

# QUADERNS DE PREHISTÒRIA I ARQUEOLOGIA DE CASTELLÓ

VOLUM 40



Servei d'Investigacions Arqueològiques i Prehistòriques

2022

Publicació periòdica anual del Servei d'Investigacions Arqueològiques i Prehistòriques (SIAP)  
S'intercanvia amb altres publicacions semblants d'Arqueologia, Prehistòria i Història Antiga

Periodic publication of the Archaeological and Prehistoric Research Service.  
It interchanges with others similar publications of Archaeology, Prehistory and Ancient History

**Edita**

SIAP (Servei d'Investigacions Arqueològiques i Prehistòriques)

**Servei de Publicacions**

Diputació de Castelló

**Director**

Arturo Oliver Foix

**Secretariat de redacció**

Gustau Aguilera Arzo

**Consell de redacció**

Empar Barrachina Ibáñez

Ferran Falomir Granell

Josep Casabó Bernad

Dídac Roman Monroig

**Administració**

Amparo Pellicer

**Informació i intercanvi (information & interchange)**

Servei d'Investigacions Arqueològiques i Prehistòriques

Diputació de Castelló

Avgda. Germans Bou, 28 (Edifici Museu)

E-12003 Castelló de la Plana

arqueologia@dipcas.es

**Repositoris digitals**

repositori.uji.es

dialnet.unirioja.es

**Disseny coberta**

Antonio Bernat Callao

**Imprimeix**

Servei Gràfic i Digital

Diputació de Castelló

**ISSN**

1137.0793

**Dipòsit legal**

CS 170-95

# ÍNDICE

|  |     |
|--|-----|
| J. PASCUAL, A. RIBERA. Més materials neolítics, sense context, de la Cova de la Sarsa .....  | 5   |
| G. AGUILELLA, J.M. VILA, I. MONTERO, P. MEDINA, S. DE HARO, D. ROMÁN. Las primeras etapas de la Edad del Bronce en las comarcas septentrionales valencianas: el asentamiento de Santa Llúcia (Alcalà de Xivert, Castellón) ..... | 21  |
| A. MACIÁN, F. ARASA. Las cerámicas griegas de la necrópolis de La Punta (La Vall d'Uixó, Castellón) procedentes de la excavación inédita de 1974 .....   | 65  |
| V.D. CRESPO, J. BENEDITO, J.M. MELCHOR. Registro faunístico del yacimiento iberorromano de Torre d'Onda, Burriana (Castellón, España) .....  | 77  |
| A. BARRACHINA, P. MEDINA, R. MATEU, S. DE HARO, J. MOGOLLÓN, R. SEVA. El forn de reducció de ferro i el taller de l'assentament ibèric del Castillejo (Benafer, Castelló) .....  | 89  |
| M.M. FUENTES, L. LOZANO. Reexcavando Rochina (Sot de Ferrer, Castellón). Intervenciones 2018 y 2019.....   | 131 |
| O. CALDÉS. Un conjunto monetario bajoimperial de Almenara en los fondos del Museu de Belles Arts de Castelló .....   | 155 |
| A. FERNÁNDEZ. Sobre una figurita de terracota de Torre la Sal (Ribera de Cabanes, Castellón) .....   | 181 |
| P. GARCÍA, M. VALLS, J. PALMER. Tipología y petrografía de la cerámica cristiana de pasta gris del Castell Vell de Castelló de la Plana .....  | 195 |
| S. SELMA, L. LOZANO. Intervencions en l'antic hospital d'Orpesa i recuperació d'un tram de la muralla del segle XVII .....   | 217 |
| S. BROTO, D. MEDIEL. Paisaje sonoro de Castellón: cerámica y música desde la Protohistoria hasta la Edad Media.....  | 231 |
| D. ROMAN. L'ús de la llengua catalana a les revistes d'arqueologia dels Països Catalans (periode 2007-2020) .....  | 239 |
| Resum de les activitats del Servei d'Investigacions Arqueològiques i Prehistòriques de l'any 2022 .....  | 251 |
| Normas de colaboración.....  | 259 |

# El taller de forja de l'assentament ibèric de El Castillejo (Benafer, Castelló)

Amparo Barrachina Ibáñez\*  
Pablo Medina Gil\*\*  
Raül Mateu Pitarch\*\*\*  
Sonia de Haro Pozo\*\*\*\*  
Jessica Mogollón Montaña\*\*\*\*\*  
Romualdo Seva Román\*\*\*\*\*

## Resum

En aquest treball s'analitza des d'una perspectiva multidisciplinària el taller metal·lúrgic excavat en el jaciment ibèric de El Castillejo. En ell s'ha dut a terme una tasca d'investigació fonamentada en estudis arqueomètrics, antracològics i ceramològics, els quals ens han permès dur a terme una aproximació molt detallada a les activitats desenvolupades en el mateix. Per tot això, els resultats ens permeten parlar d'una àrea productiva en la qual es duien a terme treballs de forja de ferro enquadrats cronològicament entre la segona meitat del segle IV i la primera del III ANE.

**Paraules clau:** Arqueometria, antracologia, ceramologia, Cultura ibèrica, Arqueologia ibèrica, forn, forja, metal·lúrgia.

## Abstract

This article examines the metallurgical workshop excavated on the Iberian site of El Castillejo from a multidisciplinary perspective. This study has carried out a research task based on archeometric, anthracological and ceramological studies, which have allowed us to bring a very detailed approach to the activities developed in it. As a result, we can talk about a productive area of iron forging that can be chronologically framed between the second half of the 4th century and the first half of the 3rd ANE.

**Keywords:** Archaeometry, anthracology, pottery studies, Iberian culture, Iberian archaeology, furnace, forge, metallurgy.

## INTRODUCCIÓ

El jaciment de El Castillejo es troba en el terme municipal de Benafer. Aquest municipi es localitza en la Comarca de l'Alt Palància, al SO de la província de Castelló, a una altura mitjana de 587 metres sobre el nivell del mar i situada entre el riu Palància i les serres d'Espina-Espadà, en la

subunitat geogràfica de la cubeta Jérica-Viver. El perímetre del seu terme municipal és xicotet (17 km<sup>2</sup>) i irregular, afrontant amb els termes de Caudiel a l'E, Jérica i Viver al S i Pina de Montalgrao al N (Fig. 1).

Les primeres referències al jaciment les trobem en els anys 70, en l'entrada de Benafer de la Gran Enciclopèdia de la Regió Valenciana (Pla,

\* Servei d'Investigacions Arqueològiques i Prehistòriques. Diputació de Castelló. Museu de Belles Arts de Castelló. Av. Germans Bou, 28. 12003, Castelló <abarrachina@dipc.as>

\*\* Doctorand Universitat Rovira i Virgili. Institut Català d'Arqueologia Clàssica. Grup Investigació Arqueologia del Paisatge (GIAP) - Universitat de València <medinagilpablo@gmail.com>

\*\*\* Doctorand - Universitat d'Alacant / Arqueòleg autònom <mateupitarch@gmail.com>

\*\*\*\* Arqueòloga/Antracòloga <sonideharo@gmail.com>

\*\*\*\*\* Arqueòloga professional <jessicamogo@gmail.com>

\*\*\*\*\* Director Unitat d'Arqueometria - SSTTI / Universitat d'Alacant <romualdo.seva@ua.es>

1977:114) on es nomena El Castillejo juntament amb pròxim jaciment de San Roque, també en el terme de Benafer (Gil-Mascarell, 1971: 171). Dues dècades després trobem algunes referències més àmplies en els estudis de Ramón Járrega dedicats a la romanització de l'Alt Palància (1998: 352; 2000: 53-54) i en un altre posterior en el qual tracta la via de comunicació Saguntum-Caesaraugusta al seu trànsit per la vall del Palància (Járrega, 2001: 50-51). En ambdós treballs El Castillejo es descriu com un jaciment d'origen iber amb una fortificació de possible època romanorepublicana que es vincula a la consolidació del citat camí i secundant-se en la troballa d'un fragment d'àmfora itàlica en les proximitats del jaciment.

Els treballs desenvolupats pel SIAP s'iniciaren l'any 2009 i consistiren en el desbrossat de la superfície després de l'adquisició d'una gran porció dels terrenys per part de l'ajuntament. Aquesta primera intervenció va permetre veure l'extensió que abasta el jaciment (Fig. 5), així com la poliorcètica que mostren les dues torres situades en la part N. Malgrat tot, no va ser fins a 2017 quan s'iniciaren els treballs d'excavació al costat de la torre situada a l'O (Torre Oest). Aquesta intervenció es projectà amb la finalitat d'obtindre una estratigrafia i seriació cronològica de la seua construcció. Com a resultats les excavacions van permetre documentar diverses etapes que podem resumir *grosso modo* en una més antiga caracteritzada per activitats de tipus domèstic i artesanal, i una altra més recent marcada per la poliorcètica de les seues construccions.

En aquest treball volem presentar el resultat de l'excavació de l'estança E1, concretament de la fase II, on vam documentar vestigis d'activitat metal·lúrgica i entre els quals destaca un forn de reducció de ferro amb restes *in situ* d'escòries i carbons corresponents a l'últim moment d'activitat.

## CONTEXT GEOGRÀFIC I ARQUEOLÒGIC

La Vall del Palància, amb una conca hidrogràfica de 976 km<sup>2</sup> d'extensió, està conformada per un sinclinal terciari encaixat entre les serres d'Espadà al N i Calderona al S. Al mateix temps aquesta es disposa seguint direcció NO-SE des de la serra de El Toro i discorre durant 90 km fins a la desembocadura a Sagunt. Malgrat que la seua geografia no és gaire homogènia, aquesta es caracteritza per un paisatge esquenut en les zones més pròximes al llit del riu una vegada sortejat el seu encaixament en el tram més alt, una vegada superats aquests trams el riu manté certa amplitud en les seues riberes, la qual va augmentant al llarg del seu recorregut fins a la mar. Les llomes riberenques van elevat la seua

altura cap als vorells muntanyencs que la delimiten (Calderona-Espadà) i queden tancats pel N pels relleus de la serra d'El Toro i la d'Espina. Aquestes formen el vorell oriental de l'altiplà terolenc que s'estén pels plans d'El Toro, Barracas i Pina.

D'altra banda, la comarca de l'Alt Palància engloba tant el curs superior (El Toro-Navajas) com el mitjà (Navajas-Sot de Ferrer), dues subunitats geogràfiques separades per l'embassament del Regajo i el port muntanyenc del Collado Rollo de Jérica, amb diferències climàtiques que generen paisatges agraris distints (Boira *et al.*, 1995: 41-42). La subunitat situada més al N es configura com una depressió rodejada de les altures que tanquen la vall pel N, E i O, al SO per la població de Sacañet i pel NE els municipis d'Higueras i Pavías, tots ells situats al peu de mont. A l'interior d'aquesta subunitat se situen les poblacions de Viver i Jérica, on es concentren les millors terres de conreu sobre les fèrtils vegues del Palància, i també les de Caudiel i Benafer, creuades per diversos barrancs afluent del Palància.

El jaciment se situa en el costat E de la depressió on s'ubiquen Benafer i Caudiel. Una àmplia plana solcada de barrancs que descendeixen des de la Serra de Cerdanya, d'Espina i dels contraforts meridionals d'Espadán (Barranco de la Fuensanta, Barranco de Juesar... entre altres), en la qual destaquen algunes llomes i són nombrosos els brolladors. Aquesta depressió se situa a una altura mitjana de 600 msnm, el relleu adquireix majors altures cap a la part N, aconseguint els 1155 msnm en El Alto de las Palomas o els 1192 en El Alto de Cerdanya. Tots aquests barrancs alimenten el curs del Palància, unint-se a ell actualment en el Pantà del Regajo.

Dins d'eixe espai, El Castillejo (Fig. 2) ocupa una posició perifèrica que queda emmarcada a l'O per una sèrie de relleus de poca altura que el separen del riu Palància i de la cubeta del Jérica-Viver, però amb una gran visibilitat sobre la resta del paisatge. Pel que respecta a la seua orografia, aquest s'ubica en la part alta d'una lloma de poca alçada sobre el terreny circumdant (50 metres de desnivell màxim) i situada al N del nucli urbà de Benafer (Fig. 3). Pel N i S presenta un pendent pronunciat i molt escarpat per l'E, vessant que recau sobre el barranc de la Fuensanta. Mentrestant, per l'O, es pot accedir amb molta facilitat per un suau desnivell pel qual transcorre el camí Ral d'Aragó (Fig. 4). Gràcies a aquesta situació, des del jaciment es pot observar una àmplia panoràmica de la vessant S de la serra d'Espadà i de la serra d'Espina amb els seus passos cap a l'Alt Millars (Puerto d'Arenilla) i les planes de Barracas (Cuestas del Ragudo), a més dels passos que condueixen cap a la Serra d'Espadà.

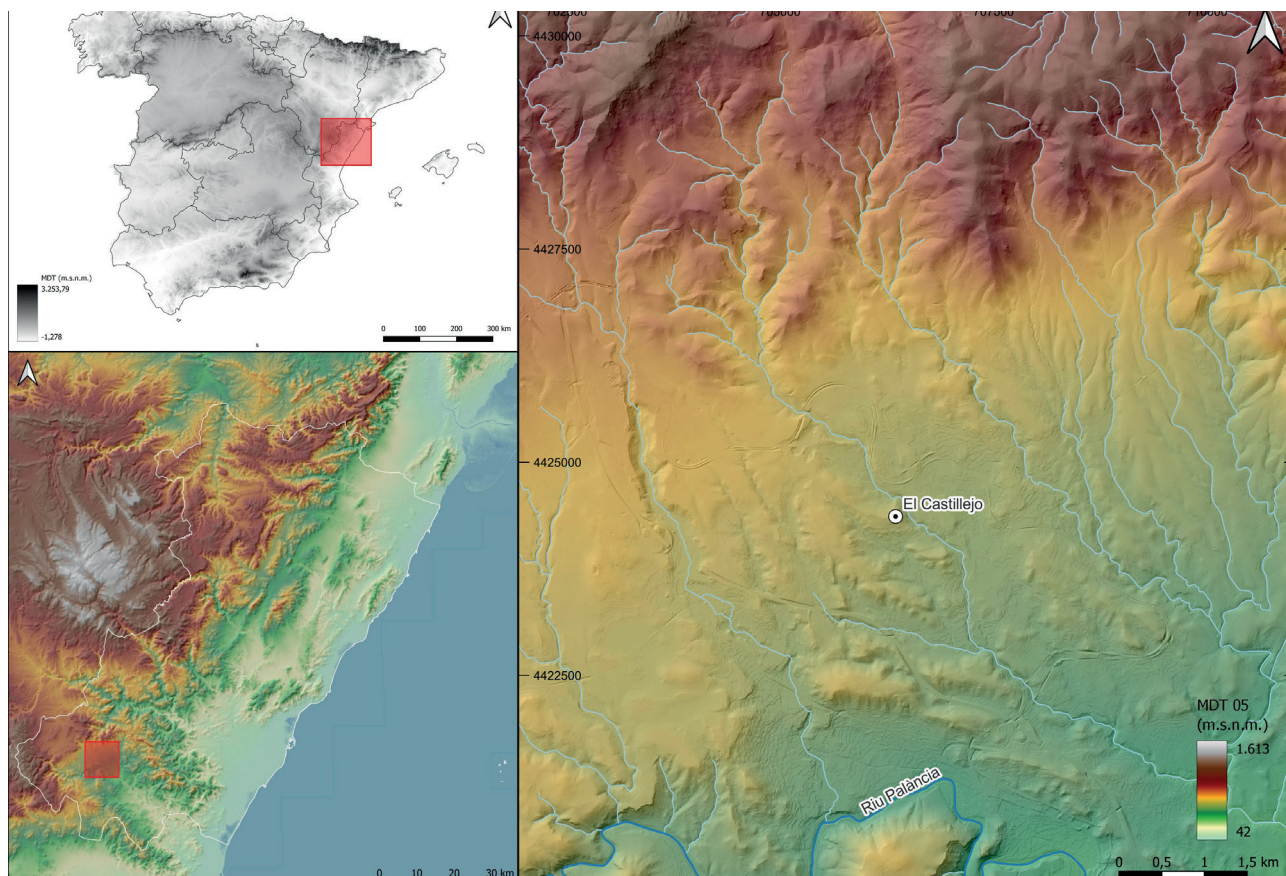


Figura 1. Mapes d'ubicació del jaciment de El Castillo de Benafér.



Figura 2. Vista general del jaciment des del S on s'observa la linea de la muralla NE.



Figura 3. Vista general de la foia de Caudiel-Benafer des de el jaciment de El Castillojo. A la dreta de la imatge es veu la Sierra de Espadan. A l'esquerra la Sierra de Cerdaña. En el centre el pas cap al Alto Mijares i la Sierra de Espina.



Figura 4. Vista zenital de El Castillojo i de Sant Roque. Foto presa amb dron des del N.

L'estructura de El Castillejo presenta forma quadrada amb una superfície de 0,41 ha, calculada a partir de les restes visibles i delimitant l'àrea intramurs (Fig. 5). Per una banda, en la part N són visibles dues torres, situades una a cada vèrtex d'aquest flanc, construïdes amb paraments ciclopis. Per altra banda, en el flanc S vèrtex E existeixen restes d'una tercera torre i sembla que en el vèrtex contrari (S) del mateix flanc s'intueix una quarta estructura turriforme. Les torres al seu torn, estan connectades amb llenços de muralla, els més visibles són els que uneixen la Torre Oest i la Torre Nord, i aquesta última amb la Torre Est. Malauradament els altres dos llenços de muralla estan molt més afectats per actuacions d'època històrica i reaprofitats per a la creació de bancals o de trinxeres durant la Guerra Civil (1936-1939). Però a més, en la zona N fora extramurs destaquem la localització d'un fossat que discorre en paral·lel al tram de muralla NO, situat entre les Torres Oest i Nord.

Les excavacions iniciades al costat de la Torre Oest van permetre documentar un espai domèstic i artesanal en el qual s'han pogut documentar tres fases d'ocupació anteriors a la construcció de les torres amb parament ciclopi (Fig. 6). Així doncs, aquest espai denominat E1, té planta rectangular i s'adossa a la Muralla NO. Els murs conservats són de maçoneria, construïts amb pedres de diverses grandàries que es traven amb terra i presenten diverses remodelacions. En la fase 1B es va documentar un espai de tipus artesanal amb un forn de fosa, que tractarem en les pròximes línies.

Poc se sap de l'evolució del territori d'època ibèrica a la Vall del Palància, a part de comptar amb un volum d'ocupació relativament alt (Palomar, Lozano, 2008: 29-30) que ha permès l'elaboració d'alguns estudis més recents com la proposta de sistematització de l'arquitectura de les torres ibèriques (Llop, 2013-2015; Llop, Guimaraes, 2017) o l'estudi del centre terrissaire de Arguinas II (Fuentes *et al.*, 2017). L'estudi més complet que



Figura 5. Planta de El Castillejo sobre corbes de nivell i relleu d'ombres.





Figura 6. Vista general de la Torre Oest i l'estada E1 en finalitzar la campanya de 2019.

analitza l'estructura territorial i social fa referència únicament a Sagunt i la seua àrea d'influència que es tanca per l'interior a l'altura d'Algar del Palància, on comença el tram baix del riu (Martí Bonafè, 1998: 203-241).

Un dels aspectes més tractats en diferents èpoques i des de la perspectiva de diferents cultures és la consideració de via de comunicació d'aquesta vall, la qual connecta el litoral del golf de València amb les terres d'Aragó. Les referències escrites més antigues que es coneixen d'aquest itinerari es remunten al segle XII on apareix citada en el catàleg de camins que realitza Abū Abd Allāh Muhammad al-Idrīsī i que posteriorment és seguit per Jaume I en la seua conquesta de València (Járrega, 2001: 36). Anteriorment, la seua possible existència en època romana ja no és un fet discutible (Arasa, Rosselló, 1995; Járrega, 2000, 2001), si no una constatació que possiblement amb un detallat estudi podria ampliar-se a l'època ibèrica.

Pel que respecta a El Castillejo, situat en l'extrem contrari a Sagunt i als peus de l'inici dels plans de Barraques i Pina (un paisatge completament diferent), coneixem bé l'àrea més pròxima (Fig. 7). De fet a escassos 700 m en línia recta cap al SE es troben els jaciments contemporanis de San Roque i de l'Ermite de Sant Roque (Fig. 4). Encara que no excavats cap dels dos, la construcció de trinxeres durant la Guerra Civil deixà a la vista materials i alguna estructura que mostren l'àmplia cronologia de tots dos jaciments, des de l'Edat del Bronze (Palomar, 1995: 84-85) fins a l'època romana, segles II-I ANE (Járrega, 2000: 53). En la mateixa direcció, però a poc més d'un quilòmetre i en pla, al costat de la ribera esquerra del barranc de la Fuensanta, es troba el jaciment ibèric i romà de La Cuesta del Plano, en el qual es documentaren materials

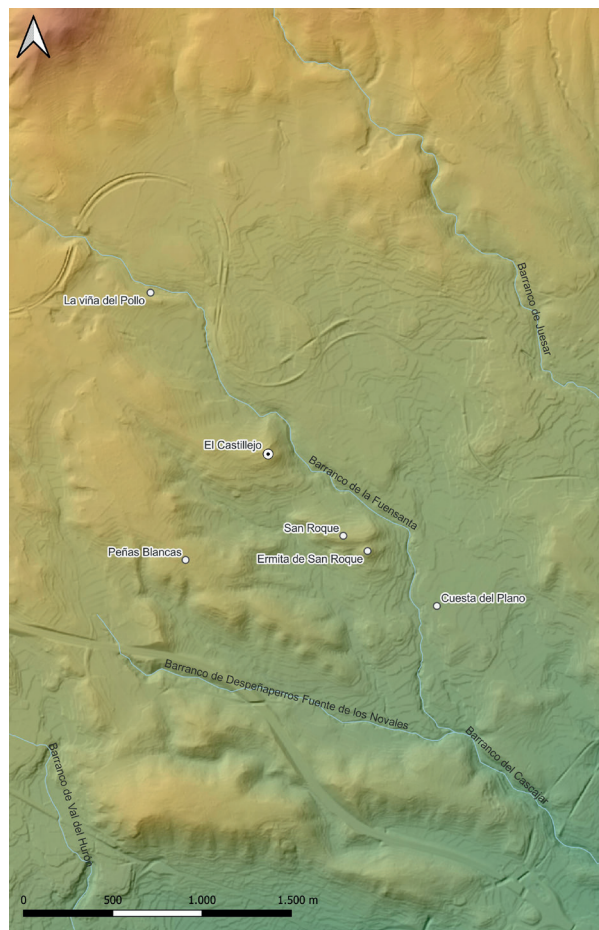


Figura 7. Pla topogràfic amb indicació dels barrancs i jaciments localitzats entorn de El Castillejo.

ceràmics emmarcats en l'ibèric ple, l'ibèric final i el que també es va localitzar una làpida romana datada en el segle I DNE (Arasa *et al.*, 2020).

A un quilòmetre en direcció NO coneixem un altre jaciment, Los Algezares, situat en pla al costat de la ribera dreta del Barranco de la Fuensanta, molt pròxim al naixement del brollador. Es tracta de camps de cultiu en els que es pot apreciar en alguns punts la presència de murs de maçoneria molt arrasats. La seua cronologia, a partir de la cultura material podria situar-se entre el segle V-III ANE, encara que també en aquest punt s'assenyala la presència de ceràmica romana en l'inventari sectorial d'arqueologia de la DGPCV.

Cap al SO, a uns 700 m de El Castillejo, trobem més indicis d'ocupació en Las Peñas Blancas, al costat del camino del Mojón. De nou es tracta d'una àmplia dispersió de material en diferents camps de cultiu en els quals no s'aprecia la presència de murs. La seua cronologia podria situar-se entre els segles V i III ANE. Similar a la dels Algezares i a El Castillejo.

La resta de la cubeta al voltant de El Castillejo i alguns punts en altura registren la presència d'altres indrets, vinculats a la cultura ibèrica (Fig.7) amb una cronologia incerta.

## BREU SÍNTESI A LA METAL·LÚRGIA DEL FERRO DURANT LA PROTOHISTÒRIA

A la península Ibèrica, les primeres evidències de producció de ferro documentades es troben en enclavaments fenicis del S on es comencen a datar a partir del VIII ANE (Álvarez Sanchís, *et al.* 2016). Tot i això, destaquen pel seu caràcter metal·lúrgic primerenc alguns poblats indígenes del SE peninsular on s'han identificat elements relacionats amb aquesta activitat. Alguns d'aquests són, per exemple, la presència d'escòries en els nivells fundacionals de La Fonteta datats entre mitjans o la segona meitat del segle VIII i primer terç del segle VII ANE (Álvarez *et al.* 2016: 154); a més de les troballes d'escòries de ferro datades en els moments inicials de la seua ocupació, cap al segle VIII ANE, en el poblat de El Castellar de Librilla (Múrcia) (Renzi *et al.* 2013: 180; Álvarez Sanchís *et al.* 2016: 154).

En el sector centre-septentrional de la façana mediterrània peninsular, on se situa el poblat de El Castillejo, no serà fins al segle VI ANE quan la identificació de restes d'escòries de reducció de ferro ens permet parlar amb seguretat sobre el domini de la metal·lúrgia d'aquest metall. Un dels exemples més antics és el taller identificat en la fase II del jaciment dels Vilars d'Arbeca (Lleida), datada entre els segles VI i V ANE (Rovira Hortalà 2000: 265; GIP 2003: 265-266). Si bé pot ser que a finals de l'ibèric antic es comença a veure una proliferació de la tecnologia del ferro, serà a partir de l'ibèric ple quan es generalitza l'ús de la metal·lúrgia d'aquest metall (Rovira Llorens, 2000: 215-216).

Els paral·lels més semblants al forn de El Castillejo que hem trobat al voltant de la façana mediterrània peninsular (Fig.7), com veurem més endavant, es situen entre els segles V i I ANE. Entre aquests, destaquen els de La Cervera (La Font de la Figuera, València) i els dels sectors 25 i 27 de Ca n'Olivé (Cerdanyola del Vallés, Barcelona) com als més antics, datats entre els segles V i IV ANE (López Serrano *et al.* 2018: 61; Francés, Guàrdia, 2011: 275). Altres destaquen per situar-se al final del període ibèric, o fase iberoromana, possiblement influenciats per la romanització com els de El Camp de les Lloses (Tona, Barcelona) i el de Libisosa (Lezuza, Albacete), datats entre els segles II i I ANE (Álvarez Arza, *et al.* 2000; Uroz, *et al.* 2003). Pel context en el qual es troben, alguns

dels més semblants són el de Kelin (Los Villares, València) (Mata, 2019) i el de El Mas Castellar (Pontós, Girona) (Rovira Hortalà, 2012: 45), els quals també disposen d'un seguit d'estructures auxiliars que permeten parlar de tallers de forja.

Pel que fa a la cadena operativa d'obtenció del ferro, el primer pas consisteix en l'explotació directa de minerals ferruginosos, és a dir, l'extracció de la matèria primera. Encara que són poques les evidències que hi ha sobre aquesta part del procés durant la protohistòria peninsular, un dels llocs on s'ha documentat és en el poblat de Les Guàrdies (El Vendrell, Tarragona) (Morer *et al.* 1997). Com en el cas mencionat, s'entén que els llocs d'extracció no haurien d'estar massa lluny dels tallers o forns de reducció, o bé aquests últims es podrien situar en les mateixes mines per fer un primer procés de reducció com és el cas de la mina de La Pastora (Aliseda, Cáceres) (Pavón *et al.* 2017), i com s'ha constatat al territori de la ciutat ibèrica de Kelin (Caudete de las Fuentes, València) (Mata *et al.* 2009).

Segons les dades que hi ha fins al moment, amb la tecnologia metal·lúrgica de l'Edat del Ferro es feia impossible la fusió del ferro pur, la qual s'aconseguia als 1560 °C. Tot i això, es podia donar l'addició de sílice i aconseguir la fusió a temperatures més baixes, el que indica un alt grau d'especialització tècnica. El producte que s'obtenia era l'anomenat ferro dolç o esponja de ferro, el qual s'havia de depurar mitjançant el martellejat en calent per tal d'eliminar la major quantitat d'escòries (Gómez Ramos, 1996). La cambra havia de tindre unes condicions molt reductores amb una boca per a la sortida de l'escòria o un depòsit per a rebre-la.

En l'àmbit ibèric es considera que els forns amb canal de drenatge per a les escòries, és a dir en aquells en què les escòries són evacuades per una obertura en la part baixa del forn, no s'introdueixen fins a l'època romana (Gallego, 2014: 41). Per tant, en època ibèrica els forns de reducció de ferro són de reducció directa, amb tir natural o bé assistit amb manxes, i amb una fossa per contindre les escòries. Encara així, en la reconstrucció del procés metal·lúrgic en el territori de Kelin, s'han identificat escòries de sagnat (Mata *et al.*, 2009: 121). Una forma de diferenciar entre forns de drenatge i de fossa, és analitzar les escòries, ja que les de sagnat presenten signes d'haver fluït en estat pastós, i la resta són en forma plana-convexa i s'acumulen en el depòsit de la cambra. Quant a la forma, les cubetes podien ser redones o rectangulars, i podien tindre una xemeneia, tot i que aquest aspecte resulta difícil de determinar arqueològicament.

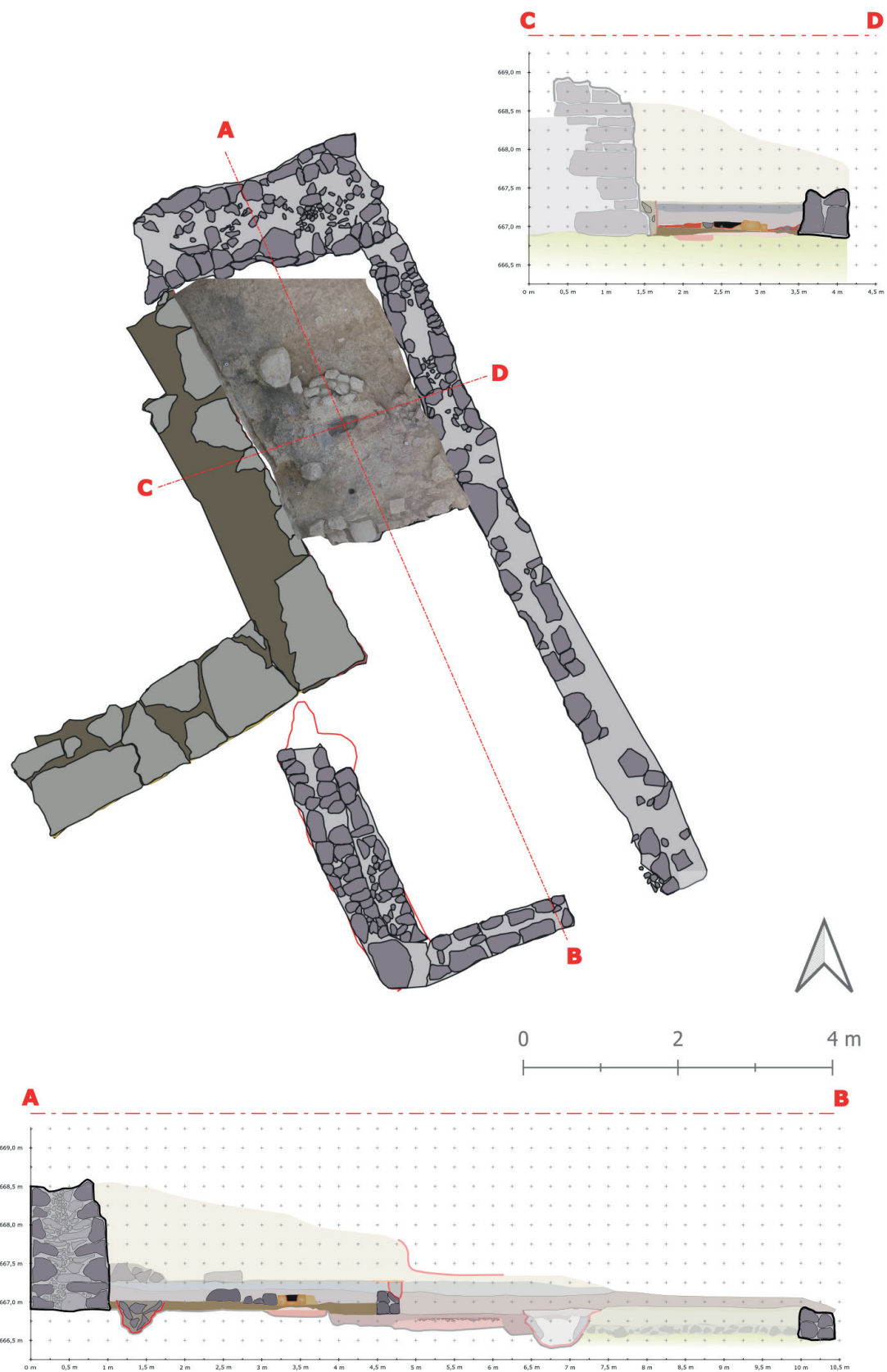


Figura 8. Planta i secció de l'estança E1.



Figura 9. Vista zenital del forn amb l'enumeració de les diferents UE que componen el conjunt.

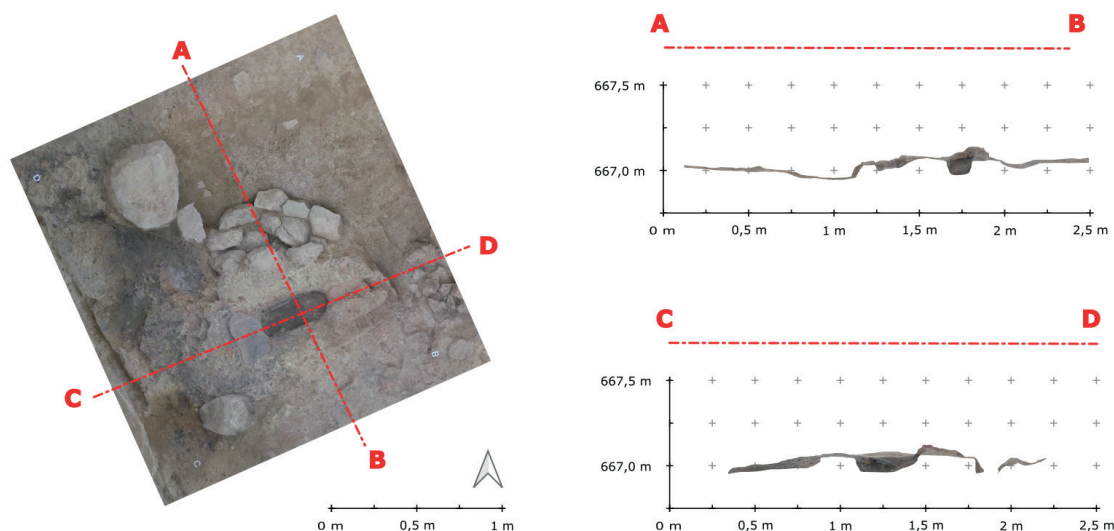


Figura 10. Planta i seccions del forn.

Sovint es diferencien dos tipus de forns segons la funció en el procés metal·lúrgic, d'una banda els forns de reducció per extraure el ferro del mateix mineral, i d'altra banda, aquells anomenats de forja per escalfar el metall i poder llevar-li les impureses, o bé, per treballar-lo durant el procés de fabricació d'objectes.

### L'HABITACIÓ E1 DE EL CASTILLEJO

L'habitació E1 de El Castillejo se situa en el flanc NO del jaciment, parcialment coberta per la Torre Oest (UEs 1004-1005, fase IV) en la meitat O, adossada a la muralla (UE1025) al N i delimitada per una sèrie de murs realitzats amb maçoneria de pedra calcària en el sòcol i que tindrien un cert alçat amb tovots, com s'ha documentat sobre els murs UEs 1059-1089.

Així doncs, es tractaria d'una estança de planta rectangular de 24 m<sup>2</sup> i compartimentada transversalment en el seu interior en dues meitats similars. Dins d'aquest espai, és en el terç interior més proper a la muralla on s'han excavat les restes associades al taller metal·lúrgic. En canvi, pel que respecta a la resta de l'habitació, aquesta es trobava molt alterada i, per tant, no podem associar-la a l'activitat metal·lúrgica (Fig. 8).

Són diverses les evidències que ens porten a afirmar que ens trobem davant d'un taller especialitzat en el treball del ferro. Així doncs, entre els elements exhumats, el més destacable és el corresponent al forn i les estructures adossades

a aquest, interpretades com a elements auxiliars. Al costat d'aquest, a menys de mig metre a l'O es troba un gran bloc de pedra calcària fixada amb falques en la part inferior que pogué ser utilitzat com àrea de treball, possiblement a manera d'enclusa (UE1054). Altre element vinculat es troba a l'espai tocant a la muralla (UE1025), es tracta d'una petita fossa (UE1056) delimitada en la seua part superior per una sèrie de pedres i la qual pogué contindre aigua per tal de temperar el metall durant el procés de forjat (Fig. 9).

Finalment, un altre dels elements importants documentats en aquest espai són els residus trobats als voltants del forn. En aquest sentit, s'han identificat diversos dipòsits del rebuig del treball del ferro: un al voltant de la boca compost per una gran bossada a forma de ventall (UE1050), restes de carbons, cendres, escòries i fragments de terra, i una altra acumulació de rebuig sobre aquesta en la que s'han identificat els mateixos elements que en l'anterior (UE1045).

### EL FORN. DESCRIPCIÓ FORMAL, FUNCIONAL I PARAL·LELS

En el cas estudiat (Fig. 9), a banda de la part inferior del forn, no podem asseverar la seua morfologia, a causa de l'amortització dels nivells corresponents a la fase d'ocupació del forn i el taller (fase II), i la superposició d'estrats pertanyents a les remodelacions defensives que es duen a terme amb posterioritat en l'assentament. Tot i això, l'estrat de

terra argilosa molt compacta i rubefactada excavat prèviament a la identificació de la fossa del forn (en el que vam trobar algunes restes de fossa i carbons, a més de material constructiu cremat, UE1044), ens porten a considerar que el forn tindria una superestructura d'argila. Així i tot, la conservació en bon estat de la part inferior del forn, ens permet deduir que es tractava d'un forn de forja amb dipòsit d'escòria.

El forn (UE1047) està format per una cubeta de forma allargada amb una xicoteta fossa (UE1047 B), als extrems de la qual hi ha la boca (UE1047 A) i l'entrada d'aire (UE1047 C). Aquestes parts estaven formades amb tovots, i possiblement recoberts amb argila, dels quals només es va poder recuperar un amb forma sencera (Taula 1).

La cubeta té unes dimensions de 38 cm de longitud i 17 cm d'amplària, i les parets estaven recobertes amb una capa de fang d'uns 2 cm de gruix (Fig. 10), una de les quals s'ha recuperat

amb restes de la fossa (Fig.11). En el seu interior es van trobar restes de l'última fornada (Fig. 12), compostes per escòria, carbons molt ben conservats, fragments d'os (Fig. 13) i de pedra calcària. A l'exterior de la boca s'acumulava un estrat caracteritzat per ser de textura cendrosa poc compacta de color negre grisenc (UE1045) en el qual destacava la presència de carbons, cendres, escòries de ferro molt fragmentades relacionades amb la forja. Aquest estrat se superposava a un altre de textura compacta (UE1050) amb matriu de color groc rogenc amb una barreja de colors que anaven des del gris blanquinós fins al roig ataronjat i en el que hi havia nombrosos carbons, cendres, d'escòria de forja (Fig. 15) i fragments de terra cuita amb signes de vitrificació (Fig. 14).

La boca del forn, concretament la seua base, estava construïda amb un molí de vaivé encaixat amb argila (Fig. 16), possiblement per servir de suport a l'hora d'escalfar el metall per a la forja, i

| MESURES CONSERVADES DEL FORN |             |           |             |
|------------------------------|-------------|-----------|-------------|
|                              | Llarg<br>cm | Alt<br>cm | Ample<br>cm |
| Tobera (C)                   | 37          | 18        | 16-10       |
| Paret dreta (B)              | 32,5        | --        | 9,5/10      |
| Paret esquerra (B)           | 24          | --        | 10          |
| Boca (A)                     | 17          | --        | --          |

Taula 1. Mesures conservades del forn.



Figura 11. Fragment de paret interna de la cubeta. Foto frontal i secció. Detall de la incrustació d'escòria de ferro.



Figura 12. Detall de l'interior de la cubeta. Es pot observar com es trobava plena de carbó i escòries.

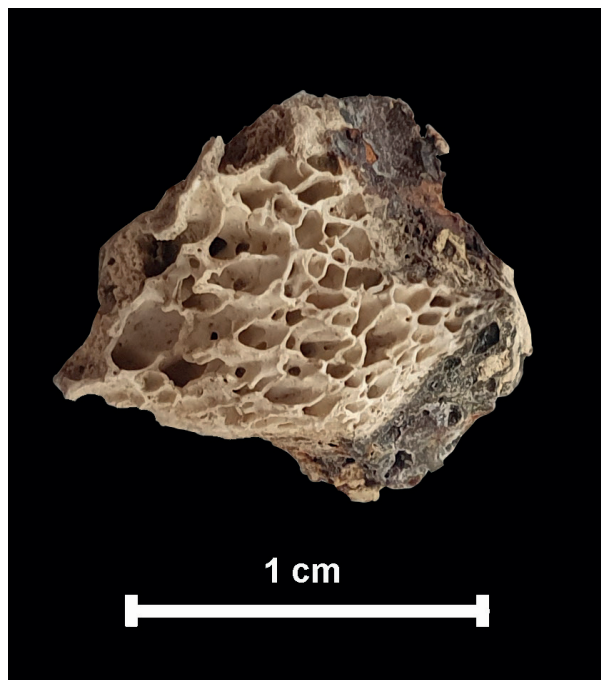


Figura 13. Fragment d'os cremat recuperat en l'interior de la cubeta.



Figura 14. Fragments de la paret del forn amb signes de vitrificació. UE1050.



Figura 15. Escòria de forja, UE1044.

també ajudar a l'extracció de l'escòria, com es dedueix per l'acumulació d'aquestes en la part exterior (UEs1045 i 1050). A l'altre extrem se situava el canal d'alimentació de l'aire, el qual sortia a la part posterior del forn on possiblement es localitzaven les manxes. Evidències d'aquestes es relacionen amb una estructura de pedres (UE1049) que hauria servit com a basament per a la seua col·locació.

A la part dreta del forn es va localitzar un altre nivell de pedres (UE1046), amb forma indeterminada, que tot i sense poder identificar amb

seguretat la funcionalitat, podrien ser producte de l'enderroc d'alguna estructura, o bé haver fet les funcions de basament d'un altre element auxiliar adossat al forn.

Els forns amb cubeta allargada els trobem en tota la façana mediterrània peninsular durant l'època ibèrica, els quals es combinen amb altres de morfologia arrodonida (Fig. 17). Per tant, el forn de El Castillo s'engloba en un àmbit amb altres paral·lels molt similars. L'exemple més proper i semblant, no sols per la tipologia del forn, sinó



Figura 16. Moli trobat a la boca del forn.

per tractar-se també d'un taller metal·lúrgic – com veurem més endavant – és el localitzat en la ciutat ibèrica de Kelin (Los Villares, València). En aquest cas es tracta d'una llar en cubeta de secció en U de forma oblonga i amb les parets cobertes d'argila, un extrem de la cubeta és arrodonit amb un suau pendent per introduir la tovera, i l'altre que es troba tallat per una fossa, estava totalment enlluït però no quedaven restes de la possible coberta (Mata, 2019: 131-132, 182).

Altres exemples de l'àrea valenciana són els localitzats en el jaciment de La Cervera (La Font de la Figuera, València). Es tracta de fosses de planta rectangular i cantonades arrodonides, que presenten parets enlluïdes amb fang cremat. Les seues dimensions oscil·len entre 1,60 i 1,20 m de longitud, entre 1 i 0,40 m d'ample, i amb una altura conservada d'entre 0,20 i 0,60 m. Algunes conserven esquerdes en un dels extrems les quals podrien haver servit per a les toveres. Aquests es daten entre els segles V i IV ANE (López Serrano *et al.*, 2018: 61).

Un altre molt similar, tant per la morfologia del forn com pels altres elements auxiliars que permeten parlar d'un taller metal·lúrgic, és el del Mas Castellar (Pontós, Girona), datat entre els segles III i II ANE. El forn és una cubeta rectangular feta amb argila, delimitada per murs amb el mateix material excepte en la boca on estava delimitada per pedres. El conjunt mesurava un total de 88 x 55 cm, i l'espai útil de la cambra era de 80 x 30

cm, l'altura total era de 30 cm i la profunditat de la cubeta era de 10 cm (Rovira Hortalà, 2012: 45). Amb una cronologia similar, es troba en el poblat de Castellruf (Santa Maria de Martorelles, Barcelona) una forja molt arrasada, però que s'ha pogut identificar la cubeta en forma trapezoidal d'uns 60 x 40 cm amb les parets d'argila cuita d'uns 10 cm de gruix (Gasull, *et al.* 1995; Rovira Hortalà, 2000: 266).

En el jaciment de Les Guàrdies (El Vendrell, Tarragona), s'han diferenciat els forns de reducció, els quals són unes simples cubetes excavades amb forma arrodonida, i unes cubetes menys profundes i més allargades que s'han interpretat per escalfar i frojar les peces amb una cronologia entre els segles IV i III ANE (Rovira Hortalà, 2012).

Altres jaciments on també s'han identificat diversos forns i restes de metal·lúrgia són el Puig de Sant Andreu (Ullastret, Girona) i Ca N'Oliver (Cerdanyola del Vallès, Barcelona), entre finals del segle V i el III ANE (Francès i Guàrdia, 2011; Rovira Hortalà, 2012).

D'altra banda, alguns exemples semblants, però situats en àmbits geogràfics més allunyats són el de Libisosa (Lezuza, Albacete), i els de Lattes (Hérault, França) i Martigues (Bouches-du-Rhône). El primer està datat durant l'ibèric final, el qual es tracta un forn de reducció directa, obert i construït amb tovots, i amb una petita plataforma de pedra en la seua part davantera i entrada (Uroz, *et al.* 2003). En el segon cas, datats en el segle IV ANE, hi ha dos forns un amb unes mesures semblants, els quals estan realitzats amb terra crua i tovots, de forma rectangular amb un extrem obert i l'altre amb una un conducte lateral per a la manxa (Lebaupin, 1998). I per últim el de Martigues, de forma ovalada amb una cronologia entre la meitat del segle IV i la meitat del III ANE, el qual es troba en un àmbit identificat com una zona de treball de la forja, ja que està relacionat amb una sèrie d'estructures auxiliars (Rétif, 1998: 106, fig. 6).

## ESTUDIS: TEMPS I FORMA. QUÈ ENS DIUEN ELS MATERIALS ASSOCIATS?

El correcte enquadrament cronològic del taller metal·lúrgic de El Castillejo depèn en gran mesura de l'estudi detallat de la seqüència estratigràfica present en l'espai analitzat. Malgrat que l'objectiu principal d'aquest estudi no és presentar una descripció exhaustiva de les diferents fases d'ocupació de l'àrea excavada, és inqüestionable que per a una interpretació correcta i precisa de la fase del taller metal·lúrgic, cal fer una reflexió detallada sobre la seqüència associada a aquest moment d'activitat.



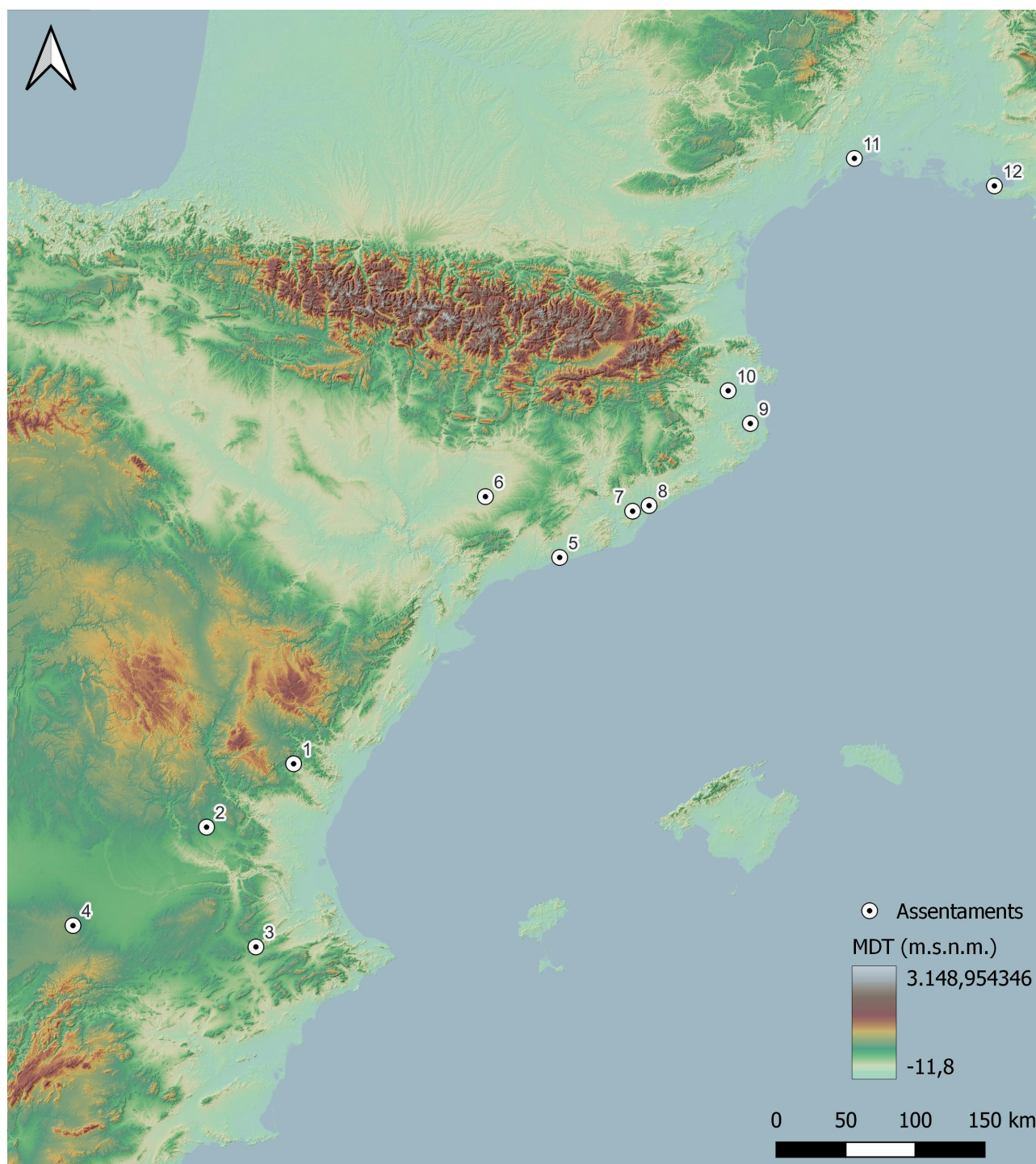


Figura 17. Mapa amb la localització dels diferents forns mencionats en el text: 1.- El Castillejo. 2.- Kelin. 3.- La Cervera. 4.- Libisosa. 5.- Les Guàrdies. 6.- Vilars d'Arbeca. 7.- Ca n'Oliver. 8.- Castellruf. 9.- Puig de San Andreu-Ullastret. 10.- Mas Castellar. 11.- Lattes. 12.- Martigues.

El primer aspecte que volem destacar és que l'espai on s'enclava l'habitació E1 es correspon amb l'àrea que, de moment, ha donat una major potència sedimentària de tot el jaciment. Això ens ha permès documentar amb precisió diferents nivells d'ocupació, així com les reformes i destruccions durant l'època ibèrica. Però a més, també cal sumar una important afecció en l'espai producte de la Guerra Civil Espanyola.

Així doncs, ens trobem davant d'un jaciment dinàmic i de complexa lectura que gràcies a les restes materials recuperades fins al moment, podem definir temporalment des del segle VI fins a la primera meitat del segle III ANE. No obstant això, dins de l'etapa ibèrica de prop de tres segles d'ocupació, ens trobem enfront de una problemàtica que ens dificulta la lectura evolutiva del conjunt. Aquesta, deixant a banda espais on la seqüència es troba molt alterada i on es documenten afeccions d'origen natural, la interpretació de l'espectre cronològic i la seua estructuració en diverses fases es veu dificultada per la conjugació de dos factors. Per una banda, la gran quantitat de fases constructives, almenys set, les quals manifesten una activitat continuada en la qual en molts casos és impossible definir els límits entre cada una de les fases; i, per altra banda, l'ampli marc cronològic que ens aporten les datacions, tant les relatives a partir de l'estudi de la cultura material, com les absolutes mitjançant l'anàlisi de carboni 14. Tot això té com a conseqüència que la proposta evolutiva de l'espai estudiat es realitzi a partir de marcadors cronològics d'ampli espectre conjuntament amb les relacions estratigràfiques establides a partir de les imbricacions entre les fases constructives documentades.

## RELACIONS ESTRATIGRÀFIQUES AMB LES FASES

Pel que pertoca a l'àrea estudiada i com ja hem avançat anteriorment, durant el procés d'excavació hem observat diferents afeccions. Tota una sèrie d'intervencions d'origen antròpic i altres processos edàfics d'origen natural que cal tractar detalladament per a comprendre la idiosincràsia de l'àrea estudiada.

El primer aspecte que cal mencionar són els processos naturals que han tingut efecte dins de l'àrea estudiada. Per una banda, hem documentat processos postdeposicionals producte de l'abandó de l'espai a finals de l'ibèric ple i, per altra banda, afeccions naturals produïdes a l'interior de l'habitació en un moment imprecís de l'ocupació ibèrica.

Pel que respecta a aquest últim fenomen, aquest s'ha documentat en la part central de l'habitació, identificant-se un engolidor que a causa de la contínua filtració i drenatge d'aigües ha modificat profundament els nivells arqueològics de l'interior d'aquesta. Però a més, relacionat amb dita afecció, hem pogut documentar intervencions antròpiques conduïdes a reblir amb grans blocs de pedra la depressió intentant aturar la deformació dels nivells de trànsit. Així doncs, tot i haver identificat aquesta afecció durant el procés d'excavació, hem observat que s'ha produït una modificació constant dels nivells arqueològics immediats, conduint a alteracions del registre i de la cultura material.

El segon aspecte té com a objectiu la interpretació d'aquelles relacions estratigràfiques perfectament definides i que ens han permès establir de forma clara la superposició dels diferents esdeveniments ocorreguts en l'habitació E1. Tot això amb l'objectiu d'emmarcar totes les unitats estratigràfiques i constructives vinculades a la fase de l'activitat metal·lúrgica, diferenciant-les de la fase precedent i les posteriors per així estudiar de forma perfectament contextualitzada la cultura material de la Fase II d'aquesta habitació.

Com a resultat, l'etapa corresponent a l'activitat metal·lúrgica, té relació directa amb la Fase I precedent, amortitzant-la amb un nivell regular corresponent a la pavimentació sobre la qual es desenvoluparan les activitats de la Fase II. Pel que respecta a les fases posteriors, aquestes es corresponen amb la III i la IV. La primera d'elles, la Fase III, infereix de forma generalitzada sobre la Fase II. Es tracta del moment quan es realitza la supressió del forn, destruint i espargint part de l'estructura de combustió per l'habitació i al mateix temps anivellant tota l'àrea, realçant els nivells i construint un nou paviment a base de terra piconada que amortitza i segella tots els elements vinculats amb l'activitat metal·lúrgica de la fase anterior. Pel que respecta a la Fase IV, aquesta suposa una gran afecció sobre part de l'àrea, ja que, amb la construcció de la torre d'aparell ciclopi, es destrueixen tots els nivells arqueològics de l'espai, afectant les tres fases precedents.

Així doncs, una vegada acotada estratigràficament la fase d'estudi i identificats tots aquells elements que la componen, cal portar a cap un exercici d'estudi dels diferents marcadors cronològics per poder fer una proposta de datació encertada de l'etapa. En conseqüència, podem afirmar que la Fase II està composta per elements que podem agrupar-se en tres moments d'activitat diferenciats dins d'aquesta fase. Aquests es componen, en pri-

mer lloc, pels elements estructurals i funcionals de l'espai, és a dir, les infraestructures que configuren l'espai d'activitat i habitatge. Ens estem referint, per tant, als murs que delimiten l'habitació i a les estructures vinculades amb l'activitat metal·lúrgica, com són el forn i les estructures associades. En segon lloc, cal referir-se a aquelles unitats estratigràfiques producte de l'activitat desenvolupada en l'espai, és a dir, el que es defineix com nivells o dipòsits d'ús. En tercer i últim lloc agrupem les evidències d'amortització i reestructuració de l'habitació una vegada l'activitat metal·lúrgica va ser abandonada, contextos arqueològics que en aquest cas tenen relació amb la reestructuració de l'habitació vinculada a noves activitats.

És, per tant, en aquesta identificació dels diferents moments d'activitat de la Fase II on calen definir els paràmetres per a fer la proposta cronològica en què es va emmarcar l'activitat. D'aquesta manera, l'estudi dels marcadors arqueològics vinculats al context sistèmic de la Fase II és fonamental. Consegüentment, fonamentant-nos en les praxis metodològiques establides per a aquests tipus de contextos (Azkarate, Solaun 2020: 20-22) creiem convenient dur a terme una sèrie d'afirmacions sobre el context ací estudiat.

En primer lloc, tindre en compte que les restes de cultura material recuperades durant el desmuntatge de les estructures vinculades al forn deuen associar-se a la fase precedent de l'habitació (Fase I), ja que aquestes formen part de la matriu formativa de les estructures i, per tant, es contextualitzen com a reutilització de materials precedents al període d'activitat de la Fase II.

En segon lloc, el principi de contemporaneïtat dels marcadors arqueològics vinculats al moment d'activitat de la Fase II. Un aspecte que al mateix temps ens porta a incorporar a aquest grup d'anàlisis els materials apareguts en la pavimentació de la Fase III, ja que aquests, com també passa amb els materials recuperats de les infraestructures vinculades a l'activitat metal·lúrgica, formen

part de la matriu formativa i són producte de les activitats desenvolupades durant la Fase II, actuant com a objectes interfacials entre ambdues fases (Carandini, 1997: 74).

Finalment, per completar l'anàlisi del conjunt també hem estudiat el registre material corresponent a la fase precedent i a la fase posterior, ja que aquestes dades ens ajuden a atorgar paràmetres *ante quem* i *post quem* al conjunt estudiat en aquest article.

## ESTUDI CERAMOLÒGIC

El conjunt ceramològic procedeix d'un total de nou UEs. Aquestes, com ja hem especificat anteriorment, es corresponen a les estructures vinculades amb el forn, als nivells/dipòsits d'ús i als estrats d'amortització del taller metal·lúrgic estudiat.

Per a l'estudi, classificació i caracterització de les diferents manufactures representades en el repertori seleccionat, s'han aplicat els criteris establits en l'assaig tipològic sobre ceràmica ibèrica proposat per C. Mata i H. Bonet (1992). Pel que respecta a la comptabilització, aquesta s'ha realitzat a partir del nombre total de fragments (NF) segons tipus de manufactura i, posteriorment, a partir d'aquest, s'ha dut a terme la comptabilització estimada del Número Mínim d'Individus (NMI). Pel que respecta a la quantificació del NMI, aquesta s'ha realitzat basant-nos en els criteris d'estudi recomanats per A. M. Adroher *et al.* (2016). Així doncs, s'ha establert a partir de criteris morfo-tècnics presents a les vores de les diferents formes per a cada producció ceràmica. Per a això s'ha tingut en compte dues sèries de dades: en primer lloc, la morfologia de la vora i les seues característiques discriminatòries entre individus (decoracions, grossària de la peça, tipus de pasta i tractament superficial); i, en segon lloc, els diàmetres dels mateixos en les diferents peces.

Com a resultat, corresponent al NF (nombre

|   |            |
|---|------------|
| Nº fragments informes a mà                | 20         |
| Nº fragments informes classe A            | 721        |
| Nº fragments informes classe B            | 19         |
| <b>TOTAL FRAGMENTS INFORMES</b>           | <b>760</b> |
| Nº fragments formes a mà                  | 2          |
| Nº fragments formes Classe A              | 105        |
| Nº fragments formes Classe B              | 4          |
| <b>TOTAL FRAGMENTS FORMES</b>             | <b>111</b> |
| Nº fragments importacions fenici-púniques | 8          |
| <b>TOTAL IMPORTACIONS</b>                 | <b>8</b>   |

Taula 2. Número total de fragments ceràmics de la Fase II

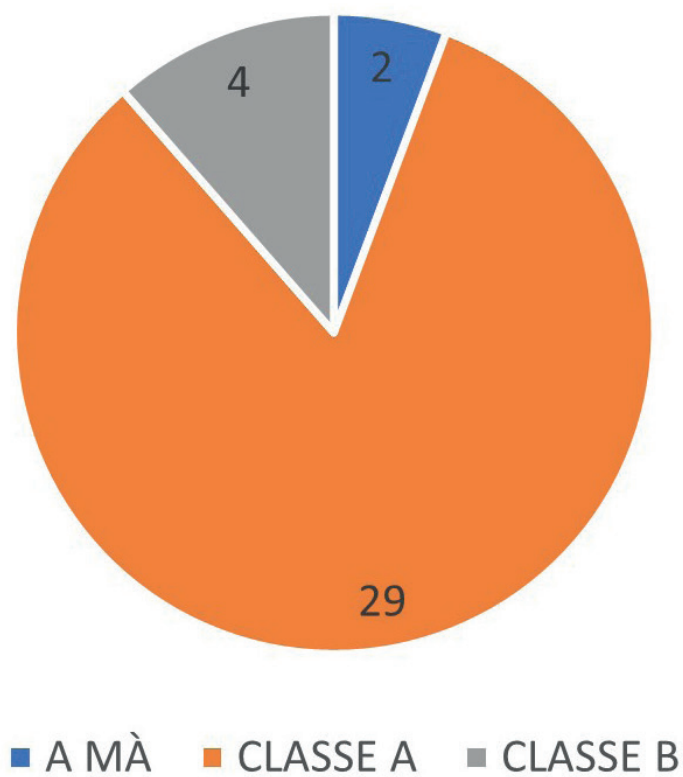


Figura 18. Número Mínim d'Individus (NMI) de la Fase II per produccions.

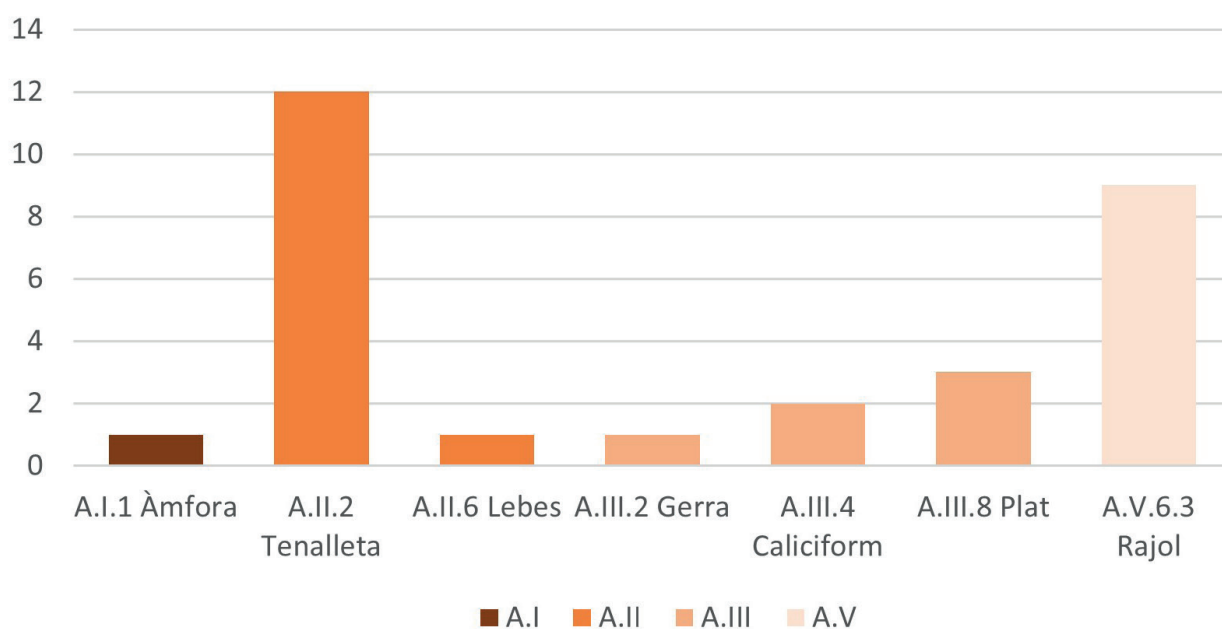


Figura 19. Tipologies de classe A trobades en la Fase II.

de fragments) trobem un grup compost per un total de 879 fragments. Pel que respecta al tipus de manufactura, documentem que la gran part del conjunt està compost per ceràmiques realitzades a torn, amb un total de 857 fragments (97,49% del total), i tan sols 22 fragments (2,51%) corresponents a ceràmica a mà. Al mateix temps, dins del repertori confeccionat a torn, trobem que aquest es troba representat en la seua majoria per ceràmica de Classe A amb un total de 826 fragments (93,97% del total), seguit de la Classe B amb 23 fragments (2,61%) i un tercer grup de difícil filiació, amb 8 fragments (0,91%), corresponent a produccions en què les pastes ens recorden a manufactures d'àmbit fenici-púnic (Taula 2).

Quant al repertori estudiat, aquest està compost per 111 fragments (12,62% del total) que presenten forma, mentre que 768 fragments (87,37%) s'identifiquen com a informes (Taula 2).

Pel que respecta al Número Mínim d'Individus (NMI) del nostre repertori ceràmic, hem pogut definir clarament l'existència d'almenys 35 peces corresponents a diferents tipus (Fig. 18). Així, en aquest corpus predominen les produccions de Classe A ibèrica amb un total de 29 individus (83% del total), seguit de llarg per les manufactures de Classe B amb la presència de quatre recipients (11%) i finalitzant amb dos individus de producció a mà (6%).

Quant a les produccions de Classe A, veiem que totes les formes identificades en la Fase II es corresponen exclusivament a quatre grups: I, II, III i V (Taula 10; Fig. 19). Dins del Grup I només trobem la presència d'un individu corresponent al Tipus 1: Àmfora (3% del total de Classe A). Seguidament, dins del Grup II es comptabilitzen un total de 13 individus (45%), 12 exemplars identificats com Tipus 2: Tenalleta, entre els quals destaquem dos individus dels subtipus 2.2.2.9 de tenalletes amb coll destacat (Fig. 20, ECA19-856 i ECA19-893) i dos individus de tenalla del tipus II.2.1. (Fig. 20, ECA19-802 i ECA19-908), i un individu corresponent al Tipus 6: Lebes. Pertanyent al Grup III documentem sis individus (21%), sent aquests un exemplar de Tipus 2: Gerra, subtipus 1: Oinochoe, dos vasos de Tipus 4: Caliciformes, i tres individus de Tipus 8: Plat. Per últim, dins del Grup V destaquem la presència de nou fitxes de ceràmica (31%), les quals es categoritzen dins del Tipus 6, subtipus 3: Rajol.

Pel que respecta a les tipologies de ceràmica ibèrica de Classe B, tan sols apareix representat una única forma, tractant-se de quatre individus corresponents al Tipus 1: Olla. En quant a les formes fetes a mà, documentem dos recipients

de vora exvasada i llavi arrodonit dels que no s'ha pogut determinar la seua forma.

Un altre aspecte a destacar en l'estudi ceramològic són les decoracions, en aquest cas únicament s'han documentat decoracions pintades. Aquestes apareixen majoritàriament sobre fragments informes, aspecte que impossibilita el seu estudi a partir del NMI. En conseqüència, per a obtenir una visió aproximada de la representació d'aquestes, hem optat per determinar els diferents percentatges a partir del nombre de fragments, sumant formes i informes. Com a resultat han sigut estudiats un total de 458 fragments, dels quals hem documentat que les decoracions presents en el repertori ceràmic de Classe A es divideixen en dos grans grups: per una banda les decoracions monocromes representades per un total de 421 fragments (92%) i per altra banda decoracions bícromes, representades únicament per 37 fragments (8%), determinant aquesta decoració en dos individus identificats com a tenalletes (Fig. 20, ECA19-798 i ECA19-800).

A més, en els dos grups els motius decoratius representats són únicament geomètrics, amb decoracions compostes per "bandes i filets", cercles concèntrics, semicercles i aspes. Pel que respecta a les coloracions, les decoracions monocromes es troben realitzades en tons rogencs, mentre que les decoracions bícromes les troben compostes per colors rojos, marrons i inclús morats.

## DISCUSSIÓ CRONOLÒGICA DE LA FASE II DE L'HABITACIÓ E1 DE EL CASTILLEJO

L'aspecte corresponent a la definició cronològica de les diferents fases del jaciment de El Castillejo suposa en si mateixa un repte com ja hem avançat anteriorment. En el cas de la fase que tractem en aquest article, gràcies a les relacions estratigràfiques i als marcadors cronològics, s'ha aconseguit establir una proposta cronològica ben fonamentada de la fase corresponent a l'activitat metal·lúrgica.

Com s'ha avançat anteriorment, un dels primers aspectes estudiats ha sigut les relacions estratigràfiques entre les diferents fases. A partir d'això, s'han identificat les diferents unitats estratigràfiques que conformaven la Fase II i, per tant, contenien els indicadors cronològics a analitzar.

A partir d'aquest punt i una vegada establertes les diferents unitats estratigràfiques a estudiar, s'ha realitzat l'estudi ceramològic. Aquest presenta la problemàtica pròpia de l'estudi de la ceràmica ibèrica en contextos mancats d'importacions que

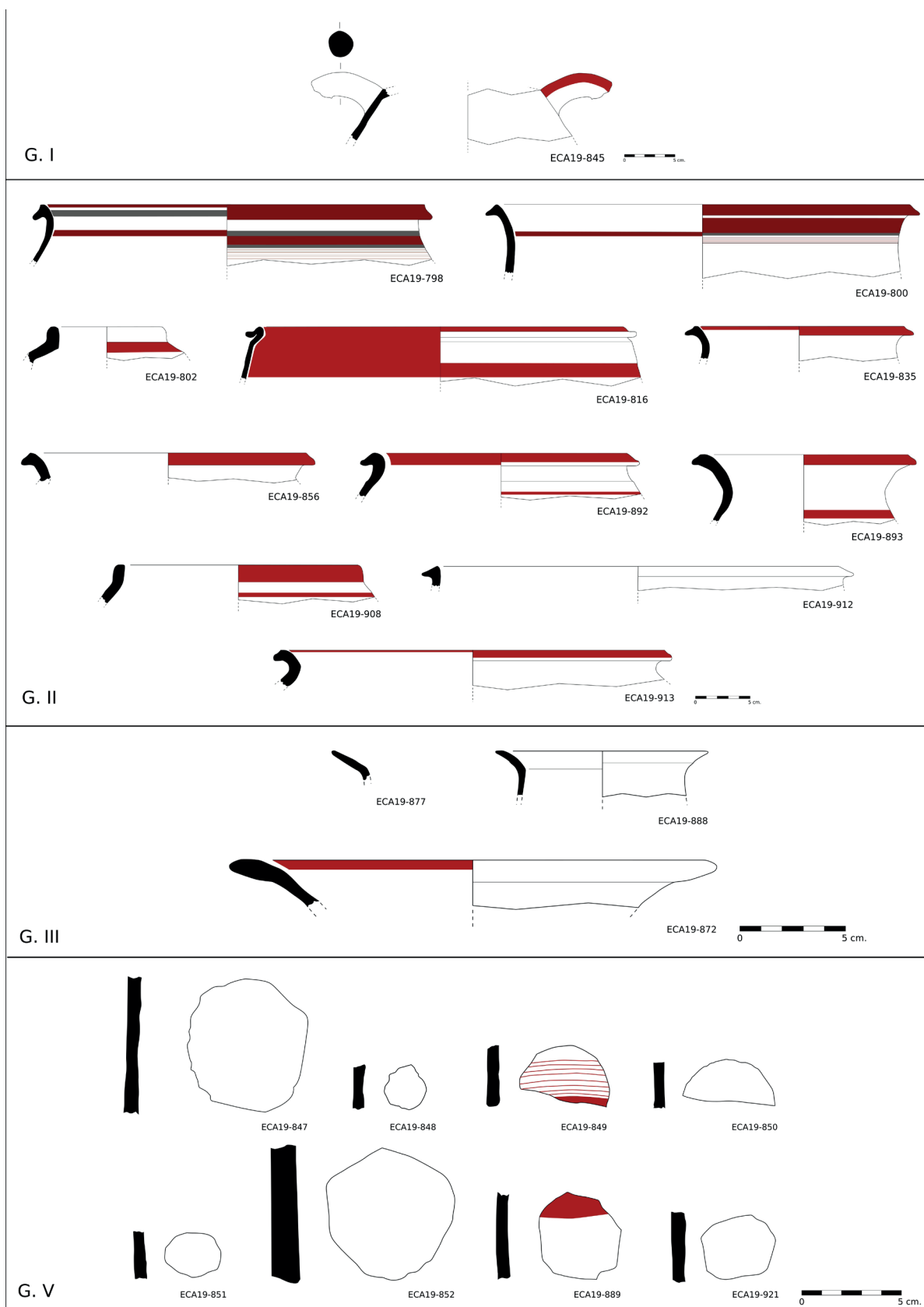


Figura 20. Taula de materials de Classe A per grups.

ens ajuden a definir fàcies cronològiques ben acotades i, a més, en el nostre cas, cal sumar un corpus formal amb escassos indicadors cronològics. No obstant això, hem pogut obtenir una forqueta cronològica sòlida a partir del repertori formal present i les absències de determinats fòssils directors.

Pel que respecta al moment més antic, aquest l'hem acotat mitjançant diversos marcadors. En primer lloc, a través de la presència de dos individus corresponents a tenalletes de coll destacat (Fig. 20, ECA19-856 i ECA19-893), les quals van aparèixer durant el desmuntatge d'estructures vinculades al forn i que són identificades en contextos de l'ibèric antic (Bonet, Mata, 1990). Per tant, aquestes són interpretades com a aportacions incloses en la matriu formativa de les estructures, sent indicadors *ante quem* a la configuració del taller metal·lúrgic i provinents de la Fase I. En segon lloc, cal sumar la cultura material present als nivells d'us, caracteritzada pel baix percentatge de ceràmiques a mà (6%), l'escassa presència de decoracions bícromes (8%) i l'absència de formes pròpies de l'ibèric Antic com les tenalles de coll destacat o les urnes d'orelletes (Bonet, Mata, 2008: 150). Per tot això, aquests marcadors ens permeten establir el moment inicial d'aquesta fase en moments avançats del segle IV ANE.

Pel que fa a l'establiment del final d'aquesta fase s'han utilitzat altres indicadors ceràmics. En primer lloc la presència d'un individu corresponent a un Oinochoe (ECA19-839), de dos individus de tenalla del tipus II.2.1. (Fig. 20, ECA19-802 i ECA19-908) i la troballa exclusiva de decoracions geomètriques en tots els vasos estudiats. En segon lloc, s'ha tingut en compte l'absència d'elements més moderns, com els càlats en la manufactura ibèrica, que es daten

des de mitjans/finals del segle III ANE (Mata, Bonet, 2008: 153-155), i les importacions cartagineses i itàliques pròpies de contextos de finals del segle III i inicis del segle II ANE. Així, conjugant la presència i absència d'aquests elements ceràmics podem establir el final d'aquesta etapa a mitjan segle III ANE.

Pel que respecta a les datacions absolutes, s'han realitzat dues datacions de C14 a partir de restes vegetals del combustible recuperat a l'interior de la cambra del forn (UE 1047). Una primera datació obtinguda a partir d'una bràctea de pinya (CNA-5840.1.1) i una altra a partir d'una branqueta carbonitzada (Beta – 641012).

Com s'aprecia al quadre de datacions (Taula 3), la corresponent a la bràctea de pinya (CNA - 5840.1.1) a 95% presenta una datació àmplia que abasta entre el 391 - 203 cal BC, abastant gairebé tot l'Ibèric Ple. Mentrestant, la datació de la branqueta carbonitzada (Beta – 641012) presenta una major antiguitat, datant-se a 94,1% entre el 775-514 cal BC. Per tant, ens trobem enfront de dues datacions que han aportat unes forques cronològiques molt diferents tot i haver sigut preses de la mateixa unitat estratigràfica. La primera d'elles i la que considerem adequada, obtinguda a partir d'una mostra de vida curta com és la bràctea d'una pinya, ens atorga un espectre molt similar al documentat amb l'estudi ceramològic. En canvi, la segona, al no tractar-se d'una mostra de vida curta, no podem descartar que pugui procedir de contextos anteriors en els quals s'han reaprofitat matèries primeres com a combustible o simplement es tracta de restes emmagatzemades com s'especifica en l'estudi antracològic.

En conclusió, per a la datació de la fase II,

| CODI           | CONVENCIONAL   | CAL BC 2 $\Sigma$ |        | MOSTRA                 |
|----------------|----------------|-------------------|--------|------------------------|
| CNA - 5840.1.1 | 2250 +/- 30 BP | 317-203 cal BC    | 67%    | Bràctea de pinya       |
|                |                | 391-345 cal BC    | 28,5 % |                        |
| Beta – 641012  | 2490 +/- 30 BP | 775 - 514 cal BC  | 94.1%  | Branqueta carbonitzada |
|                |                | 500 - 486 cal BC  | 1.3%   |                        |

Taula 3. Calibració de les mostres de C14 datades als laboratoris de Sevilla (CNA-5840.1.1) i Miami (Beta – 641012).

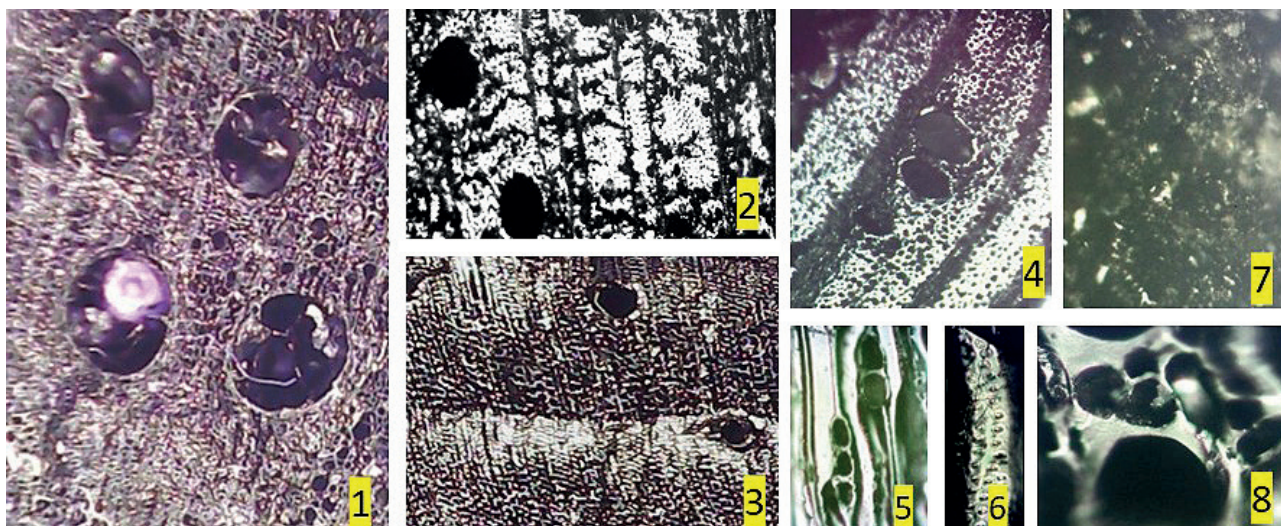


Figura 21. Vista microscòpica d'alguns dels taxons identificats al forn metal·lúrgic de El Castillejo. 1. *Quercus caducifoli*. 100 x. Plànol Transversal. 2. *Quercus perennifolio*. 100 x. Plànol Transversal. 3. *Pinus halepensis*. 40 x. Plànol Transversal. 4. *Fraxinus* sp. 100 x. Plànol transversal. 5. *Juniperus* sp. 400 x. Plànol tangencial. 6. Tràquea de *Quercus caducifoli* amb hifes de fongs. 400 X. Plànol tangencial. Vitrificació. 100 x i 400 x. Plànol transversal.

a partir de l'anàlisi comparat de les datacions relatives amb les absolutes podem establir que el període d'activitat del taller metal·lúrgic s'emmarca cronològicament entre la segona meitat del segle IV i la primera meitat del segle III ANE.

### L'ANÀLISI ANTRACOLÒGIC

Les restes antracològiques recuperades en el taller metal·lúrgic aporten informació essencial sobre el funcionament d'aquesta mena d'activitats artesanals. Sobretot pel que respecta a la selecció de diferents tipus de fusta com a combustible, permet el manteniment i control del foc, tan necessari per a poder realitzar del mineral i del metall.

El conjunt analitzat està compost per un global de 682 mostres, les quals s'agrupen de la següent forma: per una banda, les restes recuperades a l'interior de la cambra de combustió (UE1047) amb 360 mostres, per altra les mostres associades a la utilització i el buidatge del forn (UEs 1045, 1046, 1050 i 1057) amb 211 mostres i darrerament les mostres de les unitats que amortitzen el taller metal·lúrgic (UE's 1035, 1044) amb 210.

### Metodologia i resultats de l'estudi

Els fragments de carbons s'han estudiat mitjançant un microscopi de llum reflectida Zuzi, amb oculars de 10x i objectius de 4x, 10x i 40x. Per a garantir la identificació individualitzada de cada tàxon s'ha comparat amb el seu equivalent

actual, també carbonitzat, i amb diferents atlas especialitzats en anatomia vegetal (Schweingruber, 1978; Vernet *et al.*, 2001; Garcia, Guindeo, 1996) (Fig. 21).

L'anàlisi de les mostres, en dades globals, ha permès la identificació de 10 tàxons vegetals llenyosos i diferents elements indeterminables a causa de la seua morfologia i estat de vitrificació. taula 1. Així doncs, a l'interior del forn (UE1047) s'observa que els carbons de *Pinus halepensis* (pi blanc) i *Quercus caducifoli* (roure) són els més abundants, sumant tots dos el 61,9% del conjunt analitzat. Els segueixen *Juniperus* sp. (ginebre/sabina) amb un 14,4%, *Quercus perennifoli* (alzina/coscolla/ surera) amb un 11,7% i *Pinus pinaster* (pi pinastre) amb un 4,4%. També s'han identificat altres tàxons amb percentatges pràcticament insignificants com *Pistacia lentiscus* (llentiscle), *Tamarix* sp. (tamariu) i *Rosaceae subfam. maloideae* (Rosàcia subfamília Maloide).

Els tàxons principals, representats amb majors percentatges a l'interior del forn, també apareixen en la zona exterior. En aquest sentit, el pi blanc juntament amb les quercínees de fulla perenne i el roure són els tàxons presents en un major número d'UEs exteriors. D'altra banda, destacar que freixe i lleguminosa, només apareixen documentades en la zona exterior del forn, mentre que els dos fragments de bràctea de pinya els trobem tant a l'interior com a l'exterior del forn. Respecte a les absències destacar que no s'han documentat restes de



l lentiscle, rosàcia i taray els quals sí que han sigut identificats a l'interior de la cambra, curiosament amb els percentatges més baixos de tot el dipòsit.

Paral·lelament a la identificació taxonòmica global, s'han observat algunes alteracions anatòmiques en el carbó que poden aportar informació sobre la matèria primera utilitzada. Així, s'han detectat en les parets de les traqueïdes de ginebres/sabines i també en menor mesura en els pins, alteracions en les parets cel·lulars en forma d'espiral relacionades amb la fusta de reacció. Aquesta es produeix per la pèrdua de verticalitat del tronc durant el creixement natural de l'arbre i per això, és més freqüent en les branques que en el tronc. També s'han detectat nusos, que es produeixen en les bifurcacions de les branques o quan aquestes cauen. Desgraciadament, aquestes últimes a nivell microscòpic presenten una estructura cel·lular retorçada i ha sigut impossible la seua identificació a nivell taxonòmic. Gràcies a totes aquestes dades deduïm que durant el procés de combustió s'utilitzà llenya de les branques i no del fust d'aquests arbres.

D'altra banda, també cal apuntar que la presència d'evidències de fusta degradada és elevada en els fragments de pi blanc i també en les quercíneas, tant perennifòlies com caducifòlies, sobretot per la presència de fongs que podrien indicar un emmagatzematge en condicions d'humitat alta, encara que l'escassa presència de galeries d'insectes xilòfags suggereix que la llenya probablement no era emmagatzemada durant molt de temps. Fins i tot s'han observat altres alteracions relacionades directament amb la combustió de la fusta, com la presència d'esquerdes radials que han afectat únicament els fragments de lleguminosa. En aquest cas les clivelles radials són curtes i nombroses, i podrien estar relacionades amb el consum de llenya que conserva un cert grau d'humitat (Théry-Parisot, Henry, 2012). Aquesta dada ens permetria plantejar si les lleguminoses podien haver estat utilitzades sense emmagatzematge previ que permetera la pèrdua d'humitat.

A més, a l'interior de la cambra, s'han recuperat alguns fragments afectats per vitrificació dels seus teixits (1,1%), impedit en aquest cas la seua identificació. No es coneixen bé les causes que provoquen la vitrificació dels carbons, però els estudis realitzats indiquen que tenen el seu origen produeixen en processos de combustió a altes temperatures, combinat amb una carbonització lenta en un mitjà reductor de fustes amb una taxa d'humitat elevada (Carrión, Badal, 2005; Théry-Parisot, 2001). En el cas del forn de reducció en

La Pastora (Aliseda, Càceres) l'alta presència de carbons vitrificats s'atribueix la seua presència a l'alta presència de carbons vitrificats a l'ús de carbó i no de llenya (Pavón *et al.*, 2017: 347).

Pel que respecta al poder calorífic del tàxon identificat, concretament a l'interior de la cambra del forn, es planteja la qüestió de si les espècies llenyoses van ser utilitzades de manera aleatòria entre les espècies de l'entorn del jaciment o si aquestes van ser seleccionades en funció del poder i rendiment calorífic apropiats. En aquest sentit, les coníferes tenen un poder calorífic més elevat que la resta d'espècies i poden assolir fins a 800 °C. En canvi, les fustes denses com la de roure, carrasca i freixe proporcionen un foc prolongat i alliberen la seua calor de forma sostinguda i duradora, però sols poden arribar a temperatures màximes de 450 °C (Soler, 2003). Finalment, les fustes poc denses, com la de les rosàcies, el tamariu, el llentiscle i la lleguminosa cremen ràpidament i alliberen una calor intensa. Tot i el que especifica, també cal tindre en compte factors variants, ja que aquestes propietats combustibles pròpies de cada tipus de fusta no són estàtiques i poden variar en funció del calibre utilitzat, de la taxa d'humitat o l'estat fisiològic de la fusta utilitzada (Théry-Parisot *et al.*, 2010).

Les temperatures assolides amb la combustió d'aquestes fustes, en principi no serien suficients per a la reducció del mineral i fosa del metall, ja que es necessita assolir una temperatura d'uns 1200 °C. Per a això normalment en els forns metal·lúrgics el combustible utilitzat sol ser carbó produït en carboneres, ja que multiplica el poder calorífic de les combustions, al costat dels sistemes d'aireig que dirigeixen l'aire al combustible incandescent, elevant així la temperatura (Fernández Ruiz, 2016). En el nostre cas comptem amb tots dos elements, presència de mostres vitrificades que possiblement cal associar-les amb carbó procedent de carboneres, i sistemes d'aireig.

## ESTUDI ARQUEOMÈTRIC

Dins dels estudis d'arqueometria dedicats a la metal·lúrgia del ferro, per la seua natura i els canvis que aquestes experimenten durant el procés, l'anàlisi de les escòries no ha estat molt atès. Així i tot, en la bibliografia especialitzada comptem amb alguns treballs que ens descriuen els mitjans i mètodes del procés tecnològic des de l'obtenció del ferro fins a la seua transformació en útils. Entre aquests, la seua majoria estan centrats en les primeres fases de la producció d'aquest metall (Gómez Ramos, 1996; Ferrer, 2000; Renzi, 2013; Renzi, Rovira *et al.*, 2013; Renzi, Rovira, 2007, 2015; Pérez Macías *et*

al., 2018) i també comptem amb alguns interessants treballs sobre experimentació de reducció en forns com el Projecte Segeda (Burillo, Rovira, 2003).

El interès d'aquest tipus d'estudis resideix en el fet de que a través de la morfologia i composició de les escòries es pot diferenciar a quin estadi de la cadena operativa correspon dins de la siderúrgia antiga.

### Metodologia, anàlisi de les mostres i

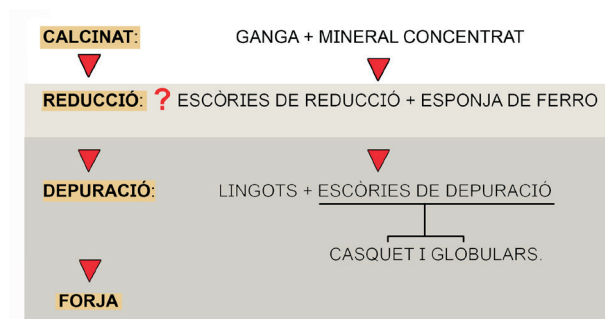


Figura 24. Cadena operativa del forn de El Castillejo.

### resultats

En aquest sentit i donat l'ampli conjunt de restes recuperades al voltant i dins del forn de El Castillejo durant el procés d'excavació, hem pogut realitzar el estudi de cas d'aquesta àrea artesanal. Dins del protocol d'actuació, el primer pas sigui la recuperació dels materials directament de la cubeta del forn (UE1047) en la qual s'acumulaven a simple vista junt a carbons. Però a més, també es va recuperar tot el sediment de l'exterior del forn (UE's 1035, 1044 1045, 1046, 1050 i 1057). En total es van recuperar 200 gr d'escòries que majoritàriament corresponen a la UE1045 amb 115 gr i a la UE1047 amb 54 gr. Posteriorment de tot el conjunt es van seleccionar set mostres de cada una de les unitats més representades (UE1045 i UE1047) per a procedir a la seua anàlisi arqueomètrica.

Posteriorment aquestes mostres van ser analitzades per l'Unitat d'Arqueometria de l'Universitat d'Alacant amb lupa binocular (Lupa Binocular ZEISS Discovery V8 a 10–80 de potència amb ZEN Imaging Programari 2.3, amb llum anular) i mitjançant Microscòpia Electrònica d'Escombratge (SEM-EDX) amb sonda microanalítica d'energia dispersiva de Raigs X (SEM-EDX), per a l'obtenció



Figura 22. Fragments d'escòria de forma plana de l'UE1050, relacionades amb la reducció del ferro.

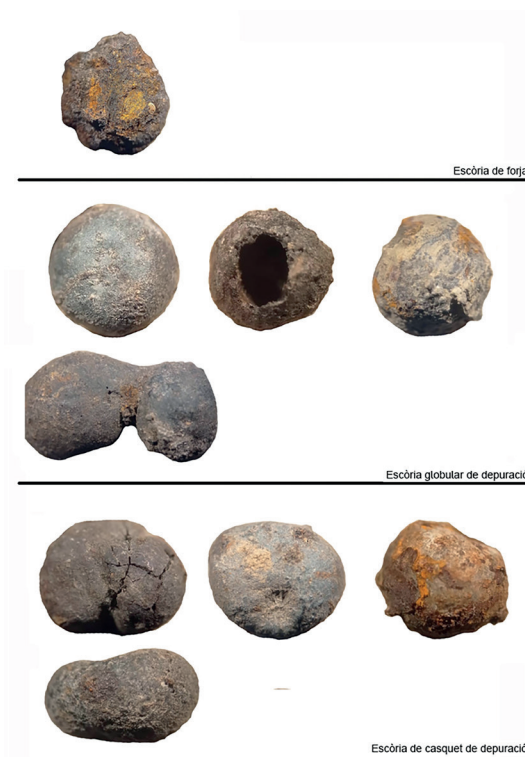


Figura 23. Imatges de mostres de tipologia globular de depuració de la UE 1045 no analitzades per SEM de lupa binocular.

d'imatges i composició elemental de les mostres, obtenint informació percentual dels elements químics majoritaris

Aleshores, en l'E1 s'han pogut observar dos tipus d'escòries: de reducció i de depuració o forja. Les primeres documentades s'obtenen una vegada finalitzat el calcinat de la matèria primera i presenten forma plana. Aquestes s'han recuperat sobretot en UEs documentades a la zona exterior del forn (UE1045 i UE1050), on encara que fragmentades presenten una bona grandària (Fig. 22). Igualment s'han observat en l'interior (UE1047) però en aquest cas en forma de microrestes.

Pel que respecta a les segones (Fig. 23), les escòries de depuració o forja, aquestes presenten morfologia a forma de casquet i globulars, i apareixen principalment en la zona exterior immediata a la boca del forn (UE1045) i en la cambra del mateix (UE1047). Però també com a element aïllat en altres zones del taller (UE1050).

Per tant, el procés observat o cadena operativa, atenent exclusivament a la tipologia de les escòries analitzades és la següent:

Quant a la composició de les mostres analitzades podem, assenyalar que és bastant uniforme (Fig. 26 a 37; Taules 5 i 6). Així doncs, pel que observem en les anàlisis globals, la majoria de mostres es componen de carbó, wüstita (oxid de ferro) i vidre, combinació que podria indicar la associació de la matèria primera a filons de ferro associats a carbonats i silicats. No obstant, en algunes mostres la presència de vidre pot aparèixer per la utilització d'arena com fundent en el procés de fosa, o son vitrificacions a partir de minerals silícis usats normalment en els forns com a material refractari. Altre aspecte a destacar es el fet de que en algunes de les escòries ens trobem restes de carbonats i en una en concret, la mostra 6 de l'UE1047 (Fig. 31, 6b), cristalls de quars idiomorfo. Tot això ens indica que l'ambient del forn no degué aconseguir una tempera prou alta per a reduir de forma completa el mineral de ferro, encara que si indica un procediment correcte a partir de la tecnologia coneguda. Com a elements diferenciadors de l'homogeneïtat de la mostra també trobem la presència d'altres components significatius. D'una banda, la presència de titanita en la mostra 4 de l'UE1045 (Fig. 29, 4c i 4e), lo qual pot donar-se per la diferent presència d'àrees fonts d'aquest mineral i que pot associar-se amb altres minerals com silici (Si), alumini (Al), ferro (Fe), calci (Ca), sodi (Na), potassi (K), magnesi (Mg). D'altra banda la presència de fòsfor (P) en algunes de les mostres, no imputables a la formació de olivino ja que la composició química no es correspon

proporcionalment, més aviat té a veure amb l'ús d'ossos d'animals com a combustible.

## CONCLUSIONS

L'estudi multidisciplinar corresponent a la Fase II de la estança E1 documentada en El Castillejo ha possibilitat realitzar una aproximació acurada a un cas d'aquest tipus d'activitats artesanals en el món Ibèric.

Així doncs, ens trobem davant d'una àrea de treball que cal emmarcar cronològicament en l'Ibèric Ple, però més concretament i com hem avançat anteriorment gràcies a l'anàlisi comparat de les datacions relatives amb les absolutes, a la forquilla cronològica situada entre la segona meitat del segle IV i la primera meitat del segle III ANE.

Aquesta àrea artesanal es troba configurada per tota una serie d'estructures (forn, infraestructures per a les manxes, la possible enclusa i la cubeta), junt a nivells de residus producte de l'activitat metal·lúrgica que ens permeten afirmar que ens trobem davant d'un taller de forja parcialment conservat. Per tant, gràcies a l'estat del conjunt i l'aparició d'un forn que conservava abundants residus tant dins de la cambra com a les zones externes de l'estructura, el seu estudi ens ha permès realitzar tota una sèrie d'anàlisis als diferents elements emprats durant el procés artesanal.

Les primeres restes analitzades han sigut les ceràmiques, les quals ens han aportat interessant informació, a banda de l'aspecte cronològic, sobre el possible conjunt d'estris presents en un espai d'aquest tipus. En aquest cas, veiem com en el repertori ceràmic estudiat abunda fonamentalment recipients vinculats a l'emmagatzematge com son les àmfores, les tenalles i els lebes, seguit dels rajols, als qual no podem associar cap funcionalitat. Però en aquest espai, de forma residual també apareixen recipients de ceràmica de servei o de taula com son els plats, la gerra o la copeta caliciforme.

L'anàlisi del combustible del taller metal·lúrgic de El Castillejo aporta informació que permet obtindre algunes idees interessants. En primer lloc, els resultats apunten a que en les activitats metal·lúrgiques que es van dur a terme en el poblat va haver-hi una selecció de fustes que cremaven ràpid i que alliberaven molta calor com a pins i ginebres/sabines. Però també llentiscle, rosàcies, lleguminoses i tamarius, amb les quals s'aconseguien altes temperatures. Finalment aquestes espècies es combinaven amb altres llenyes com les de carrasques, roures i freixes, que feien que la temperatura aconseguida dins del forn es mantinguera durant més temps. Però a més,

al combustible d'origen vegetal també cal afegir l'ús d'ossos, els quals han sigut detectats gràcies a presència de Fòsfor en l'anàlisi arqueomètric a més de la seua presència entre les restes. Aquests, complementarien les propietats del combustible vegetal i ajudarien en el procés amb un major control del foc obtenint un foc molt actiu, amb flama gran i duradora (Théry-Parisot *et al.* 2005).

D'altra banda, algunes alteracions anatòmiques detectades en el carbó, com la fusta de reacció en els pins i en els ginebres/sabines, però també els nusos i les bràctees de pinya, indiquen que durant el procés de combustió s'utilitzà fusta de les branques i no del fust d'aquests arbres. A més, la presència de fongs en els carbons de pi blanc i també en les quercíneas, tant perennifòlies com caducifòlies, podrien indicar un emmagatzematge en condicions d'humitat alta, encara que l'escassa presència de galeries d'insectes xilòfags suggereix que la llenya probablement no era emmagatzemada durant molt de temps.

Pel que respecta als processos de la cadena operativa produïts en el jaciment, gràcies a les restes de rebuig i escòries analitzades i atenent a la seua morfologia, el forn de El Castillejo es va utilitzar fonamentalment per a la depuració del ferro i l'activitat de forja. La prova és que apareixen les tipologies d'escòries pròpies d'aquest procés, és a dir, de casquet, laminars i globulars producte del martellatge per al cas de la depuració i la forja (Simón *et al.*, 1997: 219).

No obstant això, també cal apuntar que l'activitat de reducció no queda del tot clara, ja que les escòries de reducció que apareixen en el conjunt es troben fonamentalment fora de la cambra del forn, essent a l'interior únicament com a microrrestes. Aquest aspecte, junt amb els indicadors antracològics i arqueomètrics mostren que les temperatures assolides no van poder arribar a nivells necessaris per a realitzar el procés de reducció. Per tant, fonamentant-nos ens aquests factors ens inclinem a pensar que les escòries de reducció podrien haver-les transportat en aquest estat fins al jaciment i la seua presència en el taller de forja cal justificar-la com a materials presents per a la realització de l'activitat de depuració i forja.

En quant a les escòries analitzades, l'anàlisi arqueomètric també ha permès indicar que la diversitat en la composició de la matèria amb la què es treballà, pot donar-se en conseqüència a la presència de ferro procedent de diferents àrees fonts.

En resum, presentem un taller de forja datat entre la segona meitat del segle IV i la primera meitat

del segle III ANE (ibèric ple) en el qual es va dur a terme la depuració i forja del ferro, activitats que es poden vincular a la fabricació i/o reparació d'estrís i eines. Desgraciadament, dins d'aquesta cadena operativa no trobem indicis corresponent al procés de calcinat, és a dir, del primer estadi per a l'obtenció del ferro a partir de la matèria primera, i tampoc podem determinar amb seguretat que és produïren processos de reducció. Per tant, aquest aspecte ens indica que la matèria primera que arribava al taller ja es trobava prèviament processada, siguen bé en forma primària o també com a metall procedent de estrís amortitzats. Per altra banda, durant aquests processos de treball, el combustible emprat ens mostra dos aspectes importants, en primer lloc una selecció de combustible mixt per a aconseguir un procés d'ignició ràpid, amb altes temperatures i després mantenir-les durant temps prolongat mentre es realitzaven els treballs de forja. En segon lloc, una explotació dels recursos forestals de l'entorn sense la desforestació del mateix i amb combustibles emmagatzemats prèviament o reutilitzats de possibles àrees abandonades del jaciment.

## BIBLIOGRAFIA

- ADROHER AUROUX, A. M., CARRERAS MONFORT, C., RUI DE ALMEIDA, FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, A., MOLINA VIDAL, J., I VIEGAS, C. (2016). "Registro para la cuantificación de cerámica arqueológica: estado de la cuestión y una nueva propuesta. Protocolo de Sevilla (prcs/14)". *Zephyrus*, LXXVIII: 87-110. Salamanca.
- ALVAREZ, L.; LORRIO, A.; RUIZ, G. (2016): "Los primeros elementos de hierro en Iberia". *Anejos a Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad Autónoma de Madrid*, 2: 149-165. Homenaje a Concepción Blasco Bosqued. Madrid.
- ALVAREZ ARZA, R., DURAN CAIXAL, M. MESTRES SANTACREU, I., MOLAS FONT, M.D., PRINCIPAL PONCE, J. (2000): "El jaciment del Camp de les Lloses (Tona, Osona), i el seu taller de metalls". *Saguntum Extra-3*, en Mata Parreño, C., Pérez Jordà, G. (ed.): *Ibers, Agricultors, artesans i comerciants. III Reunió sobre economia en el Món Ibèric*: 271-281. Universitat de València. València.
- ARANA, R.; PEREZ SIRVENT, C. (1993): "El trabajo del hierro en el poblado protohistórico de El Castellar de Librilla (Murcia). II. Estudio mineralógico". En Ramallo Asensió, S., Muñoz Amibilia, A.M., Ros Sala, M.M. (coord.):

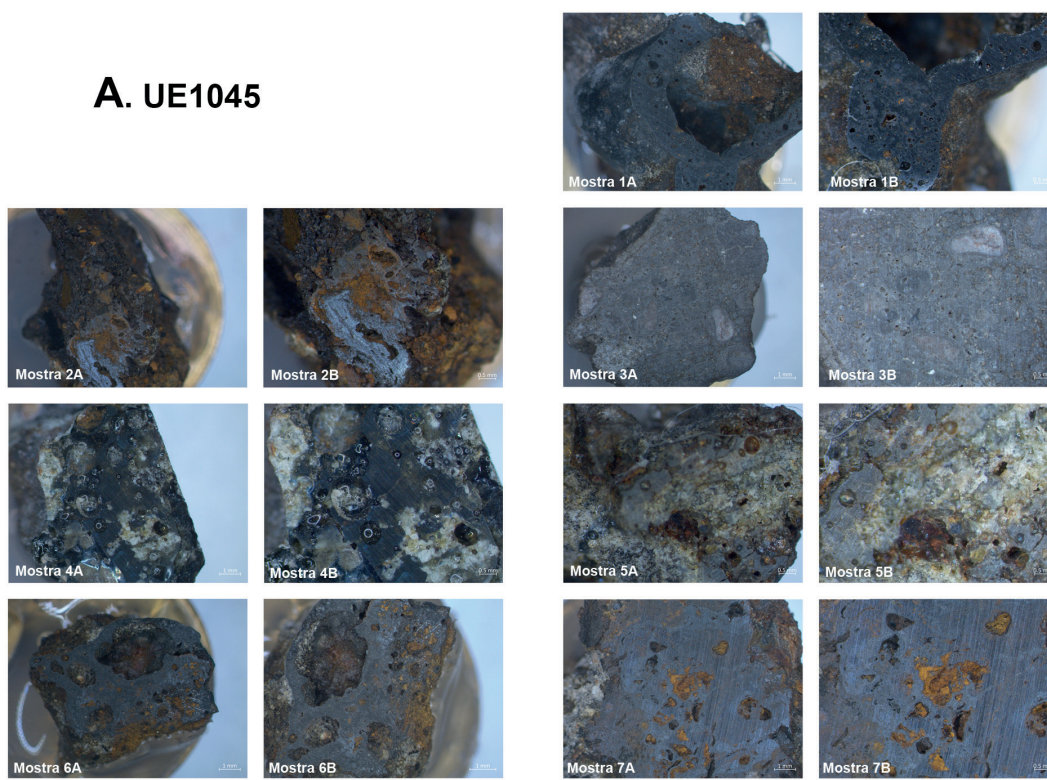
- Metalurgia en la península ibérica durante el primer milenio a.C. Estado actual de la investigación*: 111-129. Universidad de Murcia. Murcia.
- ARASA I GIL, F., ROSSELLÓ I VERGER, V. (1995): *Les Vies Romanes del territori Valencià*. IVEI-Institut Geogràfic. Publicació de Divulgació General, el valencians i el territori, 7: 144. Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transport. València.
- ARASA I GIL, F., BARRACHINA IBÁÑEZ, A., MEDINA GIL, P. (2020): "Una inscripción romana de Benafer (Alto Palancia, Castellón)". *Quaderns de Prehistòria i Arqueologia de Castelló*, 38: 135-140, Servei d'Investigacions Arqueològiques i Prehistòriques. Diputació de Castelló. Servei de Publicacions. Diputació de Castelló. Castelló.
- AZKARATE GARAI-OLAUN, A. I SOLAUN BUSTINZA, J.L. (2020): "Cultura material y procesos formativos en arqueología. Sobre la importancia de «poner las cosas en su sitio»". En C. Doménech y S. Gutiérrez. *El sitio de las cosas. La Alta Edad Media en su contexto*. Serie Arqueología: 17-34. Publicacions Universitat d'Alacant. Alacant.
- BOIRA, J., SALES, V., HERMOSILLA, J. (1995): "Les comarques central (I). Les valls del Palància i del Túria. En Juan Piqueras Haba (dir.): *Geografia de les comarques valencianes*, vol. 3: 347. Foro Ediciones, S.L. València.
- BONET ROSADO, H.; MATA PARREÑO, C. (2002): *El Puntal dels Llops: un fortín edetano*. Serie de Trabajos Varios del SIP, 99: 350. Servicio de Investigaciones Prehistoricas. Diputació der València. València.
- BONET ROSADO, H.; MATA PARREÑO, C. (2008): "Las cerámicas ibéricas. Estado de la cuestión" En Bernal Casasola, D., Ribera i Lacomba, A. (eds. Científicos): *Actas XXVI Congreso Internacional de la Asociación REI CRETARIAE ROMANAE FAUTRES: Cerámicas hispanorromanas. Un estado de la cuestión*: 147-170. Universidad de Cádiz. Servicio de Publicaciones. Cádiz.
- CARANDINI, A. (1997): *Historias en la tierra*. Barcelona: Crítica.
- CARRIÓN MARCO, Y., BADAL GARCÍA, E. (2005). "Estudio antracológico de tres monumentos funerarios del Valle de Ambrona". En M. A. Rojo Guerra, M. Kunst, R. Garrido Pena, I. García Martínez de Lagrán y G. Morán Dauchez (eds.) *Un desafío a la eternidad: Tumbas monumentales del Valle de Ambrona*. Arqueología en Castilla y León 14, Memorias: 279-288. Valladolid.
- FERNÁNDEZ RUIZ, J. (2016). *Las estructuras de combustión en la prehistoria reciente en el nordeste de la Península Ibérica*. Bellaterra.
- FERRER ERES, M.A. (2000): "La metalurgia ibérica del hierro: una aproximación a través de la interpretación arqueométrica". *Saguntum Extra-3*, en Mata Parreño, C., Pérez Jordà, G. (ed.): *Ibers, Agricultors, artesans i comerciants. III Reunió sobre economia en el Món Ibèric*: 283-289. Universitat de València. València.
- FRANCÉS, J. I GUÀRDIA, M. (2011): "El poblado ibérico del Turó de Ca n'Oliver (Segles VII a.C.). Balanç de 25 anys de recerca i difusió". *Tribuna d'Arqueologia*, 2010-2011: 267-291. Generalitat de Catalunya. Barcelona.
- FUENTES ALBERO, M. M., GARIBO BODI, J., LOZANO PEREZ, L., VALCARCEL ESTORS, A. (2017): "Árguinás II (Segorbe, Castellón): un centro de producción cerámico ibérico". *Saguntum /Sagvntvm*, 49: 71-84. Universitat de València. Departament de Prehistòria, Arqueologia i Història Antiga. València.
- GALLEGO CAÑAMERO, J. M. (2014): "Experimentando con armas ibéricas de hierro. La producción del metal en hornos de «tiro natural»". *Galdius*, XXXIV: 37-64. CSIC. Instituto de Historia. Madrid.
- GARCÍA, L., GUINDEO, A. Y. (1996). *Madera de coníferas. Anatomía de géneros*. Escuela superior de Ingenieros de Montes. Fundación Conde del Valle de Salazar. Adrid.
- GASULL, P.; BLANCH, M.; GONZÁLEZ, A.; LORENCIO, C.; MAYORAL, F.; XANDRI, J.; YLL, E. (1995): "El poblado ibérico de Castellruf, Sta. Maria de Martorelles (Vallès oriental)". *Memòries d'Intervencions Arqueològiques a Catalunya*, 16: ----. Monografies del Servei d'Arqueologia de la Generalitat de Catalunya. Barcelona.
- GIL-MASCARELL, M. (1971): *Catálogo de yacimientos ibéricos del Reino de Valencia*. Tesis Doctoral. Valencia.
- GIP, Grup d'Investigació Prehistòrica (2003): "Caballos y hierro. El campo frisio y la fortaleza de Els Vilars d'Arbeca (Lleida, España), siglo VIII-IV a.n.e." en Alonso, N., Junyent, E., Lafuente, A., López J.B. (coord.) *Chevaux de frise i fortificació en la primera edat del ferro europea*: 233-274. Lleida.
- GÓMEZ RAMOS, P. (1996): "Análisis de escorias férreas: nuevas aportaciones al conocimiento de la siderurgia prerromana en España". *Trabajos de Prehistoria*, 53 (2): 145-155. CSIC. Instituto de Historia. Madrid.
- JÁRREGA DOMÍNGUEZ, RAMÓN (1998): "El poblamiento romano en la comarca de El Alto

- Palancia (Castellón). Estado actual de nuestros conocimientos". *Quaderns de Prehistoria i Arqueologia de Castelló*, 19: 349-369. Diputació de Castelló. Castelló de la Plana.
- JÁRREGA DOMÍNGUEZ, RAMÓN (2000): *El alto Palancia en la época romana*. Colección Universitaria: 341. Diputación de Castelló. Castelló de la Plana.
- JÁRREGA DOMÍNGUEZ, RAMÓN (2001): "La vía romana de Saguntum a Caesaraugusta en la comarca del Alto Palancia: estudio arqueológico". *Millars*, XXIV: 35-58. Universidad Jaume I. Castelló de la Plana.
- LEBAUPIN, D. (1998): "Ateliers de forgeons et témoins dispersés du travail du fer à Lattes (Hérault) (Ive s. av. - Ier s. ap. J.-C.)". a Feugère, M., Serneels, V. (Eds). *Recherches sur l'économie du fer en Méditerranée nord-occidentale*. Monographies Instrumentum, 4: 80-95. Ed. M. Mergoïl. Montagnac
- LÓPEZ SERRANO, D.; VALERO CLIMENT, A.; GARCÍA BORJA, P.; RODRÍGUEZ TRAVER, J. A.; VIVES-FERRÁNDIZ, J. (2018): "Excavaciones arqueológicas en el yacimiento ibérico de La Cervera (La Font de la Figuera, Valencia". A Matamoros, C., Tendero, F. E., Alapont, L., Alfonso, J. (Coords.): *Jornades d'Arqueologia de la Comunitat Valenciana: 2013-2015*: 55-67. Direcció General de Cultura i Patrimoni. Conselleria d'Educació, Investigació, Cultura i Esport. Generalitat Valenciana. València.
- LLOP GIL, J.V. (2013-2015): "Aproximación a la arquitectura ibera en el Alto Palancia". A Matamoros, C., Tendero, F. E., Alapont, L., Alfonso, J. (Coords.): *Jornades d'Arqueologia de la Comunitat Valenciana: 2013-2015*: 77-88. Direcció General de Cultura i Patrimoni. Conselleria d'Educació, Investigació, Cultura i Esport. Generalitat Valenciana. València.
- LLOP GIL, J.V., GUIMARAENS IGUAL, G. (2017): "Patrones compositivos en la investigación sobre el patrimonio arquitectónico ibero: el caso de la Rochina". *Arché*, 11-12: 243-254. Publicación del Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. <http://hdl.handle.net/10251/101006>
- MADROÑERO DE LA CAL, A.; MARTIN COSTEA, A., LÓPEZ SERRANO, V., GARCÍA CARCEDO, F., ARLEGUI SANCHEZ, M. (1992): "Estudio arqueometalúrgico de útiles y restos minerometalúrgicos de hierro del yacimiento celtibérico de "Castilmontán" (Somaén, Soria)". *Boletín Museo de Zaragoza*, 11: 47-88.
- Diputación General de Aragón. Zaragoza.
- MARGUERIE, D., HUNOT, J. (2007). "Charcoal analysis and dendrology: data from archaeological sites in north-western France". *Journal of Archaeological Science* 34 (9), 1417-1433.
- MARTÍ BONAFÉ, M. A. (1998): *El área territorial de Arse-Saguntum en época ibérica. Una aproximación a su estudio*. Institució Alfons el Magnànim: 274. Diputació de València. València.
- MATA PARREÑO, C. (2019): *De Kelin a Los Villares (Caudete de las Fuentes, Valencia). Nacimiento y decadencia de una ciudad ibérica*. Serie de Trabajos Varios, 122: 274. Servicio de Investigaciones Prehistoricas. Diputació der València. València.
- MATA PARREÑO, C. y BONET ROSADO, H. (1992): "La cerámica ibérica: ensayo de tipología". En Cabanilles, J. (ed.) *Estudios de arqueología ibérica y romana. Homenaje a Enrique Pla Ballester, Serie de Trabajos Varios*, 89: 117-174. Servicio de Investigaciones Prehistóricas. Diputació der València. València.
- MATA PARREÑO, C.; MORENO MARTÍN, A.; FERRER ERES, M. A. (2009): "Iron, Fuel and Slags: Reconstructing the Ironwork Process in Iberian Iron Age (Valencian Region)". *Pyrenae*, 40, vol. 2: 105-127. Revista de Prehistòria i Antiguitat de la Mediterrània Occidental. Universidad de Barcelona. Barcelona.
- MORER DE LLORENS, J., RIGO JOVELLS, A., BARRASSETAS, E. (1997): "Les intervencions arqueològiques l'autopista A-16: valoració de conjunt". *Tribuna d'Arqueologia*, 1996-1997: 67-98. Generalitat de Catalunya. Barcelona.
- MORER DE LLORENS, J., RIGO JOVELLS, A. (1999): *Ferro i ferrers en el món ibèric. El poblat de les Guàrdies (El Vendrell)*: 63. Autopistes de Catalunya. Barcelona.
- PALOMAR MACIAN, VICENTE. (1995): *La Edad del Bronce en el Alto Palancia*. Maria de Luna IV: 332. Ayuntamiento de Segorbe. Segorbe.
- PAVÓN SOLDEVILA, I., DUQUE ESPINO, D., RENZI, M., ROVIRA LLORENS, S., RODRÍGUEZ DÍAZ, A. (2017): "El Horno protohistórico de reducción directa de la Pastora (Aliseda, Cáceres)". *Trabajos de Prehistoria*, 72, (2): 335-354. Madrid. CSIC. Instituto de Historia. Madrid.
- PÉREZ MACÍAS, J. A.; CABACO ENCINAS, B., GARCÍA TEYSSANDIER, E., 2018: "La producción metalúrgica en el asentamiento Fenicio de Ayamonte (Huelva)". *Actas de V Encontro de Arqueologia do Sudoeste Peninsular*. 275-290. Almodôvar, 18 a 20 de

- novembre de 2010. Almodôvar. Portugal.
- PLA BALLESTER, E. (1977): "Benafer". *Gran Enciclopedia de la Región Valenciana*. Tomo II: 114. Valencia.
- RENZI, M. (2013): *La Fonteta (Guardamar del Segura, Alicante) y la metalurgia fenicia de época arcaica en la península Ibérica*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Geografía e Historia. Departamento de Prehistoria. Madrid.
- RENZI, M., ROVIRA LLORENS, S. (2007): "Las escorias metalúrgicas del yacimiento fenicio de la Fonteta, Alicante: estudio preliminar." En *Actas del VI Congreso Ibérico de Arqueometría "Avances en Arqueometría 2005"*. Universitat de Girona del 16 al 19 de noviembre de 2005: 163-171. Girona.
- RENZI, M. y ROVIRA LLORENS, S. (2015): "Las metalurgias fenicias en el Mediterráneo". En Ballesta López, J.M. (Coords), *Phicaria, III. Minería y metalurgia en el Mediterraneo y su periferia oceanica*: 113-128. Mazarrón. Universidad Popular de Mazarrón.
- RENZI, M.; ROVIRA LLORENS, S.; ROVIRA HORTALÀ, M.C. I MONTERO, I. (2013): "Questioning research of early iron in the Mediterranean", A J. Humphris i Th. Rehren (eds.): *The World of Iron*. Ed. Archetipo Publications. Londres, pp: 178-187.
- RÉTIF, M. (1998): "Indices de métallurgie protohistorique du fer à Martigues (Bouche du Rhône)". In: *Recherches sur l'économie du fer en Méditerranée nord-occidentale. Monographies instrumentum*, 4: 96 -109. Montagnac: Mergoil.
- ROVIRA HORTALÀ, M.C. (2000): "Los talleres de herrero en el mundo ibérico: aspectos técnicos y sociales". *Saguntum Extra-3*, en Mata Parreño, C., Pérez Jordà, G. (ed.): *Ibers, Agricultors, artesans i comerciants. III Reunió sobre economia en el Món Ibèric*: 265-270. Universitat de València. València.
- ROVIRA HORTALÀ, M.C. (2012): "La producció siderúrgica en època ibèrica a Catalunya". *Bosc de Ferro. Actes de les primeres jornades de recerca i desenvolupament de la Vall Ferrera (Alins)*: 41-50. Garsineus Ed.Tremp.
- ROVIRA LLORENS, S. (2000): "Continuismo e innovación en la metalurgia ibérica», III Reunió sobre Economia en el Món Ibèric" *Saguntum Extra-3*, en Mata Parreño, C., Pérez Jordà, G. (ed.): *Ibers, Agricultors, artesans i comerciants. III Reunió sobre economia en el Món Ibèric*: 209-221. Universitat de València. València.
- ROVIRA LLORENS, S., BURILLO MOZOTA, F. (2007): Experimentos de fundición de minerales de hierro en la ciudad-estado celtibérica de Segeda (Mara, Zaragoza). En *Actas del VI Congreso Ibérico de Arqueometría "Avances en Arqueometría 2005"*. Universitat de Girona del 16 al 19 de noviembre de 2005: 137-144. Girona.
- SCHWEINGRUBER, F. (1978): *Mikroskopische holzanatomie*. <https://katalog.ub.uni-heidelberg.de/titel/66054241>
- SIMÓN ARIAS, J.; MARSAL ASTORTI, M.; PÉREZ SUÑÉ, J.; GÓMEZ SÁNCHEZ, J. (1997): "Caracterización de las escorias de hierro y su interpretación en el contexto histórico arqueológico". *Caesaraugusta*, 73: 217-227. En *II Congreso Nacional de Arqueometría, Zaragoza 16-19 Septiembre 1997*. Publicaciones de la Cátedra José Galiay. Diputación Provincial. Institución Fernando el Católico. Zaragoza.
- SOLER MAYOR, B. (2003). *Estudio de las estructuras de combustión prehistóricas. Una propuesta experimental*. Serie de Trabajos Varios, 102: 163. Servicio de Investigaciones Prehistóricas. Diputació der València. València.
- THÉRY-PARISOT, I. (2001). *Économie des combustibles au Paleolithique*. París: National de la Recherche Scientifique.
- THÉRY-PARISOT, I., & HENRY, A. (2012). "Seasoned or green? Radial cracks analysis as a method for identifying the use of green wood as fuel in archaeological charcoal". *Journal of Archaeological Science*, 39 (2), 381-388.
- 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.
- UROZ SÁEZ, J.; POVEDA NAVARRO, A.M.; MÁRQUEZ VILLORA, J.C. (2003): "Libisosa. La transformación de un oppidum en colonia romana". *Alebus, Cuadernos de Estudios del Valle de Elda*: 13: 221-252. Actas de III Seminario de Historia. Museo Arqueológico de Elda. Elda.
- VERNET, J.-L., OGEREAU, P., FIGUEIRAL, I., & MACHADO, C. (2001). *Guide d'identification des charbons de bois préhistoriques et récents. Sud-Ouest de l'Europe: France, Péninsule Ibérique et îles Canaries*. París: CNRS.

ANNEXE  
RESULTAT DELS ANÀLISIS SEM-EDX. IMATGES, GRÀFICS I TAULES

**A. UE1045**



**B. UE1047**

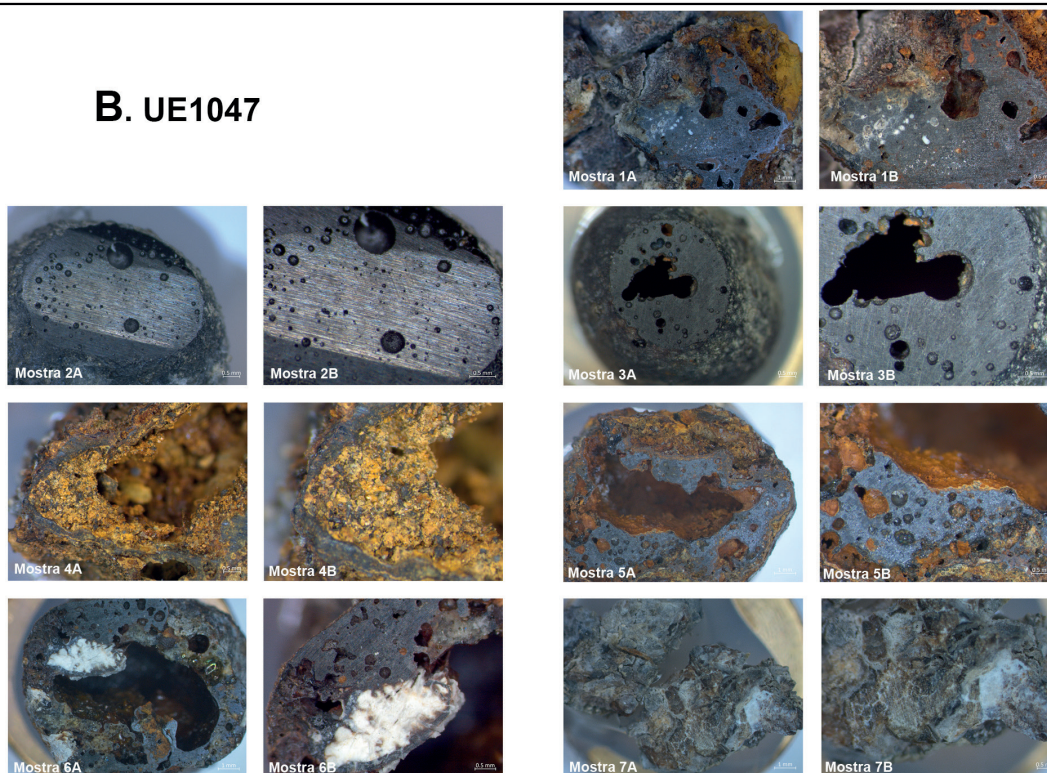


Figura 25. Imatges de les mostres analitzades per SEM. A.- Mostres corresponents a la UE1045. B.- Mostres corresponents a la UE1047.



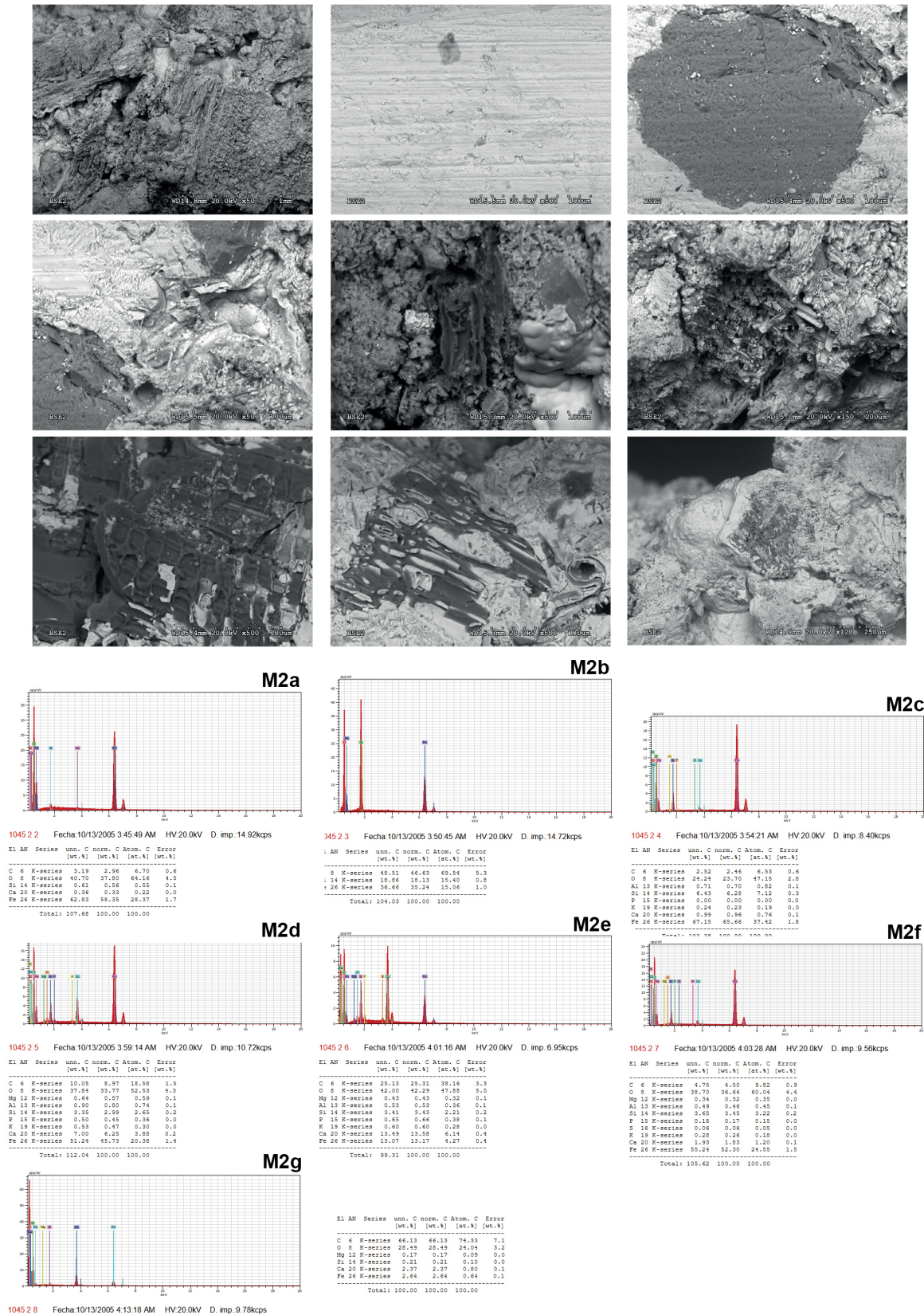


Figura 27. Imatges anàlisi SEM-EDX de la mostra 2 de la UE1045. Gràfics: 2a.- Wüsita. 2b.- Wüsita. 2c.- Anàlisi general, majoritàriament wüsita. 2d.- Anàlisi global + carbó. 2e.- Anàlisi global + carbó. 2f.- Vidre + wüsita. 2g.- Carbó.

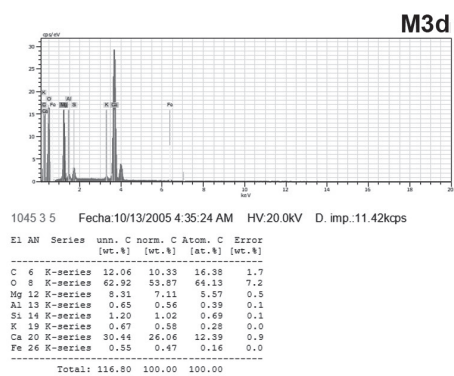
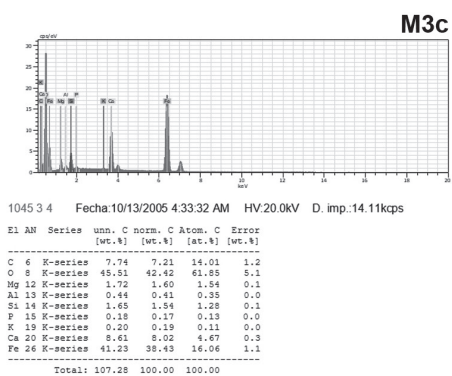
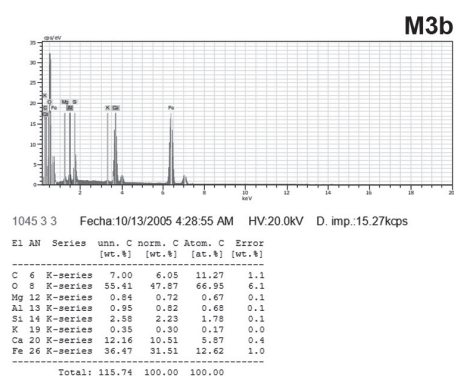
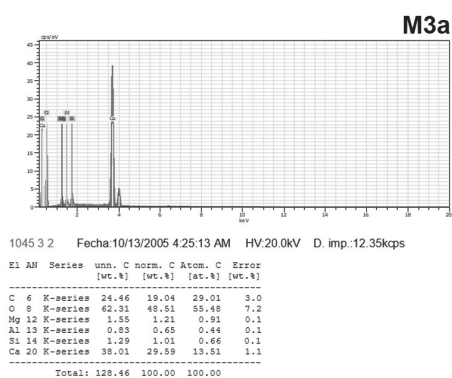
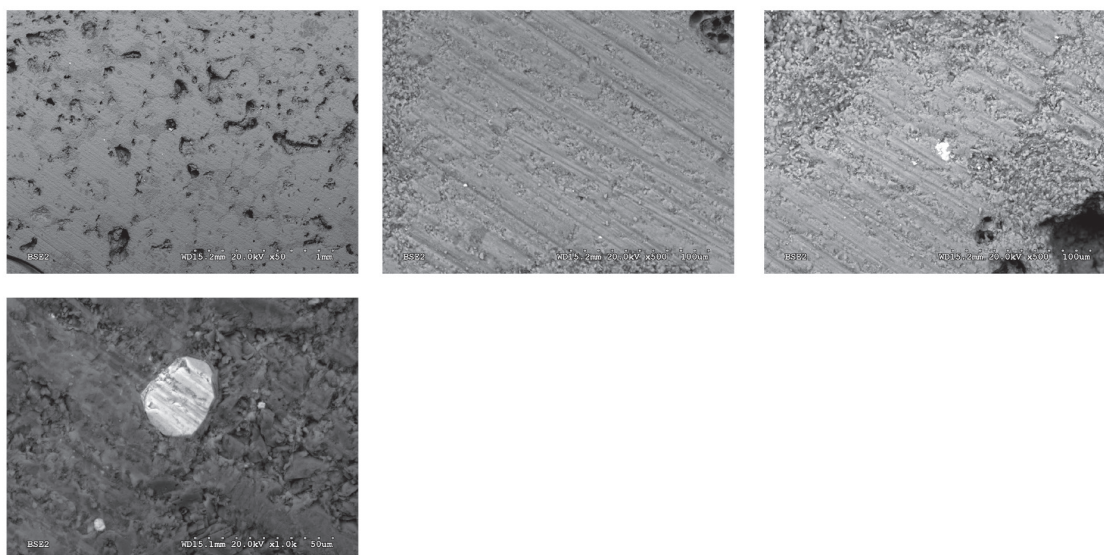


Figura 28. Imatges anàlisi SEM-EDX de la mostra 3 de la UE1045. Gràfics: 3a.- Carbó + wüsita. 3b.- Anàlisis global. 3c.- Anàlisis global. 3d.- Vidre + carbó.

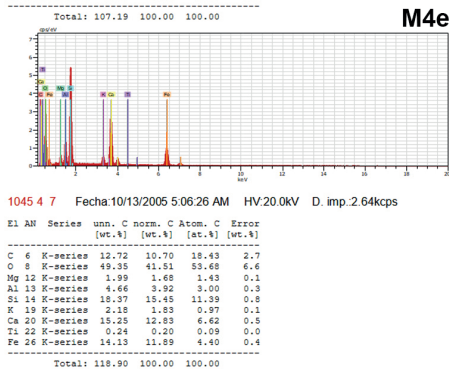
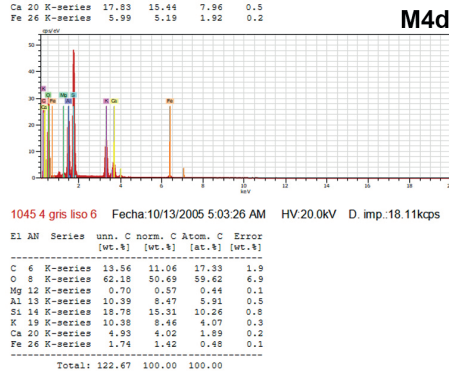
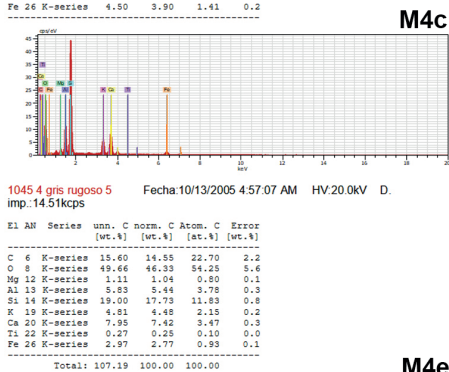
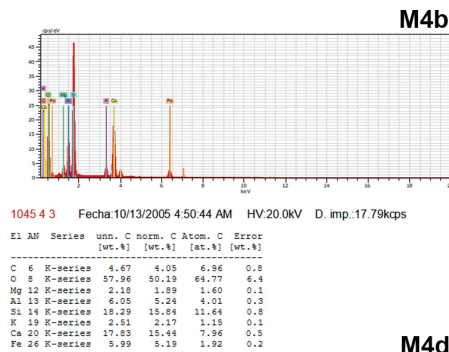
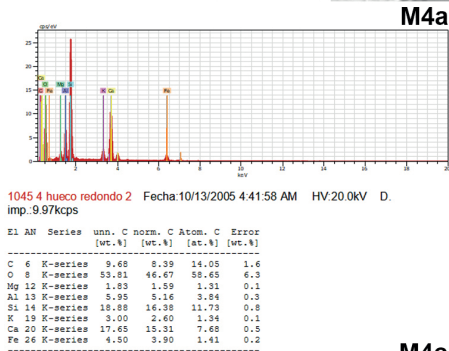
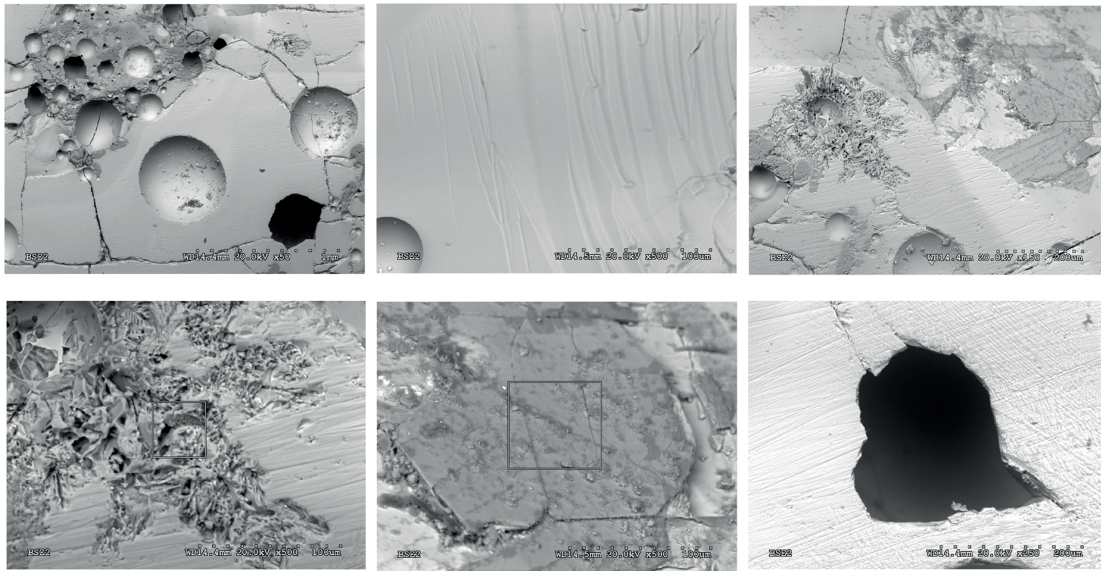


Figura 29. Imatges anàlisi SEM-EDX de la mostra 4 de la UE1045. Gràfics: 4a.- Vidre. 4b.- Vidre. 4c.- Vidre + carbó. Impuresa de Titanita o Anatasa. 4d.- Vidre + kirschsteinita. 4e.- Vidre + carbó. Impuresa de Titanita o Anatasa.

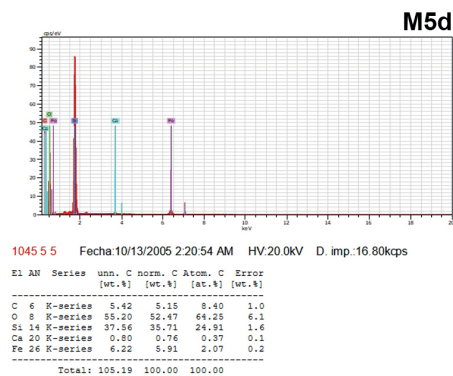
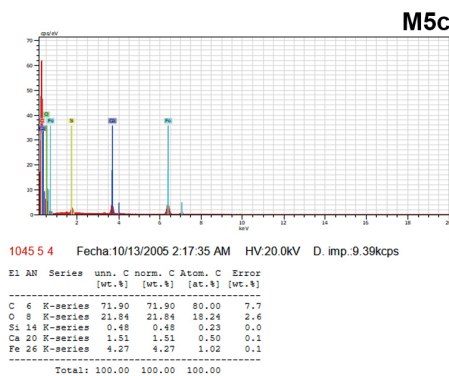
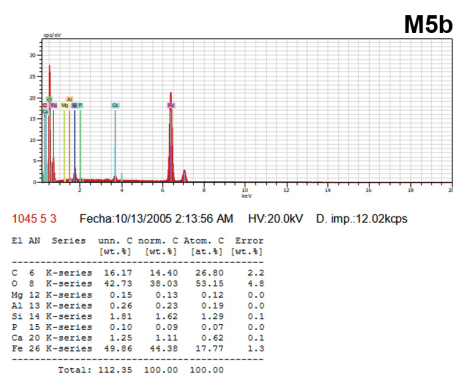
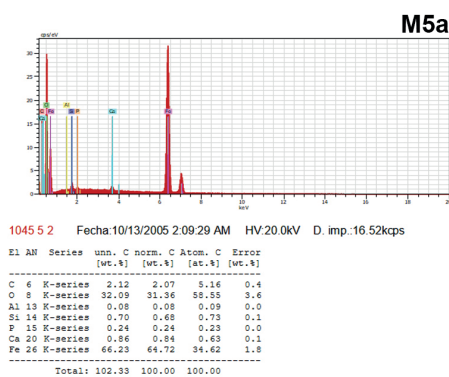
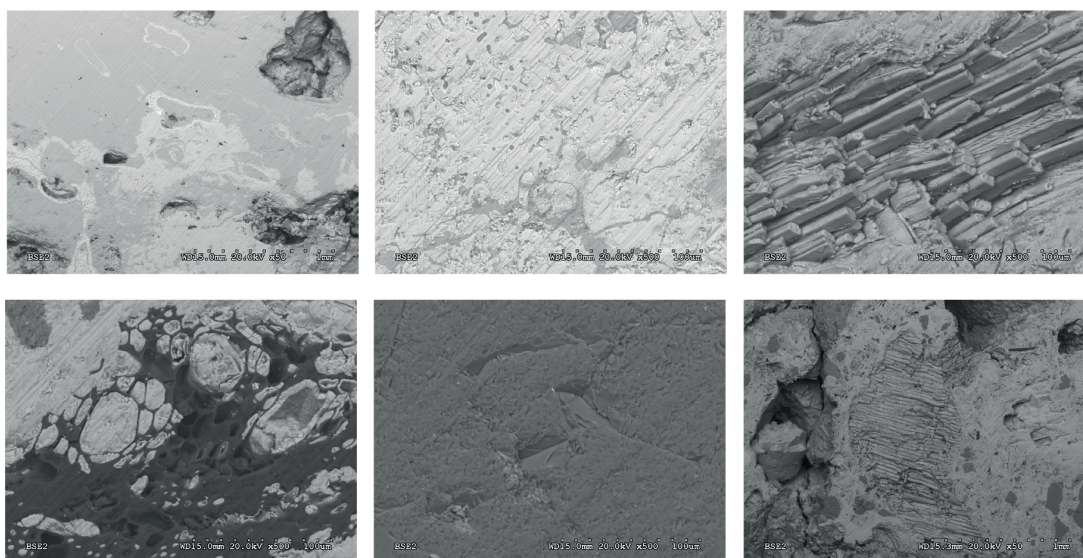


Figura 30. Imatges anàlisi SEM-EDX de la mostra 5 de la UE1045. Gràfics: 5a.- Wüsita. 5b.- Wüsita + carbó. 5c.- Carbó. Impuresa de Titanita o Anatasa. 5d.- Anàlisi global.

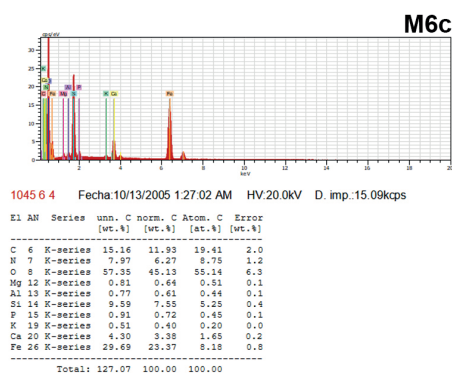
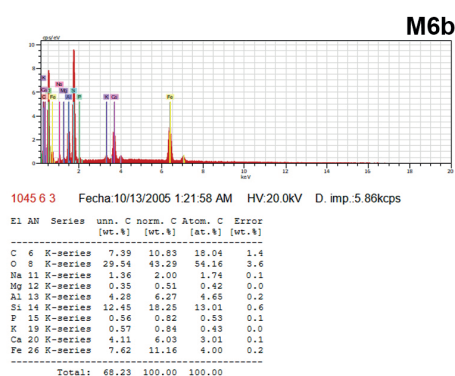
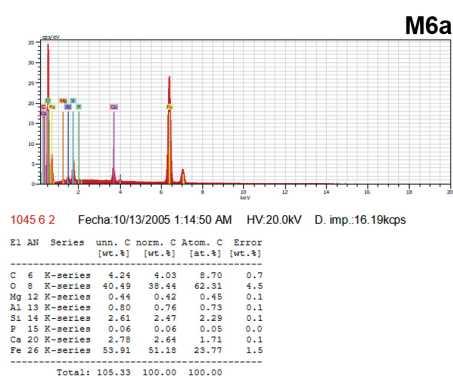
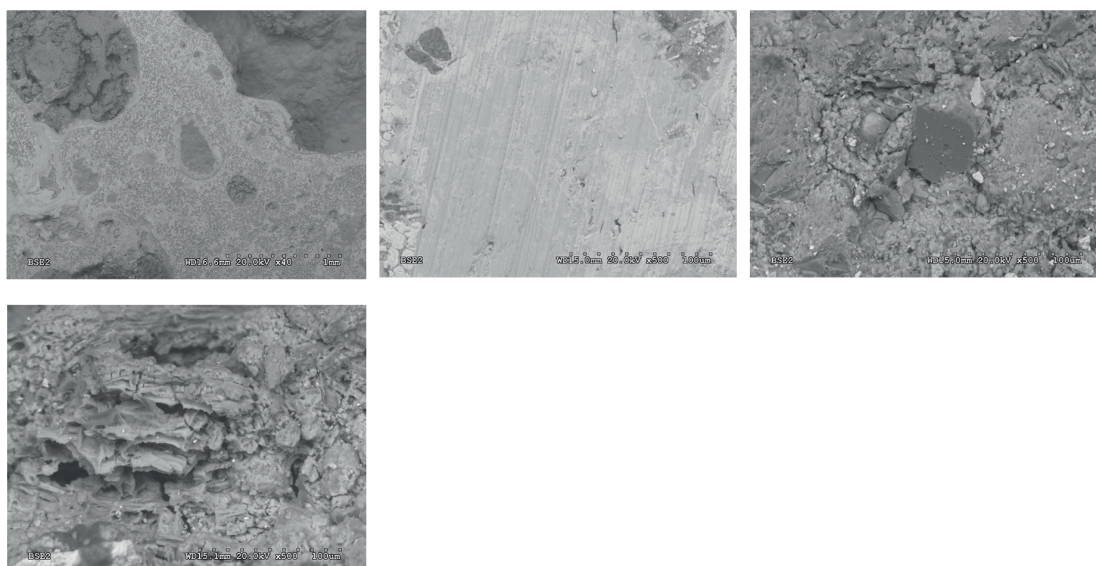


Figura 31. Imatges anàlisi SEM-EDX de la mostra 6 de la UE1045. Gràfics: 6a.- Carbó + Wüsita. 6b.- Wüsita. 6c.- Anàlisi global.

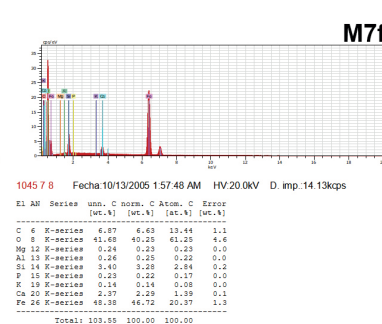
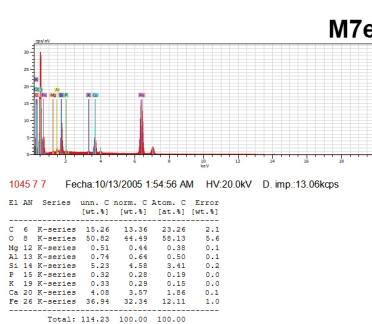
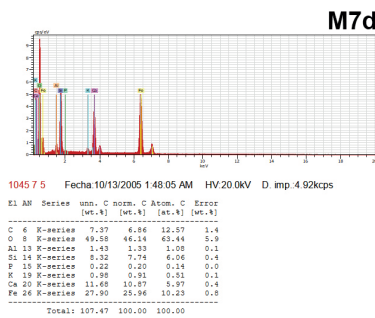
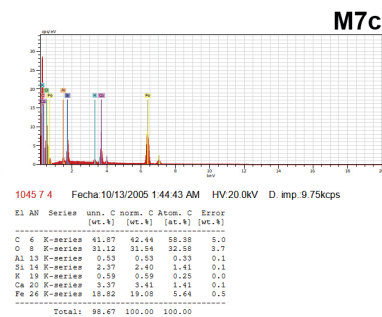
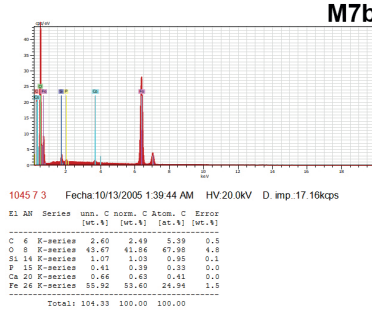
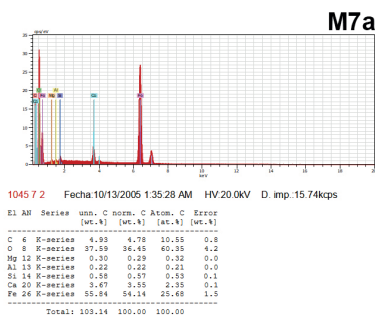
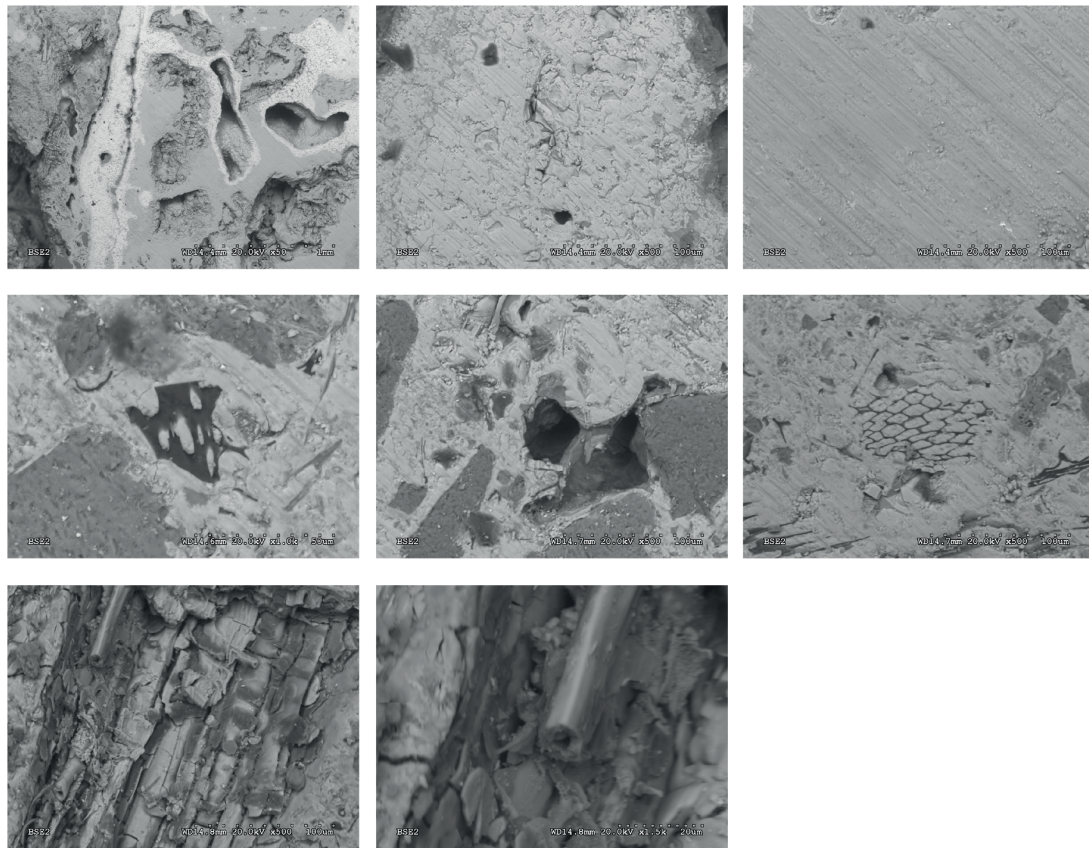


Figura 32. Imatges anàlisi SEM-EDX de la mostra 7 de la UE1045. Gràfics: 7a.- Wüsite. 7b.- Wüsite. 7c.- Carbó + wüsite. 7d.- Carbó + wüsite, traços de vidre. 7e.- Carbó + wüsite, traços de vidre. 7f.- Anàlisi global.

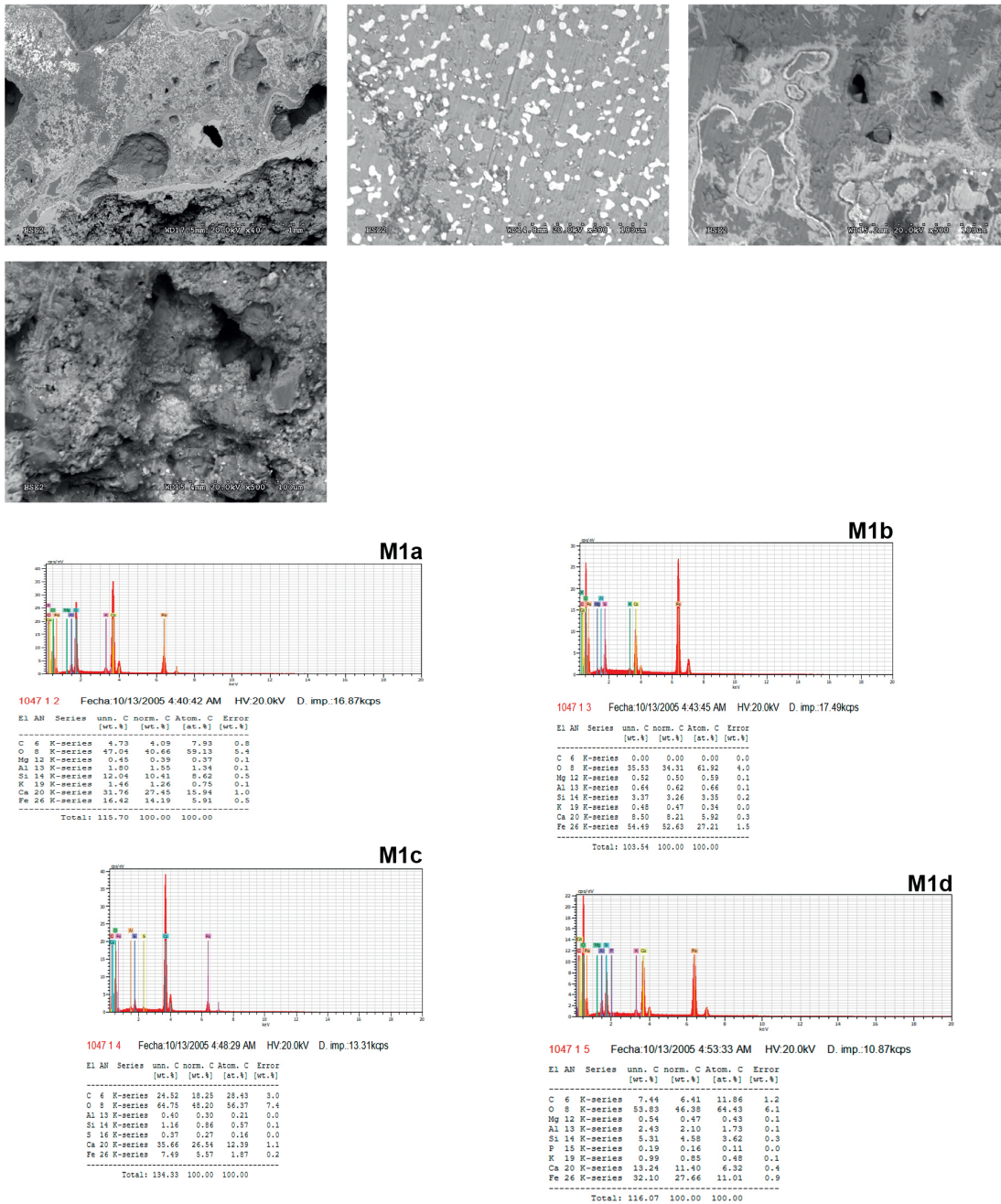


Figura 33. Imatges anàlisi SEM-EDX de la mostra 1 de la UE1047. Gràfics: 1a.- Anàlisi global, molt carbó. 1b.- Wüsita i vidre. 1c.- Carbó i carbonats, restes de wüsita. 1d.- Anàlisi global.

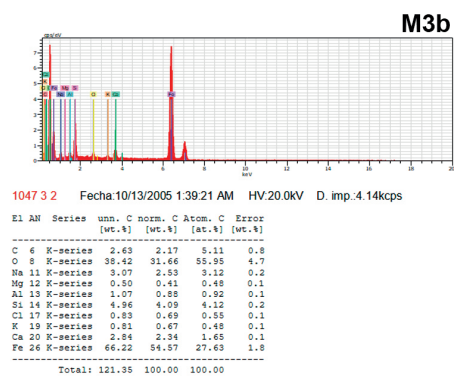
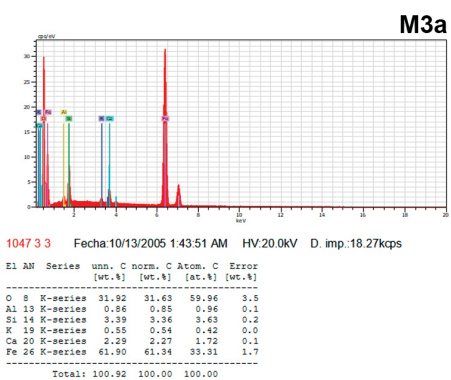
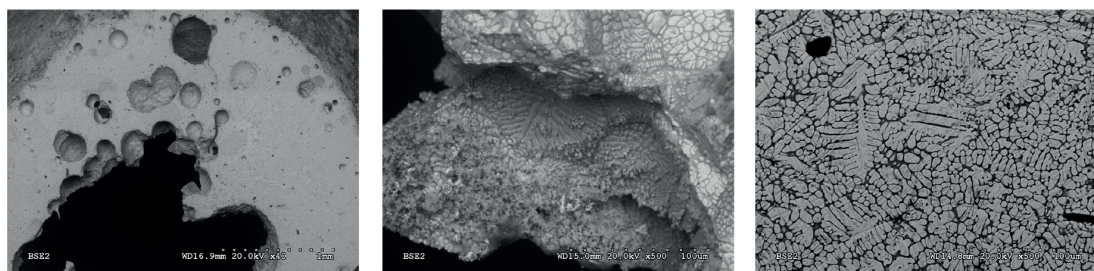
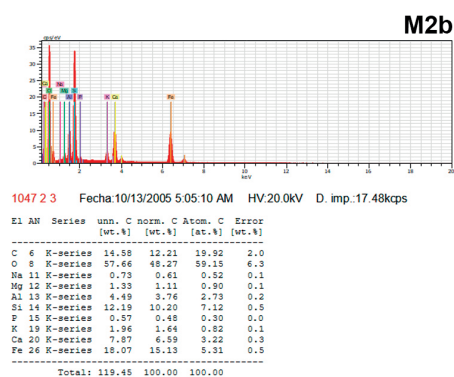
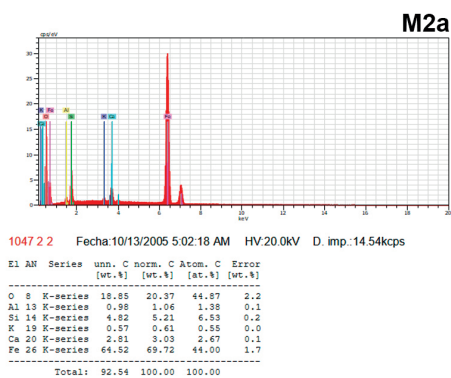
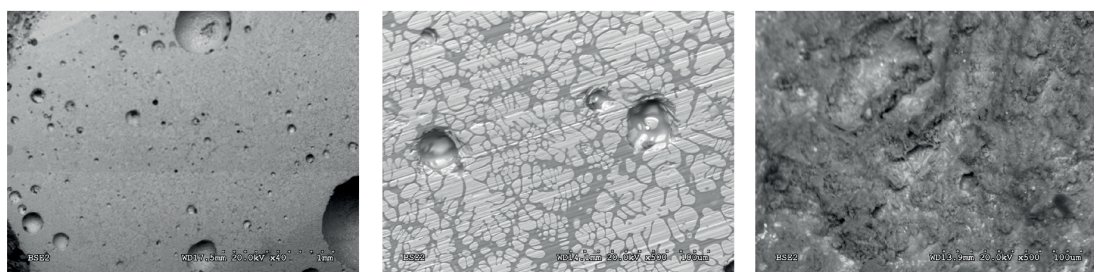


Figura 34. A.- Imatges anàlisi SEM-EDX de la mostra 2 de la UE1047. Gràfics: 2a.- Wüsita i restes de vidre. 2b.- Anàlisi global. B.- Imatges anàlisi SEM-EDX de la mostra 3 de la UE1047. Gràfics: 3a.- Wüsita i restes de vidre. 3b.- Wüsita i vidre.



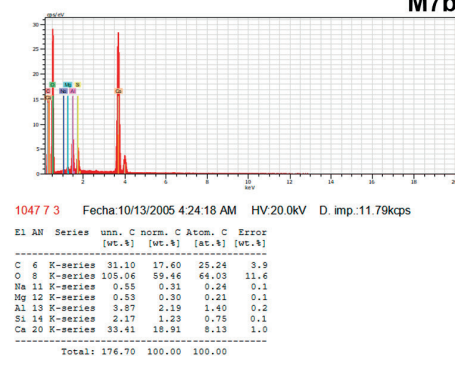
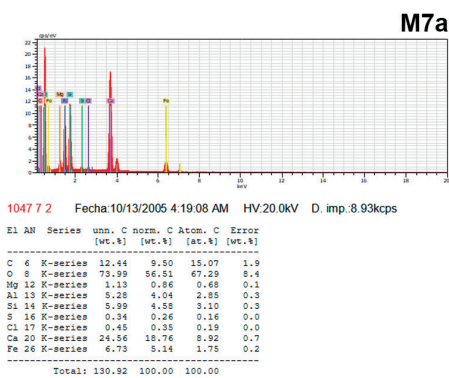
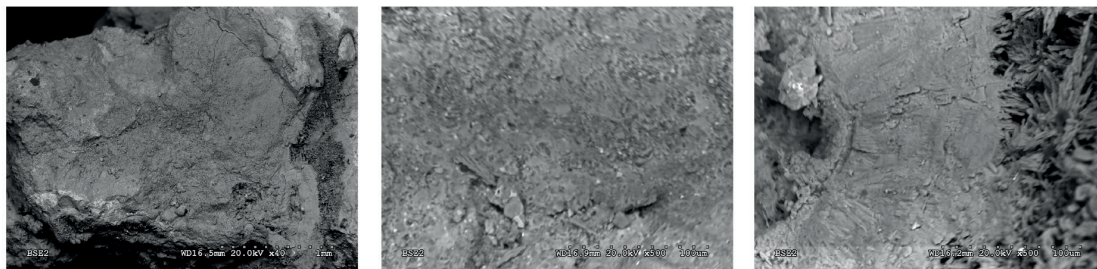
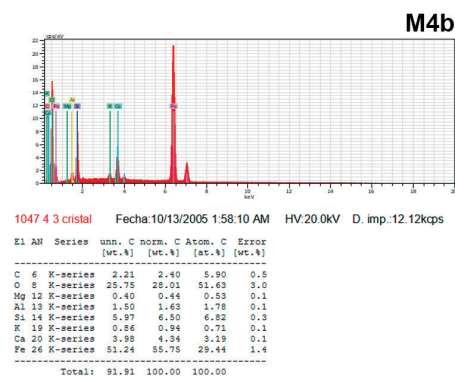
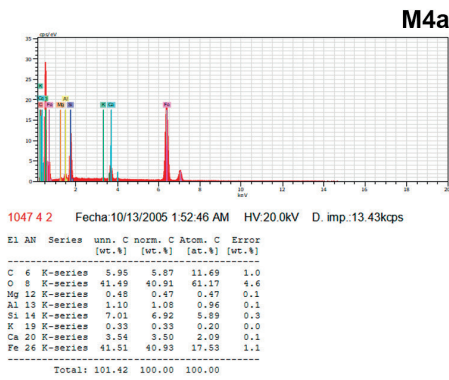
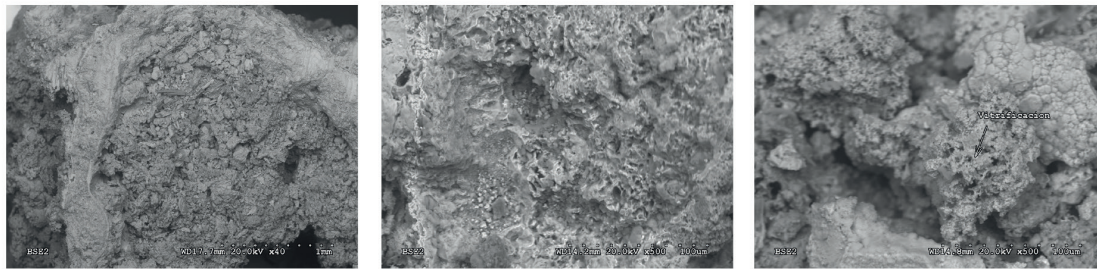
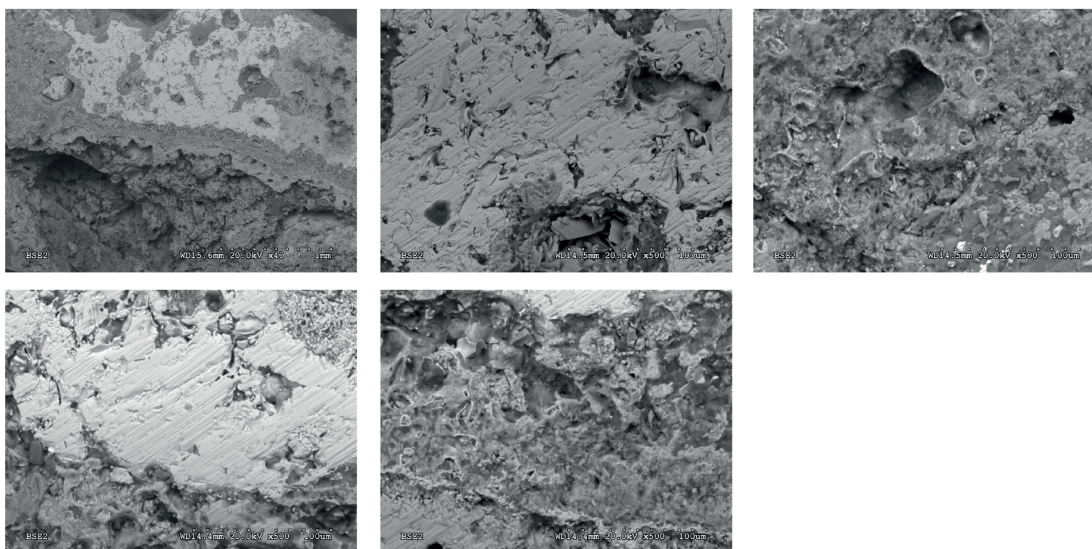
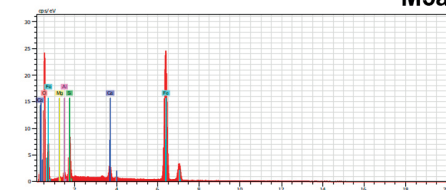


Figura 35. A.- Imatges anàlisi SEM-EDX de la mostra 4 de la UE1047. Gràfics: 4a.- Anàlisi global, majoritàriament wüsita i vidre. 4b.- Wüsita i vidre. B.- Imatges anàlisi SEM-EDX de la mostra 7 de la UE1047. Gràfics: 7a.- Anàlisi global. 7b.- Anàlisi global. 7c.- Anàlisi global + wüsita.



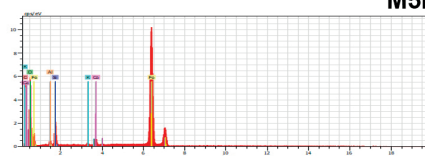
M5a



1047 5 2 Fecha:10/13/2005 3:28:15 AM HV:20.0kV D. imp.:14.47kcps

| EI     | AN | Series   | unn.    | C       | norm.   | C       | Atom. | C | Error |
|--------|----|----------|---------|---------|---------|---------|-------|---|-------|
|        |    |          | [wt.-%] | [wt.-%] | [at.-%] | [wt.-%] |       |   |       |
| O      | 8  | K-series | 31.15   | 32.11   | 59.99   | 3.5     |       |   |       |
| Mg     | 12 | K-series | 0.26    | 0.27    | 0.33    | 0.0     |       |   |       |
| Al     | 13 | K-series | 0.57    | 0.90    | 0.99    | 0.1     |       |   |       |
| Si     | 14 | K-series | 4.45    | 4.58    | 4.88    | 0.2     |       |   |       |
| Ca     | 20 | K-series | 2.49    | 2.57    | 1.92    | 0.1     |       |   |       |
| Fe     | 26 | K-series | 57.80   | 59.57   | 31.89   | 1.6     |       |   |       |
| Total: |    |          | 97.02   | 100.00  | 100.00  |         |       |   |       |

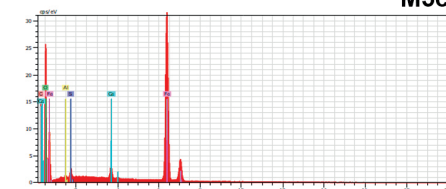
M5b



1047 5 3 Fecha:10/13/2005 3:37:40 AM HV:20.0kV D. imp.:4.47kcps

| EI     | AN | Series   | unn.    | C       | norm.   | C       | Atom. | C | Error |
|--------|----|----------|---------|---------|---------|---------|-------|---|-------|
|        |    |          | [wt.-%] | [wt.-%] | [at.-%] | [wt.-%] |       |   |       |
| C      | 6  | K-series | 1.49    | 1.53    | 4.13    | 0.5     |       |   |       |
| O      | 8  | K-series | 21.89   | 22.40   | 45.53   | 2.8     |       |   |       |
| Al     | 13 | K-series | 1.65    | 1.69    | 2.04    | 0.1     |       |   |       |
| Si     | 14 | K-series | 7.11    | 7.28    | 8.42    | 0.3     |       |   |       |
| K      | 19 | K-series | 0.57    | 0.58    | 0.49    | 0.1     |       |   |       |
| Ca     | 20 | K-series | 2.94    | 2.91    | 2.36    | 0.1     |       |   |       |
| Fe     | 26 | K-series | 62.14   | 63.60   | 37.03   | 1.7     |       |   |       |
| Total: |    |          | 97.69   | 100.00  | 100.00  |         |       |   |       |

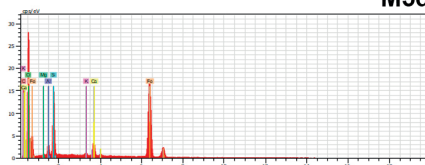
M5c



1047 5 4 Fecha:10/13/2005 3:42:45 AM HV:20.0kV D. imp.:16.45kcps

| EI     | AN | Series   | unn.    | C       | norm.   | C       | Atom. | C | Error |
|--------|----|----------|---------|---------|---------|---------|-------|---|-------|
|        |    |          | [wt.-%] | [wt.-%] | [at.-%] | [wt.-%] |       |   |       |
| C      | 6  | K-series | 1.74    | 1.77    | 4.56    | 0.4     |       |   |       |
| O      | 8  | K-series | 25.51   | 29.04   | 56.11   | 3.2     |       |   |       |
| Al     | 13 | K-series | 0.29    | 0.29    | 0.33    | 0.0     |       |   |       |
| Si     | 14 | K-series | 0.50    | 0.51    | 0.89    | 0.1     |       |   |       |
| Ca     | 20 | K-series | 1.84    | 1.87    | 1.44    | 0.1     |       |   |       |
| Fe     | 26 | K-series | 65.01   | 66.22   | 36.66   | 1.7     |       |   |       |
| Total: |    |          | 98.18   | 100.00  | 100.00  |         |       |   |       |

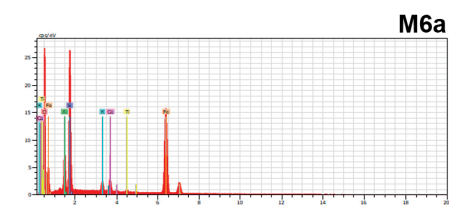
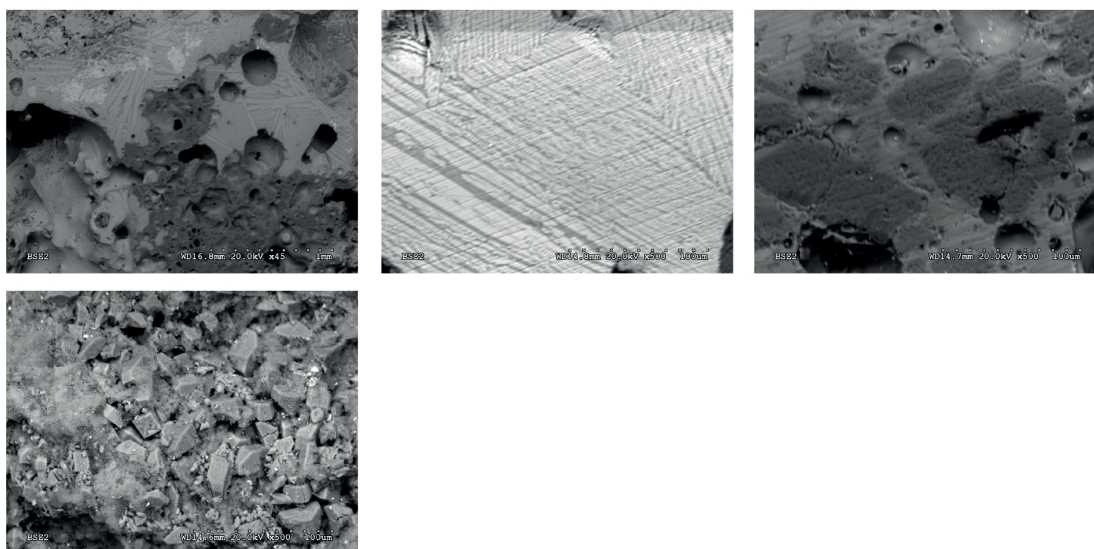
M5d



1047 5 5 Fecha:10/13/2005 3:47:13 AM HV:20.0kV D. imp.:13.34kcps

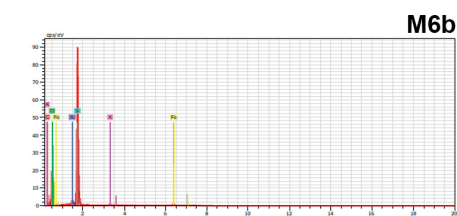
| EI     | AN | Series   | unn.    | C       | norm.   | C       | Atom. | C | Error |
|--------|----|----------|---------|---------|---------|---------|-------|---|-------|
|        |    |          | [wt.-%] | [wt.-%] | [at.-%] | [wt.-%] |       |   |       |
| C      | 6  | K-series | 6.01    | 5.99    | 11.68   | 1.0     |       |   |       |
| O      | 8  | K-series | 41.70   | 40.88   | 60.85   | 4.6     |       |   |       |
| Mg     | 12 | K-series | 0.23    | 0.22    | 0.22    | 0.0     |       |   |       |
| Al     | 13 | K-series | 1.72    | 1.69    | 1.49    | 0.1     |       |   |       |
| Si     | 14 | K-series | 7.85    | 7.69    | 6.52    | 0.4     |       |   |       |
| K      | 19 | K-series | 0.59    | 0.58    | 0.35    | 0.0     |       |   |       |
| Ca     | 20 | K-series | 3.23    | 3.17    | 1.88    | 0.1     |       |   |       |
| Fe     | 26 | K-series | 40.68   | 39.88   | 17.01   | 1.1     |       |   |       |
| Total: |    |          | 102.00  | 100.00  | 100.00  |         |       |   |       |

Figura 36. Imatges anàlisi SEM-EDX de la mostra 5 de la UE1047. Gràfics: 5a.- Anàlisi global. 5b.- Wüsita i vidre. 5c.- Wüsita. 5d.- Anàlisi global.



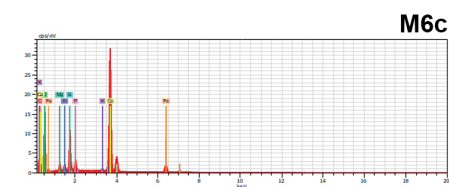
1047 6 2 Fecha:10/13/2005 3:58:44 AM HV:20.0kV D. imp.:15.11kcps

| El     | AN | Series   | unn.   | C norm. | C Atom. | C Error |
|--------|----|----------|--------|---------|---------|---------|
|        |    |          | [wt.%] | [wt.%]  | [at.%]  | [wt.%]  |
| O      | 8  | K-series | 39.00  | 39.04   | 62.52   | 4.4     |
| Al     | 13 | K-series | 4.94   | 4.95    | 4.70    | 0.3     |
| Si     | 14 | K-series | 13.95  | 13.97   | 12.74   | 0.6     |
| K      | 19 | K-series | 1.61   | 1.62    | 1.06    | 0.1     |
| Ca     | 20 | K-series | 2.21   | 2.21    | 1.41    | 0.1     |
| Ti     | 22 | K-series | 0.49   | 0.49    | 0.26    | 0.0     |
| Fe     | 26 | K-series | 37.69  | 37.74   | 17.31   | 1.0     |
| Total: |    |          | 99.89  | 100.00  | 100.00  |         |



1047 6 3 Fecha:10/13/2005 4:02:58 AM HV:20.0kV D. imp.:17.15kcps

| El     | AN | Series   | unn.   | C norm. | C Atom. | C Error |
|--------|----|----------|--------|---------|---------|---------|
|        |    |          | [wt.%] | [wt.%]  | [at.%]  | [wt.%]  |
| C      | 6  | K-series | 14.67  | 12.42   | 19.84   | 2.1     |
| O      | 8  | K-series | 60.54  | 51.25   | 58.33   | 6.6     |
| Al     | 13 | K-series | 1.59   | 1.35    | 0.91    | 0.1     |
| Si     | 14 | K-series | 38.26  | 32.40   | 21.00   | 1.7     |
| K      | 19 | K-series | 0.63   | 0.53    | 0.25    | 0.0     |
| Fe     | 26 | K-series | 2.41   | 2.04    | 0.67    | 0.1     |
| Total: |    |          | 118.11 | 100.00  | 100.00  |         |



1047 6 4 Fecha:10/13/2005 4:09:02 AM HV:20.0kV D. imp.:12.76kcps

| El     | AN | Series   | unn.   | C norm. | C Atom. | C Error |
|--------|----|----------|--------|---------|---------|---------|
|        |    |          | [wt.%] | [wt.%]  | [at.%]  | [wt.%]  |
| C      | 6  | K-series | 9.14   | 7.41    | 12.42   | 1.4     |
| O      | 8  | K-series | 64.81  | 52.50   | 66.09   | 7.4     |
| Mg     | 12 | K-series | 1.63   | 1.32    | 1.10    | 0.1     |
| Al     | 13 | K-series | 1.08   | 0.87    | 0.65    | 0.1     |
| Si     | 14 | K-series | 5.63   | 4.56    | 3.27    | 0.3     |
| P      | 15 | K-series | 1.95   | 1.58    | 1.03    | 0.1     |
| K      | 19 | K-series | 0.57   | 0.46    | 0.24    | 0.0     |
| Ca     | 20 | K-series | 34.02  | 27.86   | 19.85   | 1.0     |
| Fe     | 26 | K-series | 4.62   | 3.74    | 1.35    | 0.2     |
| Total: |    |          | 129.45 | 100.00  | 100.00  |         |

Figura 37. Imatges anàlisi SEM-EDX de la mostra 6 de la UE1047. Gràfics: 6a.- Wüsita. 6b.- Anàlisis global (silíce, cristalls de quars). 6c.- Anàlisis global.

| MOSTRES UE1045 |       |       |      |      |      |       |      |       |       |      |      |      |
|----------------|-------|-------|------|------|------|-------|------|-------|-------|------|------|------|
|                | C     | O     | Na   | Mg   | Al   | Si    | K    | Ca    | Fe    | P    | Ti   | Na   |
| M1a            | 7,51  | 49,25 | 1,14 | 0,86 | 1,6  | 11,11 | 1,22 | 3,64  | 23,66 | 0    | 0    | 0    |
| M1b            | 10,77 | 53,23 | 0    | 0,77 | 2,43 | 25,88 | 2,79 | 1     | 3,14  | 0    | 0    | 0    |
| M1c            | 2,58  | 20,36 | 0    | 0,58 | 1,11 | 5,57  | 0,55 | 3,66  | 65,6  | 0    | 0    | 0    |
| M1d            | 13,47 | 45,84 | 0    | 1,02 | 0,42 | 2,57  | 0,15 | 23,44 | 13,09 | 0    | 0    | 0    |
| M2a            | 2,96  | 37,8  | 0    | 0    | 0    | 0,56  | 0    | 0,33  | 58,35 | 0    | 0    | 0    |
| M2b            | 0     | 46,63 | 0    | 0    | 0    | 18,13 | 0    | 0     | 35,24 | 0    | 0    | 0    |
| M2c            | 2,46  | 23,7  | 0    | 0    | 0,7  | 6,28  | 0,23 | 0,96  | 65,66 | 0    | 0    | 0    |
| M2d            | 8,97  | 33,77 | 0    | 0,57 | 0,8  | 2,99  | 0,47 | 6,25  | 45,73 | 0,45 | 0    | 0    |
| M2e            | 21,31 | 42    | 0    | 0,43 | 0,53 | 3,43  | 0,6  | 13,58 | 13,17 | 0,66 | 0    | 0    |
| M2f            | 4,5   | 36,64 | 0    | 0,32 | 0,49 | 3,45  | 0,26 | 0,83  | 52,3  | 0,17 | 0    | 0    |
| M2g            | 66,13 | 28,49 | 0    | 0,17 | 0    | 0,21  | 0    | 2,37  | 2,64  | 0    | 0    | 0    |
| M3a            | 19,04 | 48,51 | 0    | 1,21 | 0,65 | 1,01  | 0    | 29,59 | 0     | 0    | 0    | 0    |
| M3b            | 6,05  | 47,87 | 0    | 0,72 | 0,82 | 2,23  | 0,3  | 10,51 | 31,51 | 0    | 0    | 0    |
| M3c            | 7,21  | 42,42 | 0    | 1,6  | 0,41 | 1,54  | 0,19 | 8,02  | 38,43 | 0,17 | 0    | 0    |
| M3d            | 10,33 | 53,87 | 0    | 7,11 | 0,56 | 1,02  | 0,58 | 26,06 | 0,47  | 0    | 0    | 0    |
| M4a            | 8,39  | 46,67 | 0    | 1,59 | 5,16 | 16,38 | 2,6  | 15,31 | 3,9   | 0    | 0    | 0    |
| M4b            | 4,05  | 50,19 | 0    | 1,89 | 5,24 | 15,84 | 2,17 | 15,44 | 5,19  | 0    | 0    | 0    |
| M4c            | 14,55 | 46,33 | 0    | 1,04 | 5,44 | 17,73 | 4,48 | 7,42  | 2,77  | 0    | 0,25 | 0    |
| M4d            | 11,06 | 50,69 | 0    | 0,57 | 8,47 | 15,31 | 8,46 | 4,02  | 0,14  | 0    | 0    | 0    |
| M4e            | 10,7  | 41,51 | 0    | 1,68 | 3,92 | 15,45 | 1,83 | 12,83 | 11,89 | 0    | 0,2  | 0    |
| M5a            | 2,07  | 31,36 | 0    | 0    | 0,08 | 0,68  | 0    | 0,84  | 64,72 | 0,24 | 0    | 0    |
| M5b            | 14,4  | 38,03 | 0    | 0,13 | 0,23 | 1,62  | 0    | 1,11  | 44,38 | 0,09 | 0    | 0    |
| M5c            | 71,9  | 21,84 | 0    | 0    | 0    | 0,48  | 0    | 1,51  | 4,27  | 0    | 0    | 0    |
| M5d            | 5,15  | 52,47 | 0    | 0    | 0    | 35,71 | 0    | 0,76  | 5,91  | 0    | 0    | 0    |
| M6a            | 8,7   | 38,44 | 0    | 0,42 | 0,76 | 2,47  | 0    | 2,64  | 51,18 | 0,06 | 0    | 0    |
| M6b            | 10,83 | 43,29 | 2    | 0,51 | 6,27 | 18,25 | 0,84 | 6,03  | 11,16 | 0,82 | 0    | 0    |
| M6c            | 11,93 | 45,13 | 0    | 0,64 | 0,61 | 7,55  | 0,4  | 3,38  | 23,37 | 0,72 | 0    | 6,27 |
| M7a            | 4,78  | 36,45 | 0    | 0,29 | 0,22 | 0,57  | 0    | 3,55  | 54,14 | 0    | 0    | 0    |
| M7b            | 2,49  | 41,86 | 0    | 0    | 0    | 1,03  | 0    | 0,63  | 53,6  | 0,39 | 0    | 0    |
| M7c            | 42,44 | 31,54 | 0    | 0    | 0,53 | 2,4   | 0,59 | 3,41  | 19,08 | 0    | 0    | 0    |
| M7d            | 6,86  | 46,14 | 0    | 0    | 1,33 | 7,74  | 0,91 | 10,87 | 25,96 | 0,2  | 0    | 0    |
| M7e            | 13,36 | 44,49 | 0    | 0,44 | 0,64 | 4,58  | 0,29 | 3,57  | 32,34 | 0,28 | 0    | 0    |
| M7f            | 6,63  | 40,25 | 0    | 0,23 | 0,25 | 3,28  | 0,14 | 2,29  | 46,72 | 0,22 | 0    | 0    |

Taula 5. Resum dels valors obtinguts en l'anàlisi SEM-EDX en les mostres de la UE1045.

| MOSTRES UE1047 |       |       |      |      |      |       |      |       |       |      |      |      |      |
|----------------|-------|-------|------|------|------|-------|------|-------|-------|------|------|------|------|
|                | C     | O     | Na   | Mg   | Al   | Si    | K    | Ca    | Fe    | P    | Ti   | S    | Cl   |
| M1a            | 40,9  | 40,66 | 0    | 0,39 | 1,55 | 10,41 | 1,26 | 27,45 | 14,19 | 0    | 0    | 0    | 0    |
| M1b            | 0     | 34,31 | 0    | 0,5  | 0,62 | 3,26  | 0,47 | 8,21  | 52,63 | 0    | 0    | 0    | 0    |
| M1c            | 18,25 | 48,2  | 0    | 0    | 0,3  | 0,86  | 0    | 26,54 | 5,57  | 0    | 0    | 0,27 | 0    |
| M1d            | 6,41  | 46,38 | 0    | 0,47 | 2,1  | 4,58  | 0,85 | 11,4  | 27,66 | 0,16 | 0    | 0    | 0    |
| M2a            | 0     | 20,37 | 0    | 0    | 1,06 | 5,21  | 0,61 | 3,03  | 69,72 | 0    | 0    | 0    | 0    |
| M2b            | 12,21 | 48,27 | 0,61 | 1,11 | 4,49 | 10,2  | 1,64 | 6,59  | 15,13 | 0,48 | 0    | 0    | 0    |
| M3a            | 0     | 31,63 | 0    | 0    | 0,85 | 3,36  | 0,54 | 2,27  | 61,34 | 0    | 0    | 0    | 0    |
| M3b            | 2,17  | 31,66 | 2,53 | 0,41 | 0,88 | 4,09  | 0,67 | 2,34  | 54,57 | 0    | 0    | 0    | 0    |
| M4a            | 5,87  | 40,91 | 0    | 0,47 | 1,08 | 6,92  | 0,33 | 3,5   | 40,93 | 0    | 0    | 0    | 0    |
| M4b            | 2,4   | 28,01 | 0    | 0,44 | 1,63 | 6,5   | 0,94 | 4,34  | 55,75 | 0    | 0    | 0    | 0    |
| M5a            | 0     | 32,11 | 0    | 0,27 | 0,9  | 4,58  | 0    | 2,57  | 59,57 | 0    | 0    | 0    | 0    |
| M5b            | 1,53  | 22,4  | 0    | 0    | 1,69 | 7,28  | 0,59 | 2,91  | 63,6  | 0    | 0    | 0    | 0    |
| M5c            | 1,77  | 29,04 | 0    | 0    | 0,29 | 0,81  | 0    | 1,87  | 66,22 | 0    | 0    | 0    | 0    |
| M5d            | 5,89  | 40,88 | 0    | 0,22 | 1,69 | 7,69  | 0,58 | 3,17  | 39,88 | 0    | 0    | 0    | 0    |
| M6a            | 0     | 39,04 | 0    | 0    | 4,95 | 13,97 | 1,62 | 2,21  | 37,74 | 0    | 0,49 | 0    | 0    |
| M6b            | 12,42 | 51,25 | 0    | 0    | 1,35 | 32,4  | 0,53 |       | 2,04  | 0    | 0    | 0    | 0    |
| M6c            | 7,41  | 52,5  | 0    | 1,32 | 0,87 | 4,56  | 0,46 | 27,56 | 3,74  | 1,58 | 0    | 0    | 0    |
| M7a            | 9,5   | 56,51 | 0    | 0,86 | 4,04 | 4,58  | 0    | 18,76 | 5,14  | 0    | 0    | 0,26 | 0,35 |
| M7b            | 17,6  | 59,46 | 0,31 | 0,3  | 2,19 | 1,23  | 0    | 18,91 | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    |

Taula 6. Resum dels valors obtinguts en l'anàlisi SEM-EDX en les mostres de la UE1047.