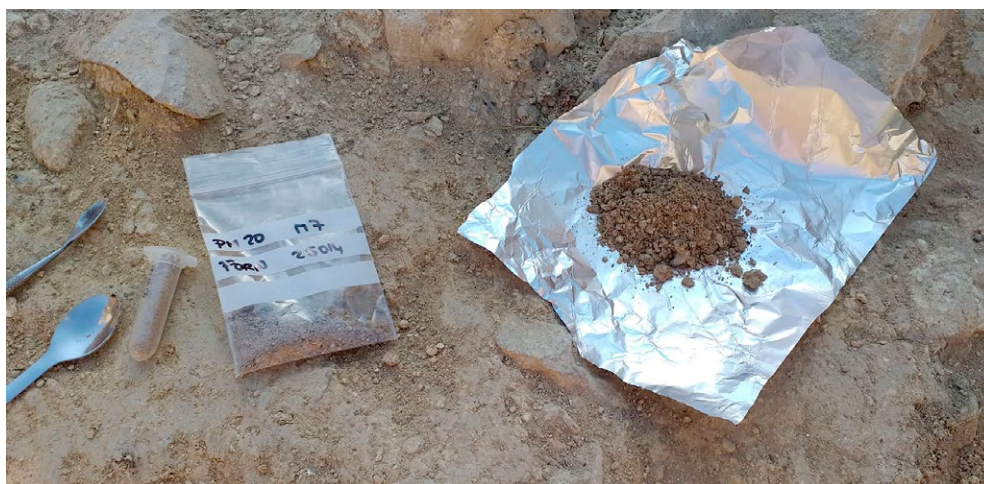


Figura 3. Exemples de mostres ja recollides per a diverses anàlisis: d'esquerra a dreta: per a FTIR, fitòlits i microfòssils calcítics, i per a residus químics (Autoria: Projecte TRANSCOMB).



Figura 4. Exemple de mostreig amb retícula per a anàlisis de residus químics sobre una llar experimental construïda a la ciutadella ibèrica de Calafell (Autoria: Projecte TRANSCOMB).

quan sigui possible, es recomana fer una retícula que cobreixi tota la superfície de la llar i la part externa i recuperar mostres cada 10-15 cm (fig. 4).

Per norma general, com a instrumental, es necessita una petita espàtula o bisturí, que pot ser substituïda per una cullereta de cafè, o fins i tot per un petit paletí. També es poden utilitzar

eines de dentista en el cas del mostreig de sediments més compactes. Sigui com sigui, cal tenir en compte que les superfícies de les soleres poden ser molt dures, i que l'eina ha d'estar prou esmolada i, alhora, ha de ser resistent.

Per a la recollida de mostres de sediment, es recomana l'ús de bosses petites de tanca hermè-

tica o bé microtubs o contenidors estèrils (fig. 2.1 i 2.2). Tant les bosses com els tubs han d'anar etiquetats amb el número de mostra, l'anàlisi per a la qual s'agafa la mostra i altres dades necessàries segons el mostreig, com el número d'estructura, UE, jaciment, data, etc. En el cas de les mostres de química, s'ha d'evitar que estiguin en contacte amb altres materials; així doncs, abans de dipositar-les dins una bosseta de plàstic, s'han d'embolicar amb paper d'alumini per evitar possibles contaminacions. També és necessari recuperar les mostres amb bisturí o una altra eina estèril, que s'ha de netejar abans de cada mostreig, i s'ha d'anar amb compte de no tocar-les amb les mans (fig. 2.3).

En tots els casos, entre un mostreig i el següent cal netejar l'eina utilitzada amb una barreja d'àcid clorhídric, acetona i aigua destil·lada.⁵ De cada un dels punts marcats se'n poden treure les tres mostres per a les tres anàlisis indicades, sense necessitat de netejar les eines (fig. 3). Abans de passar a la mostra de sediment següent, s'ha de procedir a la neteja.

A més de les mostres recollides de diferents punts de l'estructura, s'ha d'agafar sediment de l'exterior (nivell d'ús, paviment) amb finalitats comparatives i com a mostres de control, seguint els mateixos protocols (per exemple, números 6 i 7 de la fig. 1).

3.3. Recollida de mostres per a micromorfologia

En aquest cas, s'ha d'agafar un bloc de sediment orientat i sense que es disgregui. Per a aquest tipus de mostreig ja disposem de diferents protocols (Loaiza *et al.* 2015; Verrecchia i Trombino 2021), però volem especificar i simplificar el procés per a aquests tipus d'estructures. Per començar, el bloc no ha de ser gaire gran, per facilitar-ne la manipulació i l'elaboració de làmines primes al laboratori: amb 8-10 cm de costat és suficient. Convé que compregui tots els nivells estratigràfics de l'estructura.

Aquest mostreig normalment només es fa si es vol excavar l'estructura, ja que produeix una afectació més gran que la resta de mostres. Abans de l'excavació, s'ha de delimitar amb el paletí el lloc d'on es vol agafar la mostra. L'excavació de la llar o forn s'ha d'anar fent d'acord amb el mètode estratigràfic, documentant i descrivint cada nivell (solera, preparació, si n'hi ha, etc.), però deixant el petit testimoni que prèviament s'ha marcat, que serà el bloc que s'extraurà al final (fig. 5.1).

5. Si no és possible disposar d'aquests components, es poden substituir per aigua i sabó o bé per gel hidroalcohòlic.

Abans de l'extracció, i a mesura que es vagi delimitant i excavant al voltant, cal protegir la mostra: es pot fer aplicant-hi benes amb guix (que cal deixar eixugar bé abans de treure la mostra) (fig. 5.2) o bé embolicant el bloc amb film transparent o paper de diari o de cuina i reforçar-lo amb precinte (fig. 5.3). És molt important, sigui quin sigui el mètode d'extracció, indicar quina és la part superior (escrivint-ho tant directament sobre el guix com sobre l'embolcall final de la mostra per al transport): habitualment s'indica amb fletxes als laterals de la mostra, orientades cap a la part superior, i s'utilitza la denominació en anglès *top*, escrita a la part superior.



Figura 5. Extracció de mostres per a micromorfologia. 1) Delimitació del bloc de sediment; 2) Engassat amb guix; 3) Embolicament amb film i precinte. Les fotos 1 i 3 són de llars de Masies de Sant Miquel (Banyeres del Penedès, Baix Penedès) i la foto 2 és de Mas Castellar de Pontós (Alt Empordà) (Autoria: Projecte TRANSCOMB).

3.4. Mostreig per a anàlisis de macrorestes vegetals

Tot i que, en els darrers anys, la recollida de mostres per a anàlisis carpològiques i antracològiques s'acostuma a fer de manera sistemàtica en la majoria de jaciments, hi dedicarem igualment un breu apartat. Moltes de les estructures de combustió estan compostes per capes de terra argilosa de granulometria molt fina, sense vegetals ni altres inclusions, i les superfícies de combustió o soleres apareixen molt netes, sense cendres ni carbons. Això no obstant, és recomanable recollir i flotar

el sediment d'aquestes estructures; si és possible, la totalitat del sediment d'interès, o almenys una mostra representativa del conjunt. Els carbons visibles inferiors als 3 cm no es cullen manualment durant l'excavació: s'han de deixar en el sediment per aplegar-los als garbells o bé mitjançant la flotació (ACBA 2012). El material recollit s'ha de sotmetre posteriorment a garbellament o flotació mitjançant una columna de garbells de diferents mides (4 mm; 2 mm; 1 mm; 0,25 mm). D'aquesta manera, es pot recollir tant material antracològic com material carpològic (Chabal 1997; Buxó i Piqué 2003), entre altres restes biòtiques i abiòtiques.

Tècnica	Quantitat sediment	Recipient recollida	Observacions
Fitòlits i microrestes calcítiques	ca. 1g	Bosses petites amb tanca hermètica o microtubs.	Etiquetatge exterior de bosses i/o microtubs. Neteja de l'eina entre cada presa de mostra.
Espectroscòpia per FTIR	ca. 1g	Bosses petites amb tanca hermètica o microtubs.	Etiquetatge exterior de bosses i/o microtubs. Neteja de l'eina entre cada presa de mostra.
Anàlisi de residus químics	ca. 1g (<i>spot test</i>) ca. 2g (cromatografia)	Mostra dins paper d'alumini, que després s'introdueix en una bosseta amb tanca hermètica.	Etiquetatge exterior de la bosseta que contingui el paquet de paper d'alumini. Netejar eina entre cada presa de mostra i no tocar amb les mans ni plàstic.
Micromorfologia	Bloc que agafi solera i, si pot ser, estrat inferior. <8-10 cm de costat.	Delimitar el bloc. Aplicar benes de guix, film transparent o paper de diari per extreure el bloc.	Indicar l'orientació i la informació directament al bloc.
Macrorestes vegetals (antracologia i carpologia)	Recollir tot el sediment sobre la solera.	Bosses o sacs.	Sediment que s'haurà de flotar o garbellar en columna. Evitar contacte amb les mans i eines per preservar la integritat dels materials carbonitzats en la mesura que sigui possible.

Figura 6. Quadre resum del protocol de recollida de mostres amb les principals recomanacions, segons es descriu en els apartats 3.2 a 3.4. (Autoria: Projecte TRANSCOMB).

3.5. Altres anàlisis sobre estructures de combustió

El ventall d'estudis que es poden fer a partir de les estructures de combustió no es limita a les analítiques descrites en aquest text, però nosaltres ens hem centrat en tot allò que pot propor-

cionar informació sobre la construcció i els usos de les estructures. En els darrers anys també s'està estenent la datació de soleres de llars o forns per arqueomagnetisme i la seva correlació amb el registre paleoambiental (Gómez-Paccard *et al.* 2019). La realització d'aquestes datacions no és incompatible amb els mostrejos que proposem,

però cal tenir en compte que, per a les datacions, és necessari agafar una quantitat important de mostres de la solera, de manera que, si es volen dur a terme, és recomanable haver fet abans el mostreig per als altres estudis, en particular per als de microrestes i bioquímics. A més, així s'evita la contaminació.

3.6. Aspectes addicionals que s'han de tenir en compte

En tots els casos, i per evitar que l'estructura es malmeti, és recomanable fer el mostreig al més aviat possible des del moment en què es descobreix. S'ha d'evitar netejar excessivament damunt la solera de les llars o forns, i s'ha de deixar part del sediment que la cobreix a fi de preservar-la bé. D'aquesta manera, també serà possible recollir les cendres que puguin quedar de l'ús de l'estructura.

Si no es pot fer el mostreig immediatament després de l'excavació, cal protegir la llar o forn dels agents externs (erosius, bioturbació, etc.) cobrint-la amb plàstic (preferentment, antigerminant) i terra.

Finalment, podria ser útil enviar a les persones especialistes, a més de les mostres (degudament etiquetades), altres informacions de context (notes de camp de la recollida de mostres, descripcions, fotografies, croquis). Amb tota la informació, un cop processades les mostres en els laboratoris corresponents, es podran integrar i contrastar les dades per interpretar amb més fiabilitat l'estructura de combustió en estudi. A la figura 6 es recullen les principals recomanacions que hem descrit a l'apartat 3.

4. Consideracions finals

La recerca interdisciplinària sobre estructures de combustió realitzada fins ara ha permès obtenir informació sobre diversos aspectes (Belarte *et al.* 2023a; 2023c). En primer lloc, la comparació entre les observacions macroscòpiques realitzades durant l'excavació i els resultats de l'anàlisi micromorfològica permet obtenir informació sobre la tècnica de construcció i els materials utilitzats, i facilita la distinció, especialment quan les llars no tenen preparació, entre focs ocasionals fets sobre el paviment i estructures construïdes amb una superfície de combustió clarament diferent del nivell d'ús, així com diferents refaccions i moments d'ús de la llar. Alhora, la combinació de les anàlisis FTIR, la micromorfològia i l'estudi dels fitòlits i microfòssils calcítics a alta resolució, a través d'una anàlisi microcontextual, permet complementar la informació sobre els components d'origen orgànic i inorgànic seleccionats en aquests processos de construcció, la deposició natural de

sediments, l'alteració tèrmica i la presència de cendra (Rodríguez i Cabanes 2017; Belarte *et al.* 2023c). Tot plegat ha de fer possible plantejar hipòtesis sobre la durada de l'ús de les instal·lacions de combustió, la gestió de recursos energètics i la funció dels espais on estaven situades.

Els resultats de l'aplicació d'aquesta metodologia en el marc del nostre projecte ens han proporcionat algunes informacions interessants sobre les estructures de combustió. Per exemple, pel que fa a les temperatures que s'hi obtenien: les anàlisis de FTIR suggereixen que algunes de les estructures podrien haver assolit temperatures pròximes als 500 °C, cosa que sembla corroborada per la micromorfològia, especialment a partir de l'observació de superfícies vermelloses i endurides o la presència de cendra i carbó. Així mateix, els registres macrobotànics i microfòssils ens han permès identificar restes de combustibles, que inclouen, majoritàriament, pi i alzina, així com plantes herbàcies, a més de fulles de margalló, possiblement derivats d'estores, cistelleria i/o construcció i descartats deliberadament o cremats accidentalment, tot i que també podrien haver estat introduïts junt amb els materials de combustible llenyosos. Quant a l'anàlisi de residus químics, els resultats dels treballs d'arqueologia experimental suggereixen que el tipus de residus químics en els sòls de les llars podria no només dependre de l'ús de llars per cuinar, il·luminar o escalfar, sinó també del combustible utilitzat i de les matèries primeres amb què s'haurien construït les llars (Belarte *et al.* 2023c).

Els primers resultats revelen l'interès que aquestes anàlisis interdisciplinàries tinguin continuïtat, així com la importància de la interrelació entre els equips d'excavació i els diferents especialistes amb vista a augmentar la fiabilitat en la reconstrucció dels usos i les funcions de les estructures de combustió protohistòriques, les quals ens ajuden a interpretar els espais domèstics tant d'aquest període com d'altres cronologies.

Agraïments

El projecte TRANSCOMB compta amb el suport del Ministeri de Ciència i Innovació (PID2019-104661GB-I00 i PID2022-137999NB-I00), l'AGAUR (2017 SGR 970 i 2021 SGR 00790), la Ciutadella Ibèrica de Calafell i l'Institut Català d'Arqueologia Clàssica.

La participació d'Alessandra Pecci s'emmarca dins la recerca de l'ERAAUB (2021 SGR 00696), l'IAUB i l'NSA-UB (María de Maeztu CEX2021-001234-M). Marta Mateu compta amb el suport del programa postdoctoral Beatriu de Pinós del Departament de Recerca i Universitats de la Generalitat de Catalunya (2021BP00103). Valentina

Pescini és beneficiària d'un contracte Ramón y Cajal júnior (RYC2021-034621-I).

Agraïm la col·laboració dels següents grups de recerca, institucions o empreses d'arqueologia, sense la qual no hauria estat possible mostrejar i analitzar les estructures de combustió: equip de recerca PROMAC-GRACPE de la Universitat de Barcelona (jaciments de Masies de Sant Miquel, Castellet de Banyoles de Tivissa, Vilar de Valls i Mas Castellar de Pontós); Museu d'Arqueologia de Catalunya (jaciments d'Empúries, Pontós i Ullastret); Diputació de Castelló (Tossal de la Vila i Puig de la Misericòrdia); Museu d'Arqueologia de l'Esquerda (jaciment de l'Esquerda); Museu del Camp de les Lloses (jaciment Camp de les Lloses); Grup d'Investigacions Prehistòriques de la Universitat de Lleida (Gebut), i cooperativa ArqueoVitis (Mota de Sant Pere). Així mateix, expresseu el nostre agraïment a la Ciutadella Ibèrica de Calafell, on hem realitzat els treballs d'arqueologia experimental.

Maria Carme Belarte

ICREA (Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats),
IEC (Institut d'Estudis Catalans)
i ICAC (Institut Català d'Arqueologia Clàssica)
Plaça del Rovellat, s/n.
43003 Tarragona
Grup de Recerca MIRMED-GIAC (2021 SGR 00790)
cbelarte@icac.cat
ORCID: 0000-0002-2293-0482

Marta Portillo

Consell Superior d'Investigacions Científiques,
Institució Milà i Fontanals de Recerca
en Humanitats (IMF-CSIC), Arqueologia
de les Dinàmiques (2021 SGR 00501)
C/ de les Egipcíiques, 15
08001, Barcelona
mportillo@imf.csic.es
ORCID: 0000-0002-2703-031X

Marta Mateu

ICAC (Institut Català d'Arqueologia Clàssica)
Plaça del Rovellat, s/n.
43003, Tarragona
mmateu@icac.cat
ORCID: 0000-0002-2978-7201

Carme Saorin

Universitat de Barcelona
GRAP (Grup de Recerca en Arqueologia Protohistòrica)
PGC2018-099579-B-I00
IAUB (Institut d'Arqueologia
de la Universitat de Barcelona)
csaorin@ub.edu
ORCID: 0000-0002-4524-2818.

Valentina Pescini

ICAC (Institut Català d'Arqueologia Clàssica)
Plaça del Rovellat, s/n.
43003, Tarragona
vpescini@icac.cat
ORCID: 0000-0001-7008-6178

Alessandra Pecci

ERAAUB, Departament d'Història i Arqueologia
INSA-UB, IAUB
(Universitat de Barcelona)
Barcelona
alessandrapecci@ub.edu
ORCID: 0000-0001-9649-1112

Sílvia Vila

Universitat de Lleida
svila10@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4858-7790

Data de recepció: 26/07/2023
Data d'acceptació: 18/09/2023

Bibliografia

- ABAD CASAL, L., I SALA SELLÉS, F. (1993). *El poblado ibérico de El Oral (San Fulgencio, Alicante)*, sèrie "Trabajos Varios del Servicio de Investigación Prehistórica" 90, Museu de Prehistòria de València. Diputació de València. València.
- ALDEIAS, V.; DIBBLE, H. L.; SANDGATHE, D.; GOLDBERG, P.; MCPHERRON, S. J. P. (2016). How heat alters underlying deposits and implications for archaeological fire features: a controlled experiment. *J. Archaeol. Sci.*, 67: 64-79. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2016.01.016>.
- ACBA (Associació Catalana de Bioarqueologia) (2012). Protocol de mostreig de restes bioarqueològiques. *Tribuna d'Arqueologia* 2010-2011: 101-113.
- BALBO, A.; CABANES, D.; GARCÍA-GRANERO, J. J.; BONET, A.; AJITHPRASAD, P.; TERRADAS, X. (2015). A microarchaeological approach for the study of pits. *Environmental Archaeology*, 20 (4): 390-405 DOI: 10.1179/1749631414Y.0000000044.
- BARBA, L. (2007). Chemical Residues in Lime-Plastered Archaeological Floors. *Geoarchaeology*, 22(4): 439-452. <https://doi.org/10.1002/gea.20160>.
- BARBA, L.; RODRÍGUEZ, R.; CÓRDOBA, J. L. (1991). *Manual de técnicas microquímicas de campo para la arqueología*. UNAM. México.
- BELARTE, M. C. (2021). Forme, fonction et signification des foyers dans la culture ibérique (600-200 av. J.-C.). A: LAMAZE, J., I BASTIDE, M. (eds.). *Around the Hearth. Ritual and commensal practices in the Mediterranean Iron Age from the Aegean world to the Iberian Peninsula*. De Gruyter. Berlin: 255-275.
- BELARTE, M. C.; PASTOR, M.; PORTILLO, M.; SAORIN, C.; MATEU, M.; PECCI, A.; VILA, S.; POU, J.; CASTELLS, G.; MORER, J.; FERNÁNDEZ, J. (2022). Experimental archaeology of Iron Age firing structures from the Western Mediterranean. *EXARC Journal* 2022/2. <https://exarc.net/ark:/88735/10640>.
- BELARTE, M. C.; PORTILLO, M.; MATEU, M.; SAORIN, C.; PASTOR, M.; VILA, S.; PESCHINI, V. (2023a). An interdisciplinary approach to the combustion structures of the Western Mediterranean Iron Age. The first results. Special Issue *Firing installations in Mediterranean Late Prehistory: multidisciplinary approaches to their uses and functions*. *J Archaeol Sci Rep.* 47, 103803. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2022.103803>.
- BELARTE, M. C.; MOLIST, M.; PORTILLO, M.; MATEU, M. (ed.) (2023b). Editorial - Special Issue. Fire installations in Mediterranean Late Prehistory: multidisciplinary approaches to their uses and functions. *J Archaeol Sci Rep* 49, 104057. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2023.104057>.
- BELARTE, M. C.; PASTOR, M.; MATEU, M.; PORTILLO, M.; SAORIN, C.; PECCI, A.; VILA, S.; GOMAR, A. (2023c). Iron Age combustion structures in the north-eastern Iberian Peninsula: an interdisciplinary experimental study. *Archaeological and Anthropological Sciences* 15: 76 <https://doi.org/10.1007/s12520-023-01772-x>.
- BERNA, F.; BEHAR, A.; SHAHACK-GROSS, R.; BERG, J.; BOARETTO, E.; GILBOA, A.; SHARON, I.; SHALEV, S.; SHILSTEIN, S.; YAHALOM-MACK, N.; ZORN, J. R.; WEINER, S. (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.
- BROCHIER, J. E.; THINON, M. (2003). Calcite crystals, starch grains aggregates or... POCC? Comment on 'calcite crystals inside archaeological plant tissues'. *J Archaeol Sci* 30: 1211-1214.
- BROCHIER, J. E.; VILLA, P.; GIACOMARRA, M.; TAGLIACCOZZO, A. (1992). Shepherds and sediments: geo-ethnoarchaeology of pastoral sites. *J Anthrop Archaeol* 11: 47-102.
- BULL, I. A., LOCKHEART, M. L., ELHMMALI, M. M., ROBERTS, D. J., EVERSHED, R. P. (2002). The origin of faeces by means of biomarker detection. *Environment International* 27, 8: 647-654.
- BUXÓ, R., I PIQUÉ, R. (dir.) (2003). *La recogida de muestras en arqueobotánica: objetivos y propuestas metodológicas*. Encuentro del Grupo de Trabajo de Arqueobotánica en la Península Ibérica. Barcelona/Bellaterra, 29, 30 novembre i 1 desembre 2000. Museu d'Arqueologia de Catalunya. Barcelona.
- CAMMAS, C. (2018). Micromorphology of earth building materials: Toward the reconstruction of former technological processes (Protohistoric and Historic Periods). *Quaternary International*, 483: 160-179. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.01.031>.
- CANTI, M. G. (1999). The production and preservation of faecal spherulites: Animals, environment and taphonomy. *J Archaeol Sci* 26: 251-258.

- CHABAL, L. (1997). *Forêts et sociétés en Languedoc (Néolithique Final Antiquité Tardive). L'Anthracologie, méthode et paléoécologie* (Documents d'Archéologie Française 63). Maison des Sciences de l'Homme. Paris.
- CHABAL, L.; FABRE, L.; TERRAL J.-F.; THÉRY-PARISOT, I. (1999). L'Anthracologie. A: FERDIÈRE, A. (dir.). *La Botanique*. Ed. Errance, Paris: 43-104.
- CHARTERS, S.; EVERSLED, R. P.; GOAD, L. J.; LEYDEN, A.; BLINKHORN, P. W.; DENHAM, V. (1993). Quantification and distribution of lipid in archaeological ceramics: implications for sampling potsherds for organic residue analysis and the classification of vessel use. *Archaeometry*, 35: 211-223.
- CHAZELLES, Cl.-A. de (1999). L'architecture en terre. A: MARTÍN, A.; BUXÓ, R.; LÓPEZ, J.; MATARÓ, M. (eds.). *Excavacions arqueològiques a l'Illa d'en Reixac (1987-1992)*, Monografies d'Ullastret, 1, Girona: 79-95.
- CLARK, N., i YUSOFF, K. (2014). Combustion and society: A fire-centred history of energy use. *Theory Cult. Soc.* 31: 203-226. <https://doi.org/10.1177/026327641453692>.
- DI PASQUALE, G. (2011). *Che cos'è l'archeobotanica*. Carocci Editore. Roma.
- EVERSLED, R. (2008). Organic Residues in Archaeology: The Archaeological Biomarker Revolution. *Archaeometry*, 50(6): 895-924.
- FRIESEM, D.; WATTEZ, J.; ONFRAY, M. (2017). Earth construction materials. A: NICOSIA, C., i STOOPS, G. (eds.) *Archaeological soil and sediment micromorphology*. Wiley. Hoboken: 99-110.
- GÓMEZ-PACCARD, M.; RIVERO-MONTERO, M.; CHAUVIN, A.; GARCIA RUBERT, D. (2019). Revisiting the chronology of the Early Iron Age in the north-eastern Iberian Peninsula. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 11 (B3). <https://doi.org/10.1007/s12520-019-00812-9>.
- GUR-ARIEH, S.; MINTZ, E.; BOARETTO, E.; SHAHACK-GROSS, R. (2013). An ethno-archaeological study of cooking installations in rural Uzbekistan: development of a new method for identification of fuel sources. *J Archaeol Sci*, 40: 4331-4347. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.06.001>.
- LOAIZA, J. C.; STOOPS, G.; POCH, R. M.; CASAMITJANA, M. (eds.) (2015). *Manual de micromorfologia de suelos y técnicas complementarias*. Fondo Editorial Pascual Bravo. Medellín.
- MALLOL, C. (2015). Capítulo 10. Aplicaciones a la geoarqueología. A: LOAIZA, L. C.; STOOPS, G.; POCH, R. M.; CASAMITJANA, M. (eds.). *Manual de micromorfología de suelos y técnicas complementarias*. Fondo Editorial Pascual Bravo. Medellín: 321-352.
- MALLOL, C., i BERTRAN, P. (2010). Geoarchaeology and Taphonomy. *Quaternary International*, 214: 1-2.
- MALLOL, C.; HERNÁNDEZ, C.; CABANES, D.; MACHADO, J.; SISTIAGA, A.; PÉREZ, L.; GALVÁN, B. (2013). Human Actions on Simple Combustion Structures: An Experimental Approach to Middle Palaeolithic Fire. *Quaternary International*, 315: 3-15.
- MALLOL, C.; MENTZER, S. M.; MILLER, C. E. (2017). Combustion features. A: NICOSIA, C., i STOOPS, G. (eds.). *Archaeological soil and sediment micromorphology*. Wiley, Hoboken: 299-330. <https://doi.org/10.1002/9781118941065.ch31>.
- MARCH, R. J. (2023). Reconstruction of control and application of thermal energy process and its technical, social, symbolic and palaeoenvironmental consequences. Special Issue *Firing installations in Mediterranean Late Prehistory: multidisciplinary approaches to their uses and functions*. *J Archaeol Sci Rep*, 48: 103828.
- MARCH, R. J.; LUCQUIN, A.; JOLY, D.; FERRERI, J. C.; MUHIEDDINE, M. (2012). Processes of formation and alteration of archaeological fire structures: complexity viewed in the light of experimental approaches. *J. Archaeol. Method Theory*. <https://doi.org/10.1007/s10816-012-9134-7>.
- MARCH, R., i WÜNSCH, G. (2003). Loupes et lentilles obscures: A propos de la fonction des structures de combustion. A: FRÈRE-SAUTOT, M.-Ch. (dir.). *Le feu domestique et ses structures au Néolithique et aux Âges des métaux. Actes du Colloque de Bourgen-resse et Beaune, 7-8 octobre 2000*. Éditions Monique Mergoïl. Montagnac: 311- 318.
- MARGARITIS, E.; OIKONOMOU, A.; NIKITA, E.; REHREN, Th. (eds.) (2023). *Field Sampling for Laboratory Analysis in Archaeology*. The Cyprus Institute. Nicosia.
- MATEU, M. (2016). *Estudi de la terra crua durant la primera edat del ferro al nord-est de la península Ibèrica des de les perspectives micromorfològica i tipològica. Els materials del jaciment de Sant Jaume (Alcanar, Montsià)*. Tesi doctoral. Universitat de Barcelona. Barcelona. <http://hdl.handle.net/10803/397708>.

- MATEU, M., I DANEELS, A. (2020). La micromorfologia aplicada al estudio del patrimonio construido en tierra. *Gremium. Revista de Restauración Arquitectónica*, 7 (NE 2): 10-23.
- MATTHEWS, W. (2016). Humans and fire: changing relations in early agricultural and built environments in the Zagros, Iran, Iraq. *Anthr. Rev.* 3 (2): 107-139. <https://doi.org/10.1177/2053019616636134>.
- PEARSALL, D. M. (2015). *Paleoethnobotany. A Handbook of Procedures* (3a ed.). Routledge. New York.
- PECCI, A. (2009). Analisi chimiche delle superfici pavimentali: un contributo all'interpretazione funzionale degli spazi archeologici. A: VOLPE, G., I FAVIA, P. (ed.). *V Congresso Nazionale di Archeologia Medievale*. Borgo S. Lorenzo: 105-110.
- PECCI, A. (2021). Análisis de residuos químicos en materiales arqueológicos: marcadores de actividades antrópicas en el pasado. *Pyrenae*, 52 1: 7-54.
- PECCI, A.; BARBA, L.; ORTIZ, A. (2017). Chemical residues as anthropic activity markers. *Ethnoarchaeology, Experimental Archaeology and Archaeology of food production and consumption. Environ Archaeol*, 22 (4): 343-353. <https://doi.org/10.1080/14614103.2017.1359354>.
- PORTILLO, M., BELARTE, M. C.; RAMON, J.; KALLALA, N.; SANMARTÍ, J.; ALBERT, R. M. (2017). An ethnoarchaeological study of livestock dung fuels from cooking installations in northern Tunisia. *Quaternary International*, 431: 131-144.
- PORTILLO, M., I GARCÍA-SUÁREZ, A. (2021). Disentangling Human-Plant-Animal Dynamics at the Microscale: Geo-Ethnoarchaeological Case Studies from North Africa and the Near East. *Applied Sciences*, 11(17): 8143. <https://doi.org/10.3390/app11178143>.
- PONS E.; MOLIST, M.; BUXÓ, R. (1994). Les estructures de combustió i d'emmagatzematge durant la protohistòria en els assentaments de la Catalunya litoral. *Cota Zero*, 10: 49-59.
- RODRÍGUEZ, A., I CABANES, D. (2017). Phytolith and FTIR studies applied to combustion structures: the case of the Middle Palaeolithic site of El Salt (Alcoy, Alicante). *Quat. Int.* 441 A: 16-26.
- ROUX, J.-C., I RAUX, S. (1996). Les foyers domestiques dans l'habitat lattois du Ile Age du fer (IV^e-I^{er} s. av. n. è.). *Lattara*, 9. Urbanisme et architecture dans la ville antique de Lattes. Éditions de l'ARALO. Lattes: 401-432.
- SHAHACK-GROSS, R. (2017). Archaeological formation theory and geoarchaeology: State-of-the-art in 2016. *Journal of Archaeological Science*, 79: 36-43.
- SHAHACK-GROSS, R. (2018). Fire and society in the eastern Mediterranean. A diachronic view. A: YASUR-LANDAU, A.; CLINE, E.; ROWAN, Y. (eds.) *The Social Archaeology of the Levant From Prehistory to the Present*. Cambridge University Press. Cambridge: 86-97.
- VERRECCHIA, E. P., I TROMBINO, L. (2021). *A Visual Atlas for Soil Micromorphologists*. Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-67806-7>.
- WATTEZ, J., I COURTY, M. A. (1987). Morphology of ash of some plant remains. A: FÉDOROFF, N.; BRESSON, L. M.; COURTY, M. A. (eds). *Micromorphologie des sols - Soil Micromorphology*. Association Française pour l'Étude du Sol. Plaisir: 677-682.
- WEINER, S. (2010). *Microarchaeology. Beyond the Visible Archaeological Record*. Cambridge University Press. Cambridge.