

10. ESTUDI DEL CONJUNT MOSTRAL: ÀREA 2

L'àrea 2 compren les comarques de la desembocadura del riu Ebre, amb una línia de costa i un territori històricament canviant a causa de la pròpia dinàmica sedimentària del riu i la interacció amb els corrents marins a la zona del delta. Com l'àrea 1 es caracteritza per trobar-se densament poblada en cronologies protohistòriques, si bé, i a diferència de l'anterior, el moment de major auge demogràfic es fixa en etapes de Ferro I - Ibèric Antic, en datacions entre inicis s. VII i mitjans s. V a.C.

A partir de l'existència de poblaments i la seva cultura material, es documenta al voltant de la desembocadura del riu Sénia un poblament estable durant la transició Bronze Final – Ferro I, caracteritzada per enclavaments petits o mitjans, enturonats prop de les vies de comunicació tradicionals, que semblen motivar-se per la colonització del curs del riu per les poblacions del Matarranya, de poblament desenvolupat en etapes protohistòriques prèvies. Aquest substrat indígena fora el que establiria els primers contactes amb l'element comercial fenici, iniciant una evolució interna dels grups que derivaria en una nova organització social i jerarquització del treball, amb especialització productiva versada a l'intercanvi amb els nouvinguts ⁴¹¹.

Des del 3er ¼ del s. VII i fins a inicis del s. VI a.C. es constata la relació existent amb l'element colonial a l'àrea de l'antic delta i a la plana entre el riu Sènia i el Cérvol, ruta de penetració cap els establiments del Baix Aragó i Matarranya i cap els recursos miners del marge dret del riu, circumstància que potencia l'activitat metal·lúrgica des de ben antic i modifica l'organització social indígena ⁴¹². El suposat interès pels metalls, entre d'altres recursos, fou

⁴¹¹ Sincrònicament i en un context geogràfic proper, s'esmenta l'especialització de centres d'extracció minera de ferro (Mas Nou i Mas de Vito, Baix Maestrat) dedicats a l'intercanvi de matèries primeres amb l'element extern.

GARCIA RUBERT, D. *et alii* (2003) "El jaciment de la primera edat del ferro de Sant Jaume – Mas d'en serra (Alcanar, Montsià). Balanç de les campanyes d'excavació realitzades entre els anys 1997 i 2003", *XIII Col·loqui d'Arqueologia de Puigcerdà* (en premsa).

OLIVER, A. (1996) *Poblamiento y territorio protohistóricos en el llano litoral del Baix Maestrat (Castellón)*, pp. 101-103

⁴¹² A la zona de Bellmunt, a aprox. 14 Km. del poblat del Castellet de Banyoles de Tivissa, existien explotacions de galena, blenda, calcopirita, plom i argent, d'indubtable valor com bé d'intercanvi amb els nouvinguts.

possiblement el vinculant amb el factor colonial, molt possiblement originari de les factories fenícies del sud-est i de la base insular d'Eivissa ⁴¹³.



Figura 67. Localització d'alguns dels establiments protohistòrics més destacats de l'Àrea 2, amb esment nominal dels jaciments origen del conjunt mostral (escala 1:625000 aprox.). Jaciments d'esment numèric: 1. Mola Llarga (Xert); 2. Els Castellets (La Jana); 3. El Vilarroig (La Jana); 4. Puig de la Misericòrdia (Vinaròs); 5. Mas Nou, Mas d'en Vito, Les Carrasquetes, El Polsegué, Coll del Moro (Rossell); 6. La Cogula (Ulldecona); 7. La Ferradura (Ulldecona); 8. Castell (Ulldecona); 9. L'Oriola (Ampostà); 10. Aldovesta (Benifallet); 11. Coll del Moro (Gandesa); 12. Barranc de Sant Antoni (Ginestar); 13. Barranc de Gàfols (Ginestar); 14. Mas de Dalt (Tivissa); 15. Castellet de Banyoles (Tivissa); 16. Coll del Moro (Serra d'Almos); 17. Tosseta (Els Guiamets); 18. Puig Roig (El Masroig); 19. El Calvari (El Molar); 20. Sant Miquel (Vinebre).

⁴¹³ GRACIA, F.; MUNILLA, G. (1993) "Estructuración cronocupacional del ...", op.cit. 128, pp. 209-255

GRACIA, F. et alii (1996) "El período ibérico ...", op.cit. 128, pp. 364-365

Referenciat a les fonts clàssiques com a territori corresponent a la tribu d'ètnia ibèrica dels ilercavons, possiblement durant l'Ibèric Ple ⁴¹⁴, sembla que fou àrea de pas en la penetració comercial per la via de l'Ebre, com indicaria l'establiment d'Aldovesta de Benifallet (650-575 a.C.), possible centre redistribuïdor de mercaderies fenopúniques ⁴¹⁵, circumstància que accentuà l'establiment humà a l'àrea i, en conseqüència, les tensions territorials.

A l'entorn de l'àrea on es localitzen els jaciments amb materials subjectes a estudi (**fig. 67**) es troben un ampli conjunt d'emplaçaments habitacionals fortificats, caracteritzats per una estructura urbana de dos barris amb eix vial central i cases de planta rectangular ⁴¹⁶, establiments defensius enturonats, dependents dels poblats, i necròpolis d'incineració de diversa cronologia.

Amb presència de materials de ferro o d'elements de datació que puguin ésser sincrònics als jaciments origen del material d'estudi, destaquen en context de s. VII a.C. en l'entorn del curs inferior i de la desembocadura del riu el poblat de La Ferradura d'Ulldecona ⁴¹⁷, La Moleta del Remei i Sant Jaume d'Alcanar i La Cogulla d'Ulldecona ⁴¹⁸; en igual cronologia, riu amunt i ja en la comarca de la Ribera d'Ebre, el poblat del Puig Roig del Masroig ⁴¹⁹, el Barranc de Sant Antoni de Ginestar ⁴²⁰, la necròpolis del Coll del Moro de Gandesa ⁴²¹ i la fase II del Molar i la Tosseta de Guiamets ⁴²²; també d'inicis a s. VII a.C., al sud del

⁴¹⁴ BOSCH GIMPERA, P. (1945) *La formación de los pueblos de España*

TARRADELL, M. (1962) *Les arrels de ...*, op.cit. 87, pp.242-244

⁴¹⁵ MASCORT, N. *et alii* (1981) "L'establiment protohistòric ...", op.cit. 126, pp. 69-76

⁴¹⁶ ASENSIO, D. *et alii* (2002) "El nucli ibèric del Castellet de Banyoles (Tivissa, Ribera d'Ebre): un estat de la qüestió", *Ilercavonia*, 3. *I Jornades d'Aquelogia Ibers a l'Ebre*, pp. 185-203

BEA, D.; DILOLI, J.; VILASECA, A. (2002) "El Turó del Calvari (Vilalba dels Arcs, Terra Alta). Un recinte singular de la primera edat del ferro al curs inferior de l'Ebre", *Ilercavonia*, 3. *I Jornades d'Aquelogia Ibers a l'Ebre*, pp. 75-87

BELARTE, M.C. *et alii* (2002) "El jaciment del Castellot de la Roca Roja (Benifallet, Baix Ebre). Un patró d'habitat ibèric en el curs inferior de l'Ebre", *Ilercavonia*, 3. *I Jornades d'Aquelogia Ibers a l'Ebre*, pp. 89-110

GRACIA, F.; MUNILLA, G.; PALLARÈS, R. (1991). "Estructuración del poblamiento y sistemas defensivos en el área de la desembocadura del Ebro. Dos casos de estudio: La Moleta del Remei (Alcanar) i El Castellet de Banyoles (Tivissa)", *Fortificacions, la problemàtica de l'Ibèric Ple: (segles IV-III a.C.)*, p. 70

⁴¹⁷ MALUQUER DE MOTES, J. (1983) *El poblado paleoibérico ...*, op.cit. 112, p. 27

⁴¹⁸ GENERA, M.; ROMEU, J. (1984) "Noves troballes arqueològiques a la comarca del Montsià", *Pyrenae*, 19-20, pp. 247-248

⁴¹⁹ GENERA, M. (1986) "Els pobles dels ...", op.cit. 113, pp. 53-61

GENERA, M.; BRULL, C. (1991) "L'establiment del Puig Roig del Roget (El Masroig): una mostra de disseny urbà al bronze final-primer edat del ferro", *Gala*, 3-5, pp. 349-362

⁴²⁰ ASENSIO, D. *et alii* (1996) "El poblament de les comarques del curs inferior de l'ebre durant el Bronze Final i la Primera Edat del Ferro", *Gala*, 3-5, pp. 305-312

⁴²¹ RAFEL, N. (1989) *La necròpolis del ...*, op.cit. 116, p. 36

⁴²² VILASECA, S. (1973) *Reus y su ...*, op.cit. 100, p. 262

riu Sènia, es singularitzen els establiments del Rosell ⁴²³, l'establiment fortificat del Puig de la Misericòrdia de Vinaròs i el poblat Puig de la Nau de Benicarló ⁴²⁴; en cronologia de s. VI a.C, entre d'altres, les necròpolis de Mas de Mianes de Santa Bàrbara i Mas de Mussols a Tortosa, L'Oriola d'Amposta ⁴²⁵ i el Barranc de Gàfols de Ginestar ⁴²⁶.

PONS, E. (1984) *L'Empordà de ...*, op.cit. 3, pp. 213-214

⁴²³ OLIVER, A.; GUSI, F. (1991) "Los primeros contactos...", op.cit. 179, pp. 197-213

⁴²⁴ GUSI, F. (1987) "L'estat actual de l'estudi de la iberització a la zona nord de Castelló", *Tribuna d'Arqueologia 1986-1987*, pp. 23-30

GRACIA, F. *et alii* (1994-1996). "El Periodo Ibérico ...", op.cit. 128, p. 382

OLIVER, A.; GUSI, F. (1991) "Los primeros contactos ...", op.cit. 179, pp. 197-209

⁴²⁵ ESTEVE, F. (1974) *La necrópolis ibérica ...*, op.cit. 124

MORET, P. (2002) "Reflexiones sobre el ...", op.cit. 165, pp. 111-136

⁴²⁶ ASENSIO, D. *et alii* (1996) "El poblament de...", op.cit. 420, pp. 301-317

BELARTE, C. *et alii* (1994) "L'assentament protohistòric...", op.cit. 115, pp. 63-72

10.1. LA MOLETA DEL REMEI (ALCANAR, MONTSIÀ)

10.1.1. ASPECTES HISTORICOARQUEOLÒGICS

L'*oppidum* ibèric de La Moleta del Remei es troba ubicat en el cim d'un dels darrers contraforts de la vessant sud del massís del Montsià, a la capçalera del riu Sènia; es disposa a una alçada de 224 m. (r.n.m.), dominant la plana costanera del Baix Maestrat, des del golf dels Alfacs fins la serra d'Irta, dins el terme municipal d'Alcanar, al límit de la divisió administrativa entre les comunitats de Catalunya i València.

L'àrea terrassada sembla limitar el recinte a una superfície oval de 98 x 54 m., on es desenvolupa l'espai ocupacional. Excavat sistemàticament des de l'any 1985⁴²⁷, fou identificat un poblament protohistòric fortificat amb diverses etapes constructives i d'abandonament, vinculat territorialment i a través de la cultura material identificada a diversos establiments sincrònics del seu context.

La zona estudiada evidencià un hàbitat d'alçada amb defenses, muralla i torres, les quals afegides a l'orografia de l'indret, singularitzava un sistema de protecció prou acurat amb evidents influències de les tècniques poliorcètiques del Mediterrani Oriental⁴²⁸. Estava format per dues línies de muralla a la zona oest, on es trobava l'accés, i un únic llenç a la resta del perímetre. La muralla més exterior, amb 40 m. (aprox.) de traçat teòric, presentava un gruix de 40 cm. i, per les seves característiques i ubicació, restava com a protecció de l'accés principal del poblat, resseguint l'anomenat carrer C1 que comunicava la porta d'entrada fins un espai – "plaça" a l'interior del recinte. A aquesta primera i parcial barrera, s'afegia el principal llenç de fortificació, amb una circumvallació teòrica de 155 m. i un gruix variable d'entre 1,40 i 2,80 m.

Altrament, s'hi afegien dues torres a l'entrada, una a cada costat; la més externa, i a la qual s'hi recolzà la muralla secundària, era massissa i de planta rectangular; la interior, recolzada al llenç principal i posteriorment eixamplada

⁴²⁷ GRACIA, F.; MUNILLA, G.; PALLARÈS, R. (1988). *La Moleta del Remei. Alcanar-Montsià. Campañas 1985-86*.

⁴²⁸ GRACIA, F.; MUNILLA, G.; PALLARÈS, R. (1991). "Estructuración del poblamiento...", op.cit. 416, pp. 71-73

amb un annex, era una torre de planta gairebé quadrangular i d'interior buit. També fou identificat un bastió o sortint en el pany de muralla principal. El poblat, de planta el·líptica, presentava urbanisme pseudohipodàmic a partir de l'articulació de dos carrers principals i un espai obert, en un model derivat de la distribució en dos barris ben conegut en anteriors cronologies i àmbits diversos, tan propers com més allunyats ⁴²⁹. Amb aquesta disposició interna, els mòduls d'hàbitat adapten les seves característiques a l'orografia del terreny i s'adossen a la cara interna de la muralla principal (fig. 68).



Figura 68. Planimetria genèrica de les campanyes 1985-1990 (de Gracia-Munilla-Pallarès, 1991, p. 72).

Les habitacions tenen planta rectangular o en trapezi, essent construïdes a partir d'un sòcol de pedra seca i un alçat de tova o tovots, rematat amb una coberta plana d'argila i palla amb embigat de fusta. Internament es desenvolupen, de forma força genèrica, articulant un espai de dos pisos, amb escala interior de tovot, llars circulars centrades i portes sense llindar.

⁴²⁹ GRACIA, F. *et alii* (1996). "El Periodo Ibérico ...", op.cit. 128, p. 364.

De les restes identificades, en destaca una única habitació amb indicis d'activitats de transformació. L'UH 7 es data per ceràmiques d'importació fenícies d'entre el 630 i el 600 a.C., produccions paral·leles a les identificades a d'altres habitacions, i es caracteritza per una divisió interna que diferencia el vestíbul de l'àrea de treball; en aquest darrer espai s'identifica una llar circular amb solera de còdols, centrada en planta, una estructura de combustió rectangular amb sòcol de pedra i solera enrogida per l'ús, i un petit dipòsit recolzat a la paret on, entre restes diverses, es trobà un lingot de plom ⁴³⁰ (fig. 70). En el mateix espai, s'identificà un enterrament infantil primari cobert de lloses planes, interpretat com de simbologia fundacional.

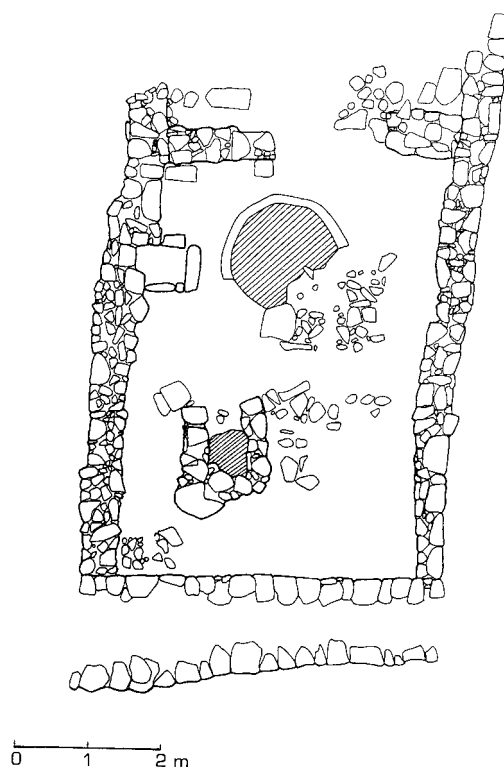


Figura 70. Unitat habitacional 7, corresponent a la fase 1 (de Gracia-Munilla-García, 1996, p. 369).

⁴³⁰ L'estructura o *cista* era formada per quatre lleixes pètries que conformaven un receptacle rectangular, el qual era farcit per restes ceràmiques, ossos d'animals i el lingot. Els excavadors la relacionaren amb una funció cultural, vinculada a activitats d'ofrena, pròpia de les creences religioses indoeuropees.

GRACIA, F. *et alii* (1996). "El Periodo Ibérico ...", op.cit. 128, p. 372.

10.1.2. INFORME DEL PROCEDIMENT ANALÍTIC REALITZAT

SELECCIÓ SOBRE EL CONJUNT MATERIAL

Les restes d'elements ibèrics de ferro de la Moleta del Remei no conserven, majoritàriament, la necessària estructura metàl·lica que permeti la seva possible interpretació. El procés de mineralització ha actuat homogèniament sobre els diversos materials del conjunt, provocant un gairebé absolut estat d'oxidació en totes les peces. A aquest fet hem d'afegir que el lot d'estris de ferro és molt limitat i, per les característiques funcionals de bona part del conjunt, únicament un nombre reduït pot resultar representatiu de tractaments mecànics i/o tèrmics que singularitzin un treball específic en referència a la utilitat del objecte. Les peces susceptibles d'estudi foren les següents:

- 2005 (c.m. 50): ganivet.
- 2006 (c.m. 50): ganivet.
- 2007 (c.m. 80): ganivet.
- 2008 (c.m. 46): ganivet.
- 2044 (c.m. -): anella de cadena.

EXTRACCIÓ I IDENTIFICACIÓ DE MOSTRES

Amb el propòsit d'evitar la major afectació possible a les peces d'estudi, s'extreuen les següents mostres / superfícies d'observació, identificant-les amb els corresponents codis:

- PT/2005/1: tall transversal **A-B**. S'ha procedit a efectuar un tall perpendicular a la llargària de l'estri, separant un dels seus extrems (**diagrama d'extracció de mostres 2005, fig. 1**). La superfície observada correspon a la cara del fragment separat (**d.e.m. 2005, fig. 2**).

- PT/2006/1: tall transversal **A-B**. S'ha procedit a efectuar un tall perpendicular a la llargària de l'estri, separant un dels seus extrems (**d.e.m. 2006,**

fig. 1). La superfície observada correspon a la cara del fragment separat (**d.e.m. 2006, fig. 2).**

- PT/2007/1: tall transversal **A-B**. S'ha procedit a efectuar un primer tall perpendicular a la llargària de l'estri, separant un dels seus extrems (**d.e.m. 2007, fig. 1**). La superfície observada correspon a la cara del fragment separat (**d.e.m. 2007, fig. 2**).

- PT/2007/2: tall transversal **C-D**. S'ha procedit a efectuar un segon tall perpendicular a la llargària de l'estri, separant l'extrem oposat a l'anterior (**d.e.m. 2007, fig. 1**). La superfície observada correspon a la cara del fragment separat (**d.e.m. 2007, fig. 3**).

- PT/2008/1: tall transversal **A-B**. S'ha procedit a efectuar un tall perpendicular a la llargària de l'estri, separant l'extrem fracturat oposat a la punta del ganivet (**d.e.m. 2008, fig. 1**). La superfície observada correspon a la cara del fragment separat (**d.e.m. 2008, fig. 2**).

- PT/20044/1: tall transversal **A-B**. S'ha procedit a efectuar un primer tall perpendicular a la llargària de la tija de l'anella, aprofitant una de les fractures i separant un dels seus extrems (**d.e.m. 2044, fig. 2**). La superfície observada correspon a la cara del fragment separat (**d.e.m. 2044, fig. 3**).

- PT/2044/2: tall transversal **A-B**. S'ha procedit a efectuar un segon tall perpendicular a la llargària de la tija de l'anella, aprofitant una altra de les fractures i separant l'extrem contigu (**d.e.m. 2044, fig. 2**). La superfície observada correspon a la cara del fragment separat (**d.e.m. 2044, fig. 4**).

OBSERVACIÓ MICROSCÒPICA

- PT/2005/1.

La mostra PT/2005/1 presenta una molt avançada mineralització, desenvolupada formant bandes colomorfes en la matriu oxidada i essent el seu perímetre ja totalment degradat. El procés mineralitzador s'ha estès a través d'importants esclatxes que travessen la mostra; amb igual sentit, han estat identificats diversos buits interns, que marquen una línia recta paral·lela als laterals de l'estri, des d'on s'aprecia l'extensió de la degradació (**fotog. 1**).

En la part central de la mostra, en la matriu oxidada, són visibles nombroses inclusions i algunes restes metàl·liques encara conservades. Aquestes corresponen a petites colònies aïllades de grans ferrítics poligonals (**fotog. 2**), de grandària força homogènia i amb alguna resta de carbur intergranular. A part d'algun gra ferrític més, la matriu oxidada mostra empremtes disperses de cadenes cementítiques i grans perlítics, essent especialment evident en una àrea propera al tall on sembla identificar-se les relíquies d'una possible microestructura ferríticoperlítica (**fotog. 3**).

- PT/2006/1.

La mostra resta absolutament mineralitzada, presentant una matriu oxidada formada per bandes colomorfes i amb un perímetre superficial, ja totalment degradat, on s'han adherit restes silícis.

La matriu oxidada presenta fines escletxes que han funcionat com a vies de penetració del procés mineralitzador, provinents del perímetre extern. No s'aprecien, amb tot, esquerdes interiors intrínseques de la conformació de l'objecte i, per tant, anteriors a la seva degradació. Sense cap resta metàl·lica conservada, si s'han pogut advertir empremtes de possibles grans perlítics (**fotog. 1**) que, de forma molt escadussera, es conserven en una àrea molt limitada.

- PT/2007/1.

La mostra PT/2007/1 es troba pràcticament mineralitzada, essent observable una superfície deformada per la dilatació del procés degradador, amb presència de restes silícis adherits, i una matriu composta per bandes colomorfes de disposició dels òxids.

Amb tot, és possible advertir la presència de possibles relíquies de la presència de carburs en la microestructura, així com la presència de gran nombre d'inclusions i la conservació d'algunes partícules metàl·liques. No ha estat factible d'obtenir una evident microestructura de les partícules esmentades, tot i procedir repetidament al seu atac químic; de la seva observació acurada es desprèn que poden tractar-se de colònies de grans ferrítics però que difícilment permeten

veure els seus límits (**fotog. 1**). Més clarament s'observen diverses inclusions en la limitada àrea metàl·lica estudiada.

Destaca, alhora, la presència d'una partícula metàl·lica no ferrosa en el fons mineralitzat que, efectuat el microanàlisi qualitatiu d'elements químics, s'ha identificat com de bronze (**fig. 71**). En el corresponent microanàlisi quantitatiu, s'ha pogut comprovar la presència, en percentatge minoritari respecte l'estany, de plom com a aliant secundari del coure (**fig. 72**).

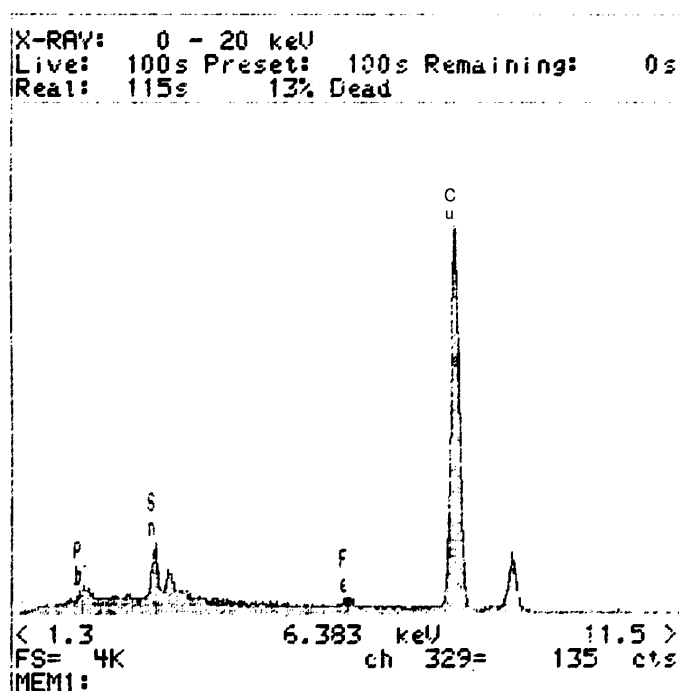


Figura 71. Espectre qualitatiu d'una partícula metàl·lica no ferrosa identificada a la matriu oxidada de la mostra PT/2007/1.

Element	Contingut en percentatge	
Cu	88,76%	
Fe	0,87%	
Pb	2,26%	
Sn	8,11%	
TOTAL	100,00%	

Figura 72. Quantitatiu de la composició elemental de la partícula metàl·lica identificada a la mostra PT/2007/1.

- PT/2007/2.

Com la mostra anterior provinent de la mateixa peça, PT2007/2 es troba en molt avançat estat de mineralització, fet que en aquest cas no ha permès la conservació de cap colònia de grans metàl·lics.

Molt recoberta per l'adherència de partícules de silici i d'altres materials contaminants aliens a la peça, possiblement producte del contacte amb una altre fragment de ferro, del qual s'aprecien les restes mineralitzades també adherides, la seva matriu oxidada es troba formada a partir de bandes colomorfes de disposició dels òxids amb presència d'inclusions deformades pel treball mecànic. La ja desapareguda matriu metàl·lica conserva diverses empremtes de grans perlítics (**fotog. 1**), distribuïdes heterogèniament per la superfície de la mostra.

- PT/2008/1.

Mostra corresponent a la secció d'un estri de tall que no conserva a la pràctica el perfil original, bàsicament a causa de la deformació provocada per la mineralització i per l'adheriment de restes i partícules alienes al objecte. Amb múltiples vies de penetració externa, la matriu s'ha dilatada i degradada en la seva totalitat. Alhora destaca una gran esquerra lineal i en bona part continua al llarg de la mostra, que divideix en dues parts la matriu de la peça. En la matriu oxidada, a ambdós costats de l'esclatxa, s'observen en una part empremtes de làmines de cementita formant petits grans perlítics, i, en l'altre, empremtes de cadenes de cementita delimitant grans de ferrita de petita mida (**fotog. 1**). Són també evidents les molt nombroses inclusions que formaven part de la mostra amb anterioritat a la seva mineralització.

- PT/2044/1.

Mostra totalment mineralitzada amb el perímetre deformat a causa de concrecions externes i adherències silícies; la matriu oxidada presenta disposició de bandes colomorfes, pròpies de l'evolució del procés degradatiu de la ja desapareguda matriu metàl·lica.

La mostra no presenta forat central ni esquerdes visibles perpendiculars al tall, donant la imatge de continuïtat i uniformitat de la matriu. Amb la presència de múltiples inclusions, que en la mostra apareixen en secció, s'observen diverses

relíquies de carburs i empremtes de possibles grans perlítics distribuïts, heterogèniament. per la superfície de la mostra (**fotog. 1**).

- PT/2044/2.

De similars característiques que l'anterior mostra de la mateixa peça, PT/2044/2 conserva en bona part la secció original al no presentar dilatació dels òxids més perimetrals ni concrecions alienes a l'objecte.

La matriu es troba totalment mineralitzada i són comunes les inclusions que, en el tall, s'observen en secció. Alhora, s'observen de forma minoritària i repartides aleatòriament empremtes de grans perlítics i cadenes de carburs sobre el fons d'òxid (**fotog. 1**).

INTERPRETACIÓ

- PT/2005/1.

L'avançada mineralització de la mostra no permet establir conclusions definitives sobre l'objecte, si bé, és factible assenyalar unes hipòtesis respecte el seu procés de treball.

Molt possiblement, la peça fou conformada a partir de dues, com a mínim, fines làmines de metall, d'acer dolç amb molt poc contingut de C, que es soldaren per martellatge en calent, fet que aformà i aplanà les seves inclusions. A la soldadura entre ambdós cossos correspondria la gran escletxa o fissura que, perpendicularment al llom, es desenvolupa al llarg de la secció de la mostra. En aquest sentit, és probable que el ferrer col·loqués paral·lelament una porció de massa o làmina sobre l'altra, i les treballés mecànicament des dels laterals per a obtenir el gruix variable que diferenciava el llom del tall. La manca de l'assoliment d'una temperatura i pressió prou alta durant el temps suficient provocà la no unió i consolidació entre les làmines, que en bona part de la seva superfície de contacte no aconseguiren soldar-se i es convertiren en focus d'oxidació en l'interior de la peça.

La presència de múltiples inclusions d'òxid pot ésser representatiu del limitat treball mecànic al qual es sotmeté primer a la massa, durant el procés de postreducció, i després a les làmines i a l'objecte ja en la forja; també evidencien

la temperatura de treball que, massa baixa, no va permetre l'expulsió de les restes escoriàcies.

Finalment, la presència de grans ferrítics purs, recristal·litzats al treballar mecànicament en calent per restaurar els seus límits, i de restes de zones lleument carburades, podrien indicar la successió de dues làmines de microestructura diferent soldades per aportar conjuntament les seves qualitats mecàniques. Amb tot, l'elevada oxidació no ens permet saber si es tracte de tractaments previs a la conformació o de cementacions parcials per endurir el seu tall.

Les característiques genèriques de la peça, observades a partir de la mostra estudiada, presenten un objecte amb propietats mecàniques prou deficients, motivat per l'abundant presència d'inclusions i a la poca cura del treball en la unió entre làmines que provocà, a ben segur, una molt limitada resistència a l'ús.

- PT/2006/1.

A causa de la manca de dades proporcionades per l'observació de la mostra, alhora motivades per la degradació de l'objecte, la interpretació resulta molt limitada i les seves conclusions es centren bàsicament en hipòtesis.

No hi han indicis de la conformació de la peça a partir de més d'una porció de massa, no essent visibles cap mena d'escletxes que puguin suposar soldadura de làmines. En tota la matriu d'òxid de la mostra únicament ha estat possible advertir una petita zona, corresponent al tall de la peça, amb alguna empremta de carburs ja desapareguts. D'aquestes dades cal interpretar que l'objecte, de petites dimensions, es conformà a partir d'un sol bloc de metall pràcticament de ferro dolç, el qual, possiblement, es conformà i es cementà localment al tall, per oferir majors qualitats mecàniques al seu ús; sense més informació, potser l'alternativa a la anterior hipòtesi fora que ja es tractava d'una porció prèviament acerada, si més no de forma heterogènia i amb baix percentatge de C, amb la qual es conformà la peça, havent estat identificada només una part de la perlita original.

En les dues variacions esmentades sembla evident que la fabricació de l'objecte es centrà en la simplicitat metodològica i, molt possiblement, en una producció poc acurada.

- PT/2007/1-2.

Les mostres provinents de la peça 2007 es caracteritzen per la seva mineralització, fet que provoca que tota interpretació efectuada a partir de les dades ofertes per la seva observació sigui de tipus parcial i considerat com a hipòtesi.

Al no trobar-se límits de soldadura o escletxes que expliquin la conformació de la peça a partir de porcions diferents, cal considerar-la conformada a partir d'un únic bloc de metall. La presència de grans ferrítics a les partícules metàl·liques identificades i les relíquies de carburs sobre la matriu oxidada, indica la provenença d'una barra original heterogèniament carburada; l'esmentat fet es refermaria per la aleatorietat de les concentracions de relíquies de cementita trobades, que no s'ubiquen a les àrees que, funcionalment, serien d'interès pràctic per a les qualitats de l'estri.

En destaquen, alhora, les nombroses restes escoriàcies que en forma d'inclusions no vítries es reparteixen per tota la mostra, fet que revelaria el poc efectiu procediment de purificació durant la postreducció que s'efectuà sobre el metall.

Respecte la presència d'una partícula de bronze amb traces de Pb, molt possiblement aquesta resta aliena a l'objecte fou originada per la utilització d'un forn on, amb anterioritat al procediment siderúrgic, s'havien fos els tres metalls esmentats (Cu-Sn-Pb) per a obtenir objectes de bronze; d'una anterior producció, en restà fosa una gota a la solera del forn que, més tard, s'adherí a l'esponja de ferro. Aquest fet, alhora, indica un primer estadi de producció de ferro on, en tallers polivalents i genèrics, no existeix especialització i s'empra la infraestructura de la metal·lúrgia del bronze.

- PT/2008/1.

Molt degradada per la mineralització, les poques dades obtingudes permeten només advertir part del procés de conformació de la peça.

L'esquerda contínua observada sembla correspondre a la línia de contacte d'una soldadura no reeixida entre dues làmines o porcions de massa. La manca del manteniment de la suficient temperatura durant el temps necessari impedí que la unió entre les dues superfícies fos total i, per tant, efectiu. No han estat

detectades altres escletxes similars, per tant cal interpretar que únicament s'utilitzaren dues làmines de base. En el mateix sentit, la manca de microestructura no permet conèixer si cadascuna de les làmines tenia qualitats diverses que justifiquessin la seva utilització conjunta, si bé podrien haver-se combinat làmines amb grau de carburació prou diferent; únicament s'han identificat unes poques empremtes de cementita que suposen una carburació d'aquella porció concreta de massa.

Per altre part, cal destacar l'existència de nombroses inclusions que pressuposen la manca d'una eficient tasca de postreducció i forja.

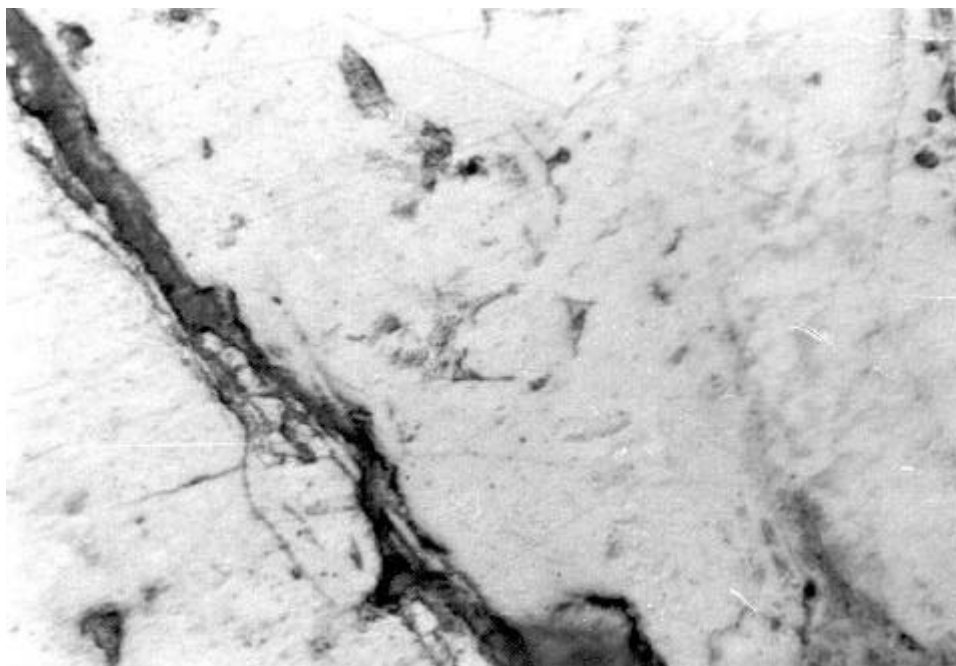
- PT/2044/1-2.

Provinents d'un objecte completament mineralitzat, ambdues mostres presenten característiques uniformes. D'elles en destaquen la manca de fissures o escletxes que poguessin suposar que la peça es conformà a partir de més d'una làmina o porció de massa; ans al contrari, l'anella s'obtingué donant secció circular i unint pels seus extrems una única porció de la barra o, directament, de l'esponja de metall. La presència de múltiples inclusions, en el mateix sentit del cos de la tija revela que, si bé es deformaren pel martelleig destinat a donar-li secció, el treball de cinglatge i de forja fou insuficient per aconseguir un metall net de restes escorificades.

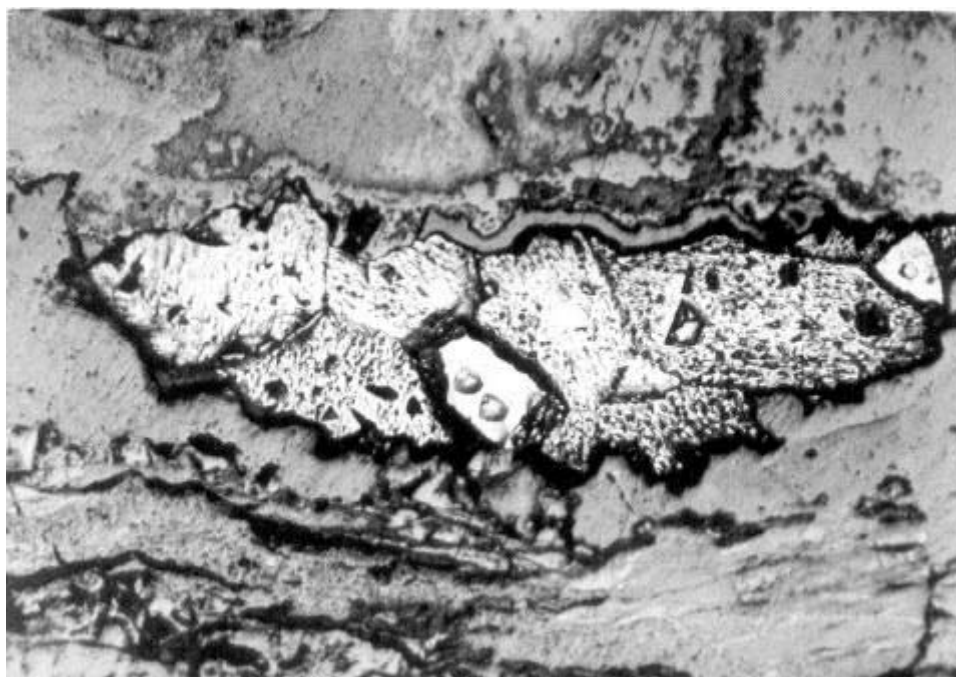
Respecte a la seva desapareguda microestructura, cal suposar que era formada per àrees totalment ferrítiques i d'altres d'hipoeutectoides amb baix contingut de carboni. La hipòtesi més factible, donada la utilitat de la peça i l'heterogeneïtat de distribució de les zones carburades, és que no es donà a l'objecte cap tractament d'enriquiment de carboni; la presència de zones acerades s'explicaria per la difusió irregular de C en la massa original, en les fases prèvies a la conformació de la peça.

De l'estudi d'aquestes dades cal interpretar que es tracta d'un objecte de molt limitades qualitats mecàniques i, alhora, evident d'un procés productiu prou simple. La heterogeneïtat de la carburació, repartida en diversos percentatges de forma aleatòria per la microestructura de la mostra, dóna entendre que aquesta s'efectuà de forma no intencionada, sense propòsit d'endurir cap àrea determinada de l'objecte. Tampoc la funcionalitat de l'anella requeria d'especials

tractaments localitzats, però el que si hagués estat profitós per a la peça fora el conformar-la a partir d'un metall de major resistència i homogeneïtat, que combinés de forma efectiva la maleabilitat de la ferrita i la duresa del ferro carburat. Aquesta combinació adequada i l'absència d'inclusions haurien evitat la fractura de l'anella i, en conseqüència, el seu despreniment del conjunt de la cadena d'origen.



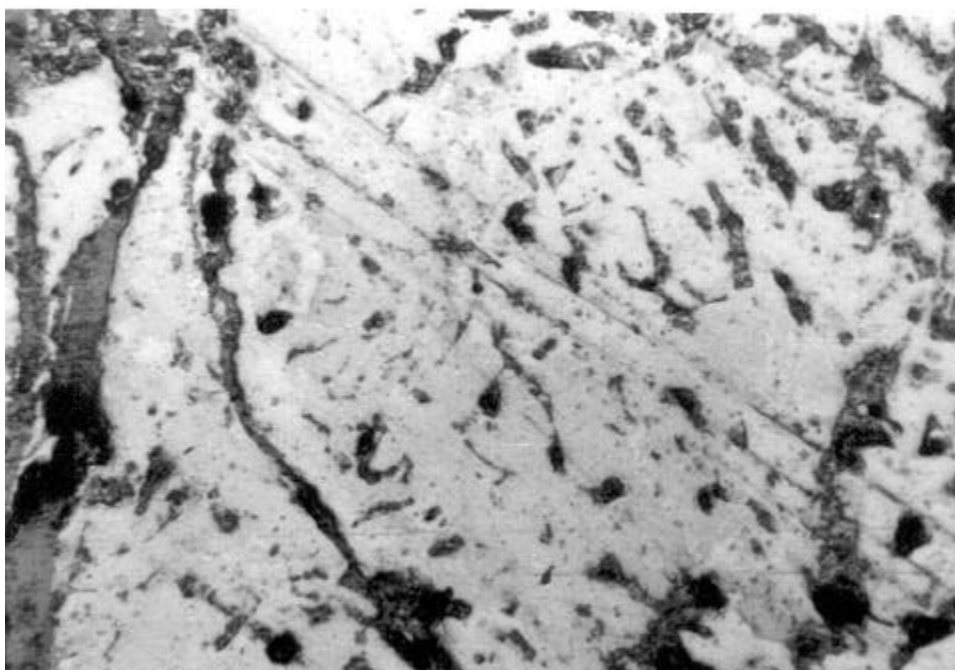
PT/2005/1. Fotografia 1. Imatge d'escletxa interna travessant la matriu oxidada i d'empremta de gra perlític (x 180 augm.)



PT/2005/1. Fotografia 2. Colònia de grans ferrítics poligonals conservats sobre la matriu oxidada (x 225 augm.).



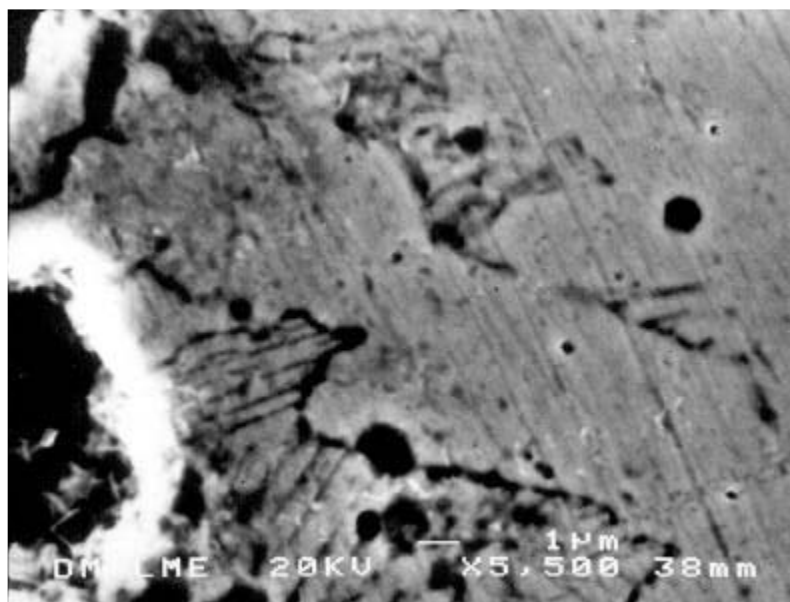
PT/2005/1. Fotografia 3. Imatge d'empremtes de possible microestructura de caràcter hipoeutectoide ja desapareguda (x 225 augm.).



PT/2006/1. Fotografia 1. Empremses de carburs i grans perlítics sobre la matriu oxidada de la mostra (x 225 augm.).



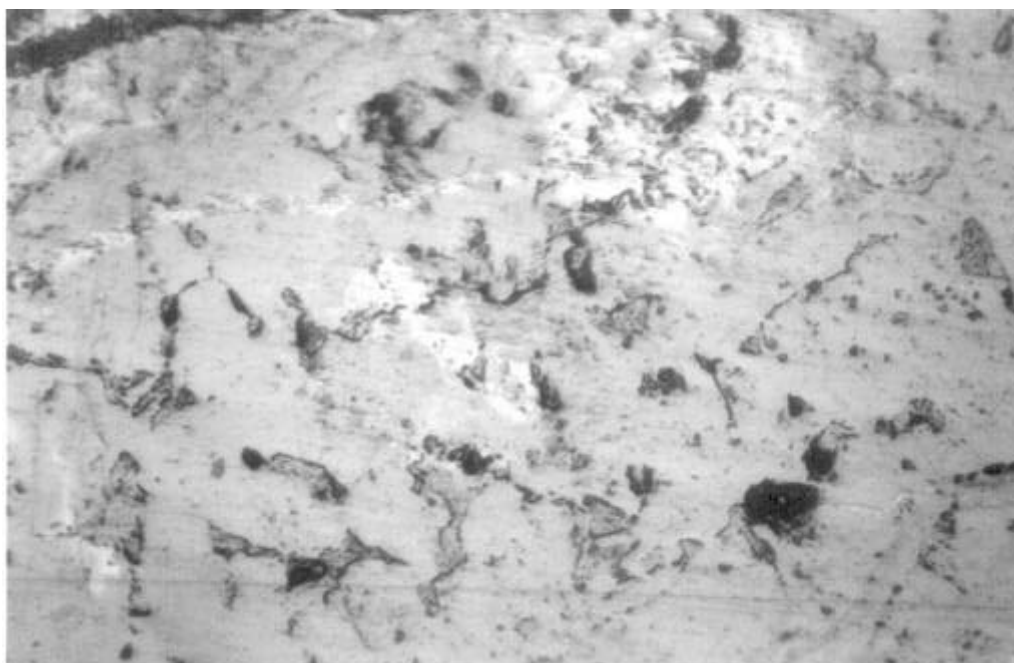
PT/2007/1. Fotografia 1. Partícula de ferro, molt possiblement colònia de grans ferrítics, enmig de la matriu oxidada amb empremtes de carburs (x 225 augm.).



PT/2007/2. Fotografia 1. Imatge d'empremta de grans perlítics sobre la matriu oxidada (x 5500 augm.).



PT/2008/1. Fotografia 1. Escletxa interna amb algunes empremtes de cadenes cementítiques al seu perímetre (x 112 augm.).



PT/2044/1. Fotografia 1. Imatge d'empremtes de grans de perlita i cadenes de cementita lliure sobre la matriu d'òxid de la mostra (x 360 augm.).



PT/2044/2. Fotografia 1. Relíquies de grans perlítics i de cadenes de cementita lliure impreses sobre la matriu d'òxid (x 360 augm.).

DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2005

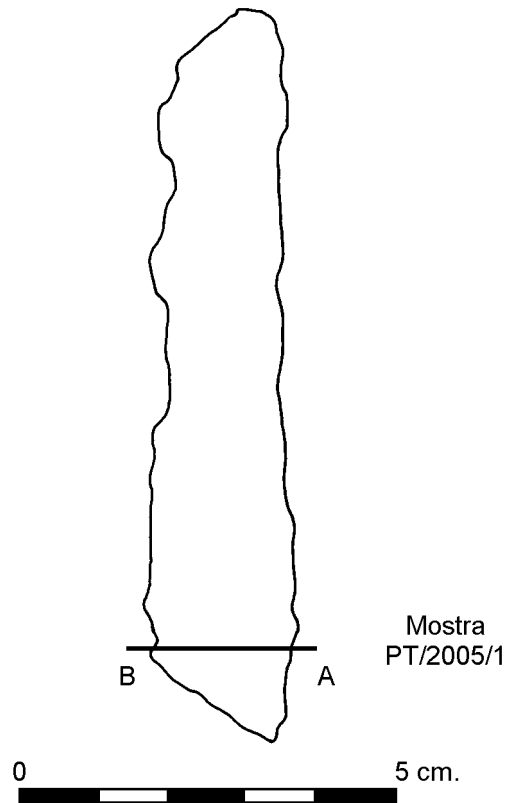


Figura 1. Extracció de la mostra PT/2005/1.



Figura 2. Mostra PT/2005/1 i localització de fotografies de microscopia.

DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2006

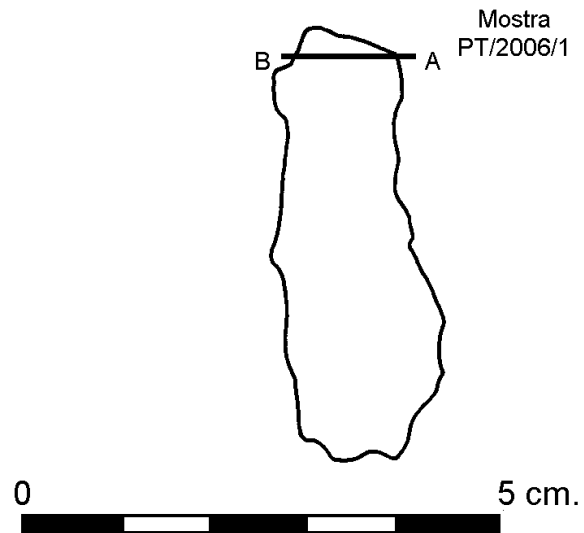


Figura 1. Extracció de la mostra PT/2006/1.



Figura 2. Mostra PT/2006/1 i localització de fotografies de microscopia.

DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2007

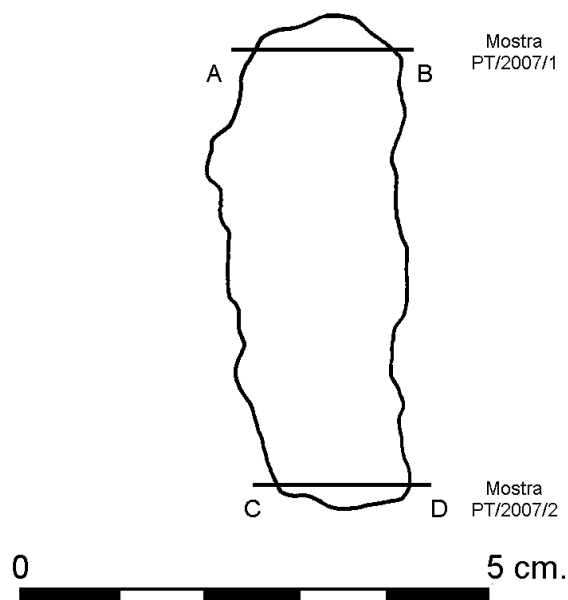


Figura 1. Extracció de la mostra PT/2007/1.



Figura 2. Mostra PT/2007/1 i localització de fotografies de microscopia.



Figura 3. Mostra PT/2007/2 i localització de fotografies de microscopia.

DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2008

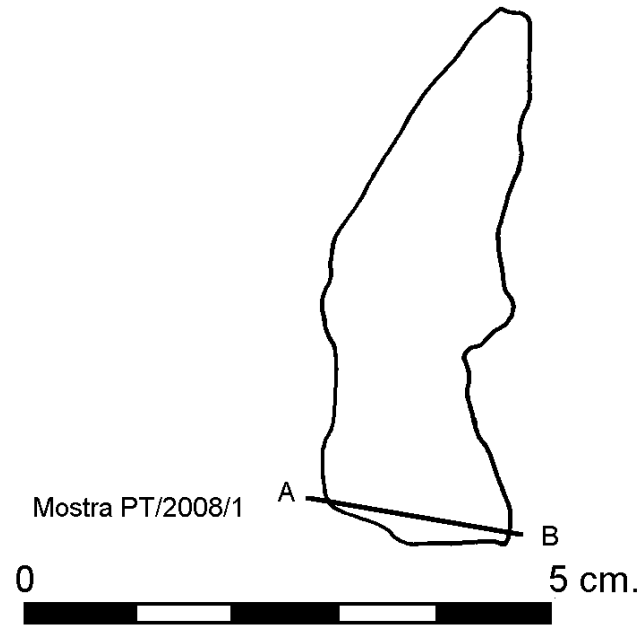


Figura 1. Extracció de la mostra PT/2008/1.

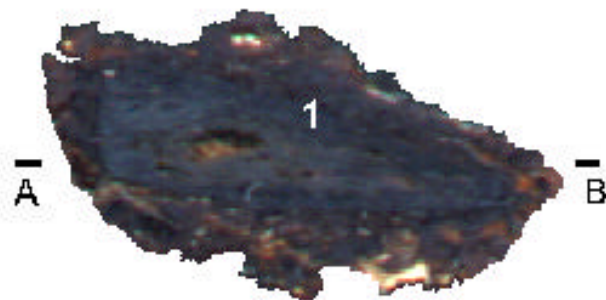


Figura 2. Mostra PT/2008/1 i localització de fotografies de microscopia.

DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2044



Figura 1. Imatge radiogràfica del bloc terrós que contenia la cadena originària de la peça 2044.

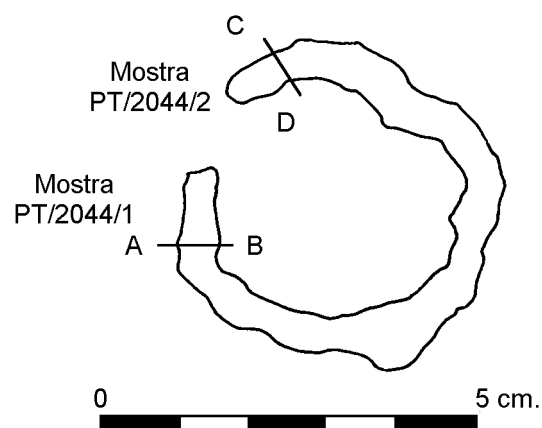


Figura 2. Extracció de la mostra PT/2044/1.

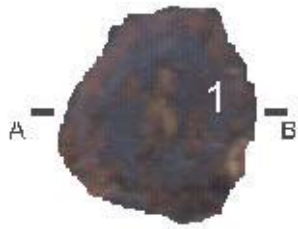


Figura 2. Mostra PT/2044/1 i localització de fotografies de microscopia.



Figura 2. Mostra PT/2044/2 i localització de fotografies de microscopia.

10.1.3. CONSIDERACIONS SOBRE EL MATERIAL I EL SEU CONTEXT

El conjunt de materials analitzats corresponents al nucli ibèric de La Moleta del Remei (Alcanar, Montsià) provenen de dos orígens microspacials i cronològics diferents; per una part els fragments de ganivets de petites dimensions (n.i.m. 2005 – 2006 – 2007 – 2008) s'identificaren en la unitat habitacional 64, en context estratigràfic d'Ibèric Ple (finals s. V – inicis s. III a.C.), assimilable a la Fase 2 de l'ocupació general de l'establiment; contraposat al primer grup d'objectes de ferro, l'anella de cadena (n.i.m. 2044) sembla vincular-se a la fàcies més antiga, documentant-se en el buidat de la unitat habitacional 67, en context estratigràfic de finals s. VII / inicis del s. VI a.C.

L'estudi metal·logràfic ha possibilitat l'aproximació a les singularitats d'elaboració de cadascun dels estris; les mancances d'informació que representava el pèssim estat de conservació dels materials, en els quals no s'havia preservat la matriu metàl·lica, ha limitat l'observació de la microestructura, essent necessària principalment la interpretació dels relleus i relíquies que quedaren com empremtes del preexistent amb anterioritat a la mineralització.

De les tècniques emprades en els ganivets de datació sincrònica, s'adverteixen dues variants. Les fulles tallants 2005 i 2008 foren conformades a partir de dues làmines o porcions de metall, hipotèticament per oferir millors propietats a l'objecte combinant qualitats diferents; tanmateix, la pràctica havia d'oferir uns resultats molt mediocres motivats per les següents imperfeccions:

- presència d'inclusions no metàl·liques del metall base ⁴³¹;
- metall d'acer dolç amb distribució heterogènia i aleatòria de carboni, que anul·lava tot avantatge que podia haver-se generat per la utilització de dos làmines diferents;

⁴³¹ Motivat per la manca d'una correcta purificació del masser original i, posteriorment, una igualment deficient tasca de martelleig i neteja d'escòries durant la forja.

- soldadura deficient, possiblement per manca de temperatura suficient i constant en la forja durant el procediment d'unió en calent entre les làmines.

Aquestes deficiències provocaven que els ganivets fossin únicament útils per a funcions molt bàsiques, sense necessitat de relatius esforços mecànics que haguessin doblegat o fracturat l'objecte.

Els ganivets 2006 i 2007 mostraven una tècnica més simple i igualment mal desenvolupada, amb metall brut i carburació heterogènia. Únicament 2006 presentava una possible intencionalitat per endurir localment el tall de l'estri. En el cas de 2007, fou identificada una partícula de bronze ternari inclosa en la matriu de ferro; la pròpia existència física de la partícula, formada per elements sideròfils, indicaria que no provenia del mineral original sinó que s'adherí en posterioritat dins el forn.

L'anella 2044, de cronologia anterior i amb necessitats mecàniques diferents, mostrava característiques similars a 2006 i 2007; si bé la seva funcionalitat no requeria d'especial duresa, essent positiva la ductilitat que li conferia ésser elaborada amb acer dolç, el gran nombre d'inclusions no metàl·liques en la matriu li provocà una fragilitat no desitjada per a la possible resistència a la tracció que, hipotèticament, hagué de suportar i que culminà amb la seva fractura i separació de la resta de la cadena de la qual formava part.

La diferenciació cronològica entre els dos grups d'objectes que configuren el conjunt podria identificar dos orígens diversos en la conformació dels estris.

El grup de ganivets, amb datació d'Ibèric Ple, podria formar part d'una producció de caire local, de tipologies bàsiques i multifuncionals aplicables a qualsevol activitat domèstica o industrial, de grandàries reduïdes que facilitaven el procés siderúrgic ⁴³², i amb una metodologia de treball simple; amb limitats coneixements tècnics sobre tractaments de millora de les propietats mecàniques, possiblement només practicaren la cementació a partir de la

⁴³² Les dificultats per elaborar estris grans és òbvia en les inicials produccions de ferro. La baixa productivitat en l'obtenció del metall durant la reducció, en relació a la quantitat de mineral i combustible emprat, la necessitat d'emprar forns de capacitat reduïda per assolir majors i més constants temperatures, i els problemes per mantenir homogeneïtat estructural en els objectes treballats durant la forja configuraven un seguit gairebé insuperable d'inconvenients, el que suposava que la majoria de peces fossin petites o conformades a partir de pocs blocs o làmines de metall. Consultar caps. 3 i 4.

constatació empírica de l'enduriment de la zona de l'estri que es deixava reposar entre els carbons incandescents, la manca d'especialització de l'artesà és palesa amb la utilització d'un forn polivalent al qual, prèviament a la conformació de l'estri de ferro, s'havia emprat per a la producció d'estris de bronze, i dels que en quedà una gota de fosa que s'adherí al posterior bloc de ferro.

Aquests materials foren testimoni del procés de generalització del ferro en el context del nord-est peninsular, quan la demanda d'atuell del nou metall obligà a crear centres especialitzats de producció i/o de distribució i, alhora, a atomitzar la petita producció i la reparació – manteniment a bona part dels nuclis de poblament.

Altrament, l'anella 2044 formaria part d'un objecte de major complexitat de realització i que, possiblement, havia de formar part d'un bé de prestigi. La singularitat de la troballa i la manca de tradició siderúrgica en el context cronoespacial local, pot atribuir-se a una probable producció aliena, hipotèticament vinculada als conjunts d'objectes d'importació provinents de contactes amb elements colonials. La cadena objecte d'estudi es trobaria relacionada amb la presència dels inicials atuell de ferro identificats en cronologies de Ferro I en els territoris del curs baix de l'Ebre, on els conjunts materials de Sant Jaume – Mas d'en Serra o de La Ferradura d'Ulldecona, entre els establiments més propers, mostren sincrònicament importacions de filiació fenícia ⁴³³.

⁴³³ Consultar caps. 1.3.1. i 10.

10.2. LA NECRÒPOLIS DE MAS DE MIANES (SANTA BÀRBARA, MONTSIÀ)

10.2.1. ASPECTES HISTORICOARQUEOLÒGICS

La necròpolis de Mas de Mianes fou localitzada en una plana erosionada pels treballs agrícoles en el terme municipal de Santa Bàrbara, al Montsià. Ubicada al marge dret de l'Ebre, es troba a curta distància d'Amposta, en una zona de conegut poblament des d'època protohistòrica.

La notícia de troballes de caire arqueològic a l'indret era ben notòria amb anterioritat a l'arribada de l'equip de l'Institut de Prehistòria i Arqueologia de la Universitat de Barcelona, fet que s'afirmava amb la gran quantitat de materials diversos, principalment ceràmics i metàl·lics, dels quals en disposaven nombrosos veïns i afeccionats de la zona. Prèviament expoliada en part, es coneixien vint-i-quatre tombes d'incineració amb aixovar entregat per a la seva restauració, les quals mostraven cronologia i característiques similars a les posteriorment excavades i documentades ⁴³⁴.

L'espai en el qual es delimità la necròpolis corresponia a una única i densa àrea de poca extensió, enmig d'una zona molt més àmplia i estèril relativament afectada pels conreus del mas proper. Els treballs es programaren segmentant la zona en set àrees d'excavació, algunes de les quals foren estèrils i delimitaren el jaciment (**fig. 73**). A la mateixa zona correspongueren quatre noves incineracions, excavades clandestinament durant les fases de la intervenció, que s'afegiren a les vint-i-quatre tombes prèvies ja conegudes.

El sol de l'indret era format per una capa sedimentària sobre el substrat rocós; aquest nivell mostrava una potència mitja de 45 cm. d'estrat arqueològicament fèrtil. Anomenat nivell II pels excavadors, fou uniforme en la troballa de totes les tombes. Amb tot, algunes tombes excavaren un petit pou o, fins i tot, un *loculus* sobre el nivell inferior (B22 i B17).

⁴³⁴ MALUQUER DE MOTES, J. (1987) *La necrópolis paleoibèrica ...*, op.cit. 125, p.132.

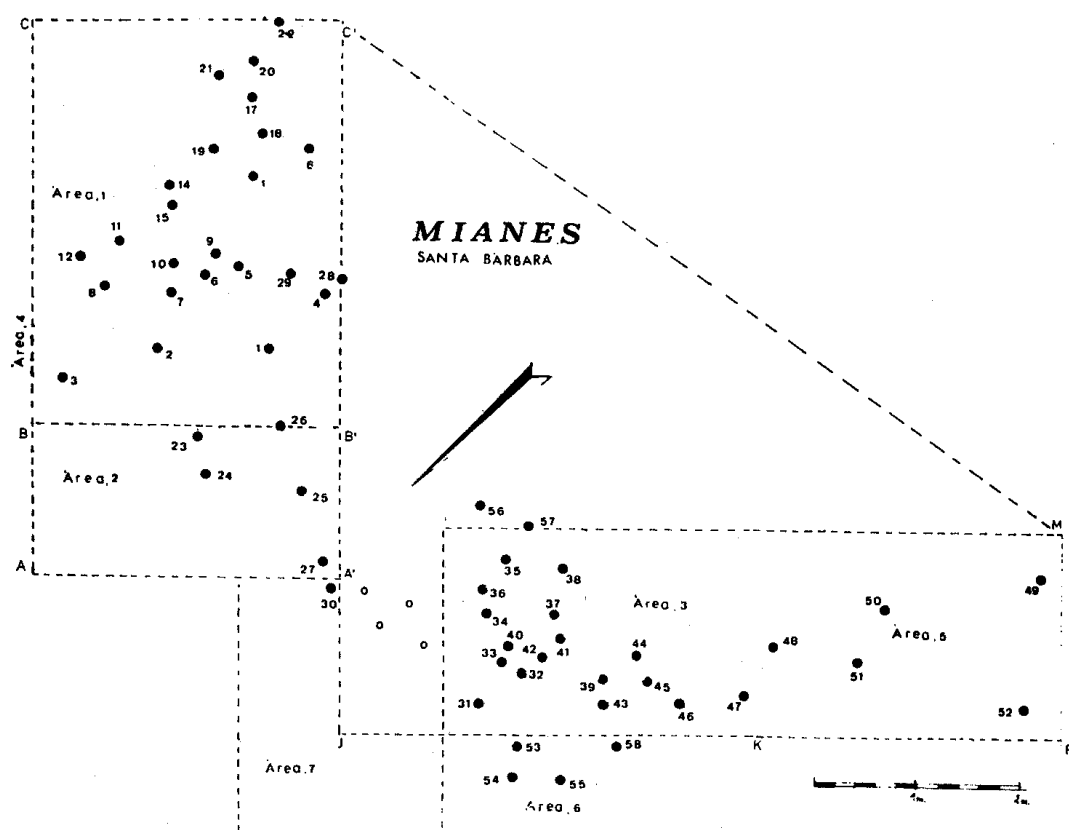


Figura 73. Diagrama de distribució dels enterraments en les diverses àrees d'excavació; la zona travessada per la recta CM fou l'expoliada per les intervencions furtives (de Maluquer de Motes, 1987, p. 122).

L'estudi sobre el terreny no identificà cap mena de senyal exterior indicativa dels enterraments, si bé en el cas d'elements petris era difícil la seva conservació. No es localitzaren túmuls i únicament una tomba presentava una pedra plana en forma de llosa de segellament.

L'excavació permeté la identificació de seixanta dues tombes d'incineració (B1-B62), formades, individualment i amb diferent estat de conservació, per una urna funerària continent de les restes incinerades del finat i un aixovar metàl·lic i ceràmic, tan dins del contenidor principal com al seu voltant. Alhora, es considerà que les fosses o el *loculus*, identificats a alguna de les tombes, no corresponia a l'*ustrinum* o pira on es produí la cremació de les restes. Respecte al conjunt del jaciment, els investigadors suposaren que afegint-hi les vint-i-vuit tombes furtivament excavades conegudes i les nombroses referències de materials ja perduts, el total de la necròpolis havia d'oscil·lar al voltant dels cent vint enterraments.

Els excavadors dividiren aproximadament per la meitat del total el nombre d'enterraments masculins i femenins, diferenciant-los pel seu aixovar. Els enterraments masculins s'associaren al rol de guerrer a través de l'armament identificat; corresponent els femenins als ornaments, bàsicament en bronze i de petites dimensions, que es trobaren dins les urnes.

La cultura material identificada mostrava un conjunt divers d'urnes de majoritària confecció a torn (46 de les 62 tombes excavades). Les urnes a ma eren bàsicament de tipus bitruncocònic, de pasta reductora i algunes decoracions a cordons, digitals o incises; les més freqüents urnes ceràmiques a torn eren del tipus de vora exvasada o urnes d'orelletes, amb tapadora i pintades amb el color vinós d'òxids de ferro, en estil de formes geomètriques i a bandes. A part dels vasos contenidors funeraris, en alguna de les tombes aparegueren petits vasos d'ofrena, de producció indígena i, en un cas, de possible imitació a formes alienes, i diversos *pondera* i fusaioles ceràmiques, evidència de les activitats productives de la comunitat, associades als enterraments femenins.

Amb tot, els materials més característics de la necròpolis correspongueren a l'extens aixovar metàl·lic. Com a evidència de que als difunts els acompanyaren els objectes més destacats que gaudiren en vida, el rol social dels individus s'expressà a través dels útils i ornaments que en bronze i ferro els prestigiaren. Els materials en bronze són bàsicament estris d'atuell personal, destacant-hi sivelles de cinturó de varis garfis, pinces, cadenetes amb penjolls amb boles o motius animalístics (xais, coloms), braçalets, torques i fíbules de peu elevat, de doble ressort, de ressort bilateral o anulars. Altrament, els materials de ferro identificats eren de forma gairebé exclusiva panòpia d'armament ofensiu: ganivets de llom recte i afalcatats i puntes i virolles de dards i llances; dels lots de material obtingut per les excavacions furtives, es tingué també notícia de l'aparició d'una espasa d'antenes i una falcata.

A partir de l'estudi dels materials, amb especial de les tipologies ceràmiques on la presència del torn ja es majoritària i on no es trobà cap element d'importació, els investigadors ubicaren cronològicament Mas de Mianes a un moment just

posterior a la propera Mas de Mussols, entre la segona meitat del s. VI, quan finalitzen els enterraments a la necròpolis anterior, i mitjans del s. V a.C. Aquesta etapa marcaria la transició en la formació de la cultura ibèrica, entenent com a tal la consecució de les característiques organitzatives i socials que es sintetitzen en la comunitat indígena autòctona a partir de les influències de l'element colonial mediterrani, el testimoni material del qual encara no és present en el conjunt de materials de Mas de Mianes.

10.2.2. INFORME DEL PROCEDIMENT ANALÍTIC REALITZAT

SELECCIÓ SOBRE EL CONJUNT MATERIAL.

Les restes d'elements ibèrics de ferro de la Necròpolis de Mas de Mianes es caracteritzen per formar part de l'aixovar funerari d'un conjunt de tombes d'incineració. Aquest fet en determina les singularitats del lot, tan tipològiques com físiques.. A aquest fet hem d'afegir que el lot d'estris de ferro és molt limitat i, per les característiques funcionals de bona part del conjunt, únicament un nombre reduït pot resultar representatiu de tractaments mecànics i/o tèrmics que singularitzin un treball específic en referència a la utilitat del objecte. Les peces susceptibles d'estudi foren les següents:

- 2009 (c.m. 2334): ganivet.
- 2011 (c.m. 802): ganivet.
- 2014 (c.m. 2294): llança.
- 2015 (c.m. 2493): javelina.
- 2017 (c.m. 2545): llança.
- 2018 (c.m. 2449): ganivet.
- 2019 (c.m. 2310): ganivet.
- 2021 (c.m. 2487): ganivet.
- 2022 (c.m. 405): ganivet.

EXTRACCIÓ I IDENTIFICACIÓ DE MOSTRES.

Amb el propòsit d'evitar la major afectació possible a les peces d'estudi, s'extreuen les següents mostres / superfícies d'observació, identificant-les amb els corresponents codis:

- PT/2009/1: tall transversal **A-B**. S'ha procedit a efectuar un tall perpendicular a la llargària de l'estri, separant un dels seus extrems (**diagrama d'extracció de mostres 2009, fig. 1**). La superfície observada correspon a la cara del fragment separat (**d.e.m. 2009, fig. 2**).

- PT/2011/1: tall transversal **A-B**. S'ha procedit a efectuar un tall perpendicular a la llargària de l'estri, separant un fragment de l'extrem fracturat (**d.e.m. 2011, fig. 1**). La superfície observada correspon a la cara del fragment separat (**d.e.m. 2011, fig. 3**).

- PT/2011/2: tall transversal **C-D** S'ha procedit a efectuar un tall perpendicular a la llargària de l'estri, separant un fragment de l'extrem fracturat (**d.e.m. 2011, fig. 1**). La superfície observada correspon a la cara del fragment separat (**d.e.m. 2011, fig. 4**).

- PT/2011/3: de la mostra PT/2011/1 (tall A-B) s'ha obtingut un tall transversal **E-F**, el qual correspondria a una partició longitudinal de l'objecte 2011 (**d.e.m. 2011, fig. 2**). La superfície estudiada correspon a la cara obtinguda del fragment separat (**d.e.m. 2011, fig. 5**).

- PT/2014/1: tall transversal **A-B**. S'ha procedit a efectuar un tall perpendicular a la llargària de l'estri, separant un fragment corresponent a la punta fragmentada (**d.e.m. 2014, fig. 1**). La superfície observada correspon a la cara del fragment separat (**d.e.m. 2014, fig. 2**).

- PT/2015/1: tall transversal **A-B**. S'ha procedit a efectuar un tall perpendicular a la llargària de l'estri, separant un fragment de la punta fragmentada (**d.e.m. 2015, fig. 1**). La superfície observada correspon a la cara del fragment separat (**d.e.m. 2015, fig. 2**).

- PT/2017/1: tall transversal **A-B**. S'ha procedit a efectuar un tall perpendicular a la llargària de l'estri, separant un fragment de la punta doblegada (**d.e.m. 2017, fig. 1**). La superfície observada correspon a la cara del fragment separat (**d.e.m. 2017, fig. 3**).

- PT/2017/2: de la mostra PT/2017/1 (tall A-B) s'ha obtingut un tall transversal **C-D**, el qual correspon a una partició paral·lela a la llargària de la peça (**d.e.m. 2017, fig. 2**). La superfície observada correspon a la cara del nou tall (**d.e.m. 2017, fig. 4**).

- PT/2018/1: tall transversal **A-B**. S'ha procedit a efectuar un tall perpendicular a la llargària de l'estri, separant un fragment que correspon a la seva suposada punta (**d.e.m. 2018, fig. 1**). La superfície observada correspon a la cara del fragment separat (**d.e.m. 2018, fig. 2**).

- PT/2019/1: tall transversal **A-B**. S'ha procedit a efectuar un tall perpendicular a la llargària de l'estri, separant un fragment proper a la fractura de la desapareguda punta del ganivet (**d.e.m. 2019, fig. 1**). La superfície observada correspon a la cara del fragment separat (**d.e.m. 2019, fig. 2**).

- PT/2021/1: tall transversal **A-B**. S'ha procedit a efectuar un tall perpendicular a la llargària de l'estri, separant un fragment de l'àrea fragmentada més propera a la punta desapareguda (**d.e.m. 2021, fig. 1**). La superfície observada correspon a la cara del fragment separat (**d.e.m. 2021, fig. 2**).

- PT/2022/1: tall transversal **A-B**. S'ha procedit a efectuar un tall perpendicular a la llargària de l'estri, separant un fragment proper a la fractura de l'extrem de la punta (**d.e.m. 2022, fig. 1**). La superfície observada correspon a la cara del fragment separat (**d.e.m. 2022, fig. 2**).

OBSERVACIÓ.

- PT/2009/1.

Mostra molt degradada, on s'ha assolit la total mineralització de la seva microestructura metàl·lica primigènia. La disposició de l'òxid no presenta de forma majoritària les habituals bandes de corrosió que caracteritzen als materials exposats al medi ambient; per altra part, macroscòpicament no mostra cap mena d'exfoliació provocada pels processos de dilatació volumètrica de la oxidació, i tampoc presenta alveolització perimetral que li hagi adherit partícules alienes de l'entorn. Ha estat observada de forma generalitzada corrosió del tipus Pitting, puntual o concentrada en petites àrees circulars.

L'observació microscòpica no ha permès identificar cap gra metàl·lic aïllat dins la matriu oxidada; amb tot, si hi són presents relíquies de carburs a una zona concreta del tall observat, en una àrea intermèdia entre el centre de la mostra i el perímetre, on s'aprecia un petit agrupament de les empremtes en relleu negatiu deixades per cadenes de cementita (**fotog. 1**). Per altra part, són nombroses les inclusions no metàl·liques visibles, presentant disposició longitudinal i transversal de forma aleatòria, no essent visible, alhora, cap línia de fractura o escletxa singular que caracteritzés la mostra.

- PT/2011/1.

Macroscòpicament l'objecte genera important informació referent al seu treball d'elaboració. La peça sencera es troba exfoliada en tres grans capes discontinues en tota la llargària, trobant-se únicament dues en l'àrea origen de la mostra. La capa que anomenaríem central, entre les dues perimetrals que presenta l'estri, conserva la conformació original, amb la secció inicial del ganivet, on es defineixen clarament el llom pla i el tall afinat amb la característica secció de cuny. Aquest cos manté l'estructura metàl·lica en tota la seva superfície, a excepció del seu perímetre immediat, que mostra oxidació superficial. La segona capa exfoliada visible en la mostra, prou unida al cos central en aquesta zona, és formada en gran part per una matriu mineralitzada i, en una àrea menor, per una zona que ha conservat el metall original i que, singularment, es troba ubicada en el seu perímetre.

La matriu mineralitzada és formada per bandes colomorfes d'oxidació que, si bé de forma no generalitzada, es presenten majoritàriament en tota la seva superfície. Hi són presents inclusions no metàl·liques amb orientació diversa, tan longitudinal com transversal, també comunes en les zones metàl·liques; alhora, destaquen empremtes de les làmines dels carburs de la perlita marcades en la matriu ferrítica oxidada, en la zona intermèdia de la mostra observada (**fotog. 1**).

L'estudi microscòpic de les zones metàl·liques mostra una microestructura hipoeutectoide prou heterogènia, caracteritzada per una diversa distribució del percentatge de carboni. Les successions de microstructures s'inicien, de forma perpendicular al gruix del cos central de la mostra, amb una capa gairebé ferrítica, separada per una banda de menys definició granulomètrica i amb múltiples inclusions en una microestructura més carburada (fins el 0.3% C aprox.) (**fotog. 2**), la qual es transforma en gairebé ferrítica (**fotog. 3**); novament s'identifiquen dues bandes més que separen microstructures gairebé ferrítiques fins a la vora (**fotog. 4**). En aquest sentit, la zona més central de la mostra és la que té més baixa concentració de carboni (**fotog. 5**).

Són destacables les bandes identificades, les quals han estat sotmeses a un microanàlisi qualitatiu i mostren igual composició química que la resta del metall (**fig. 74**); en els seus límits s'identifiquen línies més o menys contínues, i paral·leles a la llargària de l'estri, d'inclusions escoriàcies (**fotog. 6**) que, en

ocasions, coincideixen amb esquerdes dins el metall. Altrament, i a fi de comprovar la diversitat microestructural en referència al seu grau de duresa, s'ha procedit a realitzar microdureses (d.e.m. 2011, fig. 5) que aporten valors que comprenen des de 93.6 HV a les zones més ferrítiques, 100.2 HV a una de les bandes i 115.3 HV a l'àrea més carburada.

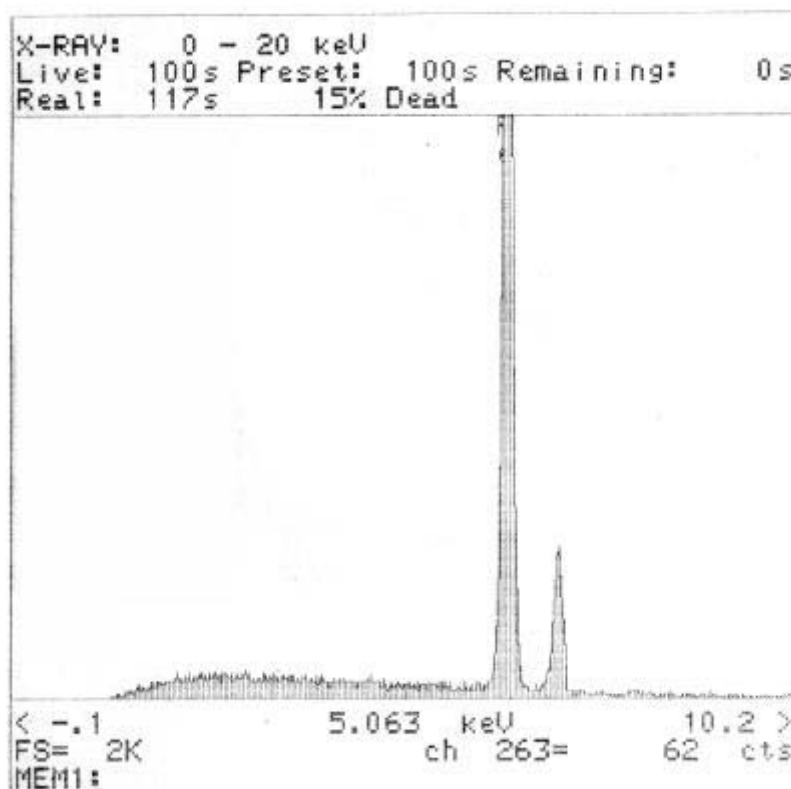


Figura 74. Espectre qualitatiu d'una de les bandes de separació entre microestructures localitzades a la matriu metàl·lica de la mostra PT/2011/1.

L'observació dels grans perlítics de la zona més carburada ha permès advertir que la disposició dels carburs de ferro pot variar entre laminar i globular (**fotog. 7**), sempre, però, amb un percentatge de carboni que en cap cas supera el 0.3%. Amb el mateix sentit, s'ha comprovat que el perímetre d'ambdós cossos metàl·lics es troba descarburat en bona part, amb microestructura hipoeutectoide de molt baix contingut en carboni, especialment el més extern del cos no central (**fotog. 8**).

- PT/2011/2.

Mostra corresponent al segon fragment de l'objecte 2011 i que, com la mostra anterior, representa la secció de la peça. Macroscòpicament, i en referència a l'exfoliació ja comentada, són visibles el teòric cos central i una petita part, la de la zona del llom, d'un dels cossos perimetrals. En aquesta mostra, únicament es conserva metall al cos central i no en tota la seva àrea, ja que la mineralització ha penetrat des de l'exterior per reduir la zona metàl·lica a una llenca que no assoleix la totalitat de la secció.

L'observació microscòpica mostra una àrea mineralitzada amb les característiques bandes colomorfes que han degradat qualsevol possible empremta o indicatiu de microestructures anteriors. L'àrea que conserva el metall presenta microestructura hipoeutectoide heterogènia de baix contingut en carboni que, en cap cas, supera el 0.3% C (**fotog. 1**). Amb disposició de microestructures totalment similar a la de la mostra anterior, els grans identificats són de forma i grandària irregular. Cal destacar la major grandària de gra a les zones de les bandes.

Per altre part, les nombroses inclusions identificades si que mostren deformació i es troben amb orientació longitudinal i transversal; algunes d'elles estan trencades pel martelleig, essent minoritàriament d'estructura vítria (**fotog. 2**).

- PT/2011/3.

Mostra originària de la mostra PT/2011/1 i que suposa l'observació perpendicular de l'anterior vista. En ella s'observa l'existència d'una part de matriu mineralitzada, corresponent a la capa més externa, i una zona de matriu metàl·lica referent a la capa esmentada com a central.

La oxidació s'ha produït en forma de bandes colomorfes que ocupen gran part de la matriu degradada alhora que, en determinades zones, són visibles empremtes i possibles relíquies de microestructures ferriticoperlítiques, amb empremtes de cadenes cementítiques i límits de gra ferrític (**fotog. 1**).

La matriu metàl·lica mostra les mateixes característiques evidenciades en la mostra original: la microestructura hipoeutectoide comuna en tota la mostra presenta divers contingut de carboni, amb successió de possibles capes microestructuralment diferents separades per la presència de múltiples inclusions

d'orientació diversa i àrees longitudinals o bandes de separació. Amb tot, aquest tall permet apreciar amb detall la coexistència de cementita globular i laminar (**fotog. 2**).

- PT/2014/1.

Mostra originària de la punta de la llança 2014, en la zona de menor afectació i, alhora, menor superfície de matriu de l'estri. La secció presenta una matriu majoritàriament mineralitzada on es conserven petites àrees metàl·liques, en forma de llenques irregulars, ubicades en el nervi que ressegueix la peça longitudinalment fins a convertir-se en l'emmanegament tubular.

Macroscòpicament l'objecte es troba força degradat, tan per la mineralització com per la inutilització intencionada que va rebre. En aquest sentit el cos de l'arma està doblegat sobre si mateix, i els talls laterals es troben molt fragmentats; la mostra, tot i així, recull bona part de la secció volumètricament modificada per l'acció de l'oxidació.

La matriu oxidada no presenta rastres de bandes colomorfes d'oxidació, desenvolupant aquest procés a partir de petits punts i àrees circulars, segons la tipologia Pitting. El perímetre no presenta alveolització o fissures d'entrada d'òxid, si bé les esquerdes internes són habituals.

Les àrees metàl·liques estan formades per dues importants colònies de grans ferrítics de grandària bastant homogènia i força poligonalitat (**fotog. 1**). En algun d'ells és possible observar migració dels límits de gra ferrític, alhora que també són visibles cadenes de cementita intergranular, molt minoritària i de forma vermicular, ocupant intersticis entre la granulometria. Tan a la zona metàl·lica com a la matriu mineralitzada són molt freqüents les inclusions, majoritàriament transversals al tall, i que s'observen com a punts gairebé circulars de diferent grandària.

- PT/2015/1.

Mostra procedent d'una punta de llança, concretament de la zona més propera a l'extrem punxegut. Pràcticament mineralitzada, presenta tres zones on es conserva el metall, dues colònies de grans aïllats en la matriu d'òxid i una àrea de diversitat microestructural.

La matriu oxidada es caracteritza per la presència de bandes colomorfes en tota la superfície i d'un notable nombre de material d'incrustació majoritàriament format per grans de sílice en el seu perímetre. Igualment, s'han identificat algunes empremtes tan de cadenes de carburs, de tipus vermicular i intergranular marcant els límits de possibles grans ferrítics, com de cementita secundària original de grans perlítics d'estructura laminar.

Les dues colònies de grans aïllats semblen mostrar una microestructura ferriticoperlítica de molt baix percentatge de carboni, si bé la presència de partícules d'òxid ratllant la superfície de la granulometria no permeten advertir clarament la morfologia de la microestructura conservada.

La zona metàl·lica de major grandària, ubicada pràcticament al centre de la mostra, presenta dues microestructures diferents limitades de forma gairebé rectilínia (**fotog. 1**) i aproximadament coincident amb l'eix perpendicular de la mostra. Per un costat, és visible una microestructura hipoeutectoide (0.2-0.3 % C) caracteritzada per una gra molt petit, poligonal i sense aparença de deformitat (**fotog. 2**). Altrament, la microestructura oposada, també hipoeutectoide si bé menys carburada (al voltant del 0.1% C), presenta una gra ferrític de força grandària i forma irregular, que ha adoptat una morfologia acicular, en una disposició tipus Widmanstätten (**fotog. 3**). L'esmentat límit entre ambdues microestructures presenta, en algun punt, una molt estreta franja de transició entre la diferent grandària de gra, amb un gra ferrític de creixement intermedi (**fotog. 4**). Tan en la zona mineralitzada com en la metàl·lica són molt nombroses les inclusions, algunes d'elles vítries i possiblement de silicats, que s'observen en aquest tall, perpendicular a la llargària de l'estri, de forma transversal, també tallades en secció.

- PT/2017/1.

La mostra PT/2017/1 correspon a la secció de la punta o extrem de la llança 2017; ha conservat en bon estat la seva ànima metàl·lica, mantenint l'estructura original en la major part de la superfície estudiada, a excepció del perímetre oxidat i d'algunes àrees de les aletes on la penetració del procés mineralitzador ha estat més aprofundit.

L'observació microscòpica permet advertir una zona perimetral oxidada amb alveolització i algunes fissures de lleu penetració des de l'exterior. La majoritària àrea metàl·lica mostra una microestructura hipoeutectoide heterogènia, on es combinen zones gairebé ferrítiques amb d'altres més carburades. Amb presència molt abundant d'inclusions no metàl·liques, tan en forma longitudinal com tallades en secció, l'àrea que presenta major carburació, que mai sembla superar el 0.2% de carboni, es concentra en una de les cares de l'arma (**fotog. 1**), independentment d'ambdós talls que presenten microestructura ferrítica (**fotog. 2**); la perlita observada es caracteritza per l'estructura gruixuda de la cementita secundària que la forma (**fotog. 3**) i, en determinada zona, per la seva disposició vermicular (**fotog. 4**). S'observa també la diversitat de grandària de gra existent, essent especialment petit el corresponent a la zona de major carburació i, el de major grandària, el de les àrees més ferrítiques (**fotog. 5**).

- PT/2017/2.

Mostra obtinguda del tall perpendicular de la mostra anterior i que fa observable una vista longitudinal de la punta de l'estri. Sense pràcticament oxidació, només una lleu capa perimetral, presenta una matriu totalment metàl·lica.

L'observació microscòpica permet veure una microestructura pràcticament ferrítica, on l'existència de grans perlítics és molt escadussera. Únicament es visible una banda longitudinal al tall de grans perlítics (**fotog. 1**) que ressegueix bona part de l'eix de la peça. Són molt abundants les inclusions no metàl·liques orientades, essent alguna d'elles de naturalesa vítria. Aquestes es disposen entre una granulometria poligonal i majoritàriament de força grandària (**fotog. 2**), si bé existeixen agrupacions de grans més petites.

- PT/2018/1.

Mostra corresponent a la secció del ganivet 2018, en una àrea aproximada a la punta original. La matriu observada en el tall es troba totalment mineralitzada i no presenta exfoliació. Si bé no existeixen buits interns a partir dels quals s'hagi generat el procés degradador, hi són presents diverses escletxes per on ha penetrat l'oxidació des de l'exterior. Macroscòpicament s'evidencien bandes

colomorfes que ocupen la totalitat de la superfície d'estudi, sense ésser identificables fissures contínues o línies d'inclusions orientades.

L'observació microscòpica de la matriu oxidada ha permès identificar diversos grans ferrítics aïllats (**fotog. 1**), no essent visibles, per altra part, empremtes de grans perlítics o de cadenes de possibles carburs que assenyalin microstructures de major o menor carburació. Destaca la minoritària presència d'inclusions no metàl·liques.

- PT/2019/1.

Mostra procedent de la punta fragmentada del ganivet 2019, macroscòpicament s'observa una total mineralització que ha ocupat tota la superfície del tall i, en conseqüència, la secció plana de l'estri; el perímetre de la mostra, i en conjunt de tot l'estri, es troba força deformat amb algunes adherències externes i destacades fissures per on ha penetrat el procés degradador.

L'observació microscòpica ha identificat diverses inclusions no metàl·liques en la matriu d'òxid, tan de forma longitudinal com tallades en secció; alhora, són visibles empremtes en relleu negatiu del que foren grans perlítics (**fotog. 1**) que, de forma minoritària, són relativament abundants a la zona més propera de l'antic tall de l'estri. No han estat vistes inclusions alineades o altres indicis de tractaments sobre la matriu oxidada.

- PT/2021/1.

Mostra corresponent a la punta fragmentada d'un ganivet de perímetre mineralitzat i amb múltiples adherències sorrenques del seu entorn. La seva observació macroscòpica permet observar una matriu gairebé totalment mineralitzada amb múltiples bandes colomorfes d'oxidació, on són presents nombroses fissures que, provinents de l'exterior, han facilitat l'avanç del procés degradador. No s'observa exfoliació ni augment volumètric.

Microscòpicament, la mostra presenta nombroses inclusions no metàl·liques, la gairebé totalitat de les quals poden observar-se en secció; són observables petites colònies de grans metàl·lics, tots ells ferrítics (**fotog. 1**), sense que s'hagi pogut determinar la presència de relíquies de carburs o altres indicis de la desapareguda microestructura metàl·lica.

- PT/2022/1.

Mostra obtinguda de l'extracció d'una llenca de l'extrem fragmentat de la fulla del ganivet 2022, la qual presenta una secció que conserva part de l'ànima metàl·lica, des del tall fins el taló, i una zona perimetral mineralitzada que, en determinats punts, ocupa bona part de la superfície d'estudi. La matriu d'òxid és formada per bandes colomorfes i importants escletxes de penetració que han permès la difusió de la degradació i la generalitzada dilatació volumètrica, que deforma en bona part la peça; superficialment s'ha alveolitzat i s'hi han adherit restes de sorra de l'entorn.

L'observació microscòpica de la microestructura metàl·lica evidencia una gran abundor d'inclusions d'origen escoriaci, principalment en sentit longitudinal a la vista estudiada, embrutant la mostra i dificultant el seu correcte poliment (**fotog. 1**). En referència a la seva composició, presenta una clara heterogeneïtat en la distribució de zones carburades: una de les cares de la mostra està formada per una microestructura hipoeutectoide de baix contingut en carboni, on els grans de perlita, amb un aliatge aprox. del 0.2% C, s'ubiquen als límits del gra ferrític (**fotog. 2**); en algun d'aquests grans perlítics sembla advertir-se una configuració gruixuda de les làmines de la cementita de la perlita. La cara oposada de la mostra presenta una microestructura gairebé ferrítica i múltiples inclusions, també en sentit transversal.

INTERPRETACIÓ.

- PT/2009/1

La mostra observada del ganivet 2009 no presenta cap resta de la microestructura metàl·lica original que permeti la identificació del procediment de treball que seguí l'artesà per elaborar l'objecte. Gran part de les dades que es poden extreure deriven de la observació macroscòpica i, precisament, de la manca de metall present, fet que permet l'estudi de possibles rastres sobre la matriu oxidada.

Cal destacar la funció original de l'estri, un ganivet. Amb aquesta utilitat fora necessari combinar un tall, o talls, prou durs amb un cos central dúctil per a permetre l'esforç mecànic sense deformació o fragilitat. Microestructuralment, els

requeriments esmentats haurien d'haver estat reflectits amb diferents graus de carburació, segons àrees d'interès, i possibles tractaments termoquímics.

La observació macroscòpica de la mostra permet comprovar diversos aspectes d'interès. Sembla evident que les condicions de mineralització de la peça han estat singulars, el que es manifesta amb l'oxidació tipus Pitting: la manca d'escletxes de la peça ha col·laborat a evitar la penetració i difusió de l'oxigen i, per tant, a mantenir la conservació de la volumetria original. També s'ha evidenciat que, almenys en la secció que compren la mostra, es conformà la peça a partir d'un únic bloc de metall, fet que s'explica amb la manca de línies o fronts de soldadura. Altrament, la hipòtesi més possible fou que es partí d'una porció de masser poc purificada, amb múltiples inclusions, i què durant els processos de postreducció i forja no s'acabà de netejar com calia, mantenint-se gran número de restes escoriàcies verificant els diversos sentits de martellatge al qual es sotmeté l'estri.

La manca de estructura metàl·lica i la única presència de relíquies de carburs en una zona molt localitzada però aleatòria, ens identifica una peça pràcticament ferrítica, amb algunes zones hipoeutectoides ocasionals de relativament baix contingut de carboni. Amb tot, la peça no disposa dels requeriments microestructurals per complir bàsicament amb les necessitats mecàniques que requereix la seva utilitat; el martellatge ha estat insuficient, no s'han realitzat tractaments tèrmics o enriquiments de carboni controlats i no s'adverteix una intencionalitat per part del ferrer per localitzar els suposats tractaments. Es tracta, per tant, d'una peça identificadora d'un procediment metal·lúrgicament poc elaborat, basat en l'ús d'una única massa de ferro poc carburat per la confecció d'estris, en els quals l'aparició de zones de major carburació es poden interpretar com accidentals. Sense mostres evidents de l'acció del foc del ritus funerari sobre l'estri, una línia d'hipòtesi alternativa fora que la manca d'aceració del tall i altres àrees superficials podria ser provocada per la descarburació resultant d'incloure l'arma en el lot d'aixovar portat a temperatura durant un període temporal relativament llarg.

- PT/2011/1-3.

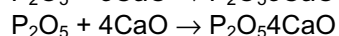
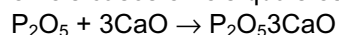
De les observacions macroscòpiques i microscòpiques realitzades sobre les mostres de l'estri 2011 s'evidencia la utilització de diverses porcions de masser, en forma de làmines, per donar matèria i forma a l'objecte. Desconeixent l'origen de les porcions de metall emprades, és possible que formessin part d'un mateix masser, i que les seves característiques singulars, major o menor carburació, fossin determinades per l'artesà a través del color i altres característiques físiques localitzades en la massa en calent, fet que li permeté separar les parts de major interès per la futura conformació de l'útil.

El procediment seguit fou el d'alternança de capes de metall de diferent carburació i posterior treball mecànic per la unió en calent de les làmines o soldadura. Macroscòpicament s'evidencia la deficient soldadura en la parcial exfoliació que ha sofert l'objecte i que, bàsicament, la mineralització ha convertit en tres capes gairebé independents de ferro metàl·lic i ferro oxidat.

L'estudi microscòpic mostra les línies d'unió entre les làmines, en forma de bandes descarburades pel contacte en calent amb l'oxigen ambiental i amb inclusions no metàl·liques delimitant les cares externes de cada capa; en aquest sentit, existia la possibilitat de que les bandes s'haguessin produït per una segregació de fòsfor que, en aquest cas, havia d'haver estat reflectida en el microanàlisi realitzat, el qual identifica la manca de qualsevol element aliè al gra de ferro ⁴³⁵. La major grandària del gra ferrític que es constata en aquestes bandes deriva del creixement de gra per fusió, on a partir d'haver assolit una temperatura prou alta, que superà sobradament la temperatura d'austenització (pas de ferro α a ferro γ), s'han produït unions entre alguns grans, creant-ne de major grandària, al costat d'altres que no han experimentat igual creixement.

Sembla comprovat que la intenció del ferrer fou la d'alternar capes de metall de diferents característiques microestructurals per afavorir les propietats mecàniques de l'estri, deixant la més ferrítica com a ànima per donar major

⁴³⁵ Si bé els minerals de ferro acostumen a incloure certa quantitat de manganès, calci, silici i fòsfor, en el cas d'aquest darrer element, la seva presència a les menes de territori català és poc freqüent. La presència de fòsfor és perjudicial per a les propietats mecàniques del metall i, en els casos en els quals és present, es mostra en forma de fosfat tricàlcic o fosfat tetracàlcic:



Al portar el mineral a temperatura normalment aquest passa a l'escòria, quedant sovint una petita part que es recombina amb la matriu metàl·lica.

ductilitat a l'estri. En aquest sentit, semblen identificades en el cos central un mínim de quatre làmines diferents que, afegides a les dels cossos exteriors exfoliats, podrien fins i tot doblar aquesta quantitat. Les diferències entre cada làmina permeten observar diferents grandàries de gra que, majoritàriament petit, mostrarien el gradient tèrmic assolit durant l'austenització; en la mateixa línia, les característiques de la cementita, laminar i globular, que presenta la làmina més carburada indicaria que aquesta peça es va mantenir un cert temps just per sota de la temperatura crítica inferior, o que es va escalfar i refredar al voltant d'aquesta temperatura.

Per a realitzar el procediment d'unió en calent de diverses làmines de metall fou necessari un exhaustiu treball mecànic, principalment ja en la forja. No sembla que durant la purificació, quan es treballà el masser, el picat fos suficient per a extreure les impureses de l'esponja al roig. Les porcions resultants, convertides també per martellatge en làmines, al soldar-les adquiriren l'oxidació superficial que s'observa en les línies d'inclusions que assenyalen els límits entre diferents cossos. Per a procedir a aquesta unió, el ferrer treballà mecànicament l'objecte, afaïçonant-lo en tots sentits, com mostren les diverses orientacions de les inclusions, deformant-les plàsticament a la majoria d'elles; el fet de continuar durant un temps prolongat el treball mecànic provocà que algunes de les inclusions es trenquessin, ja que s'havia baixat de la temperatura que delimitava el seu grau de plasticitat.

Amb la finalitat de recuperar les propietats del gra, malmès per l'acció del treball mecànic, s'interpreta que o el conformat de la peça es realitzà en calent o que, acabat el martelleig, es tornà a pujar el grau tèrmic per sobre la temperatura crítica inferior, recuperant la poligonalitat dels límits de gra alhora que la plasticitat inicial. Algunes zones de les mostres estudiades presenten al gra lleument deformat ja que, possiblement, l'assoliment de la temperatura que permetés recristal·litzar no fou suficientment homogènia.

En la matriu oxidada s'han fet visibles les empremtes de l'estructura ferriticoperlítica pròpia de la peça. Amb tot, és destacable l'existència de vores de gra ferrític molt marcades degudes, hipotèticament, al fet de portar en les fronteres del gra cadenes de cementita de forma allargada vermicular que han

estat arrencades pel poliment de la mostra; aquest fet implicaria l'aceració, si bé que mínima, de totes les làmines que s'utilitzaren per a conformar l'estri.

Vistes les característiques de l'estri, el procediment seguit per l'artesà buscava de forma teòrica les millors qualitats mecàniques per a la seva funcionalitat. Amb aquest objectiu, emprà diverses làmines de metall, amb diferent grau de carburació, i executà un laboriós treball de martellatge per unir-les; probablement, i de la mateixa manera que utilitzà el metall més dúctil per a l'eix de l'eina, també cementà el tall més extern per donar-li duresa, fet que no ha pogut ésser comprovat. És possible que una hipotètica acció del foc en el ritus funerari acabés per descarburar les àrees més perimetrals de la peça.

L'innegable coneixement teòric no es pogué portar a la pràctica per defectes d'infraestructura i, principalment, per desconeixement de les temperatures adients per executar els tractaments tèrmics a la fornal; durant el moment de unió de les làmines no es donaren les condicions de temperatura i treball mecànic necessàries per expulsar les inclusions; tampoc fou completa la recristal·lització. Aquests defectes d'elaboració limitaren d'origen les propietats mecàniques de l'estri i facilitaren els focus d'oxidació oberts en les escletxes entre làmines. Amb tot, és factible suposar que durant la seva vida útil el rendiment de l'estri fou prou acceptable, essent més evidents els esmentats defectes d'elaboració després de vint-i-cinc segles de degradació.

- PT/2014/1.

Mostra procedent d'una punta de llança de grans dimensions doblegada per la zona de l'asta. Originària d'una tomba amb ritus funerari d'incineració, a ben segur la peça fou escalfada en la mateixa pira per a procedir a la seva inutilització.

L'observació mostra una matriu oxidada amb una oxidació de tipus Pitting o puntual. La limitada àrea metàl·lica conservada, pertanyent a l'àrea central de la mostra, presenta una microestructura hipoeutectoide de molt baix contingut en carboni, gairebé ferrítica, on les migracions del límit de gra assenyalen l'existència d'un tractament tèrmic, en aquest cas possiblement aliè al procediment metal·lúrgic, que superà la temperatura de recristal·lització; la translació dels límits d'alguns grans, a expenses de la superfície d'altres, és un

procés de difusió que necessita una alta temperatura, per sobre de la d'austenització.

La presència d'inclusions tallades en secció en la vista estudiada afirmaria el treball mecànic sobre la mostra per aplanar-la, molt possiblement aixafant els laterals del nervi de secció el·líptica que dona cos a la peça, des de la punta fins a la base de l'emmanegament. No existint proves de la utilització de més d'una porció de metall per a configurar la peça, tot i ésser molt factible aquesta possibilitat donada la grandària de l'objecte, sembla evident que són diversos els factors que assenyalen la cremació de la llança en la incineració ritual que rebé l'enterrament:

- per una part, la citada migració de límits de gra revelaria una temperatura d'escalfament superior a la recristal·lització;
- la granulometria conservada mostra recristal·lització de grans, que es presenten no deformats, en comparació a l'afectació soferta per les inclusions;
- potser es va produir una descarburació superficial per l'escalfament genèric de la peça a alta temperatura;

Finalment, el fet de la torsió mostrada per la peça demostra que aquesta havia assolit el suficient grau de plasticitat, almenys en bona part de la seva llargària, per a permetre el doblegament esmentat sense tenir fractura. Per això fou necessari escalfar-la fins a un color, com a mínim marró fosc o roig canyella, i al mantenir-la en contacte amb l'oxigen ambiental el suficient temps es descarburà, en el supòsit que originalment fos cementada, alhora que s'esvaïen les empremtes dels tractaments metal·lúrgics anteriors.

- PT/2015/1.

La mostra pertany a un altre dels elements de la necròpolis d'incineració, fet pel qual cal hipotetitzar que l'objecte ha estat sotmès a un procés de cremació en la corresponent pira funerària. El fet de correspondre la mostra a l'indret de menor gruix material de la peça hauria de suposar la seva major afectació per qualsevol mena d'influència externa.

En referència a les àrees sense metall conservat, la mineralització de la mostra es determina per la presència de les bandes colomorfes d'oxidació i les esquerdes que, des de l'exterior, permeten la penetració del procés degradant. La microestructura conservada indica l'existència, com a mínim, de dues porcions o làmines de metall diferents sobre les quals fou conformat l'objecte. Per una part, l'artesà utilitzà una làmina hipoeutectoide de molt baix percentatge en carboni, la qual havia sofert un important, fins i tot desmesurat, creixement de gra provocat per l'alta temperatura durant la seva austenització, superior als 900° C necessaris per passar a l'estat alotròpic Fe γ ; tot seguit, es procedí al refredament. La grandària i poligonalitat del gra de l'altra microestructura assenyalarien també la seva austenització però sense arribar a tan alta baixa temperatura d'escalfament, o que tenint diferent procedència també ho era el seu gra hereditari.

El diferent contingut de carboni i les diversitats de grandària de gra d'ambdues microestructures assenyalarien el seu origen de porcions o masses diferents, els quals foren elaborats amb diferent gradient tèrmic. Amb tot, els dos blocs comparteixen un deficient treball mecànic de postreducció que no va extreure bona part de les inclusions no metàl·liques de la matriu original.

Amb aquestes dues làmines, no tenim constància de que en fossin més, el ferrer inicià el treball de forja. Procedí a una unió en calent entre elles, escalfant el suficient per a no deixar cap fissura visible, com a mínim en la mostra estudiada; en la línia d'unió no s'observen inclusions originàries de les superfícies de les làmines, però és visible una prima franja de transició composta per grans de grandària a mig camí entre una i altra microestructura; tampoc s'observen inclusions d'òxid de ferro, les quals es podien formar en superfície durant l'escalfament de les làmines, previ a la seva soldadura.

De les dades obtingudes s'extreu que la intenció de l'artesà fou alternar làmines de metall amb la intenció d'obtenir millors propietats mecàniques. Probablement l'objectiu fou disposar d'una ànima central de poca duresa i suficient ductilitat, tipus *softcore*, envoltada de metall més carburat i, en conseqüència, més dur. Desconeixem si aquest procés culminava amb la cementació de les vores, fet que fora el procediment més adient. En contraposició, tot i l'efectiva soldadura de les làmines, el metall base utilitzat

mostrava importants defectes: per una banda, i per part de les dues porcions observades, és evident una deficient purificació, amb les deficiències que el fet comporta; per altra part, l'heterogeneïtat de grandària de gra en la microestructura menys carburada suposa una manca d'estabilitat estructural i, per tant, unes propietats mecàniques disminuïdes.

Respecte a la cremació de l'estri, no s'han trobat indicis d'aquesta circumstància en la mostra estudiada, en la qual no s'aprecia una efectiva descarburació, tot i ésser el punt més prim de la mostra. Tampoc és probable que la zona quedés a raser de la incineració, donat el relatiu volum de l'objecte.

- PT/2017/1-2.

La mostra objecte d'estudi coincideix amb la punta inutilitzada de l'arma, fet a ben segur vinculat al ritual funerari. A diferència d'altres objectes del lot de Mianes, la peça manté en molt bona part l'ànima metàl·lica, tal i com s'adverteix a les àrees d'observació. L'heterogeneïtat de la seva microestructura, a partir de graus de carburació diversos i diferents grandàries de gra, podria reflectir una conformació de la llança a partir de vàries làmines de metall, circumstància de la qual no n'existeix cap altre indicatiu; no s'ha identificat cap línia de soldadura i únicament un alineament localitzat, visible a PT/2017/2, de grans perlítics i inclusions longitudinals podria assenyalar un hipotètic front de làmina. Amb tot, sembla evident que les aletes de la llança es conformaren mitjançant estirament lateral del cos central que, en forma de cilindre, serví de nucli a la peça.

L'àrea hipoeutectoide de major carburació es concentra en una de les cares de l'objecte, com si aquest s'hagués recolzat sobre els carbons calents i es cementés parcialment. En aquestes zones de major carburació s'observen grans de perlita laminar amb les làmines de cementita bastant gruixudes i, per altra part, cementita dispersa; aquestes evidències indicarien, per una part, que com a mínim aquesta zona de l'objecte fou austenitzada homogèniament i, altrament, la seva velocitat de refredament fou relativament lenta, separant considerablement les làmines de carbur que formaven els grans perlítics.

En referència a la granulometria observada, els grans de l'àrea ferrítica són poligonals, fet que evidencia que el darrer treball mecànic fou realitzat en

calent, a temperatura de recristal·lització, si bé és possible que com a finalització del procediment es rescalfés la peça per a provocar la restauració completa dels grans. Les diferències de grandària de gra, clarament diferenciades per àrees, es poden explicar en dependència al fet de les porcions utilitzades per a la conformació de la peça:

- En el cas de que la peça es conformés amb més d'una porció de metall, les evidents diferències de grandària de gra són indicis de la diferent història d'aquestes durant els tractaments. La porció corresponent al gra gran hauria sobrepassat sobradament la temperatura d'austenització durant el temps suficient per a permetre el creixement, per sobre dels 900° C, ja que la microestructura és pràcticament ferrítica; la porció corresponent al gra petit, hauria arribat just per sobre d'A₃, circumstància que li atorgà de forma hereditària un gra sense creixement.
- En el cas de que la peça fos conformada a partir d'un únic bloc de metall, la diferència entre la grandària de gra vindria donada per un procés de creixement de gra per migració dels seus límits; aquest fenomen tindria lloc a alta temperatura, àmpliament superada la temperatura d'austenització, quan la major estabilitat termodinàmica dels grans de major grandària els hi permetria créixer traslladant els seus límits sobre grans menors. En aquesta línia d'hipòtesi es pot vincular el fet de la poligonalitat dels grans, en el sentit de que el darrer tractament que rebé l'arma pogué ésser un escalfament a molt alta temperatura que, alhora, propicià el creixement migratori de gra i, de retruc, la seva recristal·lització que eliminà les tensions i deformacions produïdes pel treball mecànic.

En definitiva, la peça 2017 sembla que partí d'un metall gairebé ferrític, potser hipoeutectoide de molt baix contingut en carboni. Sense evidències del contrari, sembla que es conformà amb un únic bloc o làmina de metall que es treballà mecànicament per a deformar-la i obtenir la seva configuració final. Executat el treball de forja a alta temperatura, es desconeix si el ferrer intentà cementar la peça de forma intencionada, si aquella fou accidental o si el procediment resultà defectuós per la descarburació de l'estri pel contacte en calent amb el medi ambient. S'afegeix, a *posteriori*, la possibilitat ferma de la seva cremació

amb la resta d'aixovar del difunt. La hipòtesi més raonable fora que, si es donà el fet esmentat, l'arma no assolí temperatures prou altes, ja que la inutilització que sofrí només li torçar, no deformar, la punta ⁴³⁶, indicant que en cap cas s'arribés a un estat de mal·leabilitat; amb tot, l'hipotètic rescalfament de l'objecte l'hauria descarburat, almenys parcialment.

- PT/2018/1.

La mostra observada pertany a un objecte en molt avançat estat de degradació, del qual no és possible obtenir la informació necessària per a interpretar el procés tecnològic de la seva elaboració.

La manca d'exfoliació i de grans fileres d'inclusions i buits en la matriu oxidada permet afirmar que, com a mínim en l'àrea estudiada, l'objecte no es conformà a partir de làmines, ans al contrari, molt possiblement el ferrer utilitzà de forma única un sol únic bloc o fragment de massa de metall. La manca de moltes inclusions, fet habitual en la resta de materials de l'època, pressuposa un bon treball de martellatge durant la postreducció, potser principalment durant la forja, alhora de convertir l'esponja calenta en una làmina plana en forma de ganivet. La molt escadussera microestructura metàl·lica identificada, així com la manca absoluta d'empremtes d'estructures ja desaparegudes, indica que la hipòtesi més versemblant és que la peça estava composta per un bloc de metall gairebé ferrític o, com a mínim, amb un aliatge pobre en carboni, fet que es desconeix si era comú a tot l'objecte o aquest restava acerat en alguna de les zones, com el tall o la punta, que mecànicament els hi era necessari; en aquest darrer cas, es produiria una descarburació durant el propi procés d'elaboració o posteriorment que impedí la conservació de les corresponents relíquies de carburs.

En tot cas, es tracta d'una peça de molt limitades propietats mecàniques on, tot i l'acurat treball de martellatge realitzat per extreure les impureses, es partí d'una única porció de ferro dolç al qual sembla que no s'aplicaren tractaments termoquímics per adaptar-lo a la utilitat exigida.

⁴³⁶ La intenció de llençar l'aixovar a la pira funerària era la d'inutilitzar les pertinències terrenals del difunt per al seu ús al més enllà. Això comportava que en el cas dels elements metàl·lics calia inutilitzar-los fet que, en la peça 2017, es deuria produir picant la punta de l'estri amb el sol o qualsevol superfície dura.

- PT/2019/1.

La mostra obtinguda del ganivet 2019 es troba totalment mineralitzada, essent molt possible que tota la peça esmentada no conservi cap resta metàl·lica. L'objecte sembla que es conformà a partir d'un únic bloc de metall, fet pel qual no existiria cap mena de línia d'unió en calent o soldadura; en el mateix sentit, hipotèticament no fou suficientment depurada d'inclusions durant la postreducció, i les abundants restes escoriàcies identificades es deformaren seguint el sentit majoritari de martellatge. Amb tot, s'han conservat relíquies de la cementita de la perlita que indicarien que, en determinades zones, la microestructura original era lleument carburada; és interessant el fet de que aquestes empremtes hipoeutectoides es troben localitzades, exclusivament, en la zona de tall del ganivet, on les necessitats mecàniques ho feren més necessari.

La manca de major nombre de mostres no permet afirmar la voluntat del ferrer en el tractament tèrmic d'una zona concreta. Si es considera l'esmentada presència d'empremtes com a intencionada, significaria que l'artesà recolzà el tall de l'estri entre les brases i els carbons incandescents, fet que provocà una incipient cementació de la zona de contacte. L'estri no tingué, però, ni el temps ni la temperatura suficient per a carburar efectivament la zona del tall ni, tampoc, per a majors penetracions.

- PT/2021/1.

La mostra estudiada sembla ser representativa del grau de mineralització en el que es troba la resta de la peça; el relativament poc gruix de l'objecte ha facilitat la seva degradació. De la poca informació obtinguda se'n desprèn que, com a mínim en la zona de la fulla, el ganivet es conformà a partir d'un únic bloc de metall, ja que no s'han identificat possibles línies de fissures internes que indiquin fronts o cares de soldadura entre làmines. El bloc original no es depurà suficientment de restes escoriàcies, presents de forma abundant, deformades pel treball mecànic durant la forja; aquestes es deformaren perpendicularment al martelleig per aplanar la fulla, restant visibles en la secció del tall efectuat per obtenir la mostra. Respecte a la microestructura, les

escadusseres colònies de grans ferrítics es troben repartides per l'àrea estudiada, sense indicis de cap carburació.

Es desconeix, per tant, si originalment la microestructura era només ferrítica o tenia zones de carburació o tractament termoquímic; la manca d'empremtes tan podria deures a la inexistència del tractament com d'una posterior descarburació ocasionada per factors aliens al procediment d'elaboració de l'estri.

- PT/2022/1.

La mostra estudiada presenta una microestructura molt bruta d'inclusions no metàl·liques, producte d'un deficient procés de treball mecànic durant el cinglatge i les posteriors operacions de postreducció. Bona part de les mateixes inclusions es poden observar deformades en un o altre sentit per l'acció del martelleig durant la conformació de l'estri.

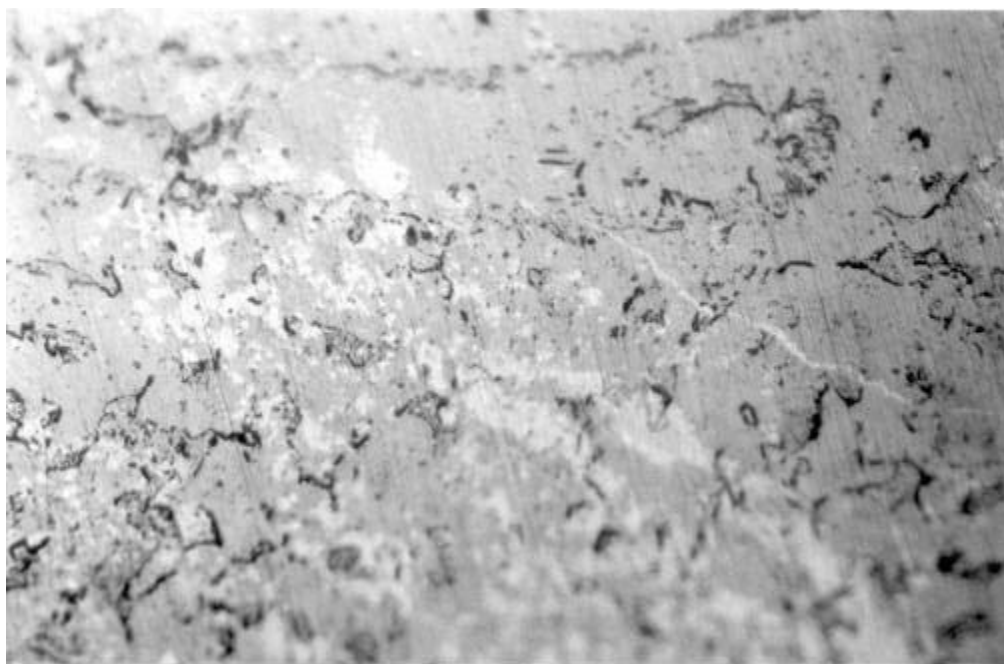
La nombrosa quantitat d'inclusions i les dificultats per obtenir una superfície d'estudi sense ratllades de l'escòria arrencada, impossibiliten determinar si alguna de les successions escoriàcies assenyalen una línia de soldadura; aquesta hipòtesi es considera poc factible donada la relativa homogeneïtat de la mostra i el fet de la no existència de possibles fronts de làmina amb fissures, situació que seria normal ja que el martellatge, com es demostra en la quantitat d'elements no metàl·lics, no fou suficientment eficient..

La mostra presenta dues àrees microestructuralment diferenciades per la presència de carboni, una de pràcticament ferrítica i una altra de ferro més acerat, amb una zona hipoeutectoide ubicada prop de les vores conservades, no coincidint l'àrea amb major percentatge de carboni en el tall sinó en el llom; en el mateix sentit s'observa una lleu carburació en d'altres indrets que no sembla correspondre a les necessitats mecàniques de l'estri.

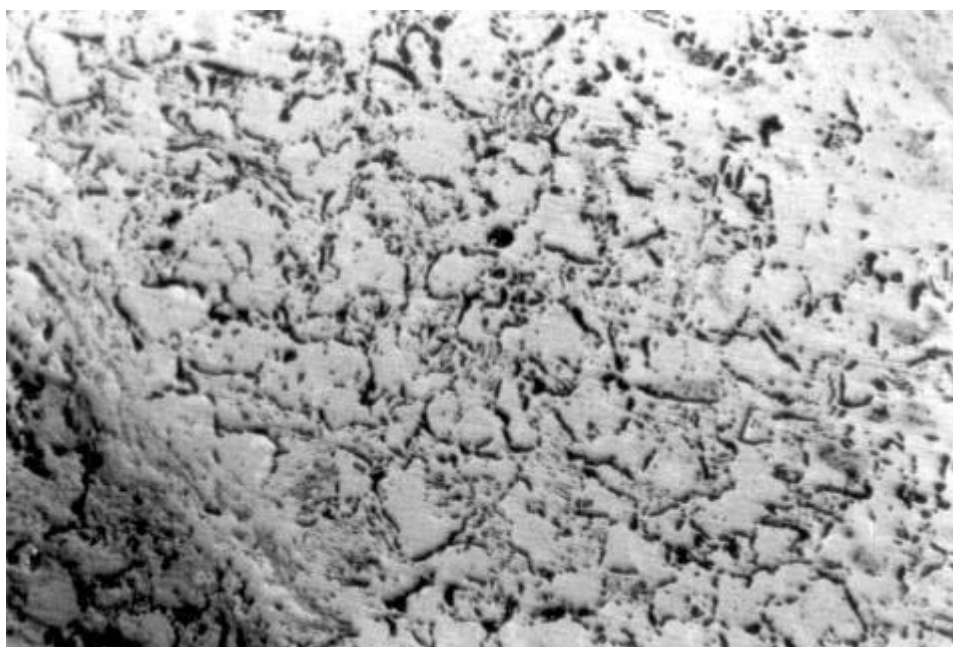
A la zona que conserva major carburació, s'observen grans perlítics força trencats, fet indicatiu de que es realitzà un relatiu treball mecànic en fred, com a mínim a l'àrea esmentada, i que no es manifesta a les zones de microestructura ferrítica. Altrament, les làmines gruixudes que semblen apreciar-se en alguns grans perlítics indicarien que la velocitat de refredament posterior a

l'austenització fou relativament lenta, amb prou temps per a permetre engruixir les làmines de carbur de ferro (Fe_3C).

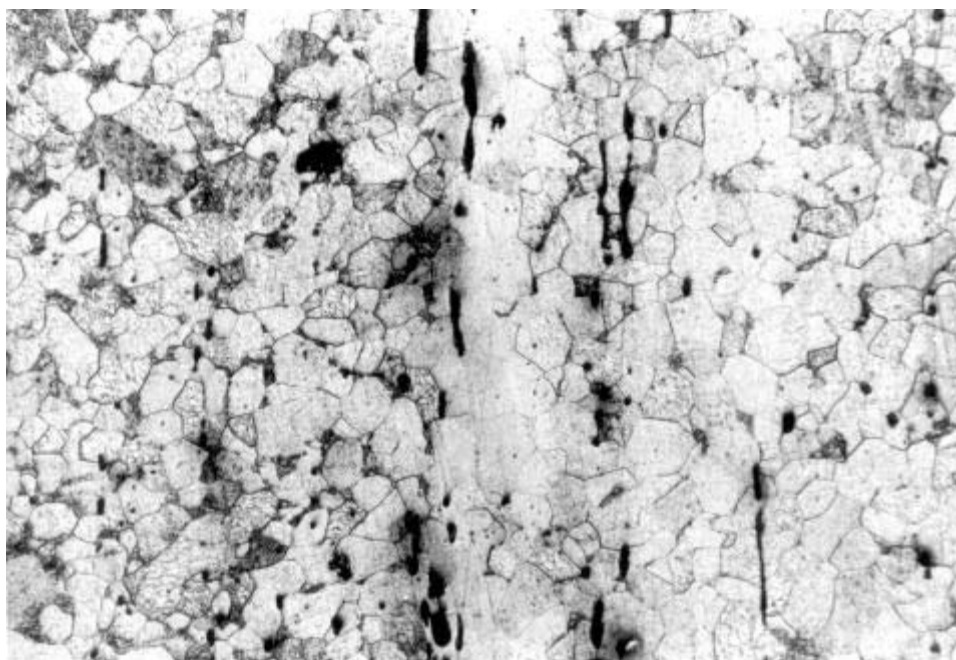
A model de resum i pels indicis de que es disposa, el ganivet es conformà a partir d'una única porció de masser amb zones diferentment carburades, si bé de forma lleu. No poden identificar-se altres tractaments tèrmics que la parcial carburació que, possiblement, deriva de l'etapa de postreducció, quan es definí el masser original; sense identificar altres tractaments termoquímics intencionats vinculats a la funcionalitat de l'estri, com la cementació de l'àrea de tall, l'evidència mostra que l'objecte fou inutilitzat per deformació com a part del corresponent ritus funerari; aquest fet només fou possible amb un rescalfament de la peça a temperatura suficient per a permetre la mal·leabilitat que demostra la seva forma actual, gradient tèrmic que, a ben segur, provocà la descarburació de bona part de la microestructura hipoeutectoide i que podria explicar diferents aspectes evidenciats a la mostra d'estudi, com el gruix de la cementita secundària, a causa del lent refredament a temperatura ambient, o les deformacions granulomètriques realitzades a mesura que s'anava refredant.



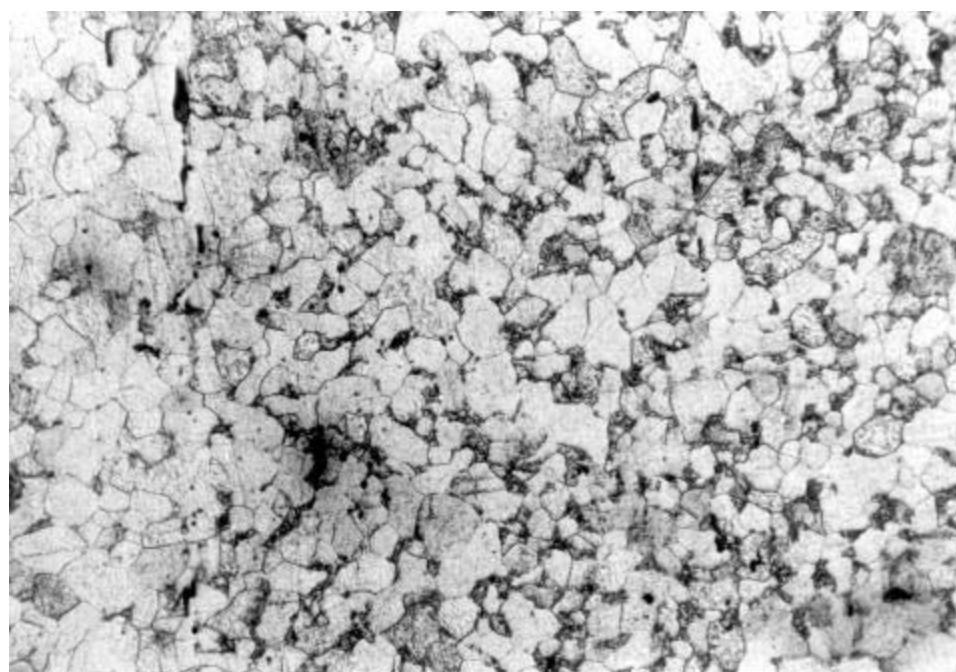
PT/2009/1. Fotografia 1. Emprems de carburs, originaries d'una microestructura ferríticoperlítica, sobre la matriu oxidada (x 425 augm.).



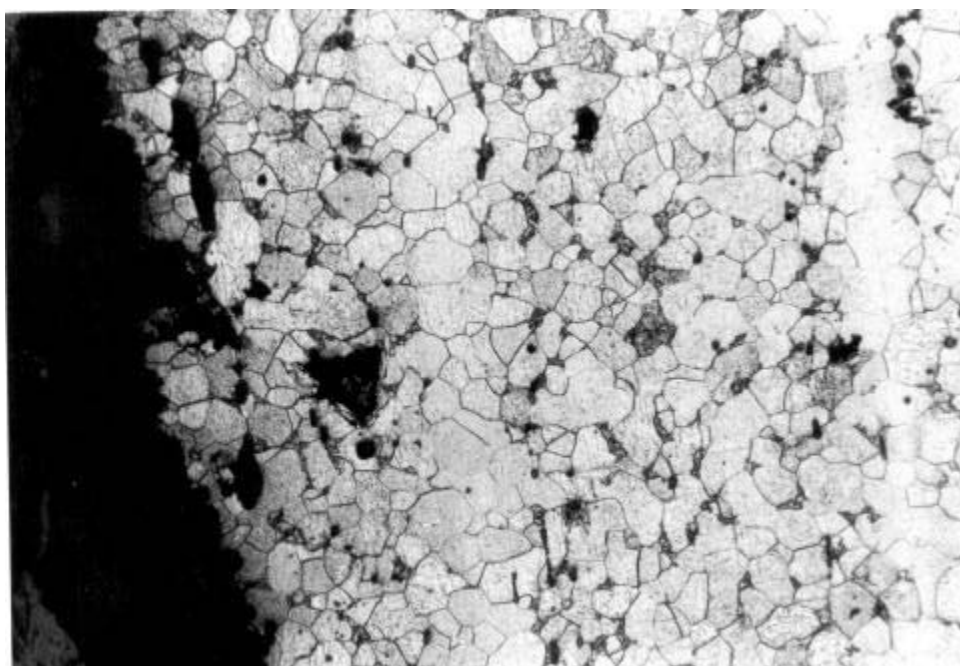
PT/2011/1. Fotografia 1. Emprems de desapareguts grans perlítics, amb làmines de cementita, sobre la matriu oxidada (x 360 augm.).



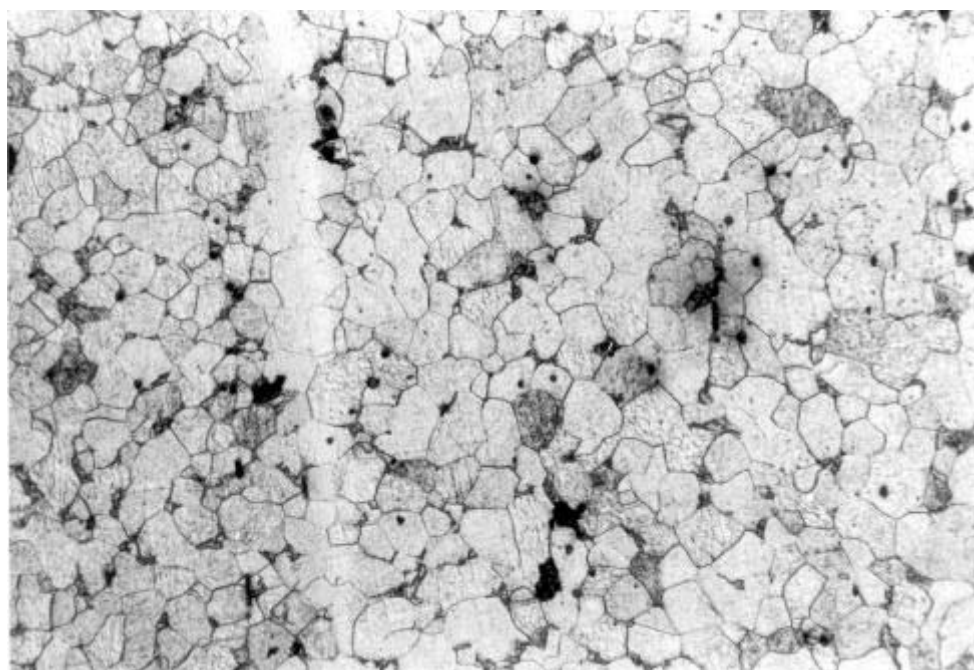
PT/2011/1. Fotografia 2. Imatge de dues bandes d'inclusions separant diferents microstructures de la mostra (x 225 augm.).



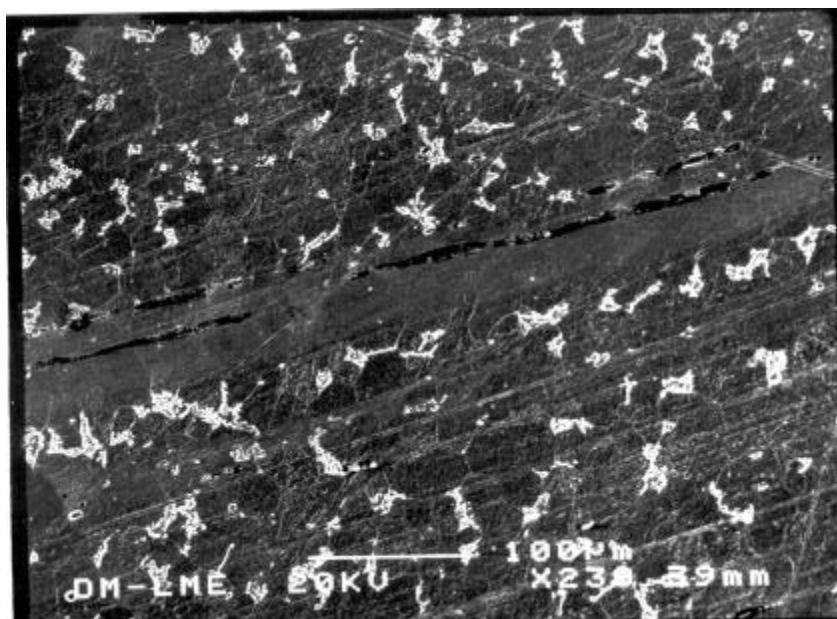
PT/2011/1. Fotografia 3. Imatge de microestructura hipoeutectoide (0.3 % C aprox.) separada per inclusions d'una microestructura gairebé ferrítica (x 225 augm.).



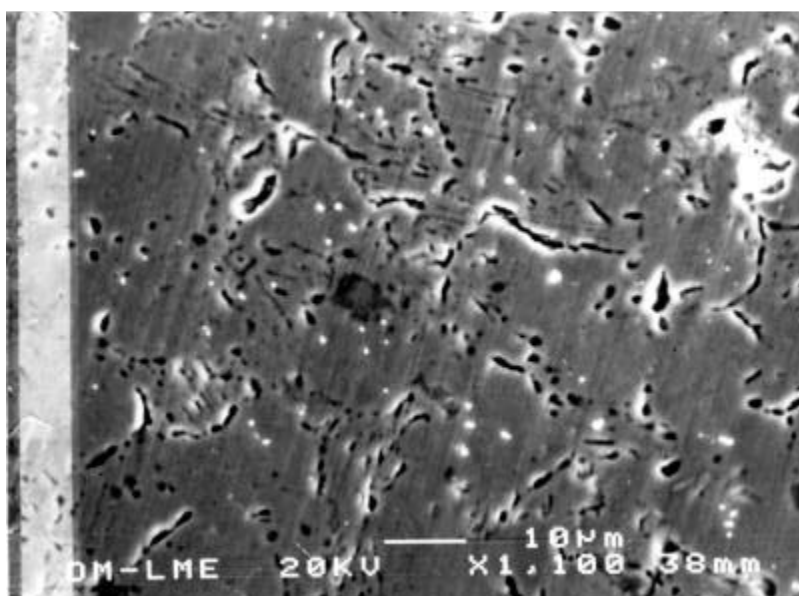
PT/2011/1. Fotografia 4. Imatge de microstructures separades per bandes ferrítiques amb major grandària de gra (x 225 augm.).



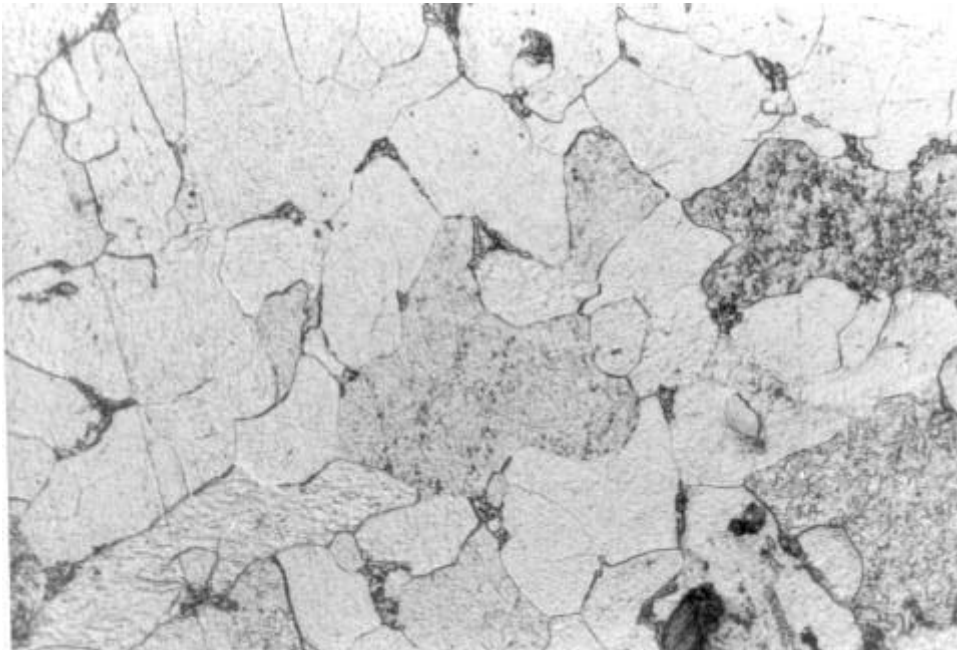
PT/2011/1. Fotografia 5. Imatge de la zona central de la mostra amb microestructura gairebé ferrítica (x 225 augm.).



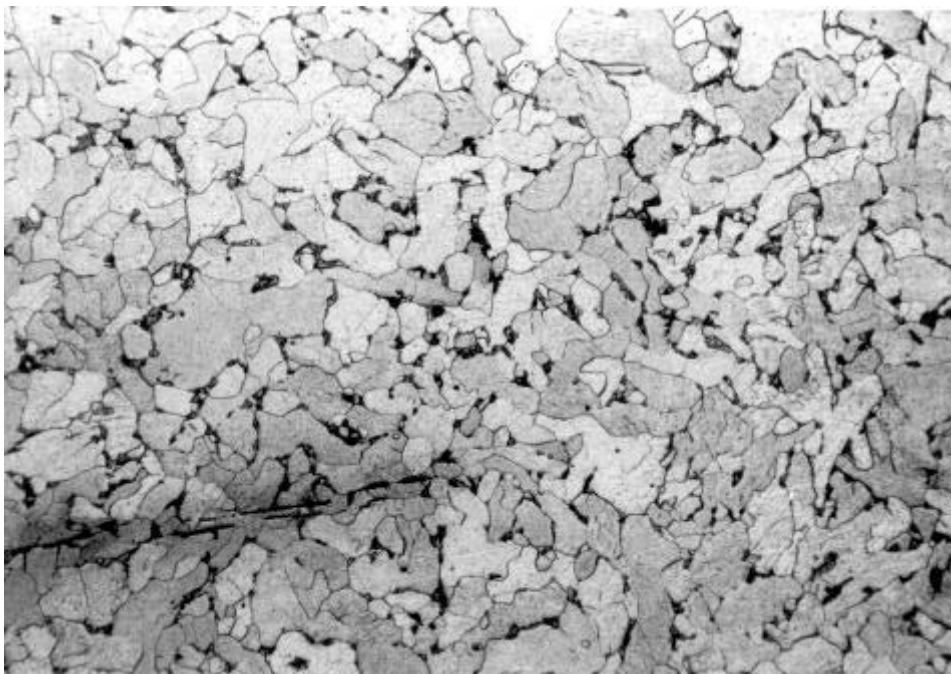
PT/2011/1. Fotografia 6. Microstructures hipoeutectoides amb una banda de separació i una línia d'inclusions marcant el límit (x 230 augm.).



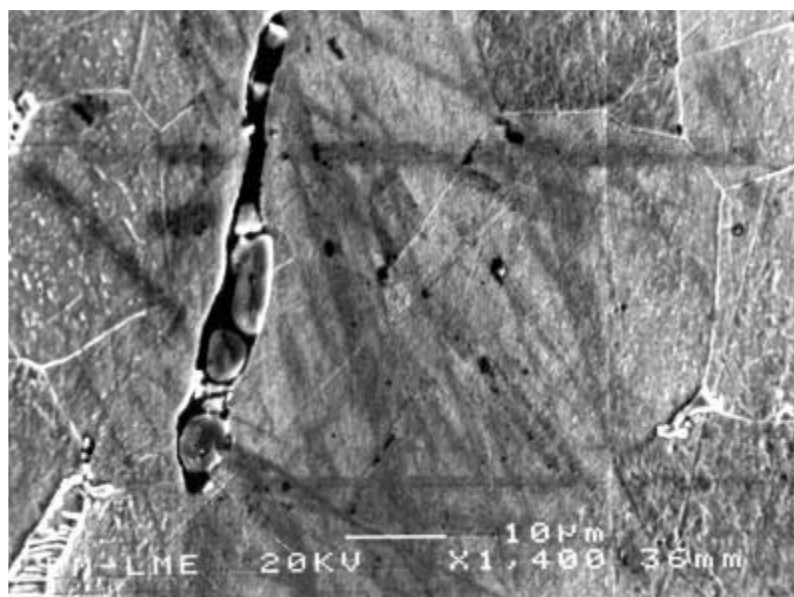
PT/2011/1. Fotografia 7. Imatge de les diverses morfologies, laminar i globular, de la cementita originària de les zones més carburades de la mostra (x 1100 augm.).



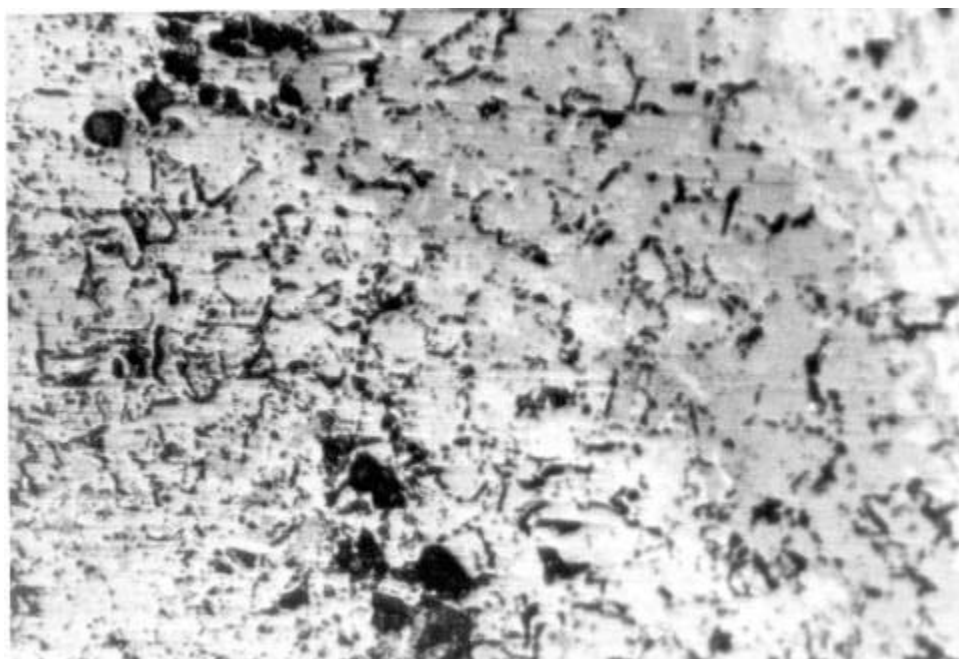
PT/2011/1. Fotografia 8. Microestructura ferríticoperlítica de molt baix contingut en C (x 475 augm.).



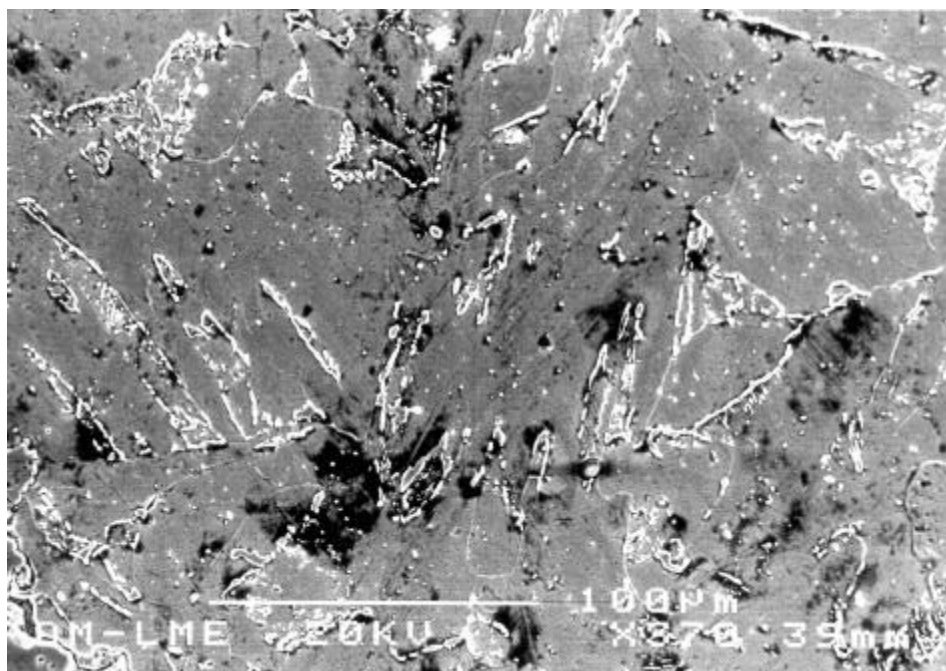
PT/2011/2. Fotografia 1. Imatge de la microestructura ferríticoperlítica de la mostra amb línia d'inclusions no metàl·liques (x 225 augm.).



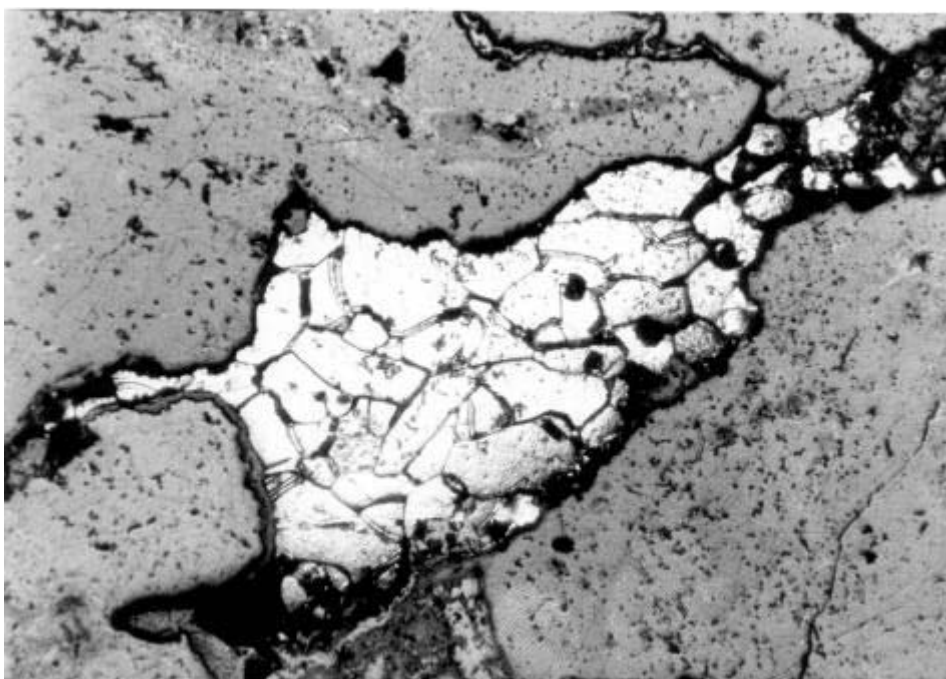
PT/2011/2. Fotografia 2. Inclusió vítria sobre una de les bandes entre microstructures ferríticoperlítiques de la mostra (x 1400 augm.).



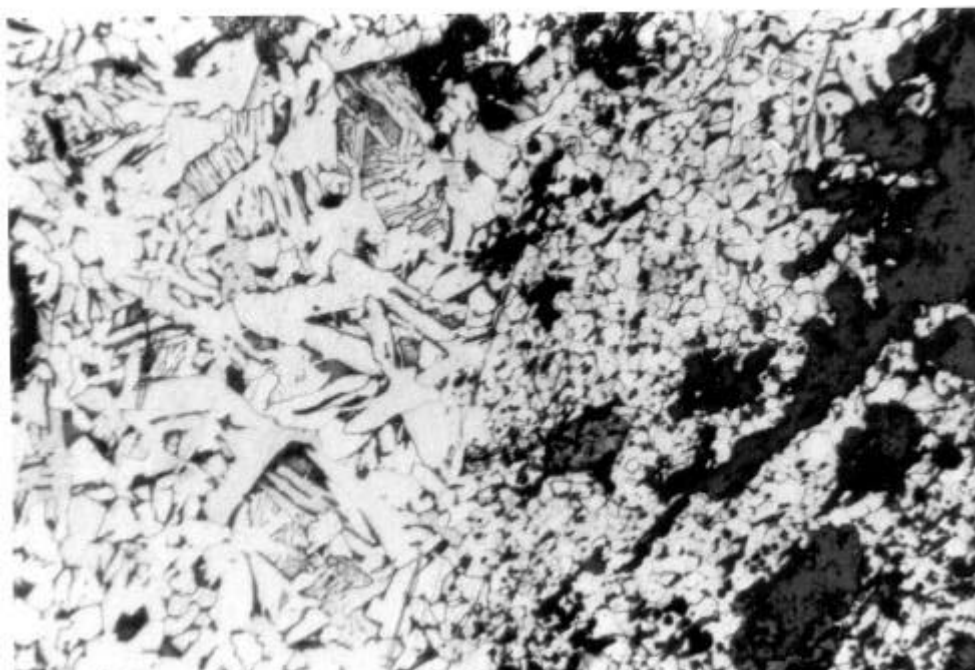
PT/2011/3. Fotografia 1. Límits de gra i cadenes de cementita terciària sobre matriu oxidada de la mostra (x 425 augm.).



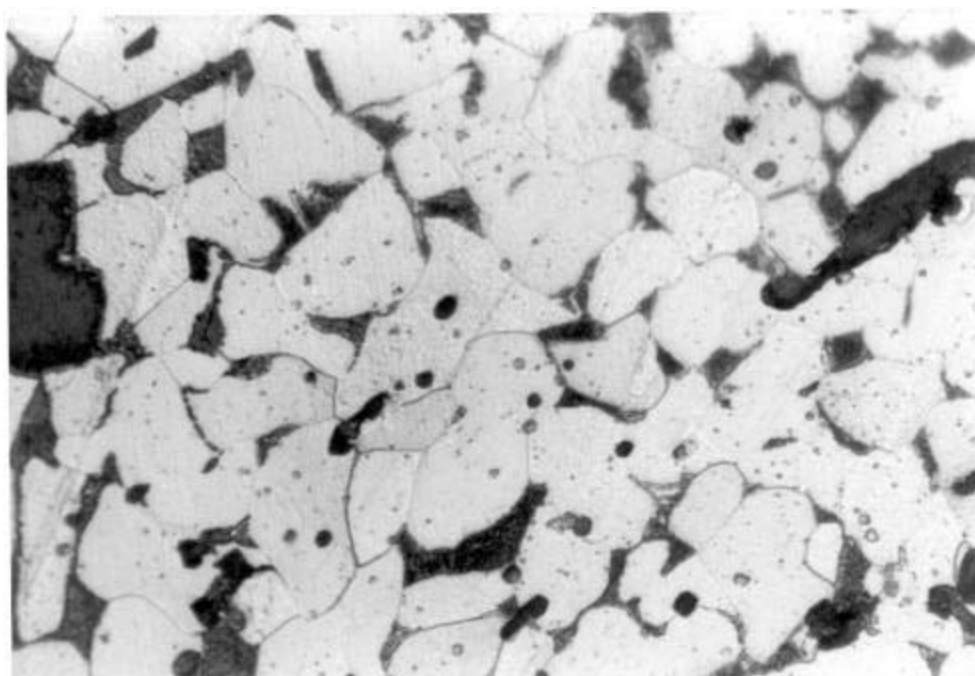
PT/2011/3. Fotografia 2. Imatge de la cementita perlítica de la mostra amb morfologia laminar i globular (x 370 augm.).



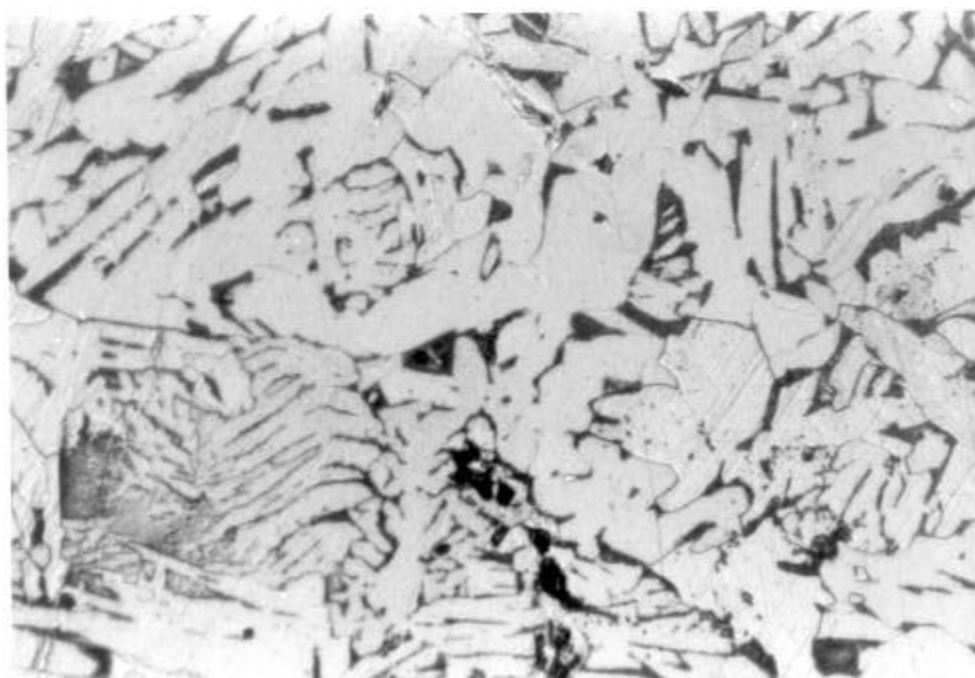
PT/2014/1. Fotografia 1. Imatge d'una colònia de grans ferrítics amb cadenes de cementita intergranular sobre la matriu oxidada de la mostra (x 225 augm.).



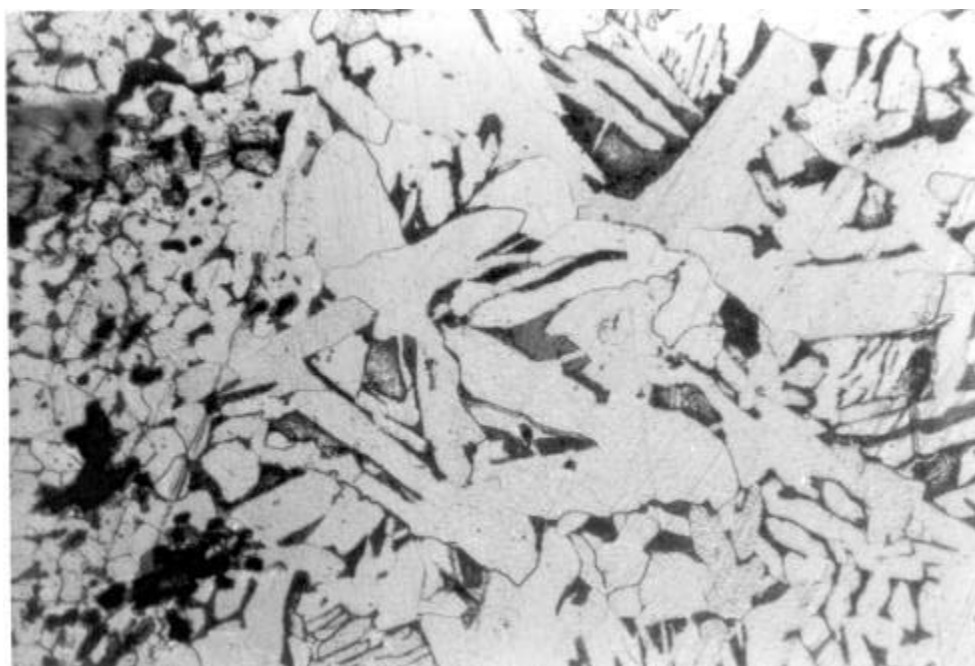
PT/2015/1. Fotografia 1. Microstructures ferriticoperlítiques de diferent granulometria a la matriu metàl·lica de la mostra (x 180 augm.).



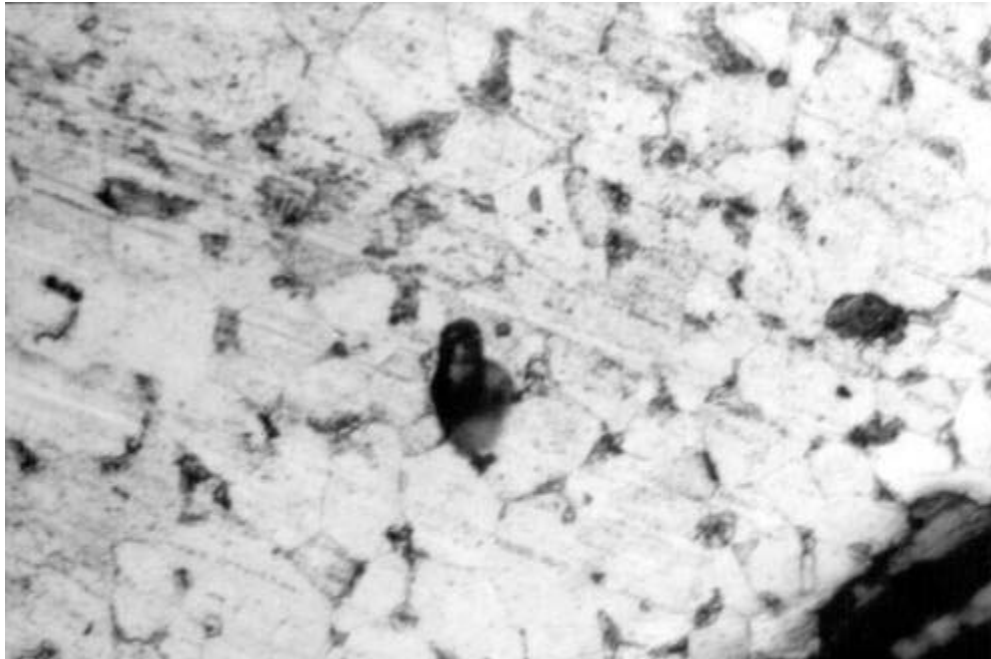
PT/2015/1. Fotografia 2. Microestructura ferriticoperlítica (0.2-0.3 % C) de gra poligonal amb múltiples inclusions no metàl·liques (x 900 augm.).



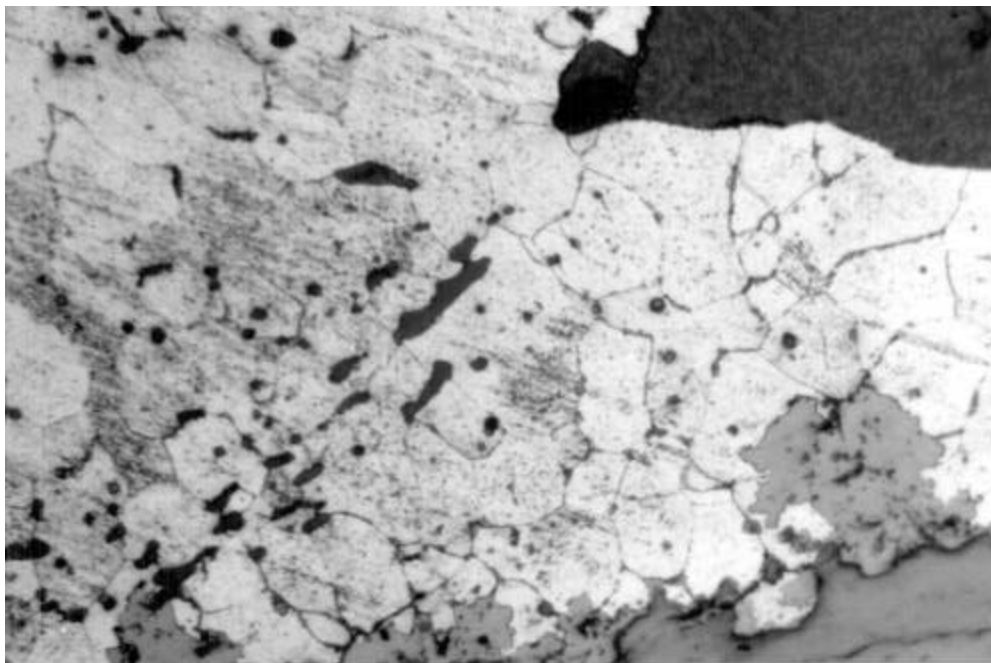
PT/2015/1. Fotografia 3. Imatge de microestructura ferriticoperlítica, de baix contingut en carboni, amb ferrita en disposició Widmanstätten (x 360 augm.).



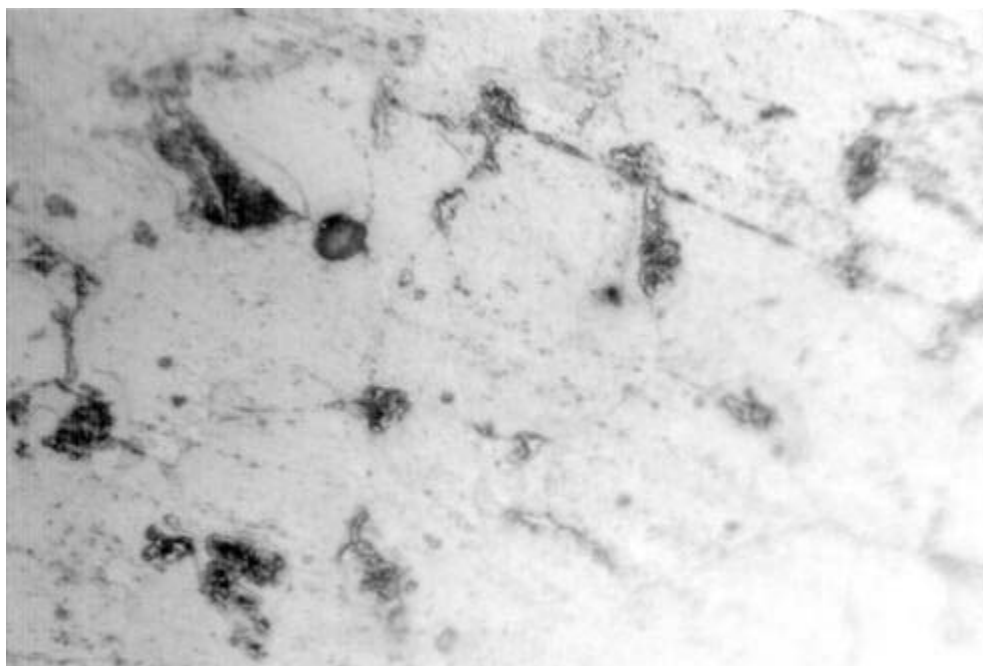
PT/2015/1. Fotografia 4. Imatge del límit entre ambdues microestructures ferriticoperlítiques (x 360 augm.).



PT/2017/1. Fotografia 1. Àrea ferriticoperlítica de baix contingut en carboni (x 360 augm.).



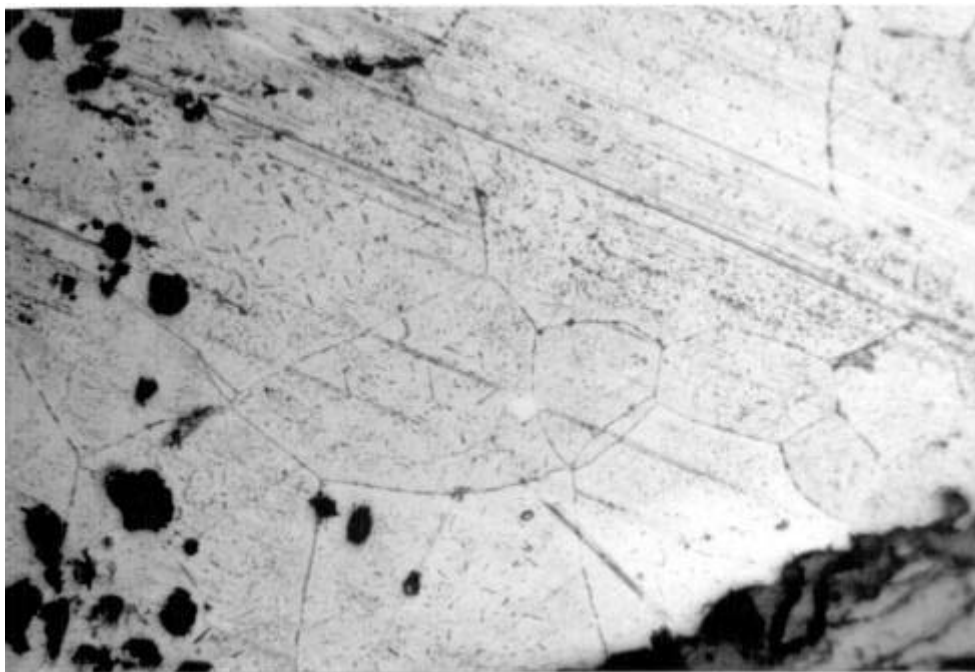
PT/2017/1. Fotografia 2. Imatge de la microestructura ferrítica que presenten els talls de la secció observada (x 360 augm.).



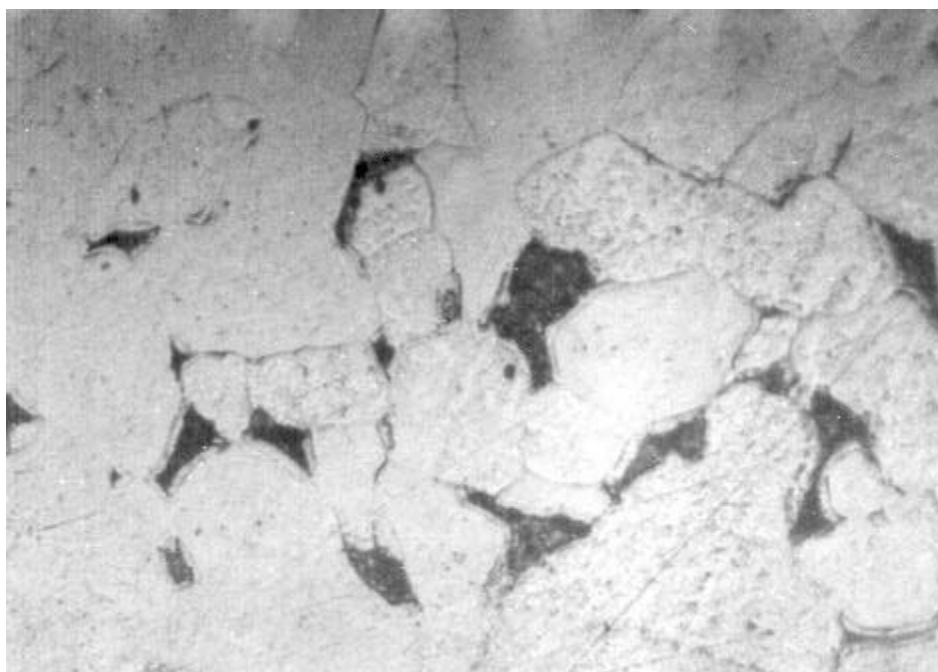
PT/2017/1. Fotografia 3. Detall de les característiques internes dels grans perlítics identificats (x 900 augm.).



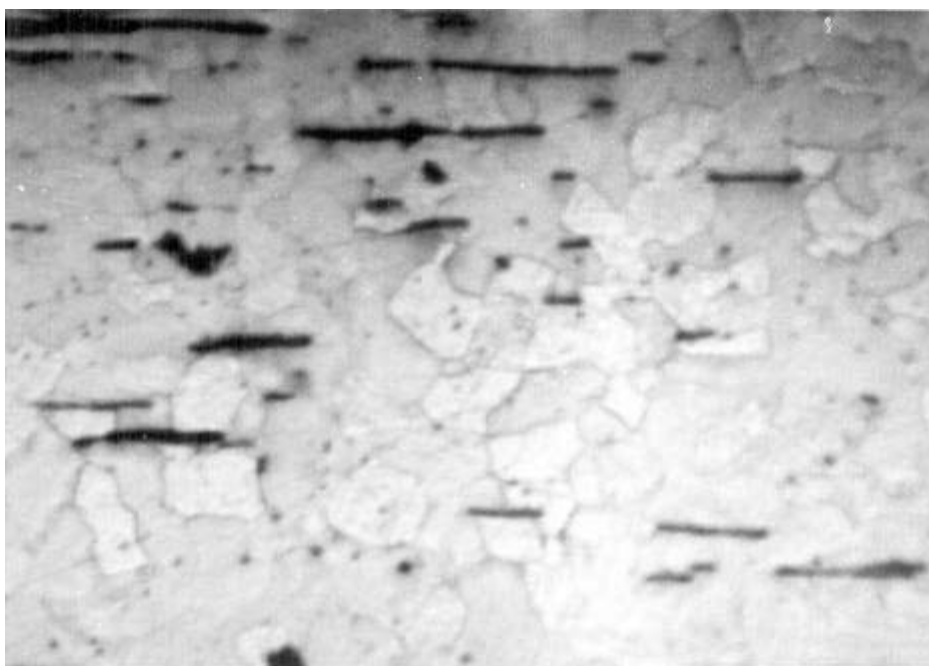
PT/2017/1. Fotografia 4. Disposició vermicular dels grans perlítics de la matriu ferríticoperlítica (x 560 augm.).



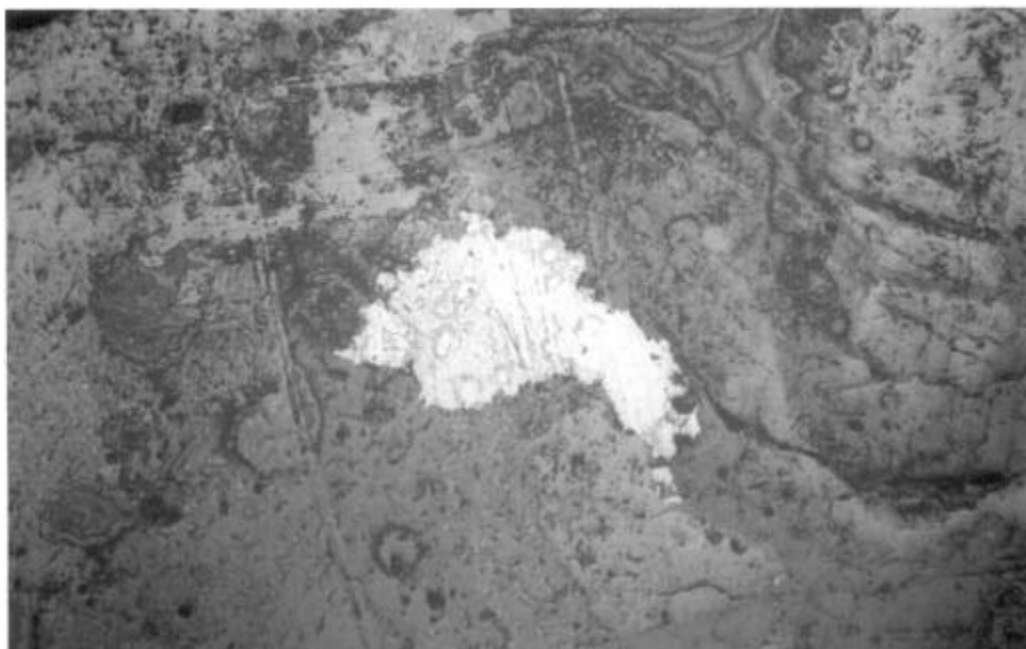
PT/2017/1. Fotografia 5. Detall de microestructura ferrítica amb grans poligonals d'important grandària (x 560 augm.).



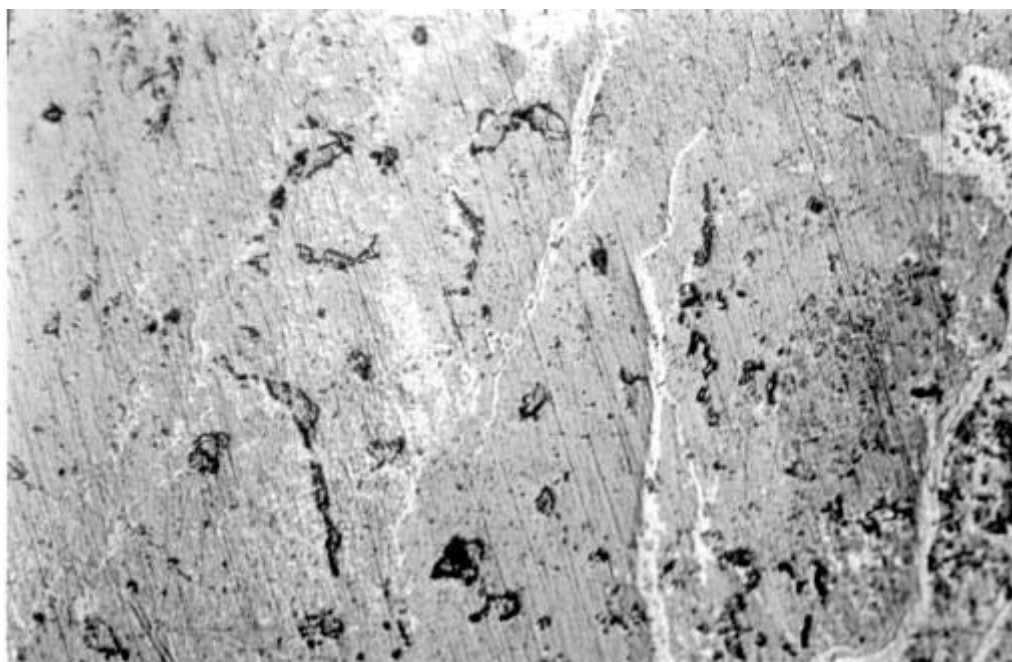
PT/2017/2. Fotografia 1. Imatge de línia de grans perlítics i incusions longitudinals sobre la matriu ferrítica (x 560 augm.).



PT/2017/2. Fotografia 2. Imatge de microestructura ferrítica amb presència d'inclusions no metàl·liques (x 180 augm.)



PT/2018/1. Fotografia 1. Imatge de gra ferrític sobre la matriu oxidada de la mostra (x 225 augm.).



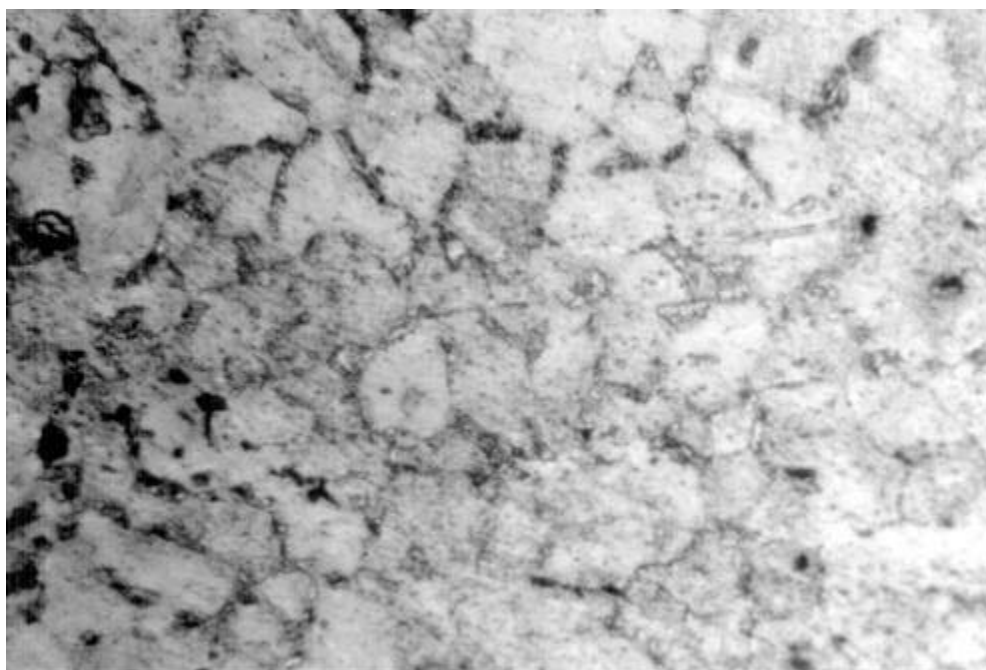
PT/2019/1. Fotografia 1. Empremtes de grans perlítics sobre la matriu oxidada de la mostra (x 180 augm.).



PT/2021/1. Fotografia 1. Colònia de grans ferrítics sobre la matriu oxidada de la mostra (x 225 augm.).



PT/2022/1. Fotografia 1. Imatge genèrica de la mostra amb les línies d'inclusions i microstructures de divers grau de carburació (x 125 augm.).



PT/2022/1. Fotografia 2. Microestructura de caràcter hipoeutectoide amb perlita a les vores del gra ferrític (x 225 augm.).

DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2009

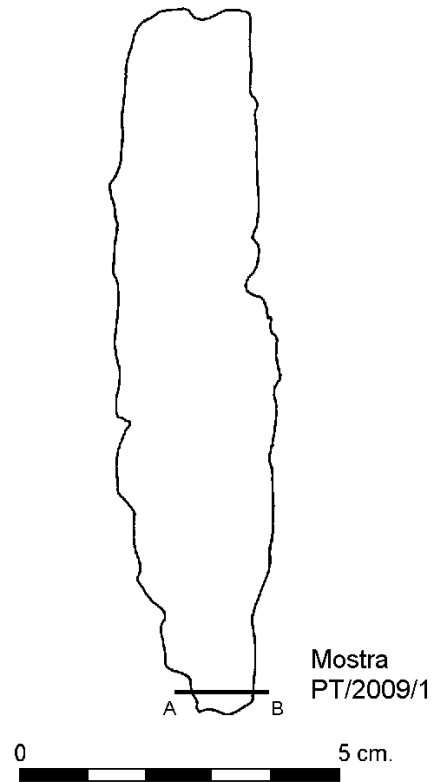


Figura 1. Extracció de la mostra PT/2009/1.



Figura 2. Mostra PT/2009/1 i localització de fotografies de microscopia.

DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2011

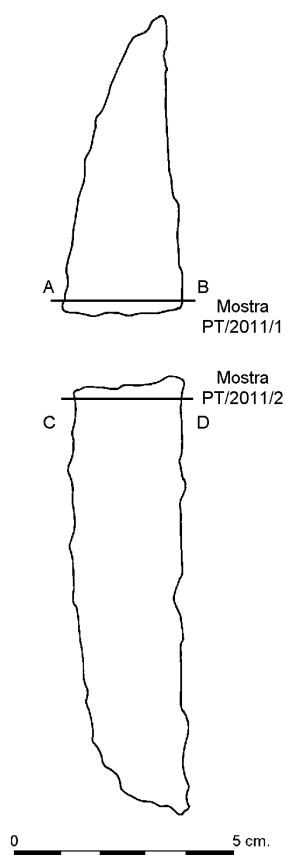


Figura 1. Extracció de les mostres PT/2011/1, porció base per obtenir PT/2001/3, i PT/2001/2.

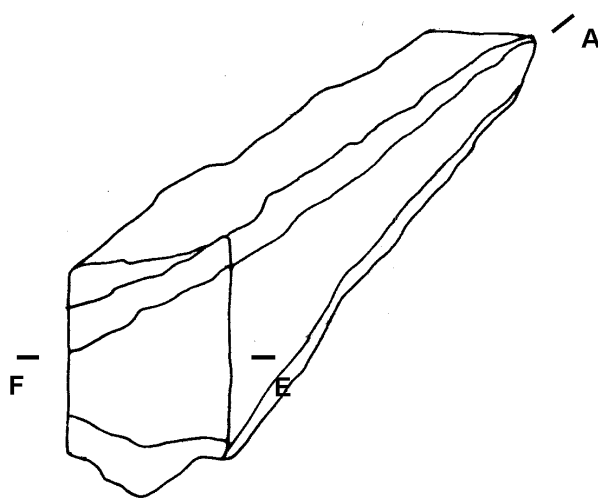


Figura 2. Procés d'obtenció de la mostra PT/2011/3

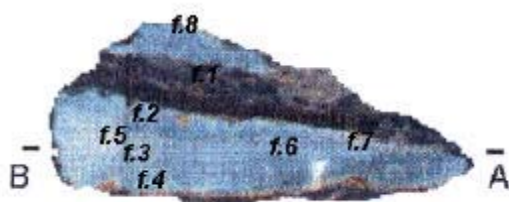


Figura 3. Mostra PT/2011/1 i localització de fotografies de microscopia.



Figura 4. Mostra PT/2011/2 i localització de fotografies de microscopia.



Figura 5. Mostra PT/2011/3 i localització de fotografies de microscopia.



Figura 6. Localització de microdureses sobre PT/2011/1 (1. 115.3 HV; 2. 93.6 HV; 3. 100.2 HV; 4. 98.2 HV).

DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2014

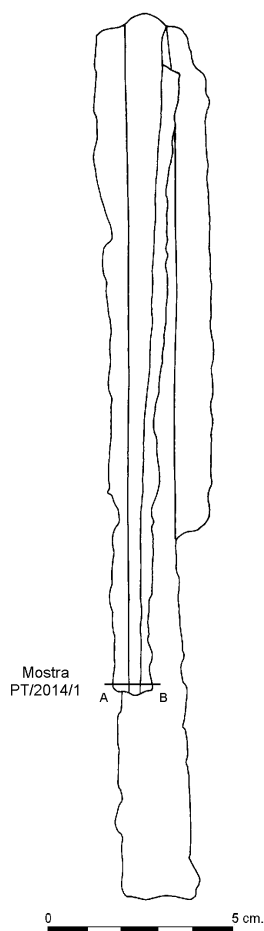


Figura 1. Extracció de la mostra PT/2014/1.

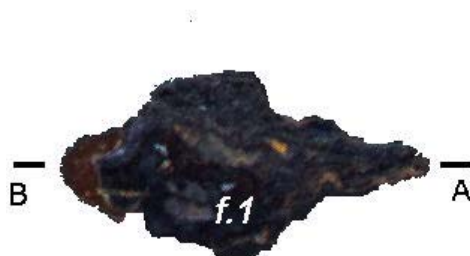


Figura 2. Mostra PT/2014/1 i localització de fotografies de microscopia.

DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2015

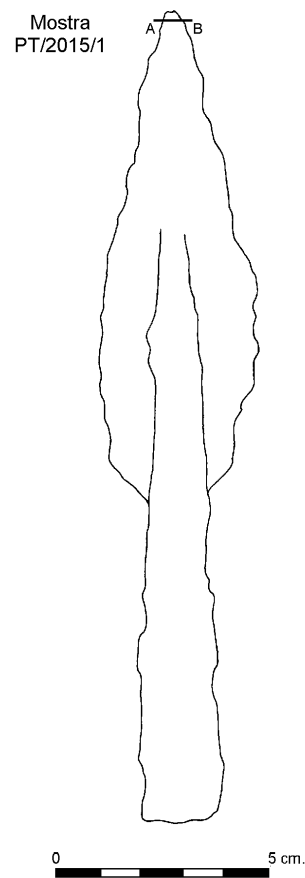


Figura 1. Extracció de la mostra PT/2015/1.

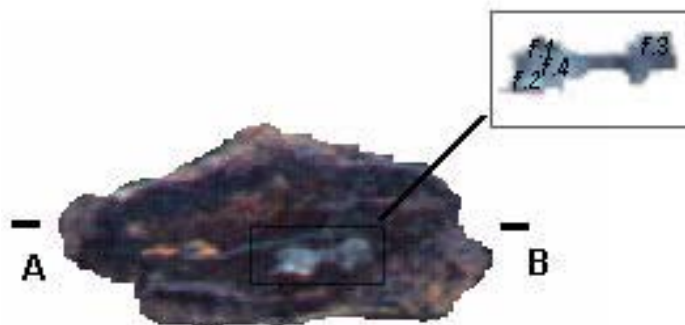


Figura 2. Mostra PT/2015/1 i localització de fotografies de microscopia.

DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2017

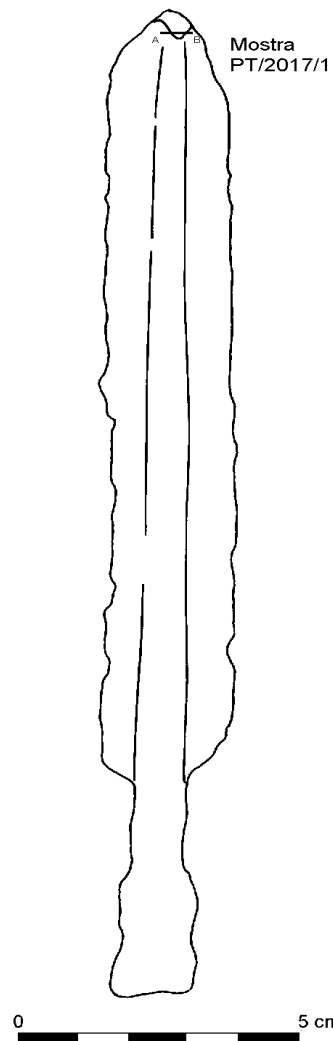


Figura 1. Extracció de la mostra PT/2017/1.

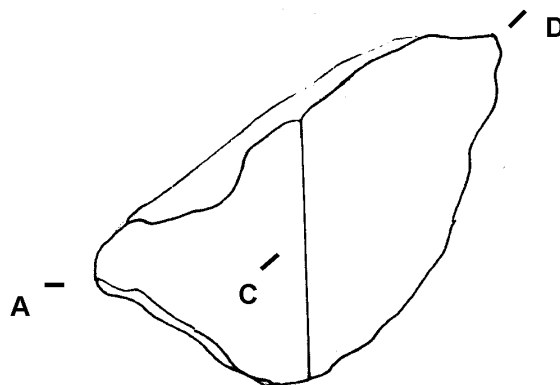


Figura 2. Obtenció de la mostra PT/2017/2.



Figura 3. Mostra PT/2017/1 i localització de fotografies de microscopia.

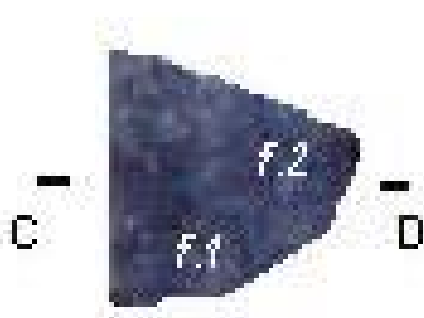


Figura 4. Mostra PT/2017/2 i localització de fotografies de microscopia.

DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2018

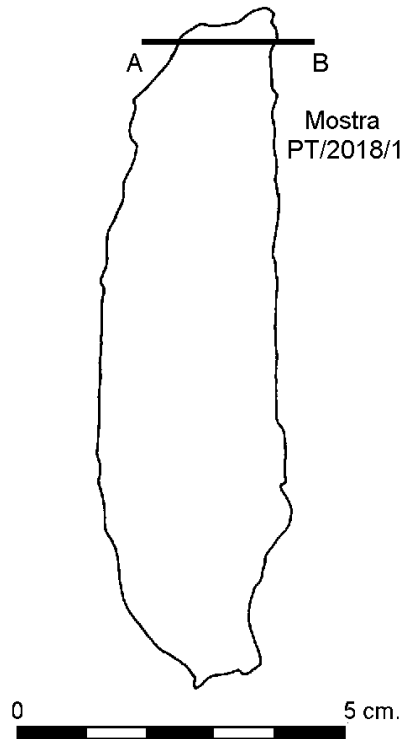


Figura 1. Extracció de la mostra PT/2018/1.



Figura 2. Mostra PT/2018/1 i localització de fotografies de microscopia.

DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2019

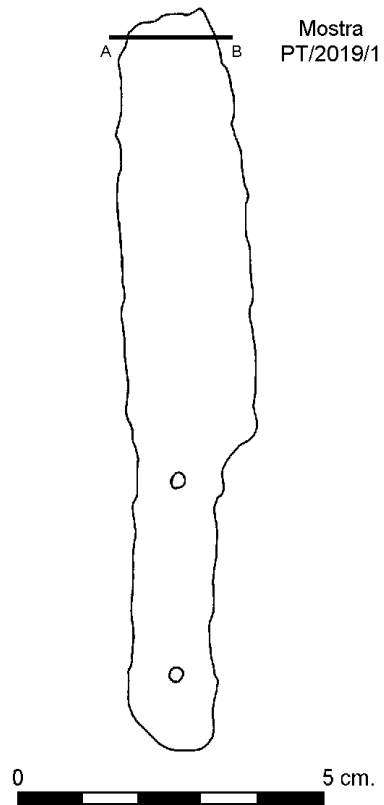


Figura 1. Extracció de la mostra PT/2019/1.



Figura 2. Mostra PT/2019/1 i localització de fotografies de microscopia.

DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2021

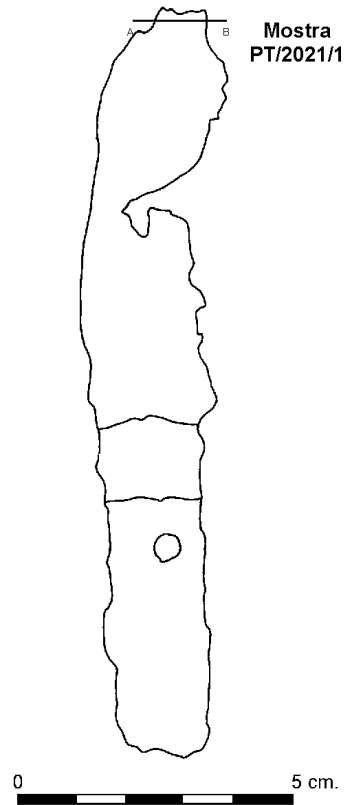


Figura 1. Extracció de la mostra PT/2021/1.



Figura 2. Mostra PT/2021/1 i localització de fotografies de microscopia.

DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2022

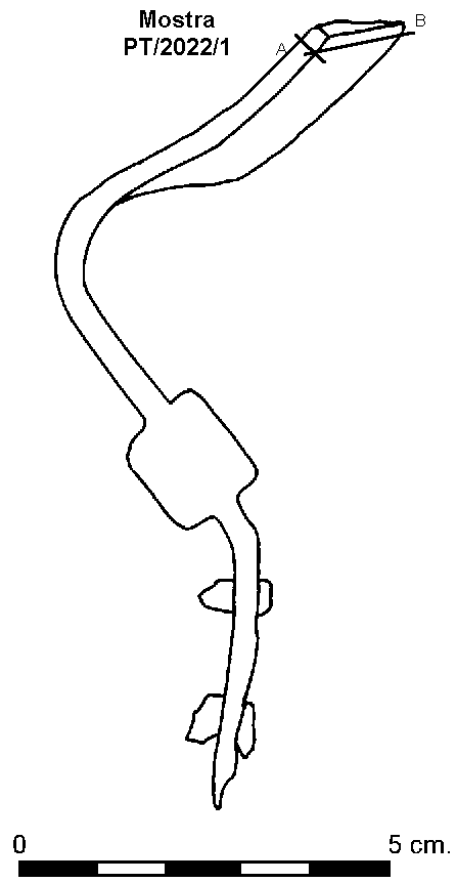


Figura 1. Extracció de la mostra PT/2022/1.



Figura 2. Mostra PT/2022/1 i localització de fotografies de microscopia.

10.2.3. CONSIDERACIONS SOBRE EL MATERIAL I EL SEU CONTEXT

Dins del context protohistòric de la desembocadura de l'Ebre, els aixovars de la necròpolis de Mas de Mianes són considerats com a mostra de la transició de la cultura material entre el poblament del Ferro I i el de l'Ibèric Ple. En una cronologia de s. VI fins a mitjans del V a.C., les troballes presenten una societat guerrera d'arrels autòctones, on els materials ceràmics són de tradició local, en l'interpàs cronològic cap a una societat més influenciada culturalment pel factor colonial.

Les peces d'estudi formaven part d'una necròpolis d'incineració amb tipologia d'estructures funeràries similar a la propera de Mas de Mussols, si bé el conjunt material presentà diferències cronològiques, situant-se en un context lleugerament més tardà.

Com en el cas anterior, la necròpolis sembla correspondre a un establiment de poblament força limitat, i a ben segur proper, que durant tres o quatre generacions emprà l'àrea com a zona sepulcral, concentrant en un espai petit tots els enterraments. Essent l'indret una plana de gran extensió, la restricció de la zona sagrada assenyalaria una voluntat identitària de grup molt marcada; alhora, la limitació temporal dels enterraments fóra possible evidència de la dissolució del poblament, potser abandonant-lo per a integrar-se a establiments de la zona més adequats a les noves necessitats estratègiques i defensives que, com en el cas de La Moleta del Remei, presenten importants creixements demogràfics en la fase corresponent a l'Ibèric Ple ⁴³⁷.

Paral·lelament a les altres necròpolis d'incineració estudiades, els objectes metàl·lics, i molt especialment aquells que precisaven d'inutilització per motius rituals o culturals, tenien grans possibilitats d'haver estat cremats en la pira funerària. Aquest fet pot alterar de forma important les característiques del treball metal·lúrgic original dels estris esmentats.

⁴³⁷ GRACIA, F. *et alii* (1997) "La transición de los siglos VII-VI a.C. en el área de la desembocadura del Ebro", *II CPA*.

Les característiques de l'afectació d'una possible incineració sobre l'aixovar de ferro es troba visualment implícita en l'aspecte extern: per una part, cal suposar que qualsevol peça alterada pel foc ha de mostrar una superfície fumada que, en el cas dels ferros de Mas de Mianes no és evident; en el cas d'una incineració perllongada, l'alveolització perimetral hauria d'ésser molt marcada, el que degradaria encara més ràpidament la peça. Només la torsió dels objectes de major grandària mostraria el tractament final d'inutilització de les armes de l'aixovar.

Des de l'estudi microestructural i fisicoquímic, la cremació dels objectes pot comportar un nou tractament tèrmic que produiria la variació de les característiques i propietats del metall de l'útil. Inicialment es podia produir una descarburació, com a mínim, de les zones més perimetrals que es trobaven en contacte amb l'exterior oxidant. La descarburació del perímetre seria la primera conseqüència a l'augment de la temperatura per sobre mínims assolibles per una pira funerària;; el gra només es modificaria, variant la microestructura prèvia, a l'assolir temperatures d'austenització, circumstància que provocaria una recristal·lització i convertiria l'objecte en una massa mal·leable d'alta plasticitat. Altrament, i fins l'actualitat, no s'han realitzat estudis antropològics relatius a les restes òssies identificades a les urnes de Mas de Mianes. A través de les informacions del Dr. Maluquer ⁴³⁸, les troballes humanes foren molt escadusseres, reduint-se a les conegudes cendres i a fragments petits d'ossos fumats i ennegrits. Amb aquesta descripció, idèntica a la de les troballes de Mas de Mussols, semblen factibles les següents afirmacions:

- per una part, l'obtenció d'una temperatura d'incineració a la pira funerària suficientment elevada per la quasi absoluta cremació de la major part de les restes antròpiques, considerant que aquestes estigueren exposades durant un període perllongat a l'acció del foc;
- per altra part, la impossibilitat per assolir la total cremació dels cadàvers, provocada per la heterogeneïtat de temperatures dins la pira i per la diversa densitat del conjunt ossi, provocava la necessitat final de cribar, rentar i fragmentar aquestes restes a fi de encabir-les dins l'urna.

⁴³⁸ MALUQUER DE MOTES, J. (1987). *La necrópolis paleoibèrica de...*, op.cit. 125, pp. 121-124.

Amb aquesta descripció sembla evident que la pira assolí, en tota l'extensió que afectà a les restes humanes, temperatures prou superiors als 300° C, necessària per consumir els teixits i la matèria orgànica ⁴³⁹. En el mateix sentit, i a les àrees de la pira que calcinaren totalment els ossos reduint-los a cendra, la temperatura hagué d'ésser suficient per modificar-hi la textura, essent necessari superar els 700° C. Aquesta temperatura no s'hauria assolit en aquells ossos més gruixuts que s'hagueren de fragmentar, el color fumat dels quals assenyalaria temperatures oscil·lants entre els 400° i els 550° C.

En el conjunt de mostres d'estudi de Mas de Mianes, format per nou objectes d'ús bèl·lic o personal, s'adverteix la inutilització de totes les peces. Les més petites, corresponents a ganivets de diferent tipologia, foren trencades i inutilitzades mecànicament, sense que la possible incineració les afectés més que en temperatures insuficients per a la seva deformació plàstica. Les de major grandària, tres puntes llancibles de dard o llança, si que reberen l'acció de la pira, assolint temperatura per ésser doblegades amb l'ajut de l'esforç mecànic, circumstància que, si be mostra major gradient d'exposició que les peces trencades, pressuposa que no s'assoliren en cap cas temperatures superiors al 800° C en les zones on es produí el plec. Aquestes característiques de cremació dels elements de ferro de l'aixovar concordarien amb les prèviament suposades per la combustió del finat a la pira funerària.

Les mostres estudiades pertanyen únicament a dos grups tipològics, el de ganivets i el d'element llancibles, si bé, i tot i l'escadusser número de peces, dins d'aquests grans tipus existeixen diferències morfològiques evidents. Cadascuna de les tipologies presenta unes necessitats mecàniques bàsiques, a vegades comunes, les quals haurien de restar cobertes per el metall emprat i les tècniques de treball metal·lúrgic en la seva elaboració. Els ganivets, foren de llom recte o afalcatats, precisen de tall i punta dura i cos dúctil; els elements llancibles requereixen gran capacitat de penetració, fet que implica extrema duresa en tot el cos, principalment en la punta, però alhora no han d'ésser fràgils per a poder resistir cops laterals.

⁴³⁹ CAMPILLO, D. (1991) "Cremació – incineració", *Limes*, 1, pp. 68-73.

En el grup dels ganivets, les mostres estudiades es caracteritzen per estar elaborades a partir d'un únic bloc de metall, a excepció de 2011 que, amb unes característiques tipològiques prou singulars, presenta diferències notables amb la resta. Amb uns trets prou comuns, 2009, 2018, 2019, 2021 i 2022 es confeccionaren amb un metall heterogeni, bàsicament hipoeutectoide de baix contingut de carboni (inferior al 0.2% de C), on la purificació i el treball mecànic de cinglatge i forja fou insuficient per extreure'n les restes escoriàcies de la matriu metàl·lica. Partint del treball amb un únic bloc hipoeutectoide, prou dúctil, la consecució de les necessitats mecàniques de l'estri podrien assolir-se en el posterior tractament termoquímic de la cementació localitzada en el tall i la punta del ganivet; aquest tractament no seria identificable en el cas de que s'hagués produït descarburació, per introduir els objectes dins el foc oxidant de la pira funerària.

En el cas dels ganivets, tots ells fracturats, no hi ha constància de que passaren pel foc, si bé aquesta possibilitat implica no tenir la certesa si la manca de cementacions fou producte de la descarburació provocada per una cremació relativa, on s'assoliren temperatures suficients per eliminar el carboni prèviament existent.

Dels ganivets confeccionats a partir d'un únic bloc, només el 2019 podia presentar indicis o rastres d'intencionalitat de cementació del tall. Aquesta observació permetria hipotetitzar vers el coneixement per part dels ferrers que elaboraren els estris d'aquesta tècnica per endurir, de forma superficial, les zones que ho requerien de l'estri, complint amb les seves necessitats funcionals. La deficient purificació del metall, l'heterogeneïtat de la distribució de carboni pel bloc i possibles redreçaments o reparacions a baixa temperatura dels estris, com presenta la deformació de la granulometria de 2022, assenyalaria un coneixement, alhora, força bàsic de les tècniques, propi d'un estadi local i encara inicial del treball siderúrgic.

En contraposició a diversos aspectes dels ganivets previs, l'esmentat 2011 presenta unes característiques singulars. Morfològicament diferent, es confeccionà a partir de, com a mínim, quatre làmines de metall, tècnica que permetia la millor purificació del metall (més facilitat per eliminar les restes d'escòries per martelleig) i, sobretot, la possibilitat de combinar diferents

qualitats de metall, més dur o més dútil, en dependència als tractaments tèrmics o termoquímics que individualment s'haguessin realitzat sobre cada làmina. En el cas de 2011, es combinaren deixant la ferrítica, la més dútil, al mig, permeten un *softcore* que possibilitava la màxima flexibilitat a la fulla; la combinació entre carburacions a la resta de capes superposades semblava finalitzar amb unes de perimetrals de major duresa aptes pel tall. Amb tot, deficiències en el manteniment de la temperatura i/o pressió durant la unió en calent de les làmines impossibilitaren correctes soldadures, fet que no es contraposa a un coneixement prou evolucionat de la tècnica i clarament diferenciat a la resta de models de ganivets estudiats.

El grup dels elements llancibles mostra diferències tipològiques entre les tres peces: si 2015 és un dard de fulla de salze curta, 2014 és un estoc de fulla i asta llarga i 2016 és un dard de morfologia híbrida entre les anteriors, disposant de fulla llarga i emmanegament curt. També existeix diversitat en las característiques del treball d'elaboració de les armes, essent confeccionada a partir d'un únic bloc la mostra 2014 i emprant diverses làmines les altres dues.

El cas de 2014 és singular: es tracta d'un objecte de grans dimensions (superior a 50 cm. de longitud) on no s'ha trobat cap indicatiu, fissures o antigues línies de front entre capes, que mostrés un treball d'unió entre diferents blocs per donar volum a l'objecte. Les reduïdes proporcions de l'estudi fet sobre la totalitat de l'estri no permet conèixer si s'utilitzà una única barra o, en cas contrari, s'utilitzaren més, els indicis de les quals no s'han identificat. Si l'objecte s'elaborà amb una gran porció de metall, sigui en forma de fragment del masser original o d'una gran barra *currency bar* de ferro importat, foren precises unes infraestructures de prou grandària per a produir un objecte de les dimensions esmentades; dels tractaments posteriors poc es pot deduir a causa de la incineració perllongada que, com el total plec demostrà, sofrí en la pira funerària.

Els dards 2015 i 2017 s'elaboraren a partir de làmines diferents, altrament ben unides en calent, en un procés prou adequat per la seva grandària i que permetia la diversa combinació de propietats aptes per l'ús, conformant una arma dura i penetrant però no fràgil. A diferència de l'anterior no sembla que l'acció de la pira les portà a altes temperatures, ja que les deformacions

d'ambdues es provocaren principalment de forma mecànica. Totes dues possiblement podien haver estat elaborades amb un capa externa més carburada o, simplement, reberen una cementació final.

Apart de les afectacions de l'acció evident del foc sobre l'aixovar metàl·lic, evident en algunes de les peces, el conjunt de materials de Mas de Mianes no sembla presentar un origen homogeni des del punt de vista tecnològic. En el lot s'alternen objectes produïts amb una bona tècnica siderúrgica amb d'altres confeccionats amb un treball molt més simple i poc elaborat. Sense disposar de lligams que vinculin la necròpolis amb un establiment proper, no tenim constància de l'existència de cap mena de taller associat. Tanmateix és possible que existís un petit taller local de forja què, a partir de blocs de metall importats ⁴⁴⁰, intentés imitar en tipologies ben simples com els ganivets els béns de prestigi que importava d'elements externs. La manca de qualsevol ceràmica d'importació en els aixovars identificats podria assenyalar que l'origen de les armes de major qualitat, els dards i el ganivet singular, fóra d'un entorn indígena no llunyà i, ja en aquelles datacions, especialitzat en un treball siderúrgic de bona qualitat i evolucionat grau tècnic.

⁴⁴⁰ Tipus *currency bar*, producte de l'intercanvi amb elements aliens al poblament. RUIZ ZAPATERO, G. (1984) "El comercio protocolonial...", op.cit. 140, p. 66

10.3. LA NECRÒPOLIS DE MAS DE MUSSOLS (TORTOSA, BAIX EBRE)

10.3.1. ASPECTES HISTORICOARQUEOLÒGICS

Ubicada en una àmplia extensió coneguda com La Palma, al primer nivell terrassat de la riba esquerra de l'Ebre, la necròpolis de Mas de Mussols es situava en una zona d'important concentració de restes arqueològiques. Amb una potència de sediments fluvials irregular però sempre reduïda, la fertilitat del terreny provocava una exhaustiva explotació agrícola, fet que havia degradat la presència de possibles restes al subsòl.

L'indret era conegut, i estudiat mitjançant prospeccions puntuals, per estudiosos locals des de mitjans del s. XX, havent-se localitzat principalment una necròpolis de caire tardoromà ⁴⁴¹, si bé la intervenció d'urgència definitiva no es realitzà fins finals del 1966 i inicis de 1967, a càrrec de la Universitat de Barcelona.

Les inicials prospeccions identificaren l'existència d'una extensa necròpolis protohistòrica, a part de possibles restes d'un establiment de semblant cronologia que, a causa de la migradesa de troballes, no pogué documentar-se ni relacionar-se amb el conjunt d'estudi.

Els excavadors localitzaren fins a 53 tombes (**fig. 75**); amb tot, calcularen que aquest nombre només corresponia a un terç dels enterraments originals, la resta dels quals havia estat malmesa per les tasques agrícoles, que arruïnaren les tombes més superficials, i l'acció extensiva dels furtius. Es tractava d'enterraments d'incineració, sempre individuals, sense evidències de túmuls o esteles, si bé les alteracions esmentades podien haver esborrat indicis d'algun cas singular. Tampoc es trobaren proves vers un sentit en la disposició de l'àrea cementerial, la qual s'interpretà pràcticament sincrònica amb un hiatus d'utilització no superior al mig segle, on l'afectació entre enterraments fou gairebé inexistent.

⁴⁴¹ MALUQUER DE MOTES, J. (1984) *La necròpolis paleoibèrica ...*, op.cit. 125, p. 37



Figura 75. Diagrama de distribució dels enterraments en l'àrea d'excavació, essent les zones ombrejades les corresponents a àrees d'intervencions prèvies o d'afectació per furtius (de Maluquer de Motes, 1987, p. 40).

Els enterraments eren majoritàriament formats per una urna ceràmica de contenció de les cendres i restes òssies incinerades del finat, amb un aixovar divers al voltant, a vegades dipositant els objectes més petits dins de l'urna; només un percentatge del 17% no presentaven cap mena d'aixovar.

El *loculus* o espai d'enterrament no es trobava limitat per cap estructura, tipus cista, i corresponia a una simple fossa molts cops recolzant la base en el substrat rocós de la terrassa natural. Altrament, pogué identificar-se la no correspondència entre el *loculus* i l'*ustrinum*, o indret on s'efectuaria la cremació de les restes del finat, fet que s'interpretà com que la cerimònia ritual d'incineració s'efectuava fora la necròpolis, a un lloc indeterminat des d'on es traslladaven les restes i els seus aixovars per a donar-los-hi sepultura.

Les restes humanes dipositades a l'urna eren gairebé exclusivament els ossos cremats, els quals es cribaren i rentaren com a part del cerimonial funerari, agrupant-los en feixos ordenats per a encabir-los en el contenidor ceràmic. Aquestes urnes eren sobretot fetes a torn, amb un percentatge molt minoritari d'exemplars manuals, del tipus d'orelleta amb tapa i tancament quasi hermètic, molts cops pintades; s'acompanyaven en alguna ocasió per un segon element de vaixel·la ceràmica, corresponent en aquests casos a peces d'importació amb un evident valor afegit de prestigi. L'esmentat element de prestigi dels

enterraments es reafirmava per la resta de l'aixovar, en el qual es podien trobar elements diversos:

- una àmplia panòpia d'armes de ferro, de tipologia repetitiva de dards, llances i virolles, ganivets i ganivets afalcatats, majoritàriament inutilitzades;
- elements ornamentals de bronze, fíbules, cadenes, penjolls i sivelles;
- elements decoratius d'os i pasta de vidre;
- fusaioles de ceràmica.

A partir de l'estudi de les tipologies ceràmiques a torn, principalment les foranies, i els paral·lels tipològics dels atuells de bronze com sivelles o fíbules, els excavadors proposaren una cronologia única per tota la seriació d'enterraments de la necròpolis, amb un hiatus temporal d'entre el 580 i el 530 a.C., datació que pot ésser clarament relacionada amb la fàcies d'ocupació de l'àrea del sud de l'Ebre en establiments circumdants ⁴⁴².

⁴⁴² GRACIA, F. *et alii* (1997) "La transición de ...", op.cit. 437 , pp. 95-98

10.3.2. INFORME DEL PROCEDIMENT ANALÍTIC REALITZAT

SELECCIÓ SOBRE EL CONJUNT MATERIAL.

Les restes d'elements ibèrics de ferro de la Necròpolis de Mas de Mussols es caracteritzen per formar part de l'aixovar funerari d'un conjunt de tombes d'incineració. Aquest fet en determina les singularitats del lot, tan tipològiques com físiques. A aquest fet hem d'afegir que el lot d'estris ferro és molt limitat i, per les característiques funcionals de bona part del conjunt, únicament un nombre reduït pot resultar representatiu de tractaments mecànics i/o tèrmics que singularitzin un treball específic en referència a la utilitat del objecte. Les peces susceptibles d'estudi foren les següents:

- 2010 (c.m. 2047): javelina.
- 2012 (c.m. 41): ganivet.
- 2013 (c.m. 2116): javelina.
- 2016 (c.m. 24): javelina.
- 2020 (c.m. 2170): ganivet.
- 2023 (c.m. 2140): ganivet.
- 2025 (c.m. 2140): ganivet.

EXTRACCIÓ I IDENTIFICACIÓ DE MOSTRES.

Amb el propòsit d'evitar la major afectació possible a les peces d'estudi, s'extreuen les següents mostres / superfícies d'observació, identificant-les amb els corresponents codis:

- PT/2010/1: tall transversal **A-B**. S'ha procedit a efectuar un tall perpendicular a la llargària de l'estri, separant l'extrem que, morfològicament, s'identifica amb la punta de l'arma (**diagrama d'extracció de mostres 2010, fig. 1**). La superfície observada correspon a la cara del fragment separat (**d.e.m. 2010, fig. 2**).

- PT/2012/1: tall transversal **A-B**. S'ha procedit a efectuar un tall perpendicular a la llargària de l'estri, separant un fragment d'una de les fractures presents a la fulla de l'arma (**d.e.m. 2012, fig. 1**). La superfície observada correspon a la cara del fragment separat (**d.e.m. 2012, fig. 2**).

- PT/2013/1: tall transversal **A-B**. S'ha procedit a efectuar un tall perpendicular a la llargària de l'estri, separant un fragment corresponent a la punta torçada i fragmentada de l'arma (**d.e.m. 2013, fig. 1**). La superfície observada correspon a la cara del fragment separat (**d.e.m. 2013, fig. 2**).

- PT/2016/1: tall transversal **A-B**. S'ha procedit a efectuar un tall perpendicular a la llargària de l'estri, separant un fragment de la punta fragmentada (**d.e.m. 2016, fig. 1**). La superfície observada correspon a la cara del fragment separat (**d.e.m. 2016, fig. 2**).

- PT/2020/1: tall transversal **A-B**. S'ha procedit a efectuar un tall perpendicular a la llargària de l'estri, separant un fragment de l'extrem més proper a la punta desapareguda de l'arma (**d.e.m. 2020, fig. 1**). La superfície observada correspon a la cara del fragment separat (**d.e.m. 2020, fig. 2**).

- PT/2023/1: tall transversal **A-B**. S'ha procedit a efectuar un tall perpendicular a la llargària de l'estri, separant un fragment de l'àrea fragmentada més propera a la punta desapareguda (**d.e.m. 2023, fig. 1**). La superfície observada correspon a la cara del fragment separat (**d.e.m. 2023, fig. 2**).

- PT/2025/1: tall transversal **A-B**. S'ha procedit a efectuar un tall perpendicular a la llargària de l'estri, separant un fragment proper a la fractura d'un dels extrems (**d.e.m. 2025, fig. 1**). La superfície observada correspon a la cara del fragment separat (**d.e.m. 2025, fig. 2**).

OBSERVACIÓ.

- PT/2010/1.

Mostra seccionada a la punta d'una llança – dard, intencionalment corbada pel seu desús i deformada per la mineralització. L'observació macroscòpica de 2010/1 presenta una superfície gairebé totalment oxidada, on s'observa la disposició en bandes colomorfes del procés degradador; en el mateix sentit, s'aprecia una compactació del estri, sense fissures de penetració des de l'exterior

ni possibles exfoliacions, fet provocat per la restauració de l'objecte a partir de resines polimèriques.

L'observació microscòpica de l'àrea d'estudi permet advertir diverses partícules metàl·liques dins la matriu d'òxid; principalment es tracta de grans ferrítics poligonals (**fotog. 1**), de grandària mitja homogènia i no deformats, si bé les escadusseres mostres identificades no permeten generalitzar les seves característiques. Amb poques inclusions no metàl·liques visibles, gairebé totes disposades longitudinalment, s'han apreciat empremtes de petits grans perlítics (**fotog. 2**) i d'algunes cadenes aïllades de carburs, possiblement marcant límits de gra ferrític, localitzades molt concretament properes a una de les cares externes de la mostra.

- PT/2012/1.

Mostra obtinguda de la part central del cos o fulla d'un ganivet, presenta una àrea d'estudi pràcticament mineralitzada. Macroscòpicament, no presenta fissures de penetració des del perímetre ni esquerdes internes, desenvolupant-se la oxidació en forma de bandes colomorfes.

L'observació microscòpica ha permès observar nombroses inclusions principalment tallades en secció, sempre disposades aleatòriament; es conserven algunes partícules metàl·liques formant, totes elles, colònies de grans ferrítics (**fotog. 1**), de grandària prou diversa, sense empremtes evidents de deformació mecànica però amb línies rectes que travessen el gra cristal·lí, indicadores de la presència de macles. En els límits d'algun dels grans s'identifiquen cadenes de cementita intergranular, alhora que són molt escadusseres les empremtes de carburs sobre l'òxid i, en cap cas, semblen concentrar-se en zones concretes.

- PT/2013/1.

Mostra corresponent a la punta d'un dard, torçada intencionalment. L'àrea estudiada es troba totalment mineralitzada, amb una disposició colomorfa de les bandes d'oxidació, sense evidències macroscòpiques de fissures o escletxes que no siguin les pròpies de la penetració del procés degradador des de l'exterior.

A nivell microscòpic s'evidencien nombroses inclusions, principalment en secció, i és visible alguna parcel·la metàl·lica corresponent a petites colònies de grans

ferrítics (**fotog. 1**), aïllades entre la matriu oxidada; els grans esmentats són de grandària heterogènia i es troben força deformats. No s'han trobat evidències d'empremtes de carburs o grans perlítics en la superfície d'observació.

- PT/2016/1.

Mostra obtinguda de la punta d'un dard en deficient estat de conservació. L'observació macroscòpica de la superfície d'estudi permet advertir una matriu mineralitzada en la seva major part on, i principalment a la zona central, es mantenen diferents illots metàl·lics.

A nivell microscòpic l'àrea mineralitzada presenta de forma generalitzada bandes colomorfes d'oxidació; entre elles s'ubiquen nombroses esclatxes que, des de l'exterior, han permès la penetració del procés degradador, no trobant-se cap mena d'empremta sobre la matriu de microestructura ja desapareguda. Són molt nombroses les inclusions no metàl·liques que, en aquesta vista i majoritàriament, es presenten tallades en secció; en cap cas les inclusions escoriàcies evidencien alineament o continuïtat amb alguna de les fissures identificades.

Totes les partícules metàl·liques observades corresponen a colònies de grans ferrítics (**fotog. 1**). Aquestes agrupacions es caracteritzen per estar formades per cristalls de ferro (**fotog. 2**), sense cadenes de carburs intergranulars o grans perlítics, essent els grans força poligonals i amb una certa heterogeneïtat en quan a grandària.

- PT/2020/1.

Mostra transversal de la fulla del ganivet 2020, la qual no sembla correspondre a tota la secció, si no només a una zona fracturada i deformada per la mineralització. A nivell macroscòpic s'observa una mostra de matriu totalment oxidada i homogènia, sense fissures paral·leles que hagin provocat ulteriors exfoliacions.

Microscòpicament, la matriu és formada per bandes colomorfes d'oxidació que s'estenen per la totalitat de la superfície d'estudi; altrament són presents nombroses inclusions no metàl·liques, tallades majoritàriament en secció en la present vista.

En referència a microstructures, no s'han identificat partícules metàl·liques entre l'òxid de la mostra però hi ha abundants empremtes localitzades sobre la matriu mineralitzada. A la zona més propera al suposat tall de l'estri, s'observen les empremtes d'una microestructura d'acer dolç amb gra petit (**fotog. 1**), on els límits de gra ferrític s'han marcat per la penetració de l'oxidació i possibles cadenes cementítiques intergranulars han estat arrencades pel poliment. Una altra àrea de la mostra, ubicada perimetralment a una de les cares de la fulla, mostra relíquies de grans perlítics en una possible estructura ferriticoperlítica de baix contingut en carboni i de major grandària que l'anterior (**fotog. 2**); les empremtes de perlita observades presenten cementita secundària de conformació globular i, minoritàriament, també laminar sempre, però, amb separació interlaminar visible (**fotog. 3**). A diferència de les àrees esmentades, la resta de la superfície d'estudi no presenta cap mena de resta referent a la desapareguda microestructura.

- PT/2023/1.

Mostra corresponent a la fractura de la fulla d'un ganivet deformat per la mineralització. L'observació macroscòpica permet advertir una àrea central especialment oxidada on es pot veure un buit considerable, parcialment continuat amb una esquerda que es tanca en direcció a l'antic tall de l'estri.

A excepció de la zona central i del perímetre més degradat, a nivell microscòpic s'observa una homogeneïtat de la matriu d'òxid, disposada en bandes colomorfes i on són abundants les fissures de penetració de la mineralització des de l'exterior. S'identifiquen nombroses inclusions escoriàcies, algunes d'elles d'aparença vítria, disseminades per tota la superfície i en sentits transversal i longitudinal. A les zones més centrals de la superfície d'estudi, es conserva alguna partícula metàl·lica (**fotog. 1**) que, en tots els casos observats, correspon a una colònia de grans ferrítics de grandària irregular i als quals s'aprecia una notable deformació; en altres àrees no perimetrals s'han observat empremtes de grans perlítics limitats per grans ferrítics (**fotog. 2**), relíquies de la original microestructura ja desapareguda en la matriu oxidada.

- PT/2025/1.

Mostra corresponent a la secció de la fulla d'un ganivet deformat per la mineralització i on hi ha adherides superficialment concrecions silícies. La superfície d'observació es troba gairebé totalment oxidada i macroscòpicament són visibles nombroses fissures de penetració del procés degradador.

L'estudi microscòpic permet advertir la gran quantitat existent d'inclusions no metàl·liques, tan vistes en secció com de forma longitudinal, mentre que la oxidació s'ha disposat en bandes colomorfes. Es conserven unes mínimes partícules metàl·liques aïllades en la matriu mineralitzada, les quals són formades per colònies de grans ferrítics (**fotog. 1**); els grans apareixen prou deformats i, tot i l'escàs nombre conservat, mostren diferències notables en quan a grandària. En una àrea propera al tall de l'estri, s'han identificat empremtes de grans perlítics sobre la matriu (**fotog. 2**) que presenten característiques poc apreciables a causa de la degradació.

INTERPRETACIÓ.

- PT/2010/1.

Les dades obtingudes de la observació de la mostra no permeten identificar de forma definitiva les característiques del procés de treball amb el qual s'elaborà l'objecte. Tres són els factors bàsics que dificulten la interpretació: d'una banda, i com bona part dels d'estris analitzats, la peça es troba en avançat estat de mineralització, el que ha convertit en òxid la majoria de l'àrea d'estudi; vinculat a aquest fet, l'objecte es restaurarà modernament, eliminant testimonis morfològics a nivell macroscòpic i microscòpic que podien haver aportat dades vers el procés d'oxidació o de la hipotètica conformació a partir de làmines; finalment, l'objecte ens ha arribat deformat de forma intencionada marcant un arc de circumferència, fet que únicament pot assenyalar una torsió de la peça en calent ⁴⁴³, el que distorsionaria els tractaments tèrmics originals.

Amb les consideracions esmentades, s'han identificat diverses colònies ferrítiques que han resistit la mineralització, alhora que es constata l'absència d'inclusions no

⁴⁴³ Molt possiblement per inutilitzar-la dins del marc del ritus funerari, en el qual s'imposa el desús de tot l'aixovar.

metàl·liques. Aquests fets indicarien un acurat treball mecànic durant la postreducció per extreure les restes d'escòria de l'esponja original, el que permeté una base neta sobre la qual forjar l'estri; les característiques del gra ferrític mostren que fou recristal·litzat potser durant la forja, el que significaria que es treballà tota l'estona a suficient temperatura, o que es recristal·litzà amb posterioritat a nivell d'austenització, per a restituir la forma polièdrica del gra i eliminar les seves tensions internes. Una tercera possibilitat, indicaria que el procediment tèrmic es produís durant la cremació a la pira funerària; aquesta hipòtesi no sembla probable, ja que el cremat de la peça només li proporcionà mal·leabilitat pel seu doblegament, no arribant a prou temperatura per obtenir la textura plàstica que si hagués deformat totalment la llança, grau tèrmic imprescindible per austenitzar i, alhora, recristal·litzar els grans de l'estructura metàl·lica.

Altrament, han estat localitzades relíquies de perlita i de cadenes cementítiques a una de les vores de la mostra el que indicaria una possible cementació d'aquest costat de la peça. En el cas citat, també desconeixem si es tracta d'un fet aïllat on el contacte de l'objecte amb les brases de la fornal carburaren accidentalment una zona o si la cementació era generalitzada per endurir la superfície de l'arma, com el seu ús exigiria; en el darrer supòsit, la degradació de l'objecte i una possible descarburació durant la cremació podrien ser les causes que no permetessin la conservació d'altres indicis.

- PT/2012/1.

La mostra estudiada presenta indicis d'haver estat conformada a partir d'un únic bloc de metall: sense fileres alineades d'inclusions ni cap mena de fissura estructural, l'objecte partí d'una única porció d'esponja de ferro molt lleument carburat, amb percentatge de carboni inferior al 0.1%, i que es distribuï de forma heterogènia pel metall original de la peça. Apart de la carburació primigènia, no hi ha restes d'enriquiments de C en tractaments posteriors, essent l'únic tractament tèrmic identificat el corresponent a la recristal·lització del gra, fet identificatiu d'un treball a alta temperatura, treballant amb ferro γ , o d'un darrer rescalfament un cop conformat l'estri.

Altrament, l'observació de possibles macles marcades a alguns dels grans indica també que el metall ha estat sotmès a una deformació permanent en alguna etapa de la seva història. Al forjar el metall, els cristalls es deformen i es trenquen, però el metall pot tornar a cristal·litzar amb un recuit posterior; el gra poligonal i les macles són indicadors, per tant, d'un tractament tèrmic de recuit total.

En tot cas, durant l'austenització del metall no es superà de forma homogènia i durant el temps suficient la temperatura crítica inferior, el que provocà les diferències de grandària de gra que, si bé molt parcialment, s'evidencien en les parcel·les metàl·liques observades.

No es disposa de cap dada empírica que indiqui la possible cremació de l'objecte en el ritus funerari. En relació amb l'esmentada línia d'hipòtesi, és possible que la coneguda inutilització de l'aixovar es concretés, en aquest cas, en la simple fractura de l'estri.

- PT/2013/1.

La mostra extreta de la peça objecte d'estudi no permet una completa interpretació sobre el seu procés d'elaboració tècnica. La interpretació de la informació observada únicament sembla afirmar la utilització, almenys en aquesta zona, d'un únic bloc de metall per a conformar l'objecte. Aquesta porció de maser original es caracteritzà per una deficient puresa, provocada per una purificació poc efectiva i constatada per la abundància d'inclusions escoriàcies, posteriorment deformades per la forja i la conformació de la peça.

La molt escadussera microestructura metàl·lica identificada es presenta amb notables diferències de gra ferrític i una deformació considerable. La primera circumstància delatària un creixement del gra per fusió, producte d'haver superat la temperatura de transformació i de fer-ho per un període temporal relativament curt; aquestes variacions en les característiques granulomètriques tingueren una influència perniciosa per l'estructura i, per tant, de reduïdes propietats mecàniques.

Respecte a l'absoluta manca d'evidències de carburació sobre la peça, cal assenyalar dues possibilitats: que l'esponja original de metall fou de ferro α i no va rebre cap tractament carburant o, en contraposició, que almenys parcialment hagués rebut enriquiment de carboni i que per circumstàncies o tractaments

posteriors s'hagués descarburat. Cal advertir que la mostra obtinguda correspon a la zona de menor gruix de la peça i que, alhora, sembla haver estat manipulada per a la seva inutilització.

S'interpreta que, molt factiblement, el dard s'inclogué a la pira funerària dins el ritus d'incineració que rebé tot l'aixovar. Amb la finalitat d'inutilitzar-lo, s'extragué de la cremació i, en calent però sense superar la recristal·lització, es deformà mecànicament, deixant relativament deformat al gra. La prova de la manca de suficient gradient tèrmic per assolir una notable mal·leabilitat és reflectida en que només resultà afectada la punta de l'estri on, amb menys massa, es pogueren donar les condicions de temperatura per a produir-se, alhora, una descarburació en contacte amb el medi ambient.

- PT/2016/1.

Les dades obtingudes de la mostra, localitzada en una única part de la peça, indiquen que aquesta es conformà a partir d'una sola porció o làmina de metall, a la qual es feren els tractaments mecànics per a conformar la seva morfologia definitiva; en aquest sentit, el sentit de les inclusions no metàl·liques indica que el martellatge més insistent es realitzà perpendicularment a la llargària de l'objecte, a fi d'aplanar els laterals del primigeni cos central i convertir-los en els talls de l'arma.

Tan la microestructura identificada com la manca de relíquies sobre la matriu mineralitzada indica que l'objecte original era pràcticament ferrític, si bé la possibilitat de la seva incineració i d'una suposada descarburació pot haver eliminat empremtes a zones perimetrals no observades en el present estudi. Els grans de ferro α observats presenten una certa heterogeneïtat en quan a la seva grandària, fet que indicaria un mecanisme de creixement de grans provocat per la superació de la temperatura d'austenització, en no massa grau i durant un temps limitat, que li provoquen deficiències en les seves propietats mecàniques. Altrament, la regularitat del gra indicaria que el martellatge durant la conformació de l'objecte es realitzà per sobre la temperatura de recristal·lització o que, tot just acabat el treball mecànic, es rescalfà la peça per sobre A_3 a fi d'eliminar les deformacions del gra.

Amb tot, la informació generada per la mostra presenta un objecte originalment ferrític o d'acer molt dolç, desconeixem si cementat superficialment, al qual no s'efectuà un cinglatge eficient. La manca de deformació plàstica de l'objecte no sembla indicar que fos sotmès a altes temperatures amb posterioritat a la seva elaboració; si realment participà en el ritus funerari de cremació, en aquest procés no assolí suficient temperatura per a explicar les característiques microestructurals esmentades.

- PT/2020/1.

Mostra procedent d'un objecte força deteriorat i deformat per la mineralització, al qual s'ha aprofitat una vella fractura a la fulla, no s'ha trobat l'altre fragment, per extreure una mostra. L'esmentat grau de degradació extern és palès en la matriu de la mostra observada, la qual no conserva cap resta metàl·lica.

La superfície d'estudi permet advertir la utilització d'un únic bloc de metall original, sobre el que es procedí a conformar la peça; no sembla que el treball mecànic, tan durant la purificació com durant la forja, fos prou acurat, ja que són molt corrents les inclusions escoriàcies que han estat deformades pel martellatge principalment de forma longitudinal al ganivet, fet que indica que es devia partir un bloc curt, de forma indeterminada, que s'hagué d'estirar per aconseguir la forma i llargària desitjada.

Si bé hi ha manca de partícules de metall a la mostra observada, les empremtes sobre la matriu oxidada indiquen una microestructura original hipoeutectoide força heterogènia, tan en contingut de carboni com en grandària de gra. La hipòtesi més factible fora que el bloc primigeni ja estava irregularment carburat, gairebé ferrític a determinats punts on no s'ha trobat cap relíquia, i durant la forja es cementaren zones concretes de la peça; en aquest sentit, sembla que es recolzà una de les cares directament sobre els carbons de la fornal, assolint aquesta àrea un percentatge de carboni superior a la resta.

La manca d'homogeneïtat esmentada és novament palesa amb la important diferència granulomètrica entre zones de la mostra físicament prou properes. Aquest fet s'explicaria per les diferències de temperatura que assolí el bloc de metall durant la seva austenització, pujant més el gradient tèrmic a unes zones que a altres, el que va suposar major creixement als punts més calents i grans

més petits on la superació de la temperatura de transformació no fou tan alta. Altrament, les característiques físiques dels grans perlítics observats afirmen per la seva parcial estructura globular, que la peça es mantingué, llarg temps i abans del refredament, oscil·lant la seva temperatura just per sota la temperatura crítica inferior.

De l'anterior interpretació pot deduir-se que l'objecte presentà deficients propietats mecàniques des de la seva conformació provocades per deficiències tècniques, possiblement tan a nivell infraestructural com de perícia manual, i per una irregular aceració; si bé s'empraren tractaments tèrmics i termoquímics, aquests no sembla que milloressin de forma efectiva les necessitats físiques del ganivet. Les condicions de l'estri no permeten majors apreciacions, però és possible que la fractura es produís per inutilitzar la peça, evidenciant, en aquest supòsit, que si s'incinerà amb la resta d'aixovar no assolí suficient temperatura per a deformar-se plàsticament.

- PT/2023/1.

La mostra estudiada presenta unes característiques que es suposen representatives de la fulla del ganivet en el seu estat actual. La inicial singularitat correspon al fet de que l'objecte es conformà a partir d'una única làmina de metall que, aplanada, es plegà sobre si mateixa, corresponent el llom de l'estri al plec i el tall a la unió en calent de les dues vores de la làmina original. L'esmentada tècnica s'evidencia a partir del buit central i la seva limitada continuïtat en forma d'escletxa cap al tall. Tan en la làmina origen com, posteriorment, en l'etapa de forja de la peça, no es procedí a un treball mecànic suficient per eliminar les restes escoriàcies que en forma d'inclusions embrutaren l'estructura metàl·lica; tampoc s'assolí la unió perfecte entre les dues cares internes de la làmina.

La microestructura observada, tan en forma de metall com les seves empremtes sobre la mineralització, indiquen que era hipoeutectoide, amb una heterogeneïtat en el contingut de carboni si bé, amb les dades disponibles, no existí cap àrea amb percentatge superior al 0,2%. La granulometria ferrítica mostra una considerable deformació provocada pel treball de forja a baixa temperatura, inferior a la de transformació, i a la manca d'una recristal·lització com a culminació del treball de conformació. Sense grans perlítics metàl·lics, les empremtes de

perlita presenten cementita secundària laminar i globular barrejada, indicant un refredament segurament no intencionat.

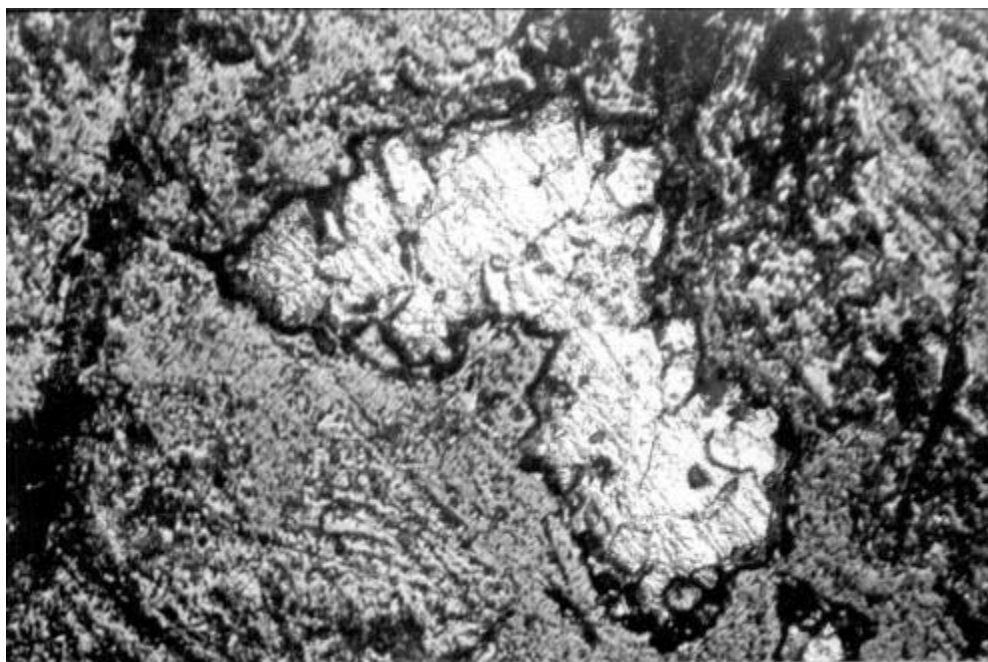
De les dades anteriors, cal incidir en la utilització d'un procediment de treball metal·lúrgic teòricament correcte, consistent en el plegament d'una mateixa làmina per a conformar objectes de gruix variable, més ample al taló que al tall. Les mancances tècniques portades a la pràctica es manifesten en la deficient soldadura entre les cares del plec, a causa de manca de temperatura en el metall i d'insuficient treball mecànic, que ja era rellevant amb la reduïda purificació rebuda per la làmina. Alhora, la distribució de carboni no correspon a les necessitats mecàniques de l'útil, essent per tant la carburació identificada no intencionada, no havent-se tampoc trobat restes de cementació a l'àrea del tall. Com en d'altres peces del conjunt, queda desconegut el suposat efecte d'una hipotètica cremació de l'objecte vinculada al ritus funerari, tot i que la fractura, si es considera intencionada i vinculada al desús, fora evidència de manca de plasticitat del ganivet i, per tant, de baixa o nul·la afectació d'altres temperatures.

- PT/2025/1.

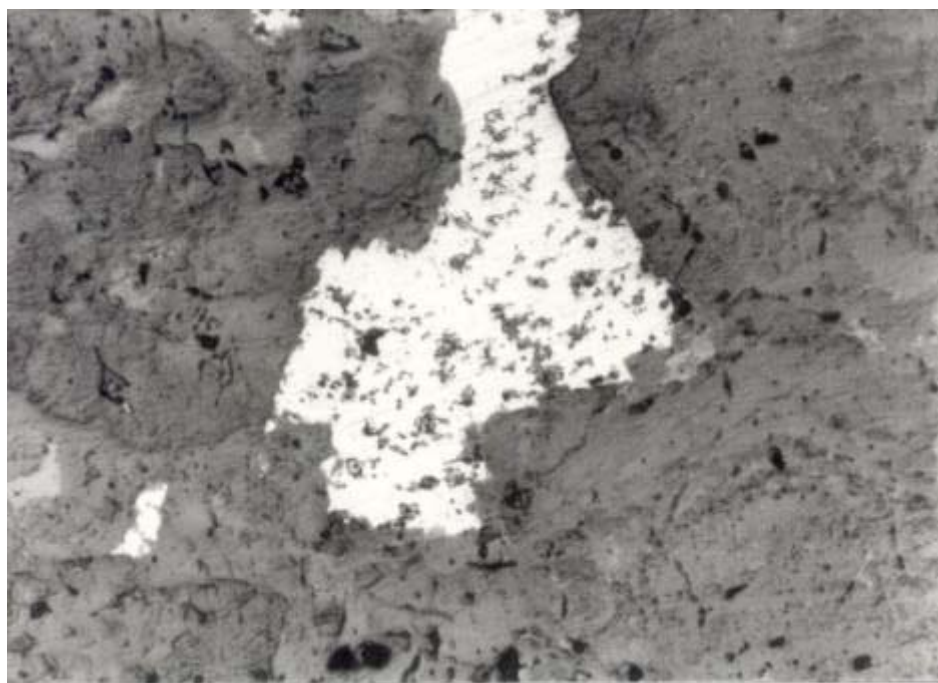
La mostra d'estudi pertany a una peça especialment degradada, a la qual la mineralització i les adherències de l'entorn han modificat morfològicament. En aquest sentit, la informació obtinguda s'ha de considerar molt parcial a les característiques originals de l'objecte, definitivament ja desaparegudes.

Els indicis formals pressuposen que l'objecte es conformà d'un únic bloc de metall o làmina que, prèviament, no havia rebut una suficient purificació per extreure les restes escoriàcies, dinàmica que continuà durant la forja ja que no es netejà totalment l'estructura d'inclusions. De les poques restes metàl·liques identificades i de les seves empremtes sobre l'òxid es desprèn que s'utilitzà un acer dolç amb heterogeneïtat de contingut de carboni; d'aquest hipoeutectoide s'han conservat disseminades sense localització intencional àrees totalment ferrítiques i altres de ferriticoperlítiques amb contingut de carboni no superior al 0.2%. Altrament, la presència especialment localitzada d'empremtes perlítiques a la vora podria ser indicatiu d'una cementació, amb un èxit poc constatable a partir del grau de conservació amb el qual s'ha pogut estudiar la mostra.

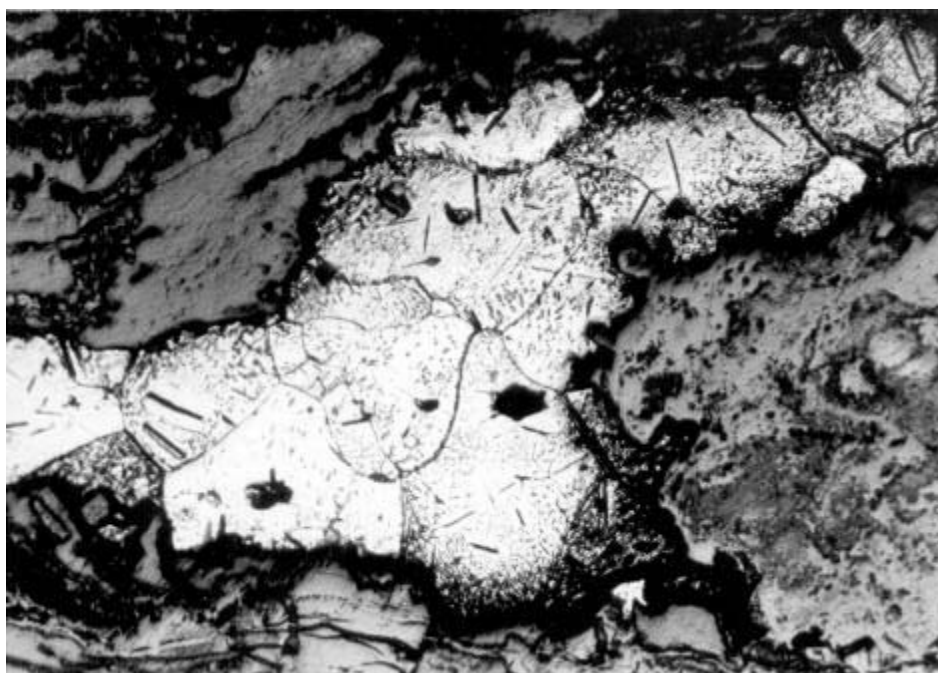
Els pocs grans ferrítics observats presenten diferències de grandària, possiblement motivades per un creixement per fusió del gra provocat per haver superat clarament la temperatura de transformació, desapareixent els límits de gra dels grans petits per formar-ne un de gran. Alhora, els grans es mostren deformats a causa del treball mecànic durant la forja, fet que indicaria que s'acabà la conformació treballant en fred, per sota de la temperatura de recristal·lització, i que en posterioritat al martellatge no es tornà a escalfar per restituir el gra.



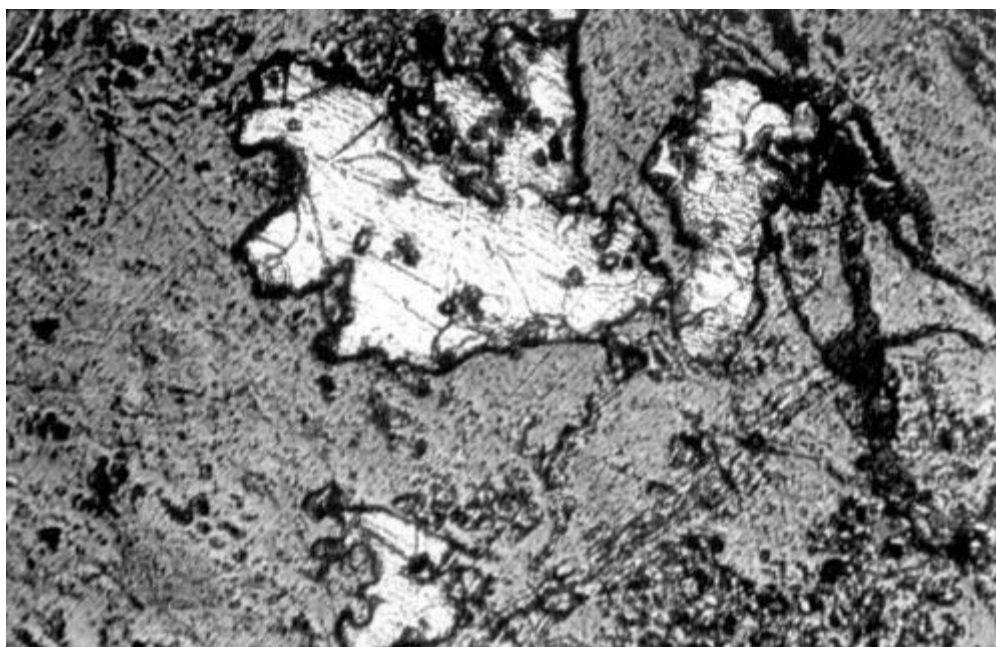
PT/2010/1. Fotografia 1. Imatge de colònia metàl·lica de grans ferrítics sobre la matriu oxidada de la mostra (x 150 augm.).



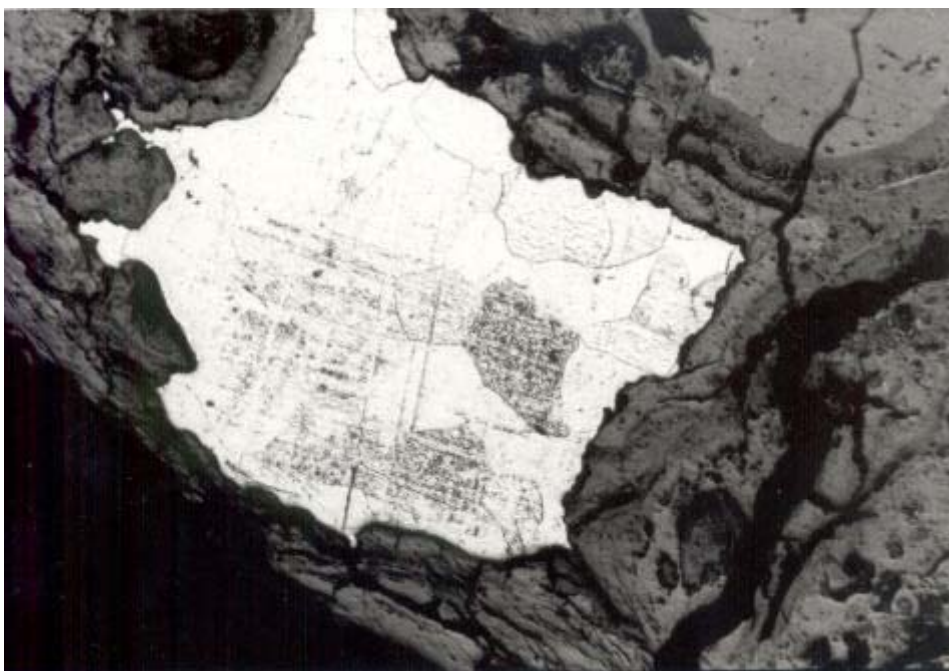
PT/2010/1. Fotografia 2. Imatge de partícula metàl·lica sobre matriu d'òxid amb empremtes de grans perlítics i cadenes cementítiques impreses (x 150 augm.).



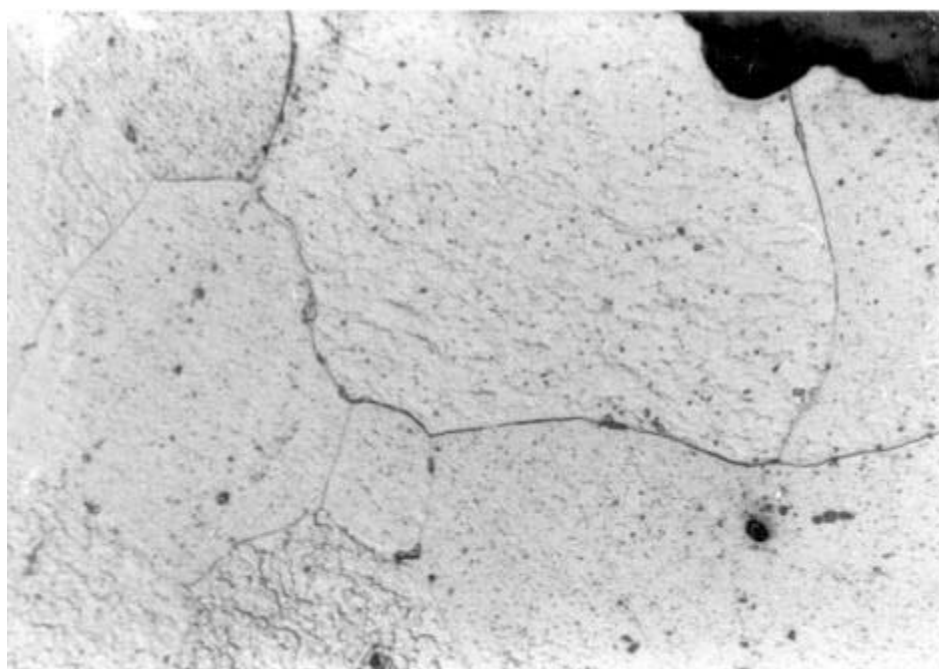
PT/2012/1. Fotografia 1. Imatge de colònia de grans ferrítics sobre la matriu oxidada de la mostra (x 180 augm.).



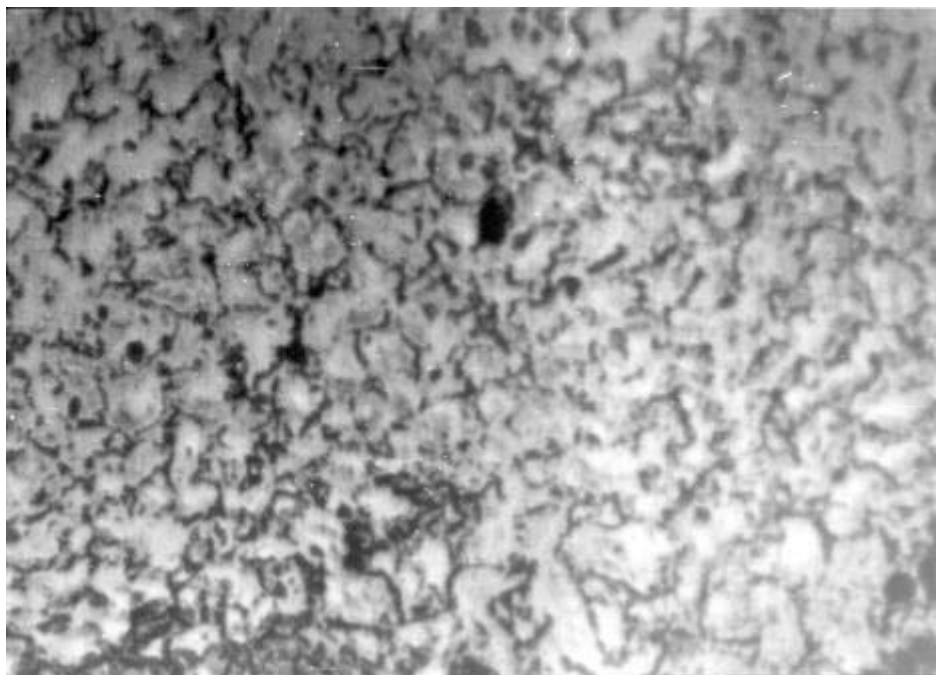
PT/2013/1. Fotografia 1. Imatge de colònia de grans ferrítics de grandària heterogènia sobre fons de la matriu mineralitzada (x 150 augm.).



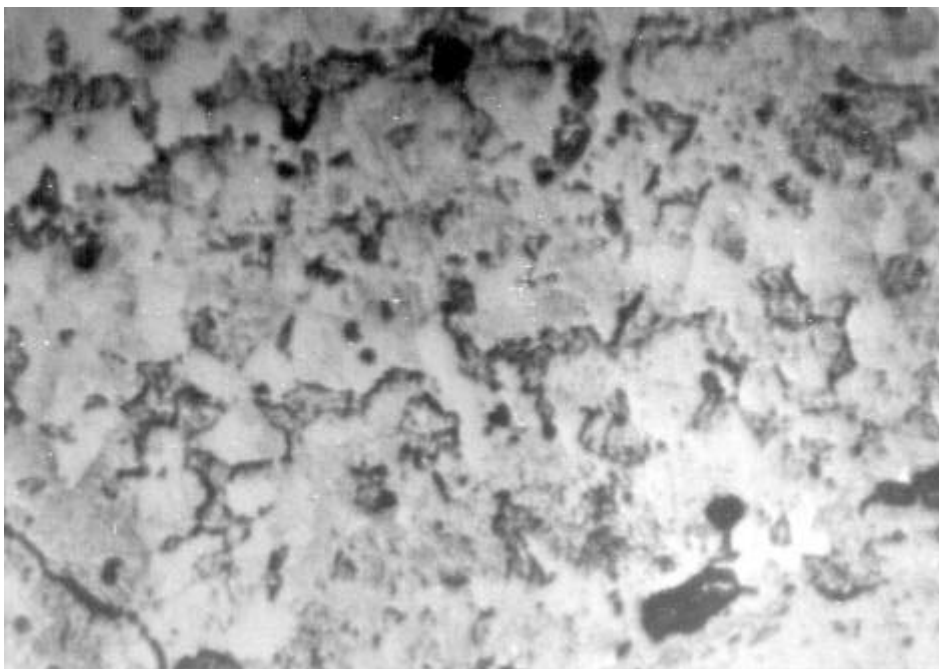
PT/2016/1. Fotografia 1. Imatge de colònia de grans ferrítics sobre la matriu mineralitzada (x 180 augm.).



PT/2016/2. Fotografia 2. Grans ferrítics de grandària diversa i límits regulars (x 900 augm.).



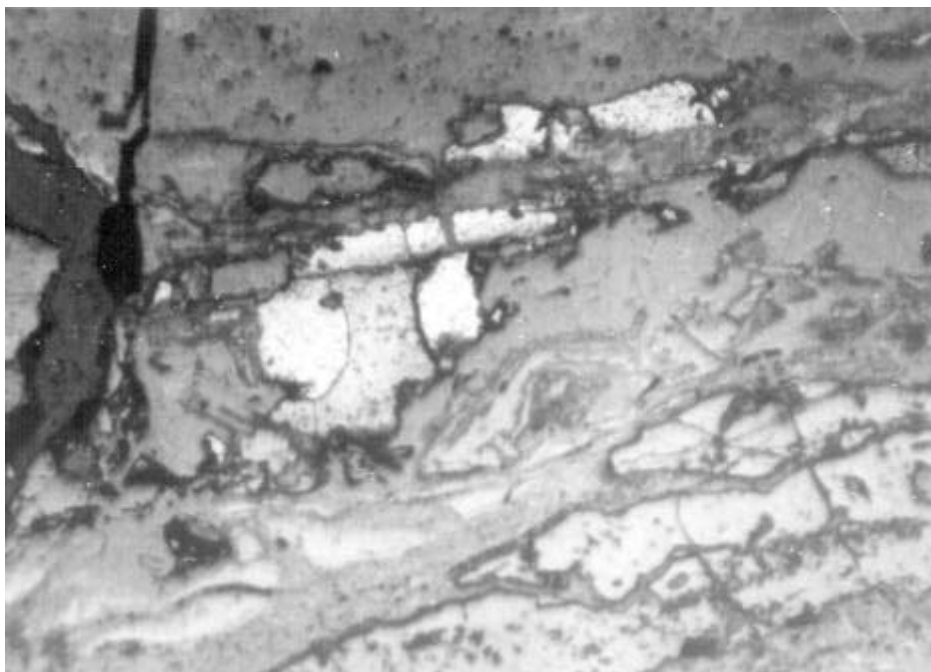
PT/2020/1. Fotografia 1. Emprems de microestructura ferríticoperlítica sobre la matriu mineralitzada de la mostra (x 360 augm.)



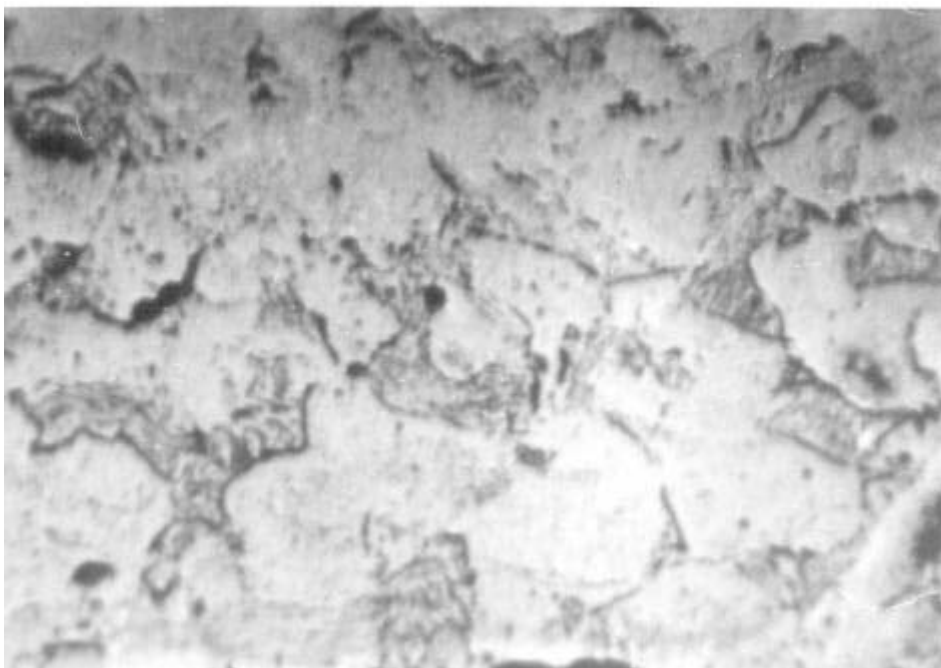
PT/2020/1. Fotografia 2. Imatge amb emprems de grans perlítics sobre la matriu oxidada (x 360 augm.).



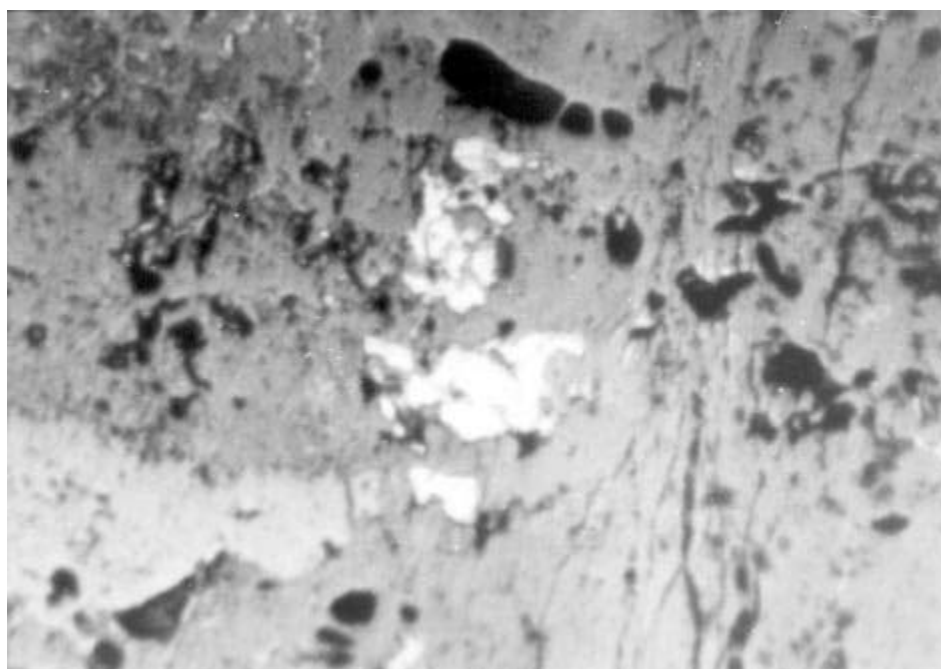
PT/2020/1. Fotografia 3. Detall de relíquies de grans perlítics i d'inclusions no metàl·liques (x 900 augm.).



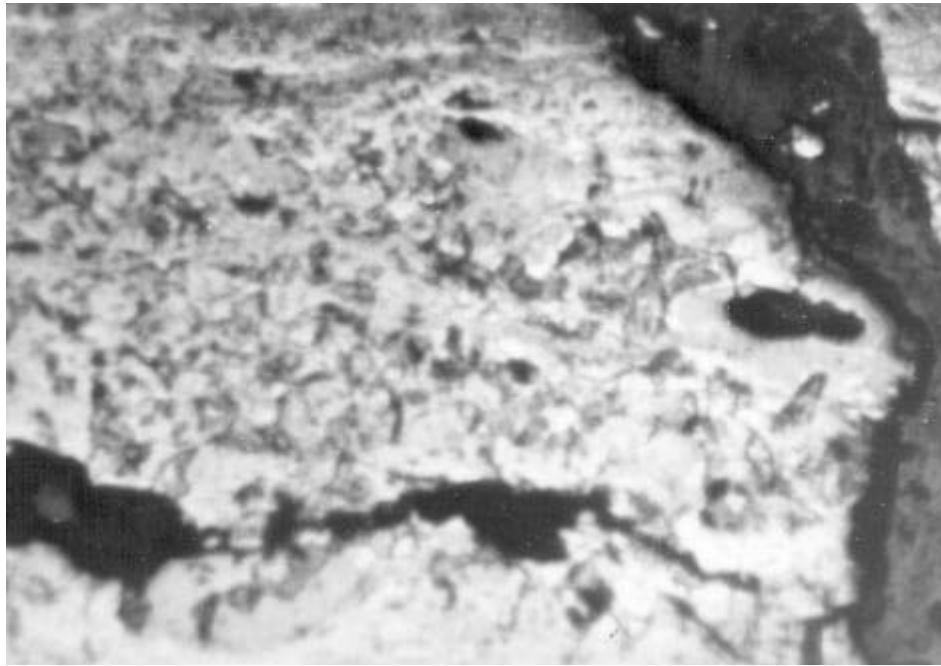
PT/2023/1. Fotografia 1. Imatge de colònia de grans ferrítics irregulars sobre la matriu oxidada (x 360 augm.).



PT/2023/1. Fotografia 2. Empremtes de grans perlítics i límits de granulometria ferrítica sobre la matriu oxidada de la mostra (x 360 augm.).



PT/2025/1. Fotografia 1. Imatge de colònies de grans ferrítics sobre la matriu mineralitzada de la mostra (x 180 augm.).



PT/2025/1. Fotografia 2. Imatge de granulometria perlítica impresa sobre la matriu d'òxid de la mostra (x 180 augm.).

DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2010

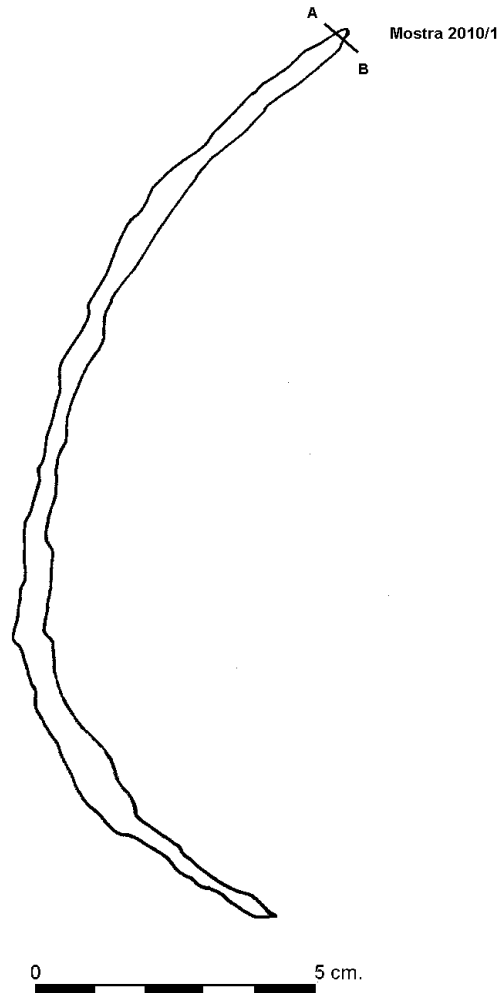


Figura 1. Extracció de la mostra PT/2010/1.

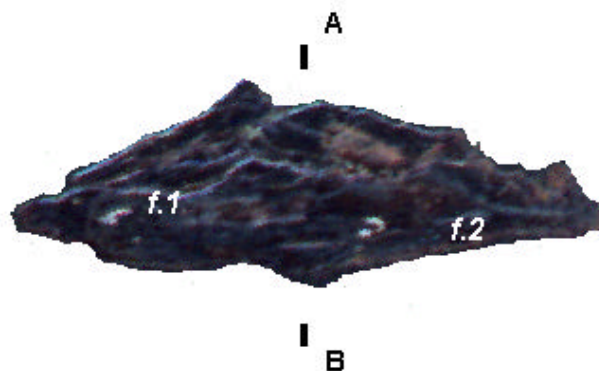


Figura 2. Mostra PT/2010/1 i localització de fotografies de microscopia.

DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2012

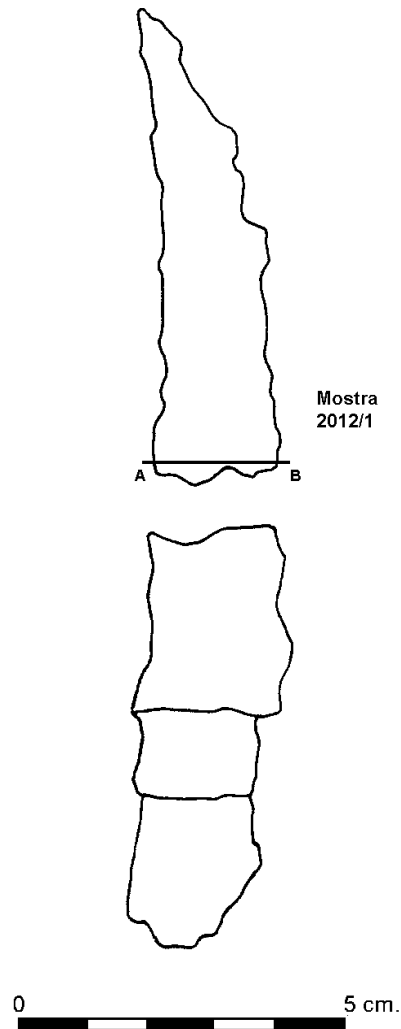


Figura 1. Extracció de la mostra PT/2012/1.



Figura 2. Mostra PT/2012/1 i localització de fotografies de microscopia.

DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2013

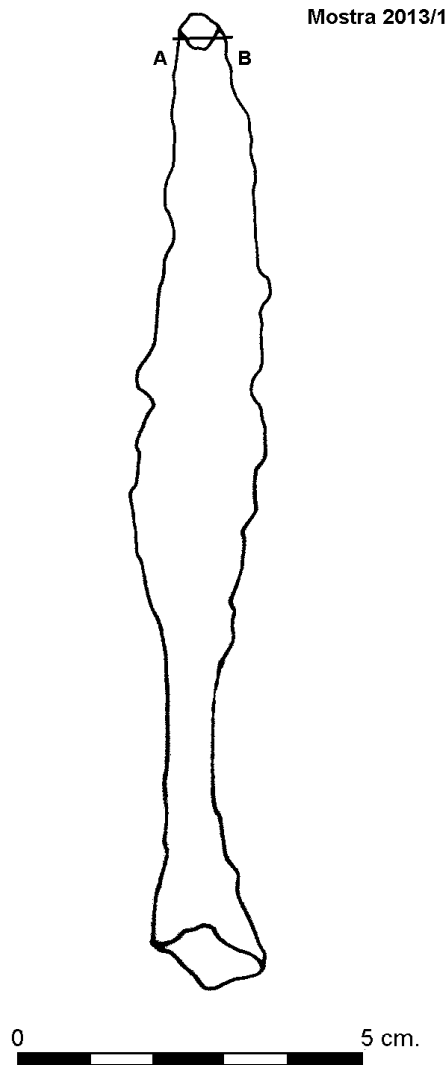


Figura 1. Extracció de la mostra PT/2013/1.



Figura 2. Mostra PT/2013/1 i localització de fotografies de microscopia.

DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2016

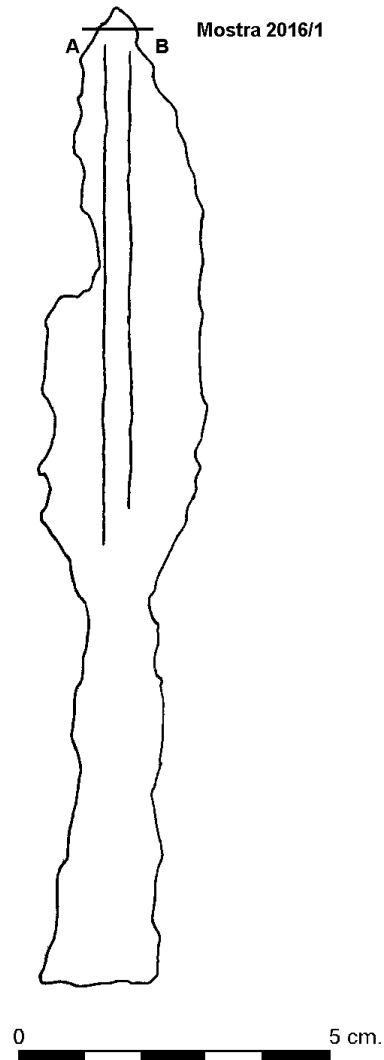


Figura 1. Extracció de la mostra PT/2016/1.



Figura 2. Mostra PT/2016/1 i localització de fotografies de microscopia.

DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2020

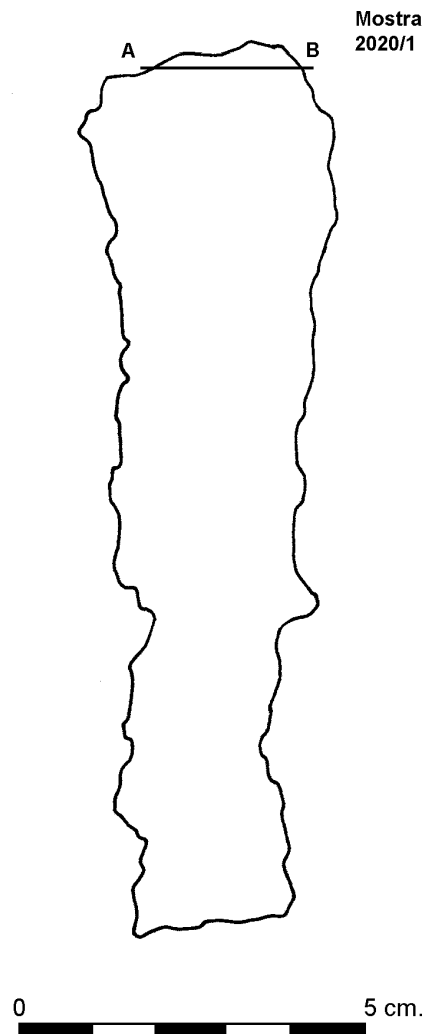


Figura 1. Extracció de la mostra PT/2020/1.



Figura 2. Mostra PT/2020/1 i localització de fotografies de microscopia.

DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2023

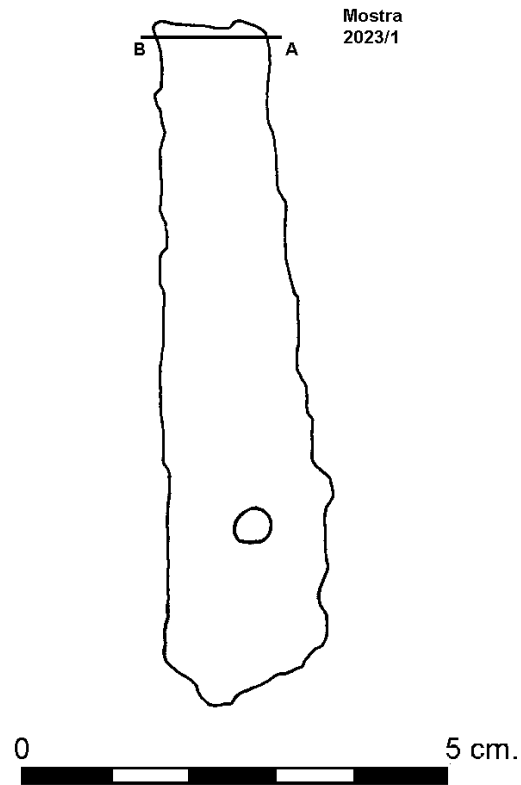


Figura 1. Extracció de la mostra PT/2023/1.



Figura 2. Mostra PT/2023/1 i localització de fotografies de microscopia.

DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2025

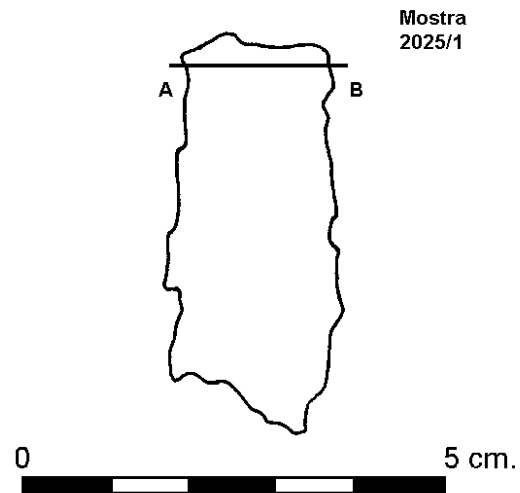


Figura 1. Extracció de la mostra PT/2025/1.



Figura 2. Mostra PT/2025/1 i localització de fotografies de microscopia.

10.3.3. CONSIDERACIONS SOBRE EL MATERIAL I EL SEU CONTEXT

Els objectes estudiats formaven part de l'aixovar de diverses tombes de la necròpolis d'incineració de Mas de Mussols. Essent materials de l'esmentada procedència i donat l'estat de torsió i inutilització d'algunes de les peces, calgué advertir el grau d'afectació de la incineració, si es produí, sobre aquestes i la possibilitat d'extreure'n conclusions alienes a la circumstància.

Les característiques de l'afectació d'una possible cremació sobre l'aixovar de ferro es trobava visualment implícita en l'aspecte extern: per una part, cal suposar que qualsevol peça alterada pel foc havia de mostrar una superfície fumada que, donat el grau de mineralització dels objectes, no és evident, si bé, i en el cas d'una incineració perllongada, l'alveolització perimetral fora superior i, per tant, l'oxidació degradaria encara més ràpidament la peça; altrament, en una prova innegable del fet i essent la finalitat pragmàtica de la cremació dels estris la seva inutilització, l'escalfament i un esforç mecànic relatiu a la temperatura assolida permetia deformar i doblegar els estris.

Des de la vessant metal·lúrgica i fisicoquímica, la cremació dels objectes podia comportar un tractament tèrmic afegit que variaria les característiques i propietats del metall de l'útil. Inicialment es podia produir una descarburació, com a mínim, de les zones més perimetrals que es trobaven en contacte amb l'exterior oxidant. La descarburació del perímetre seria la primera conseqüència a l'augment de la temperatura per sobre mínims assolibles per una pira funerària; amb pujades per sobre de 450° C podrien arribar a produir-se restauracions del gra, en les quals s'eliminarien les possibles tensions internes producte d'anteriors treballs mecànics, sense alterar la seva morfologia; el gra només es modificaria, variant la microestructura prèvia, a l'assolir temperatures de recristal·lització, circumstància que provocaria una austenització i convertiria l'objecte en una massa de molt alta plasticitat.

El conjunt de Mas de Mussols mostra un alt percentatge de peces torçades, amb punta aixafada o talls inutilitzats; bàsicament es tracta d'objectes de grandària considerable, a diferència de la majoria d'objectes petits que es

troben fracturats. El conjunt mostrat estudiat n'és representatiu i en totes les peces s'observa l'acció d'un esforç mecànic per a la seva inutilització.

En les peces trencades sembla evident que, en cas d'una incineració, aquesta fou de mínima afectació perquè foren fracturades, amb trencall net, per efecte de l'acció mecànica. En el cas de les de major grandària, sembla que s'arribà a temperatures suficients per a permetre la torsió, amb ajut d'esforç físic, però no van assolir l'escalfament suficient per modificar la morfologia de l'estri; aquest efecte, variable segons les peces, provocà, per exemple, que la javelina 2013 s'hagués de colpejar contra el sòl per a despuntar-la, aconseguint un limitat desviament de la perpendicular per part de la fulla.

A partir de les premisses prèvies pròpies del context de troballa dels materials, són diverses les característiques comunes, algunes gairebé unitàries, que singularitzen el conjunt.

El metall base sobre el qual es conformaren els objectes estudiats era un hipoeutectoide de baix contingut en carboni, no major a un 0,2%, a partir del qual es desconeix si existia el costum d'enriquir posteriorment amb carboni o, si el contrari, no es procedia a cap tractament de cementació; aquest fet no és demostrable a causa de la descarburació que, a ben segur, es provocà sobre els estris que passaren per la pira funerària. Únicament la peça 2020 mostra indicis de cementació, possiblement accidental, en una de les seves cares; el fet de que aquest objecte estigui fracturat i la presència d'enriquiment de carboni superficial, afirmaria la hipòtesi que per inutilitzar alguns dels elements petits només es trencaren, no es cremaren a l'*ustrinum*.

Aquest mateix metall base demostra que de forma majoritària, a excepció de 2010, els treballs de postreducció per purificar el masser original foren minsos, i els posteriors treballs mecànics durant la forja no acabaren de netejar el metall d'inclusions no metàl·liques. La manca d'un acurat i continuat martelleig és també evident en el ganivet 2023, el qual es conformà plegant una única làmina de metall, deixant el llom amb el gruix del plec i el tall amb la unió d'ambdós costats; necessitat d'un esforçat treball mecànic a suficient temperatura per unir les dues cares, aquest no s'efectuà i la corresponent soldadura fou defectuosa,

amb nombrosos buits i esquerdes que, a part de disminuir les propietats mecàniques de l'estri, actuaren com a focus de mineralització.

L'estudi de la mateixa peça, el ganivet 2023, mostra dues característiques també comunes al conjunt estudiat:

- Utilització d'un únic bloc o porció de masser per conformar els objectes: malgrat que la pràctica els hi requeria proporcionar un gruix singular a cada estri, les peces no utilitzen la superposició de làmines per guanyar i definir cos; es realitzà un procediment menys elaborat, basat en partir de porcions d'una mida i pes consonants amb l'objecte final; només l'esmentada peça 2023 mostra una via intermèdia diferenciada del treball sobre una sola porció de masser.
- Dificultats per assolir i mantenir les temperatures al forn: aquests problemes d'infraestructura i de pròpia perícia del ferrer s'evidencien amb les diferències de creixement de gra dins les mateixes microstructures, on el fet de no mantenir l'objecte a una temperatura per sobre la d'austenització, de forma constant i homogènia durant el suficient temps, ha provocat grans de grandària heterogènia, amb la pèrdua de propietats mecàniques que representa. Altrament, alguns dels materials, com 2023 o 2025, mostren deformació del gra producte del treball mecànic en fred.

El conjunt de materials de Mas de Mussols pertany a un hiatus temporal de dues o, fins i tot, tres generacions, circumstància que no determina la unitat d'origen i manufactura dels materials trobats. Tot i això, el material presenta prou homogeneïtat per poder hipotetitzar vers un origen comú o, com a mínim, tecnològicament força coincident.

El procediment de treball sembla ésser prou simple, propi d'un coneixement poc evolucionat de les tècniques metal·lúrgiques. Es conformaren utilitzant un únic bloc de metall, vinculant, per tant, el volum de l'estri amb la quantitat de metall; aquest fet significa que ells mateixos disposaven del masser o esponja producte de la reducció, del qual separaven la porció necessària per a cada treball, guardant la resta; en aquest sentit, era també possible que disposessin de barres (*currency bar*) sobre les quals realitzar el procediment esmentat. El

metall utilitzat era de pobres propietats mecàniques, bàsicament un acer dolç amb distribució de carboni heterogènia, i en cap cas no sembla que es fessin coincidir àrees de major carburació a les zones més necessitades com els talls o les puntes; aquesta circumstància també denotaria la limitada coneixença empírica dels artesans vers la diferenciació de metalls en el color, el so al colpejar i la resistència al treball en la manipulació del masser. Observada la microestructura, no hi ha constància de cap tractament tèrmic generalitzat, com el tremp, que hauria millorat els estris, i únicament sembla possible que s'utilitzés la cementació intencionada, possiblement evidenciada en la peça 2010 i que la descarburació pot haver eliminat en altres peces; menció apart rep la possible identificació de la pràctica del recuit en l'objecte 2012, amb el sentit de l'existència de procediments metal·lúrgics previs sobre l'objecte que foren “esborrats” intencionalment en un tractament final, i del que només en resta record en forma de macles en la granulometria ferrítica.

A partir de les dades esmentades, pot afirmar-se que es tracta d'una mostra de metal·lúrgia del ferro prou primigènia, la qual no sembla tecnològicament vinculada a les produccions de tallers de filiació mediterrània, ja presents en cronologies prèvies a la zona de la desembocadura de l'Ebre. Hipotèticament foren mostres inicials de la siderúrgia autòctona, tècnicament poc evolucionada, i que desenvolupa tipologies precedents amb altres materials o, simplement, copia models externs.

10.4. SANT JAUME – MAS D'EN SERRA (ALCANAR, MONTSIÀ)

10.4.1. ASPECTES HISTORICOARQUEOLÒGICS

Les restes arqueològiques del poblat fortificat de Sant Jaume – Mas d'en Serra es localitzen en un turó terrassat de la serra de Montsià, dins el terme municipal d'Alcanar, en el límit geogràfic - administratiu meridional de Catalunya, en veïnatge amb Castelló. Domina el pas cap a la depressió interior d'Ulldecona, controlant visualment un llarg tram de costa al sud del delta de l'Ebre, entre Els Alfacs i Penyíscola.

Amb una alçada de 224 m. (s.n.m.) i una superfície de possible extensió de 3200 m², forma part d'una àrea d'extens poblament protohistòric, estant ubicat a escassa distància dels poblats de La Cogula i La Ferradura d'Ulldecona, de La Moleta del Remei d'Alcanar, del Puig de la Misericòrdia de Vinaròs i del Puig de la Nao de Benicarló.

Identificat pels afeccionats locals des dels anys setanta en una àrea no afectada per les tasques agrícoles, el poblat està essent excavat des de la temporada 1997, continuant els treballs fins a l'actualitat (campanya 2004)⁴⁴⁴, i la seva interpretació es vincula al model d'ocupació del sud del Delta en l'eclosió demogràfica d'inicis de la Primera Edat del Ferro.

Han estat localitzats diversos espais habitacionals organitzats urbanísticament per barris, separats per un únic carrer fins avui identificat, i tancats per un mur perimetral; l'esmentat sistema defensiu era format per dos murs paral·lels que estenien llenç pel nordoest, adossats d'un gruix conjunt màxim de 1,50 m. i disposava, amb les dades existents, d'una torre (T1), dedicada al control de l'accés pel barranc de Sant Jaume i a la vigilància i comunicació visual de l'entorn territorial (**fig. 76**).

⁴⁴⁴ GARCIA RUBERT, D.; GRACIA, F. (2002) "El jaciment preibèric de Sant Jaume – Mas d'en Serra (Alcanar, Montsià). Campanyes d'excavació 1997-2001", *Ilercavonia*, 3, pp. 37-50
GARCIA, D. *et alii* (2003) "El jaciment de ...", op.cit. 411
GRACIA, F.; GARCÍA RUBERT, D. (1999) "La primera fase del poblamiento protohistórico en el área sur de la desembocadura del Ebro. El poblado fortificado de Sant Jaume – Mas d'en Serra (Alcanar), campañas 1997-1998", *RAP*, 9, pp. 131-155

La tècnica constructiva es centrava en la utilització de pedra desbastada, lligada amb argila com a conglomerant i amb cunys lítics, i encalada fins al sol d'ús, pavimentat i rebaixat sobre la roca del substrat, el que provoca una diferència de nivell entre l'àrea oberta del poblat i ambdues estances.

A partir de l'estratigrafia i de les restes constructives es pogué identificar l'existència d'un pis superior a les diverses habitacions excavades, possiblement emprats com a magatzem o dipòsits i que s'observaren farcides de materials. Les cobertes dels edificis s'havien construït formant quatre capes, una inicial de bigues i costellam, una de següent amb feixes de matèria vegetal, un llit superposat d'argila aïllant i una estesa final de rajols de fang plans.

L'abandonament del poblat es degué a un incendi que arrasà les construccions, ensorrant les cobertes i segellant el nivell habitacional.

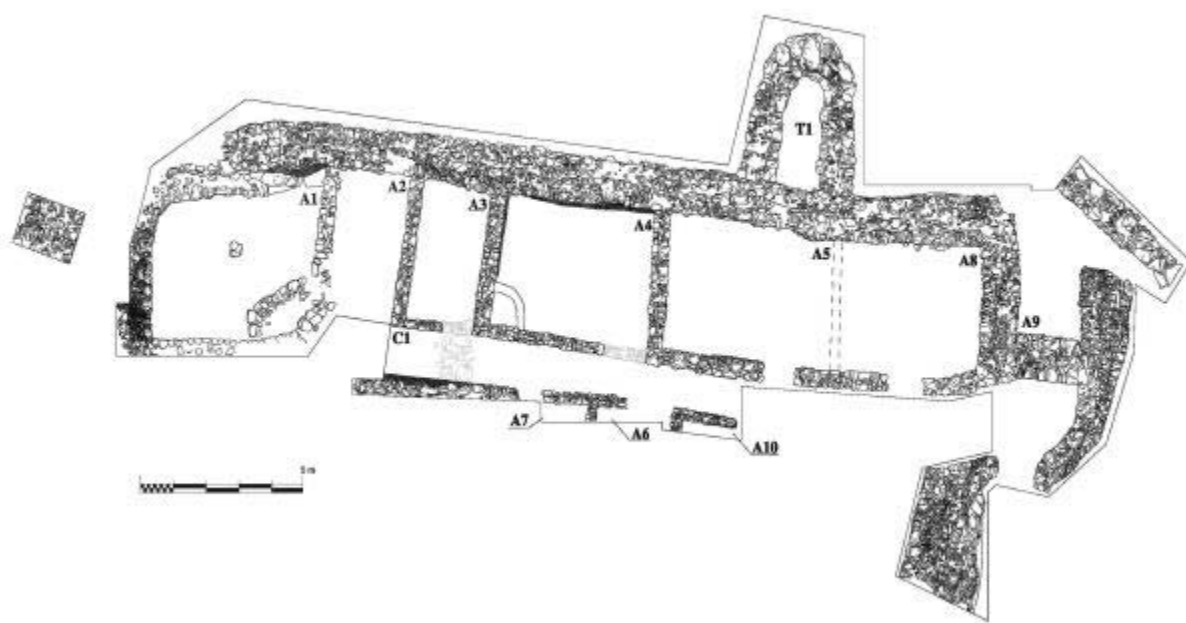


Figura 76. Planimetria de les estructures excavades a Sant Jaume – Mas d'en Serra fins a la campanya 2003 (facilitada per l'equip d'investigació del GRAP ⁴⁴⁵).

L'estudi estratigràfic i dels materials annexes identificà únicament un sol nivell d'ocupació, fet que es reafirma en la manca de reparacions o remodelacions de les unitats constructives trobades. El conjunt ceràmic mostra dos grups

⁴⁴⁵ Grup de Recerques en Arqueologia Protohistòrica, Universitat de Barcelona.

clarament diferenciats, el d'importacions, amb una evident i majoritària filiació fenícia, i el de produccions locals a ma, amb una cronologia genèrica que engloba entre mitjans del s. VII i primer terç/mitjans del s.VI a.C.

Els materials d'importació corresponen bàsicament a produccions filofenícies del sud peninsular i d'Eivissa, amb contenidors, àmfores, trípodcs i vaixel·la paral·lels als prèviament identificats a la resta de jaciments de l'entorn. Altrament, el conjunt de materials locals segueix les pautes formals i decoratives dels models del Ferro I coneguts al nord-est.

Dins el conjunt material destacaren també un lot de *pondus* d'argila assecada, originaris de l'altell de UH1 i un altre, de la mateixa ubicació, d'elements ornamentals de bronze i estris i atuells de ferro.

Emmarcat en el context protohistòric de l'àrea, s'interpreta Sant Jaume – Mas d'en Serra com un establiment de vida relativament efímera, amb una ocupació continuada de poques generacions. Producte d'un moment transicional en el control del *hinterland*, els excavadors el consideren testimoni del pas entre una societat de clans familiars i una posterior concentració demogràfica en establiments majors vers una organització tribal. En aquest sentit, la posterior cronologia proposada pel poblat coincidiria amb les primeres ocupacions d'establiments propers que perduraran fins l'Ibèric Ple (el Puig de la Nau i el Puig de la Misericòrdia) i amb la Moleta del Remei que, a partir d'aquestes dates, mostra un important augment demogràfic ⁴⁴⁶.

L'abandonament provocat per l'incendi evidenciat a Sant Jaume – Mas d'en Serra mostraria una possible migració del grup cap a un dels nuclis propers, on la protecció de les àrees d'explotació agrària, ramadera i forestal i la seguretat del grup estarien garantides per la concentració demogràfica i la unitat política.

⁴⁴⁶ GRACIA, F.; MUNILLA, G. (1993) "Estructuración cronocupacional del ...", op.cit. 128, pp. 209-255

10.4.2. INFORME DEL PROCEDIMENT ANALÍTIC REALITZAT

SELECCIÓ SOBRE EL CONJUNT MATERIAL.

El dipòsit de materials de l'excavació arqueològica de Sant Jaume – Mas d'en Serra (Alcanar) es troba en estudi per part de l'equip investigador del jaciment. Del reduït conjunt d'elements de ferro identificats, han estat triats els que s'adequaven als criteris preestablerts, en relació a la funcionalitat de l'estri i al supòsit de conservació de cos o colònies de grans metàl·lics. Amb el requeriment de limitar al màxim l'afectació física sobre els materials, els objectes susceptibles d'estudi són els següents:

- 2077 (c.e.): destrat.
- 2078 (c.e.): element estructural.
- 2079 (c.e.): clau.
- 2080 (c.e.): clau.

EXTRACCIÓ I IDENTIFICACIÓ DE MOSTRES.

Amb el propòsit d'evitar la major afectació possible a les peces d'anàlisi, s'extreuen les següents mostres / superfícies d'observació, identificant-les amb els següents codis:

- PT/2077/1: tall oblic **A-B**. Per aprofitar un dels escaires de la peça, s'ha realitzat un únic tall de separació (**diagrama d'extracció de mostres 2077, fig. 1**). La superfície estudiada correspon a la cara obtinguda del fragment separat (**d.e.m. 2061, fig. 2**).

- PT/2078/1: talls transversals **A-B** i **C-D**. S'han realitzat dos talls paral·lels entre ells i perpendiculars a la llargària de l'objecte per a obtenir la mostra corresponent (**d.e.m. 2078, fig. 1**). La superfície estudiada correspon a la cara del tall A-B (**d.e.m. 2078, fig. 2**).

- PT/2079/1: talls transversals **A-B** i **C-D**. S'han realitzat dos talls paral·lels entre ells i perpendiculars a la llargària de l'objecte per a obtenir la

mostra corresponent **(d.e.m. 2079, fig. 1)**. La superfície estudiada correspon a la cara del tall A-B **(d.e.m. 2079, fig. 2)**.

- PT/2080/1: tall transversal **A-B**. S'ha realitzat un primer tall perpendicular a la llargària de l'objecte per a obtenir la mostra corresponent **(d.e.m. 2080, fig. 1)**. La superfície estudiada correspon a la cara del tall del fragment de major llargària **(d.e.m. 2080, fig. 2)**.

- PT/2080/2: segon tall transversal sobre l'objecte, esmentat com a **C-D**. Correspon al un posterior tall, paral·lel a l'anterior, en el fragment de major llargària **(d.e.m. 2080, fig. 1)**. La superfície estudiada correspon a la cara del tall en la porció separada **(d.e.m. 2080, fig. 3)**.

OBSERVACIÓ.

- PT/2077/1.

L'objecte originari de la mostra obtinguda presenta a nivell macroscòpic una important exfoliació amb l'existència de, com a mínim, tres làmines de material ben diferenciades que, amb un gruix d'entre 1,3 i 1,8 mm. i ja gairebé mineralitzades, s'han anat deteriorant i fragmentant fins oferir l'estat actual de la peça.

En l'observació al microscopi de la mostra estudiada, aquesta es caracteritza per una molt avançada oxidació, formant una estructura colomorfa interna i amb nombroses escletxes, inicialment microscòpiques, provocades per l'expansió volumètrica del procés de degradació de l'objecte, les quals, alhora, han facilitat la difusió de l'oxigen produint l'oxidació per tota la peça. En la cara del tall estudiat s'observen ben poques les inclusions originals de la peça, les quals mostren el corresponent aplanament provocat pel treball mecànic que, lògicament, és perpendicular a les cares de major llargària de la secció rectangular de l'objecte.

Altrament, i també a nivell microscòpic, la mostra presenta una gran fissura que, perpendicular a la llargària de la peça, és possiblement present en tot l'objecte. Aquesta línia divisòria sembla diferenciar dues microstructures diferents: a un costat s'aprecien les empremtes de cadenes cementítiques en relleu negatiu sobre la matriu oxidada de la mostra **(fotog.1-2)**, possibles

relíquies d'una microestructura ferriticoperlítica; a l'altre costat de la fissura central s'observen les úniques partícules metàl·liques conservades, les quals corresponen a grans aïllats i petites colònies ferrítiques de grans deformats i de grandària prou homogènia (**fotog. 3**), essent presents, entre ells, molt minoritàries cadenes de cementita secundària.

- PT/2078/1.

L'objecte 2078, de secció rectangular aplanada, ha proporcionat una mostra transversal que conserva gairebé completament la secció metàl·lica, a excepció del perímetre que es mostra oxidat.

L'observació microscòpica de la mostra ha permès observar una microestructura metàl·lica heterogènia en quan a la distribució del percentatge de carboni i a la grandària del gra, però sense cap línia o fissura de delimitació. Alhora, es caracteritza per les nombroses inclusions no metàl·liques incloses en la matriu, majoritàriament deformades pel treball mecànic. En referència a aquestes inclusions, algunes d'elles vítries, s'ha comprovat en diversos anàlisis realitzats (**fig. 77**) la presència de diversos elements, essent del tipus multifàssic.

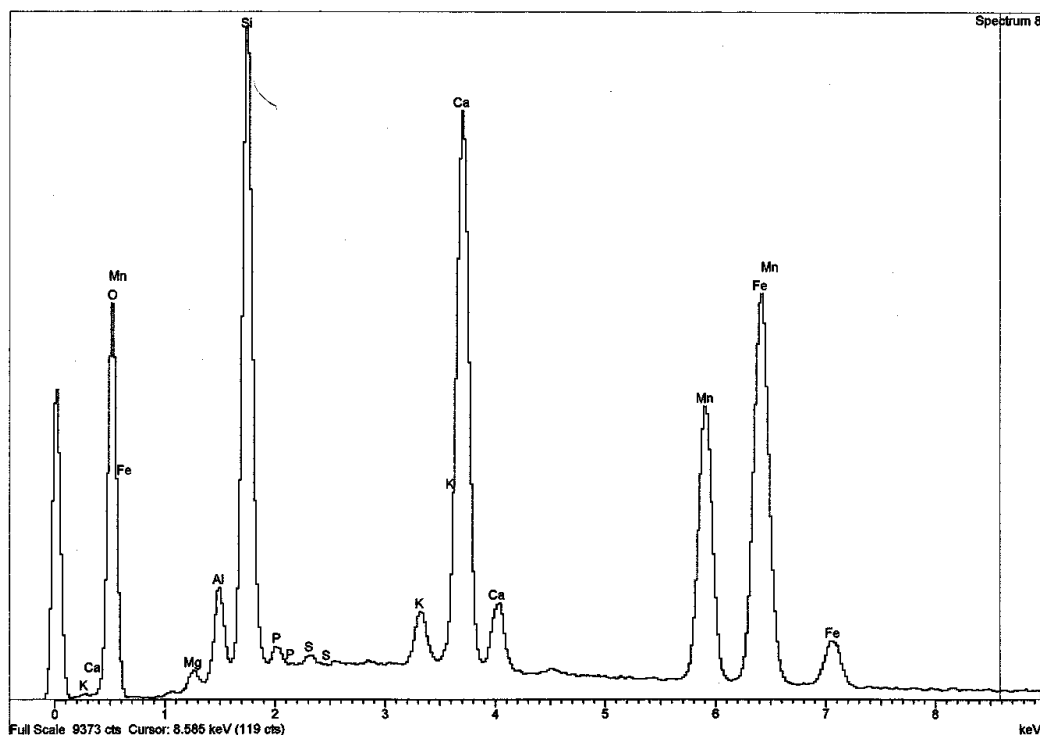


Figura 77. Espectre qualitatiu d'elements identificats en una de les inclusions tipus analitzades de PT/2078/1.

Les zones laterals de la mostra mostren microestructura hipoeutectoide del tipus “acer dolç” (0,1-0,2 % C), caracteritzada per un gra molt petit (**fotog. 1**). La tendència en quan al percentatge de carboni és decreixent vers l'interior de la mostra (**fotog. 2-3**), de forma inversament proporcional a la grandària del gra. La zona central és de microestructura ferrítica (**fotog. 4**), amb grans que no presenten deformació i mostren una grandària considerable si bé no molt homogènia.

S'han efectuat microdureses per a determinar els valors de les diverses microestructures identificades, variant entre els 139,2 HV de les vores ferriticoperlítiques i els 105,6 HV de la ferrita del centre de la mostra.

- PT/2079/1.

La mostra PT/2079/1 correspon a un objecte gairebé totalment deformat per la mineralització; en aquest sentit, macroscòpicament s'observen diverses esclatxes que penetren en el cos de l'estri, permeten l'augment volumètric i, en conseqüència, la seva degradació.

Microscòpicament és visible una matriu oxidada sense cap mena d'empremta de possibles indicis de carburació i on són constants les bandes colomorfes provocades pel procés mineralitzador. Amb tot, ha estat possible localitzar una petita colònia metàl·lica formada per grans ferrítics poligonals i de grandària diversa, amb vores no deformades i amb total manca de cementita intergranular (**fotog. 1**). Alhora, es troben entre la matriu nombroses inclusions orientades aleatòriament.

- PT/2080/1.

Mostra gairebé totalment mineralitzada, on la matriu mostra un procés de corrosió sense bandes, de tipus puntual o Pitting, que ha afectat de forma heterogènia la superfície de la mostra; en el mateix sentit, s'aprecien algunes fissures producte de l'expansió volumètrica de la peça i la seva mineralització, expressada superficialment amb una alveolització del perímetre i la consegüent adherència de les partícules silícies de l'entorn.

Tot i les característiques esmentades, a la matriu oxidada encara són presents diverses colònies de grans metàl·lics, així com nombroses inclusions no metàl·liques (algunes d'elles vítries) considerablement deformades (**fotog. 1**). Els grups de grans identificats corresponen a grans ferrítics de diferents grandàries, més aviat grans, i de vores no deformades (**fotog. 2**), sense haver-se identificat cap presència de carbur ni de relíquia impresa sobre la matriu. Analitzada una de les colònies esmentades (**fig. 78**), es pot apreciar la puresa de l'element Fe sense cap element traça afegit.

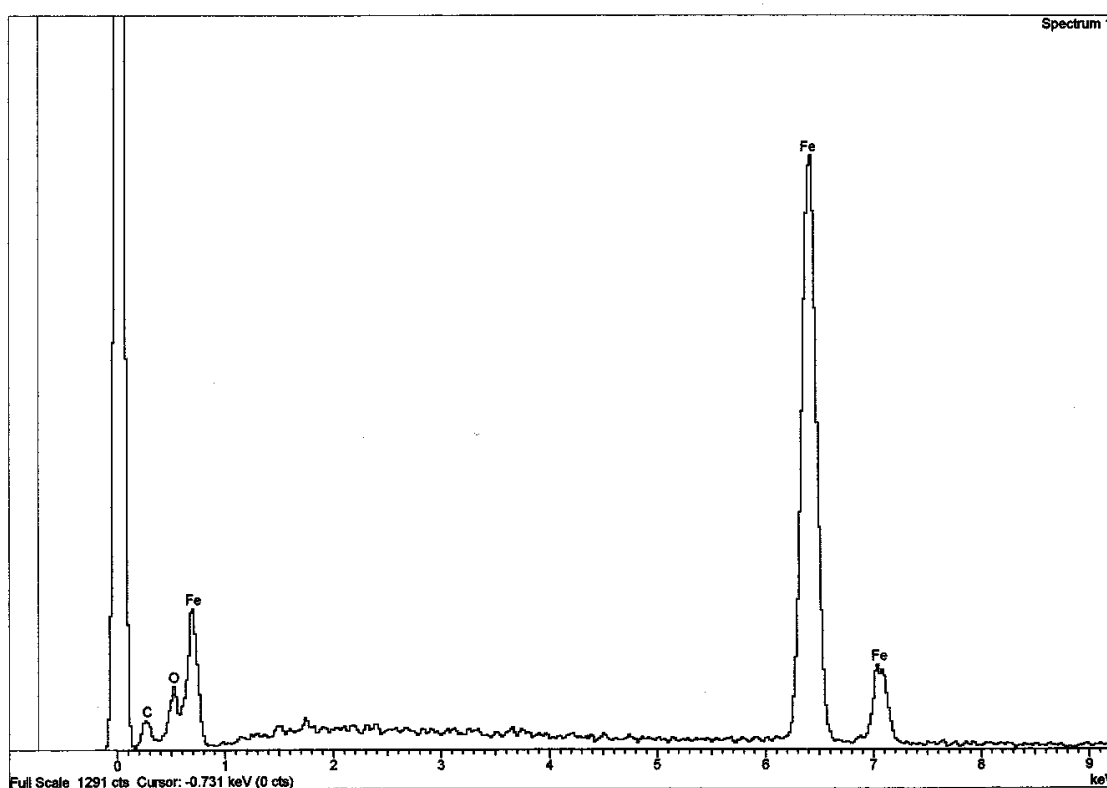


Figura 78. Espectre qualitatiu de una de les colònies ferrítics de la mostra PT/2080/1.

- PT/2080/2.

Mostra corresponent a l'altre fragment separat de l'objecte 2080, que presenta característiques idèntiques a la mostra PT/2080/1. Amb la matriu totalment oxidada i amb presència de nombroses inclusions, són encara conservades diverses colònies metàl·liques, algunes d'elles de força extensió, formades per grans ferrítics (**fotog. 1**) de límits poligonals no deformats i amb creixement no totalment homogeni, tampoc essent visibles restes de carburació.

És destacable, però, la presència de grans escletxes o fissures (**fotog. 2**) que recorren la totalitat de la mostra estudiada; el nombre i tipologia d'aquests solcs no sembla vincular-se a simples penetracions d'òxid, encabides dins el procés de degradació de la peça; ans al contrari, semblen definir unions defectuoses originals.

INTERPRETACIÓ.

- PT/2077/1.

La mostra PT/2077/1 es troba afectada per un gairebé absolut estat de mineralització, del qual únicament es conserven en estat metàl·lic algunes petites colònies de grans ferrítics.

L'observació macroscòpica de la mostra permet advertir una estructura formada per diversos fragments de metall o làmines soldades per obtenir el gruix necessari; aquesta hipòtesi es constata en l'exfoliació de l'objecte que, a part d'ésser provocada per la corrosió, deixa entreveure de forma evident un mínim de tres cossos diferents. El fet esmentat es confirma en la identificació microscòpica d'una fissura que s'interpreta com el trencament de la unió a temperatura i pressió de dues làmines de metall, i que delimita dues microestructures prou diferents fins i tot en l'estat de mineralització que mostra l'objecte:

- una d'hipoeutectoide (no superior al 0.2% de C), que únicament conserva empremtes dels carburs dels grans perlítics sobre la matriu d'òxid;
- i una de pràcticament ferrítica, que mostra uns pocs grans encara metàl·lics.

La deformació de les inclusions mostra el treball mecànic de martelleig efectuat per donar forma a la peça; que aquest treball mecànic sigui també evident en els grans ferrítics conservats ens indica que s'efectuà un ulterior treball, potser una reparació, o que la conformació original de l'objecte finalitzà a temperatura inferior a la de recristal·lització de la microestructura, circumstància possiblement relacionada, alhora, amb el defectuós procés de unió a temperatura i pressió dels diversos cossos que formaven l'objecte. Les deficiències mecàniques en

la unió entre les diferents superfícies de contacte ocasionà bosses d'aire que originaren les fissures i el consegüent procés degradador.

A causa de l'elevat grau d'oxidació, es desconeixen les característiques de la làmina exterior evidenciada macroscòpicament. És possible que els successius escalfaments a baixa temperatura pogueren descarburar les superfícies de l'estri, suposadament en contacte amb el combustible de la fornal. En tot cas, es tracta d'un objecte de bona concepció teòrica, en el qual conscientment es partí de diverses làmines de metall amb característiques suposadament diferents; amb la seva combinació s'intentà manufacturar un útil que reunís característiques mecàniques d'aprofitament per a la seva funcionalitat, iniciant el procediment amb una bona purificació de la massa originària en que es netejà les porcions de metall d'inclusions.

A partir d'aquest encertat plantejament, possibles posteriors reparacions o durant la mateixa conformació minoraren la qualitat de l'estri, circumstància a ben segur motivada per la incapacitat pràctica d'assolir amb la fornal temperatures prou altes i estables.

- PT/2078/1.

Mostra que conserva pràcticament la secció metàl·lica, fet prou inusual per les petites dimensions de l'objecte i per les característiques de conservació de la resta d'objectes del conjunt del qual en forma part.

A nivell microscòpic destaca el fet de no mostrar cap indicatiu d'unió de làmines, el que indica la utilització d'un únic bloc de metall per a donar forma a l'objecte, el qual, i donada la seva grandària, no necessitava de majors aportacions per assolir el gruix precisat. Amb tot, l'important nombre d'inclusions no metàl·liques identificades determina un deficient treball mecànic en les etapes de postreducció i forja; les inclusions es troben heterogèniament deformades, producte del martelleig, si bé, ja siguin observades en secció o de forma longitudinal, majoritàriament mostren l'orientació paral·lela a la superfície aplanada de la mostra. D'entre els diversos tipus identificats, no s'han pogut analitzar les petites inclusions d'aparença circular, molt possiblement de sulfur de manganès, les quals difícilment s'han conservat després de la preparació de la mostra.

De l'anàlisi fet sobre les inclusions de major grandària en destaca l'aparició de sulfur de manganès i de fosfat càlcic; la presència de sofre i manganès, aquest darrer en tan gran quantitat, permet qüestionar la validesa de la cronologia acceptada per a la peça:

- el sofre s'associa com a element vinculat al carburant del forn i que es manté com a contaminant de la matriu de l'objecte; en aquest cas el S es vincula al combustible fòssil, al carbó, i no es sol manifestar com a element menor del carburant vegetal, fet que assenyalaria la possibilitat de que la mostra no correspongués a la datació proporcionada per l'excavació de l'estrat d'origen, ja que és prou evident que la introducció del carbó mineral com a combustible de forns no s'introdueix fins molts segles més tard;
- el manganès en la quantitat identificada a la inclusió sol emprar-se, també en tecnologia siderúrgica contemporània, com afegit a *posteriori* a la fosa del metall, en la tècnica d'afinatge que permet extreure l'excés de carboni obtingut en el procés d'obtenció de ferro de l'alt forn.

Els dubtes generats per l'aparició del sofre no són en cap cas definitius, ja que no existeix cap prova definitiva de la no filiació a la resta del conjunt per part de l'objecte 2078, si bé, i afegit al bon estat de conservació, la identificació de l'objecte en cronologia ibèrica no és plenament segura.

La interpretació de la microestructura observada permet deduir que la porció de masser original era pràcticament de ferro dolç o d'acer molt dolç, lleument carburat de forma prou heterogènia, i que les característiques de gra i enriquiment de carboni en els extrems es produïren a la fornal, durant la conformació de l'objecte. Tanmateix, l'austenització possiblement no s'assolí en l'àrea central, que conservà l'estructura original, ja que el nucli de l'objecte no tingué prou temperatura i aquesta necessitava ésser superior per arribar a l'estat de transformació d'una microestructura formada per grans ferrítics. Amb tot, sembla que l'objecte es diposità entre els carbons el mínim temps per a permetre la cementació i, per tant, la difusió del carboni en una escadussera fondària.

En algun moment del treball de la peça sembla que s'efectuà una recristal·lització, superant la T crítica, que permeté restaurar les vores dels grans, conservades regularment al centre de la mostra. Amb tot, el ferrer partí d'un bloc metàl·lic poc purificat on s'efectuaren els tractaments tèrmics i mecànics que es cregueren adients, si bé una successió d'errors pràctics no permeteren la seva correcta aplicació.

- PT/2079/1.

L'estat de la mostra estudiada limita en gran mesura la seva possible interpretació. En tot cas sembla prou evident, per la manca d'empremtes de carburs sobre la matriu mineralitzada i per la microestructura de la única àrea metàl·lica identificada, que la mostra fou elaborada a partir d'un metall totalment ferrític; la diversitat de grandària i la no deformació del gra pressuposaria un tractament tèrmic que assolí la temperatura d'austenització, aprofitant aquest escalfament per a procedir al treball mecànic sobre la peça, el que feu possible la recristal·lització del gra i, per tant, la poligonalitat dels seus límits.

Desconeixem si es produí una cementació de les vores de la peça, si bé no s'ha pogut identificar cap indicatiu al respecte. El que resulta evident és la manca d'un acurat treball de martelleig, durant la purificació i posteriorment durant la forja ja a la fornal, on s'expulsessin les nombroses restes d'inclusions escorificades observables en la matriu de l'estri.

- PT/2080/1-2.

El grau de deteriorament de l'objecte 2080 no permet extreure'n conclusions de caire definitiu, si bé, donades les característiques tipològiques de la peça, tampoc es preveien especials tractaments mecànics.

Les mostres observades generen el dubte d'especificar si es tracta d'una peça configurada a partir d'un únic bloc de metall o feta a làmines; la presència d'algunes possibles línies d'unió fallides permetrien pensar en un objecte elaborat amb diversos fragments petits de masser, que la manca de temperatura i pressió no permeté d'unir sòlidament; no obstant, la manca de

zones de metall diferenciat o d'empremtes sobre la matriu oxidada no permet d'afirmar-ho definitivament.

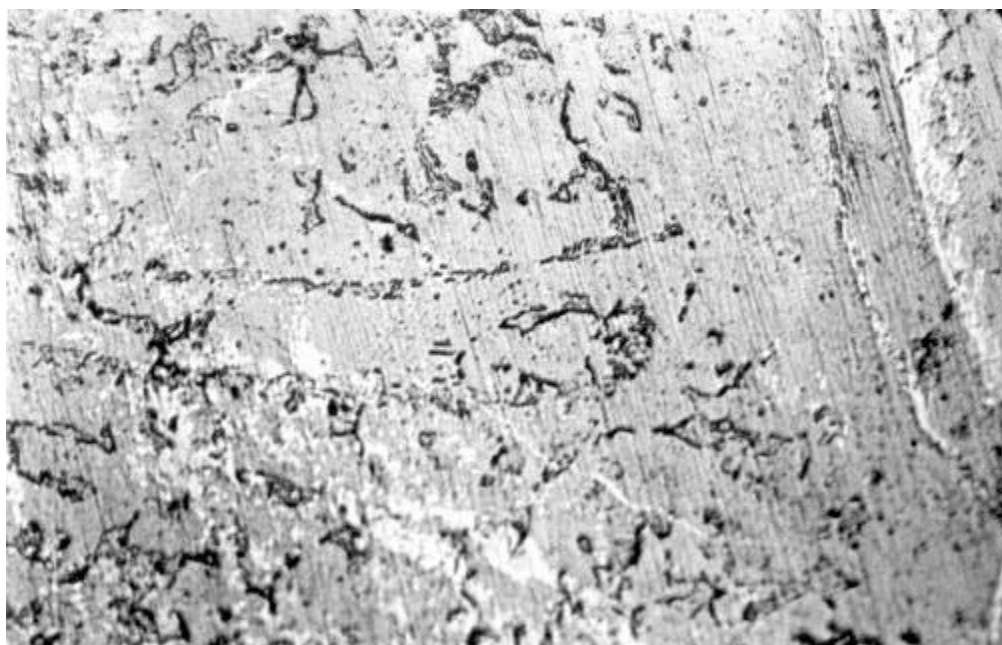
De les restes identificades destaquen les nombroses inclusions, que determinen el molt limitat treball mecànic al que es sotmeté la peça durant la purificació i la forja, essent diverses d'elles d'aparença vítria i, per tant, potser indicadores de successius treballs de reaprofitament. Tots els fragments metàl·lics identificats corresponen a grans ferrítics de grandària diversa i no gaire deformats, el que indicaria, en una etapa intermèdia del procés un limitat assoliment de temperatures d'austenització per, tot seguit, procedir al treball de conformació mecànica, o una culminació amb una recristal·lització que restauraria la vora dels grans.

El fet d'aquesta diferència de grandària de gra podria tenir explicació si la hipòtesi de la conformació de l'objecte a partir de fragments de masser diferents fos correcte. En aquest cas, cada porció tindria una història diferent que determinaria la pròpia grandària dels grans ferrítics que la formarien, derivats de la relació temperatura - temps durant l'arribada a la T crítica d'austenització.

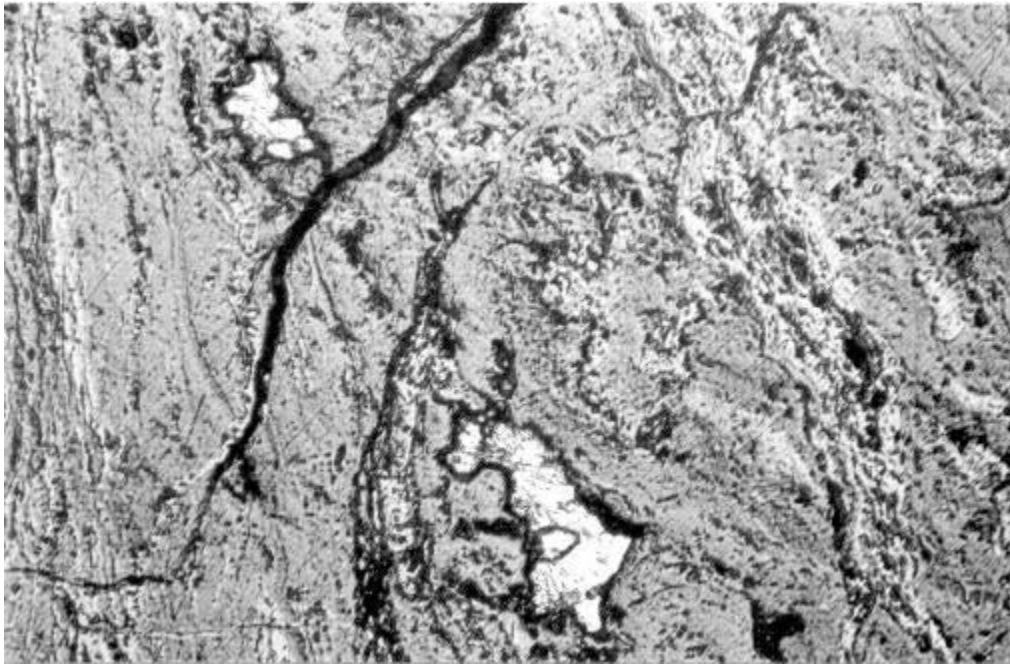
No existeixen prou indicis per interpretar la perícia i coneixements de l'artesà que elaborà l'estri. D'una banda el pèssim grau de conservació; d'altra, les característiques intrínseques de l'objecte què, per possible funcionalitat, no semblà requerir d'un acurat procediment. Tot i això, és notable la manca d'infraestructura adequada per assolir les temperatures que precisa el procediment, tan en el moment de netejar la massa d'impureses, en el moment de les unions entre porcions, si la hipòtesi fos certa, com en el moment de portar homogeniament el metall incandescent al roig viu.



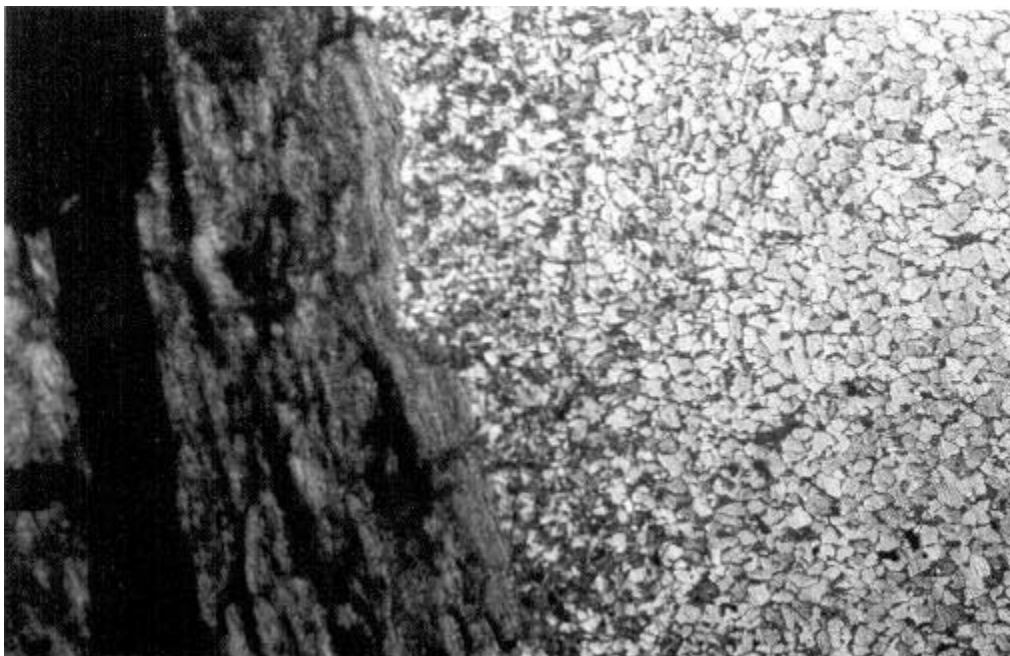
PT/2077/1. Fotografia 1. Imatge genèrica de les empremtes de cadenes cementítiques sobre la matriu oxidada (x 170 augm.).



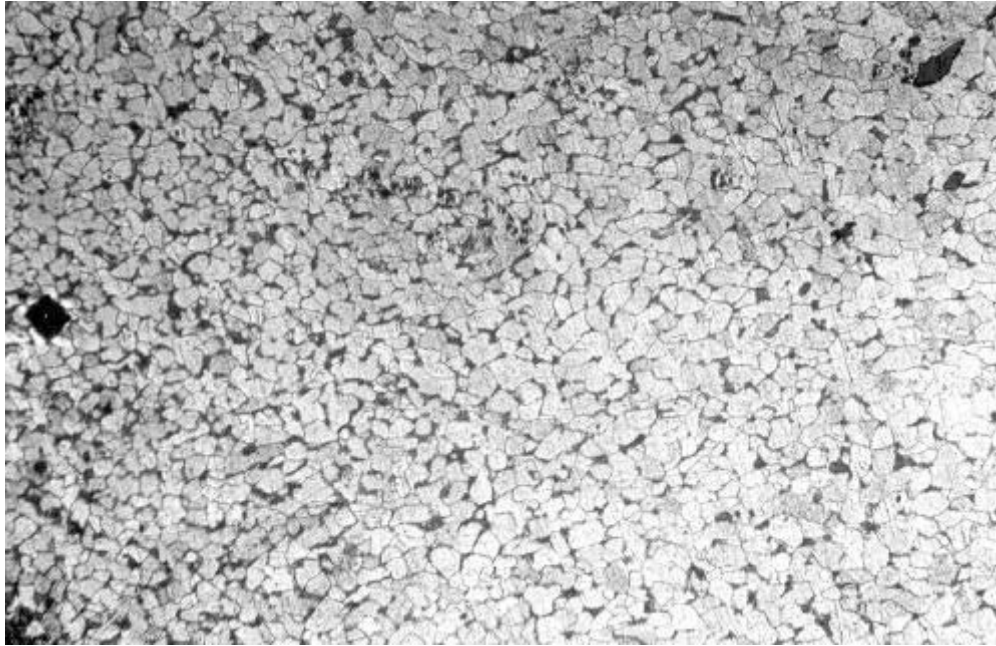
PT/2077/1. Fotografia 2. Detall d'empremtes de la cementita de desapareguts grans perlítics sobre la matriu oxidada (x 225 augm.).



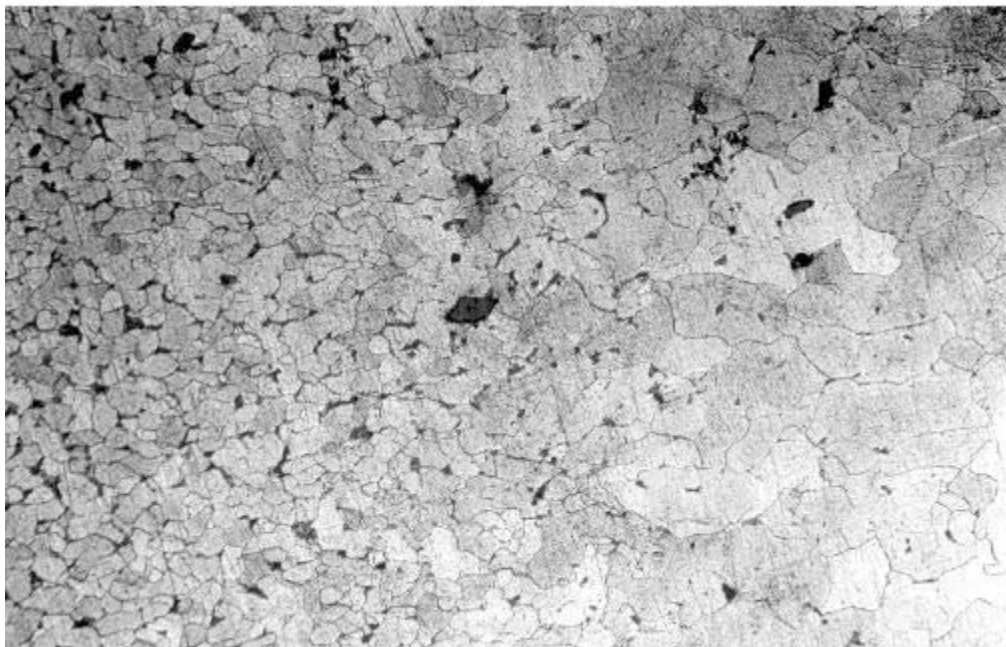
PT/2077/1. Fotografia 3. Petites colònies de grans ferrítics sobre el fons mineralitzat (x 170 augm.).



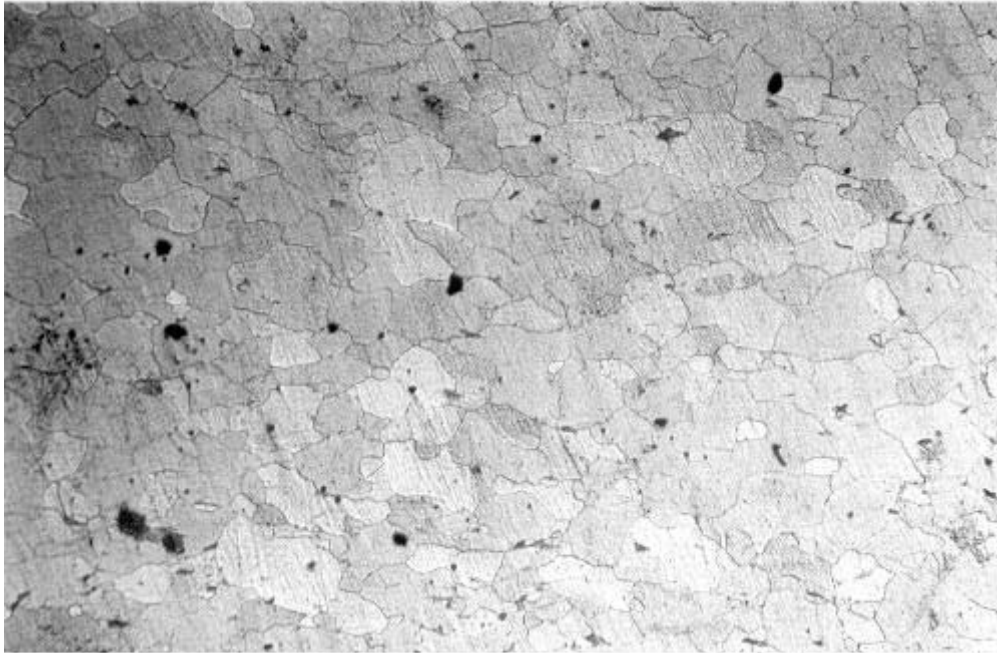
PT/2078/1. Fotografia 1. Imatge de la microestructura ferriticoperlítica de la vora de la mostra (x 170 augm.).



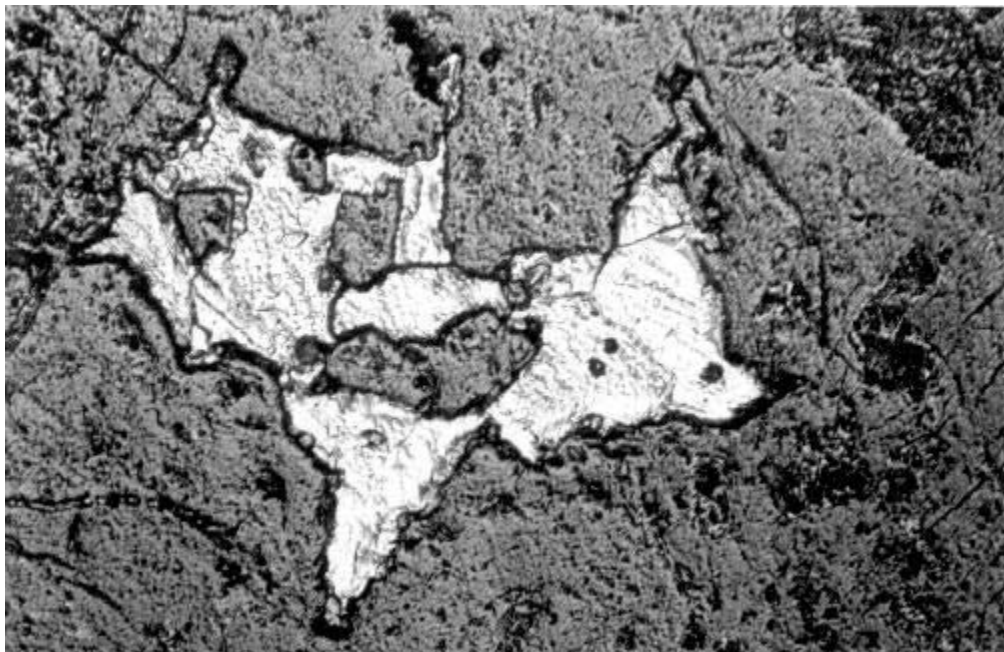
PT/2078/1. Fotografia 2. Imatge del progressiva disminució de carboni i de grandària de gra en la microestructura de la mostra (x 170 augm.).



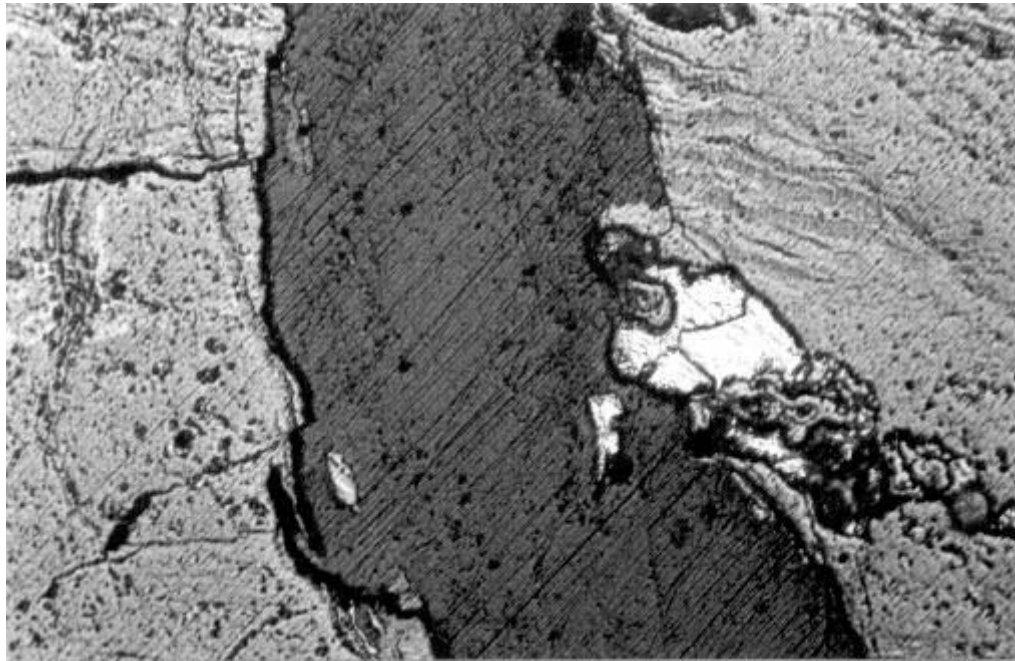
PT/2078/1. Fotografia 3. Imatge següent de la sèrie anterior: microestructura menys carburada i major grandària de gra (x 170 augm.).



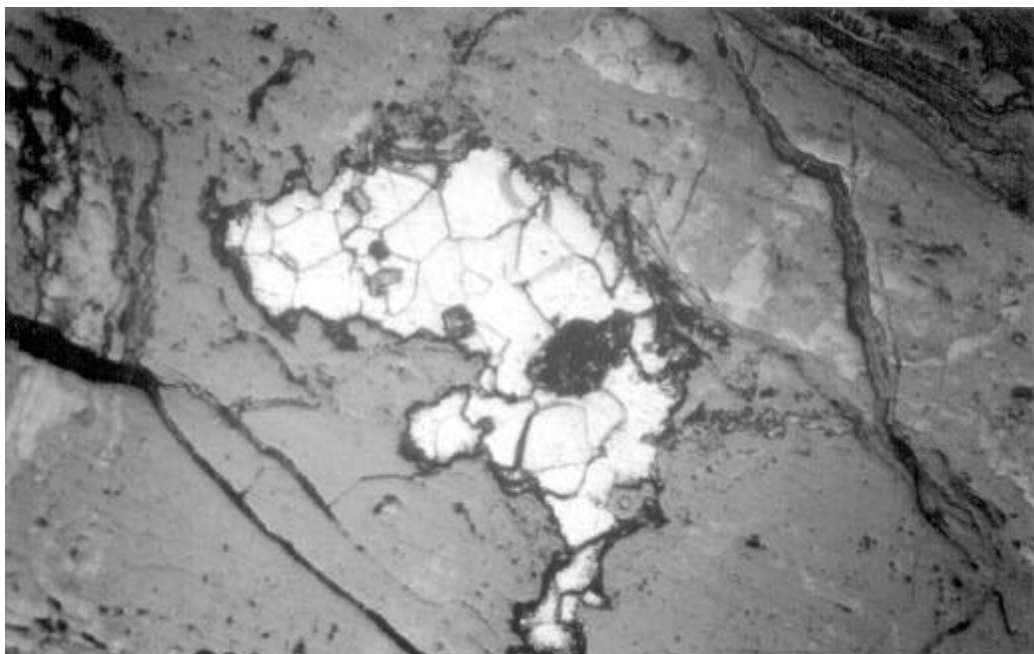
PT/2078/1. Fotografia 4. Microestructura ferrítica amb gra no deformat de major creixement (x 170 augm.).



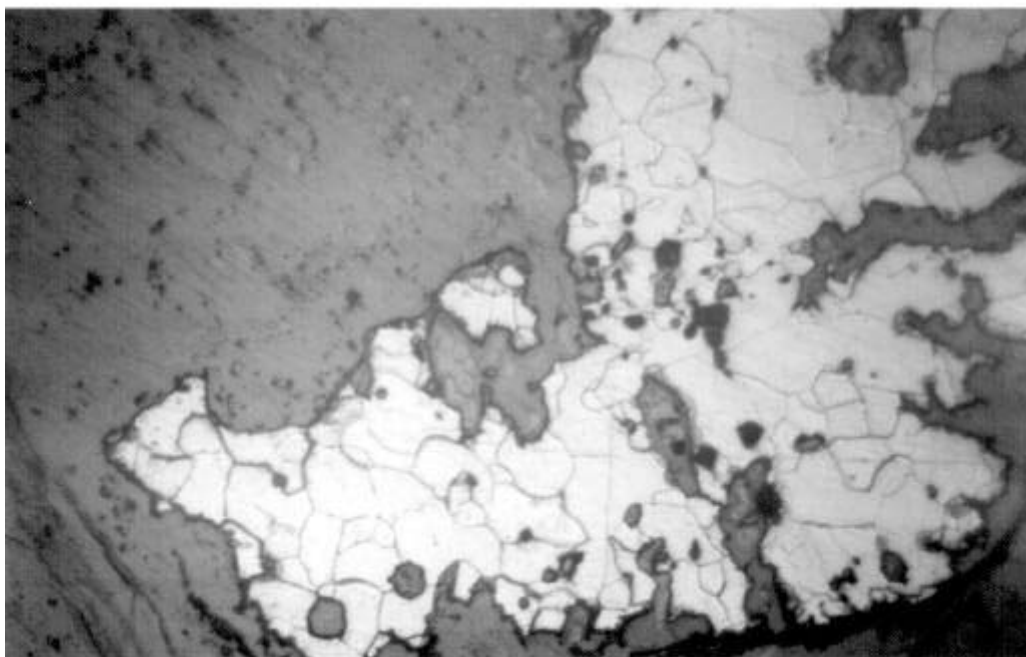
PT/2079/1. Fotografia 1. Colònia ferrítica conservada en la matriu mineralitzada (x 225 augm.).



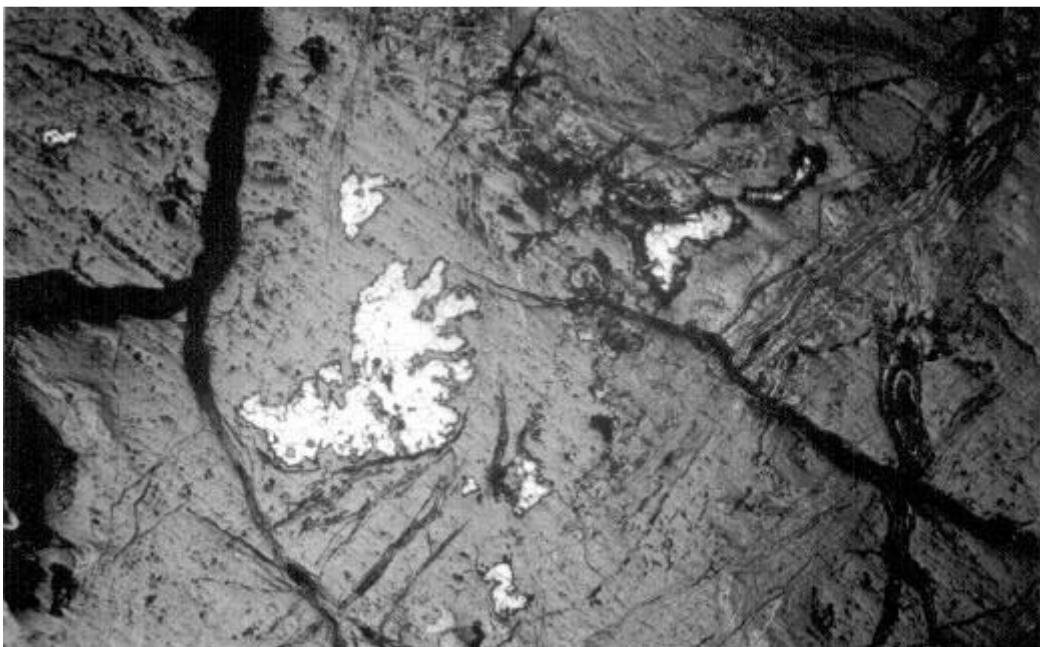
PT/2080/1. Fotografia 1. Imatge de petita colònia ferrítica sobre matriu oxidada en contacte amb una gran inclusió no metàl·lica (x 225 augm.).



PT/2080/1. Fotografia 2. Colònia de grans ferrítics de grandària similar sobre el fons mineralitzat (x 225 augm.).



PT/2080/2. Fotografia 1. Àrea metàl·lica, sobre la matriu mineralitzada, formada per una microestructura ferrítica de grans de grandària heterogènia (x 225 augm.).



PT/2080/2. Fotografia 2. Imatge de colònia de grans ferrítics en la matriu oxidada, on s'observen diverses escletxes originals (x 65 augm.).

DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2077

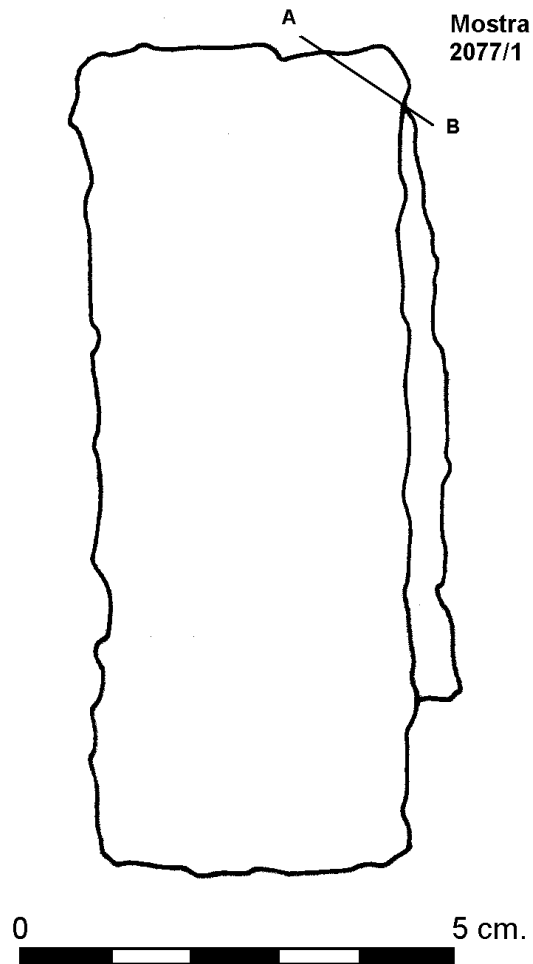


Figura 1. Extracció de la mostra PT/2077/1.



Figura 2. Mostra PT/2077/1 i localització de fotografies de microscopia.

DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2078

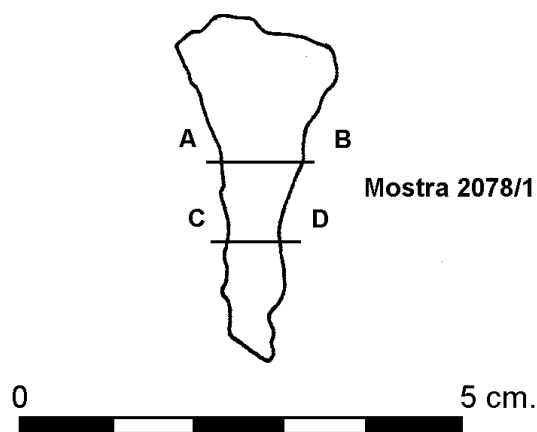


Figura 1. Extracció de la mostra PT/2078/1.



Figura 2. Mostra PT/2078/1 i localització de fotografies de microscopia.



Figura 3. Localització de microdureses sobre PT/2078/1 (1. 105.6 HV; 2. 117.6 HV; 3. 139.2 HV).

DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2079

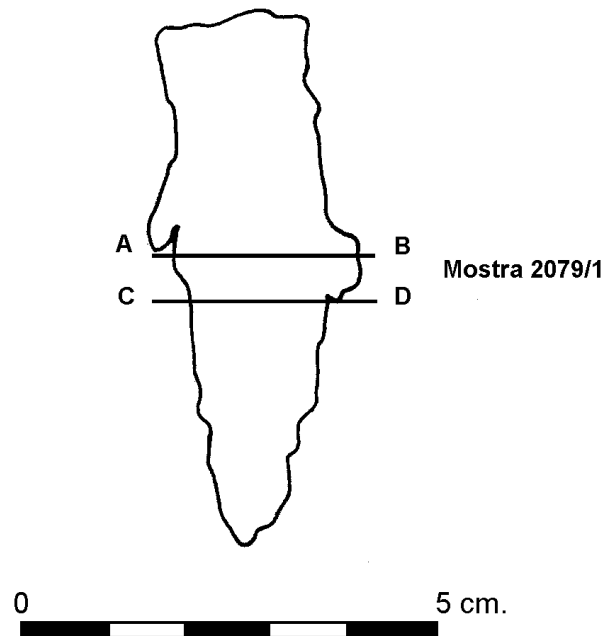


Figura 1. Extracció de la mostra PT/2079/1.



Figura 2. Mostra PT/2079/1 i localització de fotografies de microscopia.

DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2080

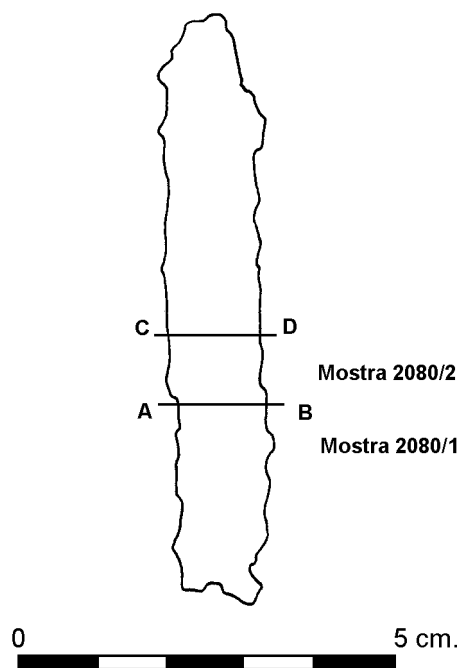


Figura 1. Extracció de la mostra PT/2080/1.



Figura 2. Mostra PT/2080/1 i localització de fotografies de microscopia.

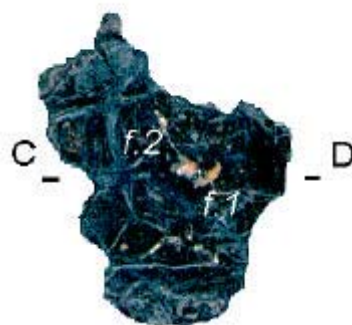


Figura 3. Mostra PT/2080/2 i localització de fotografies de microscopia.

10.4.3. CONSIDERACIONS SOBRE EL MATERIAL I EL SEU CONTEXT

El lot de materials analitzats, provinents del poblat Sant Jaume – Mas d'en Serra, corresponen a un grup d'objectes de ferro identificats a l'habitació 1 i, principalment, a l'UE 9, nivell estratigràfic que els excavadors atribueixen a finals del s. VII / inicis del s.VI a.C.; aquest context cronològic els situaria entre els estris de ferro de major antiguitat coneguts en el nord-est peninsular.

El conjunt mostrat és compost per quatre objectes de tres grups tipològics ben diferenciats: una destrat de petites dimensions (n.i.m. 2077), possiblement de caire polifuncional, un element estructural en forma de plaqueta (n.i.m. 2078) i dos fragments de claus industrials (n.i.m. 2079, n.i.m. 2080). D'aquests únicament l'element estructural no fou identificat en l'estratigrafia esmentada, essent segons els excavadors una troballa superficial en el mateix indret.

L'estudi metal·lúrgic ha permès diferenciar clarament les característiques físico-estructurals de les mostres originàries de 2077, 2079 i 2080, d'igual context estratigràfic, de la mostra de 2078; aquesta darrera, a diferència de la resta, presentava un bon estat de conservació, mantenint de forma majoritària la matriu metàl·lica.

La destrat mostrava una tècnica prou elaborada, a ben segur producte del coneixement empíric en la realització d'útils de ferro. Era feta a partir de l'apilament de varies làmines de metall, cadascuna amb contingut de carboni diferent, amb la intenció de combinar propietats mecàniques adients per l'objecte. A partir d'aquest principi prou correcte, la seva elaboració resultà defectuosa: deficiències tècniques impossibilitaren una soldadura eficient entre les làmines i el martellatge a baixa temperatura deformà part de la granulometria estructural.

El procediment seguit en la elaboració de la destrat no és representatiu de la resta de materials estudiats. El clau 2079 fou fet d'una única peça, amb un menor treball mecànic que la deixà bruta d'inclusions; aquesta tècnica poc

acurada, potser suficient per les necessitats mecàniques de l'objecte, presenta variacions a la barnilla o cos de clau 2080, la qual, també bruta d'inclusions, possiblement es conformà plegant una làmina estirada.

Ben diferenciada de la resta, la naturalesa de les inclusions identificades a l'element estructural 2078 assenyalen que es tractà possiblement d'una peça moderna aliena al conjunt, circumstància que es refermaria en el fet que es trobà superficialment.

Aquest lot, reduït però heterogeni, s'atribueix a una cronologia anterior a la generalització del ferro en el nord-est peninsular. Historiogràficament s'ha vinculat el desenvolupament de la siderúrgia ibèrica a la zona com un fenomen paral·lel a la pròpia evolució sociocultural d'aquesta civilització, la qual comprendria, amb algunes diferències geogràfiques, els segles V - III a.C., en el marc de l'anomenat Ibèric Ple. En l'esmentat context, els objectes analitzats admetrien dues possibilitats respecte el seu origen:

- objectes primigenis de la producció en ferro local;
- importacions com a elements de prestigi.

Les característiques morfològiques dels estris no els situarien com a elements comuns en el context del poblat de Sant Jaume – Mas d'en Serra. La destrat podria ésser interpretada com a estri tipològicament bèl·lic, però amb la seva grandària fora més factible una utilitat cultural o, fins i tot, de caire social dins el grup. Per la seva part, ambdós claus identificats presenten evidents indicis de la seva utilització, ben possiblement en qualsevol atuell complex perible al que calgués subjecció, fos mobiliari o altres estris; la seva singularitat es percep en la manca de més claus a l'estratigrafia, els quals haguessin simplificat el muntatge dels suports necessaris en l'estança – magatzem on, a ben segur, s'empraren tascons de fusta en igual funció que els esmentats elements de ferro.

Als materials d'estudi, la destrat i els claus pertanyents a una estructura complexa indeterminada, s'hauria d'atribuir la consideració d'objectes singulars i diferenciadors en el seu context, possibles béns o elements de prestigi aliens a la cultura material local. En aquest sentit, es trobarien inclosos en el lot de

productes no locals, amb l'important quantitat de ceràmiques d'importació identificades al poblat; aquests objectes formarien part d'una fàcies cultural comuna a tota l'àrea del Baix Ebre, el Montsià i el Baix Maestrat, a la qual els investigadors vinculen els jaciments de la transició Bronze final – Ferro I. En ells es fa evident una forta influència semita representada per un important, i gairebé exclusiu entre les produccions locals, volum de materials d'importació fenícia, en una seqüència d'ocupació de les xarxes de distribució comercial ben definida en les esmentades cronologies ⁴⁴⁷, on la resta d'objectes de luxe d'altres procedències foren excepcions ⁴⁴⁸.

En l'àmbit analític destaca el procediment emprat en l'elaboració dels objectes, principalment en la destal, que per ús i utilitat havia d'ésser l'objecte més singular. Aquests objectes són relativament extemporanis d'una siderúrgia molt precoç i, possiblement, molt limitada geogràficament dins l'àrea en l'etapa cronològica a la qual s'atribueixen.

La utilització de làmines de diferent composició Fe-C implica un coneixement experimentat i evolucionat; es tracta d'un procediment contraposat a l'ús d'una única porció de masser a favor d'una major elaboració, on figuren diverses llenques aplanades de metall amb continguts de carboni diferent, característica que únicament un artesà avesat podia identificar.

Sense indicis d'activitats mineres, extractives o de transformació del mineral, la darrera possibilitat vers l'autoctonisme dels objectes es centraria en la importació dels lingots de metall o *currency bar*, en un procés ben documentat en cronologies més tardanes al mateix context geogràfic. En aquest sentit, no s'ha identificat cap mena d'estructura de combustió o de forn per la conformació d'estris, circumstància lògica en un assentament de característiques més estratègiques que poblacionals, amb poca pervivència i, segons sembla, directament depenent d'un nucli proper, La Moleta del Remei.

A partir de les dades esmentades, caldria hipotetitzar vers la inclusió dels objectes de ferro en l'ampli ventall de productes d'intercanvi que es diferenciï de les produccions locals. Com a peces singulars, elaborades amb un metall

⁴⁴⁷ AUBET, M.E. (1993). "El comerç fenici ...", op.cit. 130, pp. 23-40.

⁴⁴⁸ GRACIA, F. (1991). "Materiales etruscos en el poblado ibérico de la Moleta del Remei (Alcanar, Montsià, Tarragona)", *La presencia de material etrusco en la Península Ibérica*, pp. 178-180.

poc conegut per la població autòctona, els objectes presenten possibles característiques de tallers aliens amb llarga tradició siderúrgica, els quals podrien ésser de filiació semita. Tanmateix, la vinculació a tallers del sud peninsular o de les illes de l'occident mediterrani que s'assigna a les ceràmiques fenícies catalogades podria estendre's als elements de ferro, on són ben documentats grans centres siderúrgics dins l'àrea colonial d'origen fenici del sudest o a la mateixa illa d'Eivissa.