M. Carme Rovira

Revista d'Arqueologia de Ponent
nº 3 1993

Estudi arqueometal·lúrgic de l'Illa d'en Reixac - Ullastret (Baix Empordà)

1. Introducció

Els treballs sobre metal·lúrgia antiga no suposen una novetat en l'arqueologia catalana ni en la de la Península Ibèrica; fins i tot alguns com "Las primeras edades del metal en el Sudeste de España", publicat el 1890 pels germans Siret, són obres pioneres en la matèria. Durant les primeres dècades del nostre segle, Serra Vilaró i Serra Ràfols en varen dedicar d'altres als orígens de la mineria i la metal·lúrgia a Catalunya; els estudis posteriors a la zona, però, es varen enfocar bàsicament cap a qüestions morfològiques dels objectes metàl·lics i les interrelacions culturals, deixant de banda aspectes tecnològics cap als quals ja s'orientaven els científics europeus del moment.

L'estudi dels materials metàl·lics arqueològics es realitza mitjançant tècniques auxiliars. Inicialment es varen emprar mètodes químics destructius per esbrinar la composició de les peces (especialment monedes); aquestes primeres dades foren aviat completades amb aportacions sobre mineria i fonts de proveïment. Anglesos i alemanys varen examinar al microscopi peces antigues establint una correspondència amb tècniques de treball, N. Friend i W. E. Thorneycroft efectuaren les primeres microfotografies del coure i els seus aliatges, i dins del camp de la física, J. Winckler començà a aplicar l'espectroscòpia el 1935, disciplina que va adquirir un gran impuls en els anys cinquanta, arran de la seva combinació amb les matemàtiques i la informàtica.

L'arqueologia catalana, emmarcada en la dinàmica del país, havia quedat relegada d'aquestes investigacions i també es mantingué al marge de nous corrents innovadors dels anys seixanta com la "New Archeology" que varen impulsar el desenvolupament de l'arqueometria en general i de la branca aplicada a la metal·lúrgia, la qual rep el nom d'arqueometal·lúrgia segons la terminologia anglesa, o de paleometal·lúrgia, a la francesa. La manca d'infrastructura adient i de canals de difusió especialitzats, impedí el desenvolupament d'aquesta línia investigadora a casa nostra, a diferència de la resta d'Europa, on cada cop més es donaven a coneixer sèries de materials analitzats, neixien associacions, centres i grups dedicats específicament a aquestes recerques, que connectaven les dades arqueològiques tradicionals amb altres d'etnogràfiques i experimentaven, amb la intenció de conèixer les tècniques antigues i comprendre el paper històric de la metal·lúrgia. En aquest sentit les obres de síntesi més significatives són les de Coghlan (1975), Forbes (1950), Marechal (1983) i Tylecote (1962, 1976 i 1987) i el recull de les sèries d'anàlisis de Junghans, Otto i Schröder de l'*Studien zu den Anfrängen der Metallurgie* (SAM) publicat sota la direcció de Saingmeister.

Paral·lelament, el 1976 A. M. Rauret publicà una obra de síntesi sobre els materials de la metal·lúrgia del bronze a la Península Ibèrica durant l'edat del ferro, incloent-hi tant els elements que intervenen en la producció com els seus resultats, però l'aplicació concreta de l'arqueometal·lúrgia a l'àmbit protohistòric català no arribà a concretar-se fins molt recentment amb els treballs de Pons (1984) sobre l'evolució de l'edat del bronze a l'edat del ferro a l'Empordà i de Gracia pel cas concret del jaciment ibèric del Puig de Sant Andreu (Ullastret) (inèdit; 1981-1982), en introduir puntualment alguns dels conceptes i les tècniques d'aquesta disciplina. En el marc de la Universitat de Barcelona, també s'han realitzat alguns treballs d'investigació sobre la metal·lúrgia de la zona cantàbrica i de l'Ebre entre el segon i el primer mil·lennis aC malgrat la carència d'un projecte global, i a un altre

nivell, entre les aportacions més recents, hem de ressenyar l'estudi del conjunt dels bronzes de Llavorsí realitzat per J. Gallart i S. Rovira (1990; 1991).

Aquesta minsa presència dels estudis arqueometal·lúrgics està generalitzada arreu de l'Estat espanyol, on actualment les publicacions monogràfiques sobre el tema són encara molt limitades, existeixen pocs investigadors dedicats al tema, laboratoris, o programes d'investigació i encara menys oportunitats de formació. En aquest panorama destaca la tasca de S. Rovira Llorens, junt amb algunes iniciatives a nivell internacional com el projecte de l'IAMS (Institute for Archaeometallurgical Studies / University of London) pel coneixement de la metal·lúrgia a la província de Huelva, dirigit per Rothemberg, Evans i Blanco Frejeiro (†), dins d'un estudi més ampli sobre la mineria i metal·lúrgia antigues a Europa Occidental. El 1982 es va iniciar també un programa d'investigació denominat "Arqueometalurgia de la Península Ibérica" a càrrec de M. Fernández Miranda i G. Delibes per esbrinar-hi els inicis d'aquesta activitat. S'ha desenvolupat en col·laboració amb els equips del Departament de Prehistòria de les universitats de Granada i de Palma dirigits per A. Arribas i F. Molina amb P. Craddock (British Museum) i B. Rothemberg (IAMS) aportant dades sobre jaciments calcolítics i argàrics de la zona del S-E i les Mesetes.

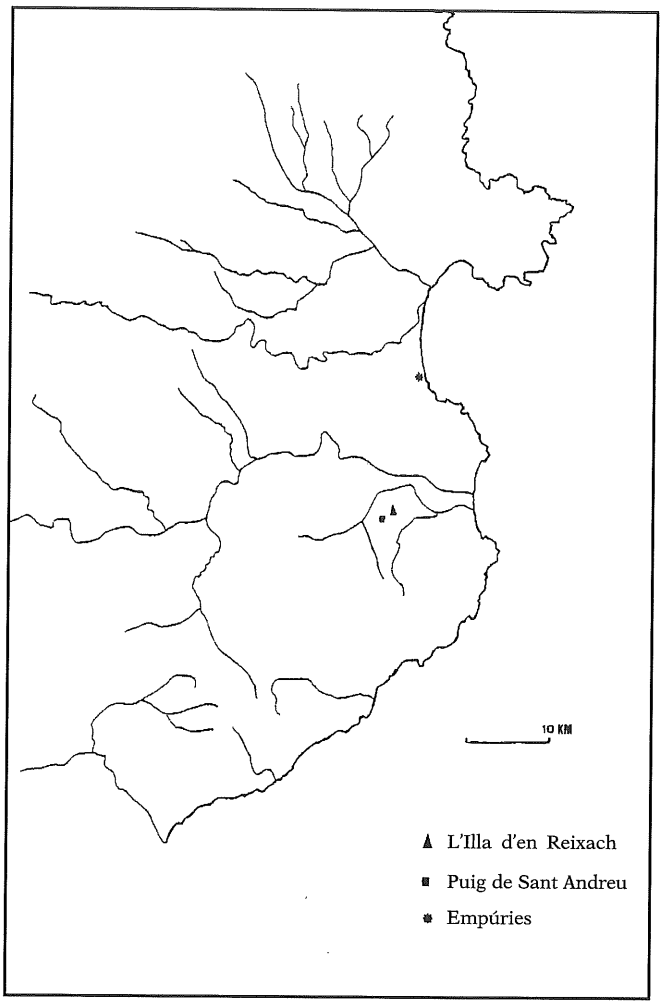

Figura 1. - Localització geogràfica de l'Illa d'en Reixac.

L'estudi arqueometal·lúrgic de l'Illa d'en Reixac

L'Illa d'en Reixac es troba al municipi d'Ullastret (Baix Empordà), concretament a 42° 00' 30" de latitud nord i a 3° 05' 01" de longitud est (Mapa Topogràfic d'Espanya, full 296. VERGES, 1:50.000). Aquesta localització (fig. 1), sobre un substrat compost per margues eocèniques d'origen terciari, el situa a poca distància de dos altres nuclis ibèrics ben coneguts: a 900 m del poblat del Puig de Sant Andreu (Ullastret) i a uns 800 de la necròpoli del Puig de Serra (Serra de Daró). Els tres establiments tenen una cronologia parcialment sincrònica (entre els segles VI i IV aC) i tradicionalment s'ha intentat relacionar-los per explicar llur existència.

La topografia de la ubicació és lleugerament elevada (13 m s. n. m. en la seva cota màxima), ja que es troba sobre un petit turó allargat (l'eix nord-sud té una distància màxima de 320 m i l'est-oest de 200 m) d'unes 6 ha d'extensió (OLIVA 1976, 737), i la inclinació dels pendents és suau a excepció de la vessant est. El nom del jaciment vindria donat per la seva característica situació geogràfica: un promontori de terra que sobresortiria a mena d'illa o península per damunt dels terrenys circumdants, antigament inundats en pertànyer a l'estany d'Ullastret. (Malgrat que es va dessecar a mitjan segle passat, la situació es repeteix esporàdicament en ocasió d'inundacions.)

L'Illa pertany a la Diputació de Girona des de l'any 1977 i el seu coneixement data de 1945 quan fou visitada pels arqueòlegs M. Oliva i L. Pericot arran de la notícia de certes troballes efectuades al lloc. L'interès de la Corporació Provincial per la localització de les necròpolis del Puig de Sant Andreu impulsà la prospecció de la zona des de 1947 però la seva excavació per part del Centre d'Investigacions Arqueològiques de Girona no començà fins 1965 sota la direcció de M. Oliva, mitjançant diversos sondejos a la zona nord-oriental (OLIVA 1971, 77; 1976, 375, 733 i ss.; LÓPEZ et al. 1989, 89). Es varen fer altres campanyes els anys 1966, 1971, 1972 i 1974, igualment sota la direcció de M. Oliva (MARTÍN, SANMARTÍ 1976-1978, 431) però els resultats de la darrera, a la vessant meridional del jaciment, restaren inèdits per la seva sobtada desaparició, i no fou fins més tard, en una publicació pòstuma (OLIVA 1976) quan s'exposà una síntesi de l'evolució de l'assentament.

La tasca arqueològica fou ampliada per M. A. Martín de 1975 a 1984, amb la col·laboració d'E. Sanmartí en les campanyes de1976 i 1977, a les quals corresponen dos sondejos: el primer (Cala C 01) en l'àrea meridional, ja explorada anteriorment, i l'altre en la cota màxima del jaciment. Aquest, denominat tall A1-1976 aportà una estratigrafia que va permetre dividir en 3 fases el desenvolupament previ a la plena iberització (MARTÍN, SANMARTÍ 1976-1978).

La fase I (estrats I i II) s'inscriu en un moment preibèric i queda materialitzada per un establiment de cabanes retallades a la roca amb una superestructura de materials peribles.

La subfase I A començaria al final del s. VII o inici del VI aC i finalitzaria a principi del segon quart

del s. VI aC. Hi predomina la ceràmica a mà i entre els materials foranis només apareix l'àmfora fenopúnica.

La fase I B (estrat III) és continuista respecte a l'anterior, però amb la novetat de les primeres importacions gregues i etrusques (copa jònica B2, ceràmica gris "à marli" i àmfora etrusca) i l'aparició del ferro. Es data entre els anys 575 i 550-540 aC.

Individualitzant aquesta primera ocupació aparegué a continuació un nivell estèril interpretat com a abandonament.

La fase II es caracteritza per una represa de l'habitació, mitjançant una organització urbanística basada en cases de planta quadrangular construïdes amb pedra i terra. La ceràmica a mà experimenta una gran disminució mentre augmenta la quantitat de la feta a torn (acroma i pintada) i continuen les importacions mediterrànies: *bucchero nero*, copa jònia B2, ceràmica àtica i grisa d'occident. La cronologia del període se situa entre mitjan i l'últim quart del s. VI aC i representa l'inici de la cultura ibèrica.

La fase III datable entre final del s. VI i inici del V aC està representada per la perduració de la ceràmica indígena a torn, ceràmiques pseudo-jòniques, grises d'Occident i àmfores de procedència massaliota.

El nivell cronològicament posterior correspon d'una banda a un nou moment d'abandó i a una ocupació successiva en la transició del s. V al IV aC en el sector més elevat del jaciment (Cala A1), mentre que al sondeig meridional (Cala C´01) s'evidencia una ocupació continuada durant la primera meitat del s. IV aC.

Quedava així descartada la hipòtesi que el jaciment hagués estat una factoria grega, palaiàpolis del Puig de Sant Andreu tal com havien proposat alguns autors (OLIVA 1971, 77; MALUQUER DE MOTES 1976, 17); es demostrava una ocupació indígena anterior als contactes colonials i per primer cop quedava documentada al territori indiceta una seqüència estratigràfica ininterrompuda des de la transició de l'edat del bronze a la del ferro fins a començament de la iberització (PONS 1984, 95-106).

Una nova etapa de la investigació fou endegada el 1987 sota la direcció de M. A. Martín i E. Pons, amb un equip format per J. B. López, J. M. Llorens, M. Mataró i A. Toledo i des de 1989 amb la col·laboració d'especialistes en múltiples disciplines arqueològiques. La metodologia de treball substituí el sistema d'excavació mitjançant sondejos pel d'extensió, aplicant el sistema Harris amb un suport informàtic de registre i operativitat per tal de facilitar el tractament de les dades i relacionar-les amb les d'altres jaciments protohistòrics (BUXÓ et al. 1992, 133-183).

Les darreres campanyes han completat la periodització inicial del jaciment fins al final del s. III aC en els sectors més meridionals i n'és el període millor conegut el corresponent al s. IV aC. L'ampliació dels coneixements referents a les fases immediatament anterior i posterior són un dels objectius de la recerca actual, junt amb la delimitació de l'abast real de l'ocupació antiga i la reconstrucció del paleoambient, aspectes que es donaran a conèixer pròximament.

Objectius i metodologia

Al final de 1988 se'ns va plantejar la possibilitat de realitzar un estudi arqueometal·lúrgic de l'Illa d'en Reixac, arran de la iniciativa de l'equip d'excavació i del Centre d'Investigacions Arqueològiques de Girona per desenvolupar un projecte de recerca interdisciplinària que permetés una aproximació globalitzadora al jaciment i el seu medi. Això no només suposava l'aplicació de tècniques de caire paleoambiental, sinó que també contemplava l'aplicació a la tecnologia i, en definitiva, a l'economia antiga. Les diverses restes lligades a la metal·lúrgia, aparegudes fins el moment permetien realitzar un programa amb diverses finalitats i mètodes d'investigació, per conèixer al més exactament possible el decurs d'aquesta activitat productiva en el context del poblament indígena del Baix Empordà durant l'edat del ferro. Les dades que constitueixen el cos d'aquest treball són bàsicament les extretes de les excavacions de 1987 a 1990, encara que també s'hi inclouen altres de campanyes anteriors, i varen derivar en la constitució de la nostra tesi de llicenciatura centrada en l'estudi de la metal·lúrgia del bronze i del ferro. Fou codirigida pels professors M. A. Rincón (Universitat de Barcelona) i E. Junyent (Estudi General de Lleida) dins del programa de doctorat d'aquesta darrera institució "Dos Models de Canvi a l'Antiguitat", i defensada el 4 d'octubre de 1991.

El nostre propòsit d'aportar una aproximació integral a la metal·lúrgia com a procés complex i dinàmic abastava els següents àmbits:

— Definició i aplicació d'una metodologia específica.

— Classificació i estudi dels materials metal·lúrgics, sincrònicament i diacrònicament.

— Identificació d'elements i àrees del jaciment dedicats a activitats de producció o transformació relacionades amb la metal·lúrgia.

— Determinació dels procediments tècnics de manipulació del metall per conèixer el nivell de desenvolupament tecnològic a cada moment històric i analitzar-ne els possibles canvis.

— Estudi de les relacions del jaciment amb el seu territori, per tal de localitzar les fonts de proveïment de les matèries primeres (minerals, fusta, materials lítics...).

— Delimitació de les relacions culturals i comercials del jaciment amb altres centres de producció, intercanvi o consum metal·lúrgic a fi d'esbrinar el radi dels seus contactes; és a dir, la possible assimilació d'elements culturals i/o importació d'artefactes per part de l'Illa i en sentit invers, la possible difusió dels seus productes o influències cap a altres indrets.

Els objectius exposats requerien la utilització conjunta tant de les tècniques arqueològiques tradicionals com d'altres de més recent aplicació, com la informàtica i l'arqueometal·lúrgia, i la col·laboració amb altres investigadors i centres de recerca, com J. López (Estudi General de Lleida) pel que fa a la primera qüestió, o S. Rovira Llorens (Museo de América / ICRBC-Madrid), J. Solans, M. Vendrell i M. T. García (Departament de Cristal·lografia, Mineralogia i Dipòsits Minerals de la Facultat de Geologia de la Universitat

METAL.LÚRGIA

		Matèria							Coordenades			
Nº inv.	OBJECTES FORMES	Ag	Au	B	Cu	Fe	Pb	Alt.	Quadre	X	Y	Z
Caixa:	Subtotal:								Total:			

Nº inv.	FRAGMENTS INFORMES	Ag	Au	B	Cu	Fe	Pb	Alt.	Quadre	X	Y	Z
Caixa:	Subtotal:								Total:			

Nº inv.	ESCÒRIES	Ag	Au	B	Cu	Fe	Pb	Alt.	Quadre	X	Y	Z
Caixa:	Subtotal:								Total:			

Nº inv.	MINERAL	Ag	Au	B	Cu	Fe	Pb	Alt.	Quadre	X	Y	Z
Caixa:	Subtotal:								Total:			

Nº inv.	ALTRES RESTES	Ag	Au	B	Cu	Fe	Pb	Alt.	Quadre	X	Y	Z
Caixa:	Subtotal:								Total:			

Figura 2. - Fitxa d'inventari dels materials metal·lúrgics.

de Barcelona) en l'altra, als quals agraïm respectivament llur participació en el disseny del sistema de registre i en la realització o interpretació de les proves analítiques.

La metodologia de treball es plantejà globalment, des de la recollida dels materials sobre el terreny, passant pel seu tractament, conservació i inventari fins a l'estudi posterior. Ha estat possible realitzar-ho íntegrament durant totes les campanyes arqueològiques de 1989 i 1990, a les quals vàrem participar, i parcialment en l'estudi de materials procedents de campanyes prèvies.

En primer lloc vàrem intentar preveure i sistematitzar en diferentes categories les restes diverses relacionades amb l'activitat metal·lúrgica del bronze i el ferro:

— estructures i elements de treball (habitacions o àrees de treball, llars, forns, toveres...)

— atuells de producció (bàsicament recipients i eines: gresols, motlles, encluses, tenalles, maces, martells, pedres d'esmolar...)

— matèries primeres (minerals, metalls, pedra, fusta, argiles...) per a produir o transformar metalls.

— productes metàl·lics acabats o semi-manufacturats (peces, llingots, barnilles, pans...)

— rebuigs i elements residuals de l'activitat metal·lúrgica (escòries, carbons, cendres, fragments de metall...).

El registre era una qüestió bàsica i calia adaptar-se al sistema utilitzat al jaciment. En funció d'aquestes premisses vàrem considerar necessari recollir gràficament durant l'excavació les dades de tota resta d'interès (estructures, acumulacions o distribucions particulars de materials: minerals, metalls, escòries etc...). Paral·lelament es va elaborar un apartat específic (fig. 2) dins del fitxer d'inventari general de materials "INVIR" (fig. 3), per ordenar i explotar quantitativament i qualitativa totes les dades, mitjançant una base de dades gestionada amb el programa File-Maker (Macintosh). Així s'agrupaven els materials apareguts en cada unitat estratigràfica amb les referències corresponents al context arqueològic (localització, definició, significat i datació de la UE). A més una "fitxa d'objectes" (fig. 4) recollia individualment les peces que calia estudiar amb més detall. Tot això ha permès estructurar aquest treball en diversos blocs temàtics, diferenciats a partir de la classificació de tots els materials que integren el conjunt metal·lúrgic i que sovint han estat tractats aïlladament, descontextualitzant-los i donant una visió parcial del seu significat, amb l'objectiu de realitzar-ne una anàlisi global per conèixer més a fons la dimensió tecnològica i sòcio-econòmica d'una comunitat de l'edat del ferro.

2. L'utillatge metal·lúrgic

2.1. *Introducció*

Dins de l'utillatge metal·lúrgic s'inclou una gran varietat d'eines classificables en tres grans grups segons llur funcionalitat: el primer participaria en les activitats primàries d'obtenció del metall, el segon s'empraria en la transformació de la matèria primera en objectes metàl·lics i el darrer estaria dedicat a activitats complementàries de la manufactura, com ara el manteniment de tals peces. D'altra banda, ja que no existeix una única tecnologia, sinó tot un seguit de procediments i útils per a cadascun dels metalls i aliatges, a més de la primera diferenciació general caldria distingir també entre la metal·lúrgia "fèrrica" i "no-fèrrica" (figs. 5 i 6).

L'especialització de l'instrumental es reflecteix a la cultura material antiga tant pel que fa a la morfologia com al suport en què s'han realitzat les peces. La primera pot ser molt variada però la natura del segon es limita a la ceràmica, la pedra o el metall. De tota manera, malgrat la diversitat d'eines que deuria existir en el context històric que ens ocupa, coneixem quasi exclusivament les que pertanyen a la primera i segona categories de la classificació esmentada anteriorment.

Estan fabricades quasi bé sempre en ceràmica i pedra; aquesta mena de suport és la causa de la seva conservació, ja que es tracta de matèries poc valuoses i a les quals no cal canviar la forma per a reaprofitar-les (per exemple com a material constructiu). En canvi, les eines metàl·liques que s'utilitzaven tant en la fabricació com en la posterior manipulació de les peces, han desaparegut majoritàriament perquè el metall, element més apreciat que els anteriors, un cop inutilitzat, es podia refondre i convertir-se en objectes nous sense deixar evidències. En el cas de l'Illa d'en

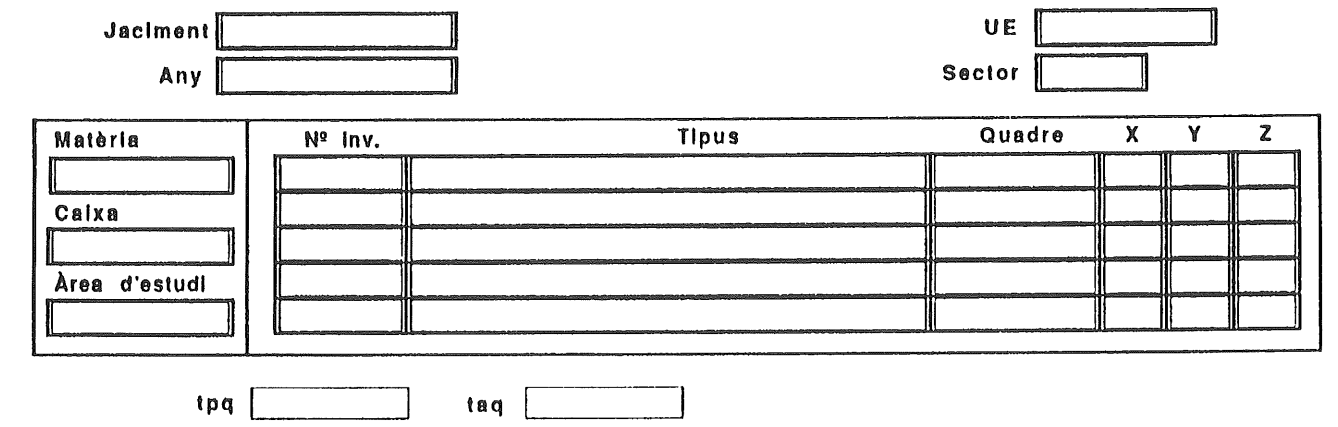

Figura 3. - Fitxa d'inventari de materials.

Jaciment	Any	Nº Inv. Exc.	Nº Inv. Est.	COORDENADES	
				Quadre	
				X	
UE	Sector	Fet	Nº Dibuix	Y	
				Z	
Descripció UE		Nº Negatiu		Cronologia	
				TPQ:	TAQ:

Matèria/Quantitat	Identificació:	Tipus Gen.:
Ag	Descripció:	
Au		
B		
Cu		
Fe		
Pb		
Alt		

MIDES			Funcionalitat
	Màx.	Mín.	Tipus Estudi
Alçada			
Llargada			Tècnica realització
Amplada			
Gruix			
Diàmetre			
Altres			
Pes			

Anàlisis
Observacions

Figura 4. - Fitxa d'estudi d'objectes metal·lúrgics.

METAL.LURGIA FERRICA: ESQUEMA TECNOLOGIC

	TECNIQUES	AMBIT	UTILLATGE BASIC	FINALITAT	RESULTAT	
ACTIVITATS PRIMARIES	ROSTIT	FORN DE ROSTIT	NO ESPECIFIC	PREPARACIO DEL MINERAL	MATERIA PRIMERA MINERAL	ACTIVITATS PRODUCTIVES
	REDUCCIO	FORN DE REDUCCIO		REDUCCIO DEL MINERAL REFOSA DEL METALL	MATERIA PRIMERA METAL.LICA	
ACTIVITATS SECUNDARIES	FORJA: . MARTELLEIG . ESTIRAT . DOBLEGAT . SOLDADURA . REBLAT . ESMOLAT TREMP REVINGUT RECUITA CIMENTACIO	FORJA	ENCLUSA MARTELL TENALLES PEDRES D'ESMOLAR	TRANSFORMACIO DEL MASSER EN METALL	OBJECTES SEMI-MANUFACTURATS	
				TRANSFORMACIO DEL METALL EN OBJECTES: - ACABAT - MANTENIMENT - REPARACIO	OBJECTES MANUFACTURATS	
					OBJECTES TRANSFORMATS	ACTIVITATS COMPLEMENTARIES

Figura 5. - Esquema tecnològic de la metal·lúrgia fèrrica.

METAL.LURGIA NO-FERRICA: ESQUEMA TECNOLOGIC

	TECNIQUES	AMBIT	UTILLATGE BASIC	FINALITAT	RESULTAT	
ACTIVITATS PRIMARIES	REDUCCIO	FORN	GRESOL	FUSIO DE MINERAL	MATERIA PRIMERA	ACTIVITATS PRODUCTIVES
	FUSIO	FORN		REFOSA METALL		
	ENMOTLLAT		MOTLLE	TRANSFORMACIO DE METALL EN OBJECTES	OBJECTES SEMI-MANUFACTURATS	
					OBJECTES MANUFACTURATS	
ACTIVITATS SECUNDARIES	ESMOLAT INCRUSTACIO REBLAT MARTELLEIG SOLDADURA ESTIRAT	ENCLUSA	BURILS MARTELLS CISELLS PUNXONS PEDRES D'ESMOLAR	ACABAT D'OBJECTES	OBJECTES TRANSFORMATS	
				MANTENIMENT REPARACIO D'OBJECTES	OBJECTES TRANSFORMATS	ACTIVITATS COMPLEMENTARIES

Figura 6. - Esquema tecnològic de la metal·lúrgia no-fèrrica.

Reixac, aquests factors han determinat la conservació d'alguns motlles i fragments de gresol, corresponents a les primeres etapes de la producció.

Per a la realització d'eines es requerien certes matèries primeres que acomplissin unes determinades exigències generals com ara resistència, fàcil manipulació i poc cost, en funció de diverses necessitats tècniques i econòmiques. La Plana del Baix Empordà es compon de materials pre-quaternaris i quaternaris. A la base dels pre-quaternaris hi ha materials continentals de caràcter fluvio-torrencial (conglomerats, sorrenques i argiles), per damunt margues blavoses intercalades amb sorrenca de gra fi, i en un nivell immediatament superior sorrenques i microconglomerats, que es troben majoritàriament a les Pregavarres, zones de contacte entre els massissos de gavarres, Begur i la Plana, vessant meridional del Montgrí i al subsòl dels turons aïllats a la plana. Les sorrenques de gra fi cimentades es manifesten mitjançant afloraments a Llabià, Fontanilles, Ullastret, Serra de Daró i Gualta, mentre que les formacions fluvials de materials detrítics (argiles, sorrenques i conglomerats) de l'últim nivell, afloren a Ullastret, Parlavà, Ultramort, Verges, la Tallada, l'Estartit, Torroella, Ullà, Bellcaire i Albons.

En definitiva, podem afirmar que l'Illa d'en Reixac, així com els altres establiments propers de l'àrea d'Ullastret es troben en les proximitats d'afloraments de materials litològics resistents (gres i microconglomerats) i d'argiles, emprables en la fabricació d'instrumental imprescindible per a les activitats quotidianes d'aquestes poblacions. D'aquestes matèries primeres se n'ha identificat alguns punts concrets d'explotació indiceta. Ens referim a les pedreres de pedra sorrenca de Clots de Sant Julià a Canapost (terme de Peratallada) a 4 km al sud-est d'Ullastret, lloc de provinença de part del material utilitzat en la construcció del Puig de Sant Andreu (Oliva 1954, 310).

Segons l'autor es tractava de pedreres immenses, explotades sense interrupció des d'època pre-romana fins recentment. Així el període de aprofitament ibèric abastaria un període ampli entre els segles VI i II aC, i la troballa *in situ* d'alguns fragments d'objectes inacabats, indicaria que l'indret era no només un lloc d'extracció de matèria primera, sinó que també hi hauria existit un taller de manufactura. És a dir, seria possible efectuar-hi tot el procés de tractament del material des de l'explotació, mitjançant treballs de mineria a cel obert, fins a l'obtenció del producte final, fet que requeriria una important organització del treball.

2.2. *Gresols*

Durant l'estadi més antic de la metal·lúrgia el metall nadiu es transformava en objectes mitjançant un tractament mecànic (colpejant-lo amb un altre instrument), acompanyat de vegades de tractament tèrmic (escalfament), però mantenint sempre la matèria metàl·lica en estat sòlid. L'instint d'experimentació humà, unit al coneixement de la pirotecnologia aplicada a la fabricació ceràmica, varen derivar en una tècnica específica aplicada als metalls que en descobrí totes les qualitats físico-químiques per obtenir nous objectes.

El gresol aparegué llavors com a resposta a les noves necessitats tècniques. Permetia reduir el mineral de coure barrejat amb carbó col·locat al seu interior, iniciant-se així l'anomenada metal·lúrgia extractiva; però el resultat d'aquestes operacions no era una massa metàl·lica, sinó un seguit de petits glòbuls metàl·lics barrejats entre les restes d'escòria, que calia separar i refondre aïlladament en una altra peça. També servia per aconseguir la fusió de diversos metalls o llur unió mitjançant la fusió, és a dir l'obtenció dels aliatges, el més important dels quals era el bronze.

És possible identificar aquests atuells gràcies a les adherències metàl·liques i les vitrificacions (degudes a la interacció entre les cendres del combustible emprat per escalfar el gresol i la seva matèria ceràmica) que presenten.

Les primeres restes d'escòria associades a coure, que permeten suposar l'existència d'activitats metal·lúrgiques i de gresols per a realitzar-les, aparegueren a Çatal Hüyük i corresponen al sisè mil·lenni BC, mentre que els primers objectes de coure obtinguts per fusió semblen ser els de Tepe Yahya (Iran) en nivells datats aproximadament al 3800 BC (Tylecote 1976, 5). Els gresols més antics corresponen a un altre jaciment del Pròxim Orient (Abu Matar-Palestina) i es daten dins del calcolític final. Estaven en companyia d'òxids de coure i fragments d'un forn, i es deurien utilitzar en activitats extractives. Els exemples europeus són més recents: localitzats a l'illa de Lesbos (3000 i 2600 BC) i a Troia II (2500-2200 BC). Són de caràcter substancialment diferent, ja que en trobar-se junt amb motlles, és possible interpretar tot el conjunt com a la mostra d'una manufactura d'objectes metàl·lics que utilitzaria una matèria primera prèviament obtinguda amb altres mitjans. En funció d'aquestes dades alguns autors pensen que el coneixement metal·lúrgic de l'Egeu seria el fruit d'una difusió cultural des de l'est (Tylecote 1976, 9-10).

Els primers exemplars de la Península Ibèrica corresponen a diversos poblats d'època calcolítica de la zona sud-est: Los Millares, El Cerro de las Canteras i Almizaraque. Provenen tant de context defensiu com de les estructures d'habitació, i sovint estaven associats a altres materials de caràcter metal·lúrgic. Les troballes de Los Millares (prop de la torre XI i al fortí núm. 1) consistien en fragments de recipients ceràmics que presentaven gotes de coure adherides a la seva superfície, barrejats amb escòries del mateix metall (Arribas et al. 1981, 91 i 103) i l'exemplar del Cerro de las Canteras es trobava a la vora d'uns elements interpretats com a part d'un forn (Corral 1986, 220-221). Al sud-oest tenim referències de gresols calcolítics al poblat de Castelo de Santa Justa i a Zambujal. Els d'aquest darrer indret tenien gotes de coure adherides, i aparegueren de manera concentrada en dues cases situades entre les línies defensives I i II. Els gresols de Vila Nova de Sâo Pedro també presentaven adherències metàl·liques i estaven dins la seva ciutadella. Es coneixen altres exemplars del mateix període a l'àrea de la Meseta, concretament a Las Pozas (Corral 1986, 221-222) i el Ventorro (Harrison, Priego, Quero 1975).

Les troballes de l'edat del bronze d'El Argar encara conservaven restes metàl·liques a l'interior. Estaven

associades a motlles de fosa i es concentraven amb instruments i estructures metal·lúrgiques, tal com succeïa al poblat d'El Picacho (CORRAL 1986, 223; LULL 1983, 254), a la Bastida de Totana (LULL 1983, 318), Laderas del Castillo, Peñicas de Santomera i Cuesta del Negro. En el cas del Cerro de la Encina i del Cerro de La Peñalosa també hi havia residus de fosa (CORRAL 1986, 224-225; LULL 1983, 377 i 403). Als nivells argàrics de La Escondilla (Teruel), aparegueren altres petits fragments ceràmics identificats com gresols, mentre que les dades referents al País Valencià durant el mateix període són molt reduïdes: només se n'ha localitzat a la Peña de la Dueña i a Orleyl (RAURET 1976, 65). Els únics exemplars de la Meseta procedeixen d'una fortificació de Motilla del Azuer (CORRAL 1986, 226-227).

Durant l'edat del ferro els gresols peninsulars es localitzen a La Morterona (Saldaña, Palencia), Soto de Medinilla (Valladolid), Alconetar (Càceres), Medellín (Badajoz), Castro de Baroña (La Coruña), i a les Illes es limiten a un sol exemplar del poblat d'Almallutx (Mallorca) (RAURET 1976, 65-66).

A Catalunya les troballes més antigues corresponen a jaciments de l'edat del bronze de les comarques de Tarragona: es tracta de tres peces fragmentades d'Escornalbou (Riudecanyes), de forma hemisfèrica, que encara conserven restes de coure (SERRA VILARÓ 1935, 47-48 i làm. XXXVIII), i d'una de Solana del Bepo d'Ulldemolins (RAURET 1976, 65). Tant pel que fa a la seva tipologia, material, com el context arqueològic, totes elles seran substancialment diferents a les posteriors d'època ibèrica, com podrem constatar més endavant.

La matèria primera per elaborar gresols havia de resistir altes temperatures i solia ser ceràmica, encara que excepcionalment també es coneixen alguns exemples d'esteatita de finalitat imprecisa. La composició de les argiles podia variar segons les zones i en alguns casos s'hi afegien certs components per a millorar les seves condicions refractàries, com per exemple el quars, la mica o el grafit (TYLECOTE 1987, 189-191). Totes les troballes de la Península Ibèrica citades anteriorment eren atuells ceràmics fets a mà, i de formes senzilles, sense grans diferències. La pasta podia ser de color vermellós o gris segons hagués estat l'ambient de cocció i en alguns casos s'adverteix un interès per la qualitat (Almallutx) o l'acabat del material (Medellín), però en altres, les restes derivades del seu ús, com les adherències metàl·liques, o les taques negroses (La Morterona) contribueixen a donar-los un aspecte groller. De tota manera contrasten clarament amb certs instruments lítics identificats com a gresols de l'edat del ferro de la zona catalana dels quals es fa un estudi acurat posteriorment en relació a les troballes de l'Illa d'en Reixac.

Tipologies

El gresol més antic, localitzat a Abu Matar (3300-3000 BC), era de ceràmica grisa, forma semiesfèrica lleugerament ovalada, i poc profund, amb les parets primes i la vora transformada en llavi per vessar el contingut. El mateix tipus però amb mànec s'utilitzà a altres jaciments del segon mil·lenni com Meser (Palestina), Thermi, Lerna i Sesklo (Grècia). Altres tenien una obertura a la paret per tal que fos possible introduir-hi un element i poder-lo manipular amb facilitat, qüestió bàsica ja que aquest objecte podia contenir coure a 1.100°C i resultar perillós. En el cas de Keos (Grècia), aquest inconvenient se solucionava balancejant l'atuell, i el metall sortia per un orifici practicat a la paret. En el de les peces semiesfèriques sense elements de pressió, com les egípcies representades a les pintures funeràries tebanes de l'Imperi Mig o les d'El Argar i El Ventorro (2500 BC), es podien traslladar o mantenint-les suspeses entre 2 vares; i en èpoques més tardanes es feia gràcies a elements com les tenalles (TYLECOTE 1976, 17-18; 1987, 183-188).

A l'assaig de classificació tipològica del gresols peninsulars de RAURET (1976, 65-68) es presenten com a més antics els de base còncava, amb parets paral·leles, no gaire altes, i que sovint disposen de vessador a la vora. Seria el cas d'alguns exemplars d'El Argar. Un altre tipus del mateix jaciment és el de base plana i diàmetre menor que la boca. També té base plana l'exemplar de l'Oreyl, mentre que els d'Escornalbou (Riudecanyes) són de forma semiesfèrica i els de La Escondilla i Peña de la Dueña, de base exterior plana i interior còncava. Pel que fa a les dimensions d'aquestes peces, les poques dades de què disposem permeten especificar que l'altura oscil·la entre 5,5 i 6,4 cm, el diàmetre està a l'entorn de 10 cm i el gruix de les parets entre 2 i 1,4 cm.

El primer intent de sistematització general d'aquest conjunt de materials es deu a Tylecote (1976, 19-21). Establí 11 tipus bàsics, completats per 15 subtipus, a partir de consideracions morfològiques sobre exemplars de les Illes Britàniques que abastaven un període cronològic entre l'edat del bronze i època romana, però proposava la validesa de la classificació per a un àmbit geogràfic més ampli. Un cop observada es fa difícil establir una classificació i evolució tipològiques perquè l'autor recull peces de contextos extremadament variats geogràficament i temporalment. Malgrat tot, podem arribar a sintetitzar-la, diferenciant dos tipus bàsics a partir de llurs característiques morfològiques essencials. Les variants d'aquestes formes bàsiques radiquen en la forma de la boca (rodona o triangular), vessador (llavi o broc), peus..., configurant un ampli ventall de productes finals.

FORMES <
- OBERTES
  - semiesfèriques
  - troncocòniques
- TANCADES
  - piriformes
  - amb tapadora

Figura 7. - Esquema tipològic dels gresols.

Aquestes consideracions també es podrien aplicar a la taula de formes de Gowland publicada per Coghlan (1975, 72) on constatem que hi ha 3 tipus bàsics dins de les formes obertes:

- Semiesfèrics baixos.
- Troncocònics de fons pla, diàmetre variable i vessador.
- Barquiformes de fons pla.

Els dos primers podien tenir vessador (llavi exvasat poc prominent, broc, llarg i col·locat en diferents inclinacions respecte a la paret del vas, o el propi cos del vas es perllonga en forma de broc, de secció rodona o quadrangular. Cal dir també que cap d'elles té elements de pressió i per tant suposem que la manipulació es faria amb altres elements (tenalles, pals...). Malauradament desconeixem les mides en tots els casos, i per tant les possibles relacions entre les variants tipològiques i ulteriors finalitats específiques.

D'altra banda, Mohen (1990, 121) ha establert recentment una altra classificació tipològica sobre aquesta mena d'atuells que diferencia tres tipus de peces en funció de paràmetres morfològics i culturals:

— Tipus de secció circular o triangular, boca estreta (5 cm diàmetre), profunds amb fons arrodonit o punxegut. Des de l'edat del bronze fins a època romana.

— Tipus de copel·la, boca ampla (de 8 a 20 cm de diàmetre). Paret gruixuda. Fons arrodonit i esporàdicament amb vessador, lloc per emmanegar i peus.

— Tipus de fons pla. Amplada variable i perforacions a la paret per vessar el metall.

Funcionament

Tots els investigadors basen les seves hipòtesis sobre el funcionament dels gresols en l'estudi del comportament tèrmic dels exemplars ceràmics. Gowland (Coghal 1975, 71-74) fou el primer dedicat al tema, propugnant que durant el procés de reducció no es podria limitar l'aplicació concentrada del foc a la part inferior dels gresols, sinó que calia introduir-los en una cavitat del terra per tal de protegir-ne les parets, cobrir-los amb carbó, palla o herba seca i escalfar-los per sobre fins a aconseguir la fusió del metall. Això estaria condicionat pel fet que les parets dels atuells ceràmics eren massa primes i la matèria poc resistent, i era impossible arribar als 1.083°C necessaris per fondre coure, o als 1.000°C en el cas del bronze. A conseqüència d'aquest procediment, la zona inferior presentaria traces lleus o imperceptibles derivades de l'acció del foc, mentre que la superior i les vores tindrien una aparença semifosa, amb bombolles o protuberàncies.

Segons Coghlan això succeiria només en alguns tipus de gresols i considerava que les apreciacions de Gowland sobre el gruix i resistència de les parets ceràmiques quedarien invalidades per certes evidències arqueològiques. Per a ell seria plausible doncs, envoltar totalment el gresol amb combustible i no només la part superior, teoria ratificada posteriorment per Tylecote (1962, 130) a partir de les demostracions de Moss i O'Riordain. Malgrat aquestes darreres teories Andrieux (1988, 80) recorda que a 1.083°C, temperatura teòrica de la fusió del coure, aquest esdevé una massa pastosa i que la vertadera liquació s'aconsegueix entre 1.200 i 1.300°C; atès que la part inferior del gresol no resistiria aquesta temperatura si es procedís a escalfar-lo segons afirmen els autors anteriors, resultaria necessari fer-ho per la part superior, tal com indicarien les vitrificacions d'algunes peces. Mohen (1990, 122) també constata que les capes internes d'escorificació demostren que les operacions d'escalfament, liquat i purificació dels elements de l'aliatge es realitzaven dins del gresol, cobert per carbó o qualsevol altre combustible que mantingués l'ambient reductor necessari.

Hem vist que els gresols difereixen molt en forma i per tant en eficiència i facilitat de manipulació. Tal com assenyala Coghlan (1975, 74) en els gresols petits, resultaria molt difícil eliminar el carbó i les impureses del metall de la superfície, i la producció se'n veuria perjudicada; en els baixos i de boca ampla, el problema ve donat per la gran superfície de metall en contacte amb l'aire, que es refredaria massa ràpidament, i encara que estigués cobert per una capa de carbó, absorbiria massa oxigen i s'oxidaria. Per tant, l'evolució cap a la forma alta i cilíndrica, tipus més freqüent a partir d'època romana, és una mostra de la millora tècnica que deriva en una major rendibilitat.

2.2.1. Els gresols de l'Illa d'en Reixac

Problemàtica general

Una primera aproximació al registre de l'Illa d'en Reixac indicava que comptàvem amb dos fragments de pedra identificables com a gresols segons la bibliografia (Oliva inèdit, Rauret 1976, Genís 1981 i inèdit, 1984 i 1985) però l'examen dels fons arqueològics aviat revelà l'existència d'altres elements ceràmics que segons el nostre punt de vista podien acomplir més satisfactòriament aquesta funció.

Les troballes lítiques corresponen a dues peces incompletes de sorrenca: U10.889 i IR-90-Z.11. Es tracta de fragments de vora (en el segon cas amb el vessador i una nansa) que presenten un gruix respectiu de 2 i 2,5 cm, un diàmetre estimat de 34 i 30 cm i una alçada de 7,5 i 5,5 cm. L'U10.889 presenta una vora més vertical, l'altra és més inclinada a l'exterior, totes perfil arrodonit convex i llavi pla horitzontal. Ambdues foren polides acuradament, i en cap d'elles és possible apreciar senyal de combustió ni restes de metall. Pel que fa a llur localització i cronologia, en el primer cas correspon a la primera campanya efectuada al jaciment el 1965 sota la direccció de M. Oliva, concretament al departament I, E.III, de la trinxera oberta a l'extrem nord-est del turó (Zona 2) (1976, 744). Els diversos materials apareguts al seu costat permeten datar l'estrat entre final del s. IV i el s. III aC. L'altre és una troballa de 1990, efectuada en realitzar la neteja dels murs de les habitacions de la Zona 11, a la vessant meridional del jaciment. Aquesta localització només permet precisar que la peça, un cop inutilitzada per a la seva funció original, fou reaprofitada com a material constructiu en l'última fase urbanística d'aquest sector, és a dir, aproximadament entre els anys 325 i 200 aC i el seu període d'activitat és difícil de precisar.

Aquestes peces tindrien els paral·lels més propers en els atuells del Puig de Sant Andreu, en forma de cassola còncava, base i vora plana, amb 2 nanses col·locades simètricament i vessador ample. A més d'aquesta forma específica es diferenciaven de la resta per estar realitzats en pedra i no en ceràmica. Tals característiques suposaven també un trencament absolut amb els precedents catalans de l'edat del bronze, coneguts a Escornalbou i Ulldemolins (Tarragona), fets de ceràmica i caracteritzats per una senzilla forma semiesfèrica (Rauret 1976, 66).

M. Oliva (inèdit, vol. II, 179-180, fig.13) establí una diferenciació en el conjunt procedent del Puig de Sant Andreu, en base al seu material constructiu ja que tots responien bàsicament a la tipologia esmentada, però alguns s'havien tallat en sorrenca fina de color groc, procedent de la pedrera de Clots de Sant Julià (Peratallada - Canapost), mentre que altres eren de pedra calissa i de factura un xic més grollera. Els primers (se n'havien trobat fragments a la Muralla Oest Itsme i al Camp Gran Sagrera) són molt similars a l'exemplar sencer conegut al poblat ibèric de Sant Julià de Ramis; de l'altre grup es coneixen diverses peces inacabades, en diversos estadis del procés de realització procedents del Carrer Transversal i la Torre Frigoleta. Quant a la cronologia de les peces, les localitzades a l'exterior de la Muralla Frigoleta / entrada núm. 1, durant la campanya de 1955 corresponen a nivells datats als s. IV-III aC. La resta de troballes provenen de la campanya de 1960, i a la Zona Sud de la Torre Frigoleta núm. 2 (OLIVA inèdit I, 15; II, 3 i 46). De tota manera cap d'ells no contenia restes metàl·liques o escorificades que permetessin distingir-los tal com sol succeir en tots els gresols, trets molt evidents en el cas de les úniques troballes catalanes (de l'edat del bronze) i que permeten assegurar sense cap dubte la seva finalitat (SERRA VILARÓ 1935, 47-48).

D'altra banda el mateix M. Oliva (inèdit) citava en diverses ocasions la troballa de gresols ceràmics, afirmant que es tractava de la mateixa tipologia que en el cas dels lítics. En alguns casos afirmava que el color de la pasta era groguenca, en altres vermellosa i en un ressaltava el seu component micaci, sense afegir altres dades de caire morfològic, tret de les mides en un parell d'ocasions. Amb la finalitat de constatar tals referències i completar-les vàrem examinar els fons del magatzem del Museu d'Ullastret i malauradament va ésser impossible reconèixer en cap dels casos citats atuells ceràmics o fragments que evidenciessin algun tret que pogués relacionar-los amb l'activitat metal-lúrgica; tractant-se d'altra banda en algun cas de peces baixes i de gran diàmetre a les quals M. Oliva devia anomenar genèricament gresols per la seva similitud tipològica amb els lítics, però sense altre fonament material. Refermaria aquesta hipòtesi el fet que en ocasions utilitzés la paraula "crisol" com a sinònim de "cuenco" i la cita d'una peça amb decoració pintada, detall incoherent amb la pretesa funcionalitat metal·lúrgica.

En el moment de realitzar el nostre estudi les peces lítiques d'època ibèrica identificades com a gresol eren molt escasses, ja que a part del conjunt del Puig de Sant Andreu amb 19 exemplars i a l'Illa on n'hi hauria un parell, a la resta de Catalunya només se'n coneixen 6 més a les següents localitzacions: Puig Castellet (Lloret de Mar-la Selva), Mas Boscà-Badalona (Maresme), Turó de la Rovira (Barcelonès), la Creueta-Quart, Llagostera i Sant Julià de Ramis (Gironès). Genís havia estudiat anteriorment aquest conjunt de 19 peces, així com un exemple de l'Illa d'en Reixac i un altre de Puig Castellet-Lloret, i n'elaborà una classificació tipològica (1985, 116, fig 15).

El del Puig Castellet (PONS et al. 1981, 252, làm. XCII; GENÍS 1985, 121) aparegué en estat fragmentat al darrer nivell d'habitació de la casa núm. 3, estança A, molt a prop de l'entrada, al cantó de dos polidors i un picador. És de forma troncocònica, baix i de perfil convex amb fons pla, boca ampla i paret gruixuda. La vora, secant, inclinada cap a l'exterior amb llavi pla horitzontal i la nansa (a nivell de la vora), massissa i de forma rectangular, característiques tipològiques molt semblants a les peces d'Ullastret. També és de pedra sedimentària sorrenca de gra mig, procedent de l'entorn geològic del jaciment, elaborada amb cura amb un acabat final per abrasió, especialment a les zones de la vora i les nanses. No s'hi posen de manifest altres detalls com ara possibles restes de combustió o escorificacions que permetin reconèixer-ne la funció metal·lúrgica. El poblat es data entre el 250-240 aC i 220-210 aC, per tant aquesta peça tindria una cronologia avançada dins de l'àmbit ibèric.

Un exemplar similar és el de Mas Boscà (Badalona). Fou trobat a l'estrat IV, corresponent a la penúltima fase d'ocupació, o segona meitat del s. III aC. Es tractava de fragments de nansa i paret d'un atuell de basalt, amb 2 nanses i vessador. Segons els autors tindria paral·lels exactes en algunes peces d'Ullastret i Sant Julià de Ramis, i atesa la seva matèria primera es descartava que hagués estat fabricada al jaciment. (JUNYENT, BALDELLOU 1972, 65-67). D'altra banda, al poblat ibèric del Turó de la Rovira se citava breument un recipient de forma oval com a possible gresol o petita làmpada de cronologia s. III-II aC. El material de fabricació no quedava especificat, però per la descripció que se'n fa, sembla ser ceràmic (COLOMINAS 1945-1956, 207). Dels exemples de la Creueta (Quart) i Llagostera també disposem de poca informació. Al primer només s'anomena de passada l'existència d'un gresol de poca qualitat, mentre que a Llagostera se'n cita un altre, sense especificar cap característica (PUJOL 1989, 90 i 113). No hem pogut obtenir més dades de cap d'aquests gresols.

La peça de Sant Julià de Ramis, segons Riuró (VILASECA et al. 1952, 100 i làm. XVI) provenia d'un nivell amb restes de fosa i escòria, (no s'especificava a la manufactura de quin metall corresponien) i objectes metàl·lics com una espasa de la Tène, que aporta un indici de llur cronologia. És un atuell còncau de base plana i vora secant horitzontal, amb dos agafadors laterals (un d'ells travessat per dues perforacions), col·locats simètricament, i entre tots dos un ample vessador. Per la seva matèria (pedra sorrenca) i tipologia és pràcticament idèntic als exemples d'Ullastret (OLIVA, inèdit II, 25) (RAURET, 1976, 66), amb paral·lels a Mas Boscà i Cayla I de Mailhac (GENÍS 1985, 116).

En general el context de les troballes és difícilment esbrinable ja que en poques ocasions se'n cita la procedència exacta, però podem dir que fonamentalment corresponen a contextos domèstics. L'anàlisi microespaial feta per Genís al poblat de Puig Castellet (1985, 121) arribà a la conclusió que la concentració de les troballes lítiques, entre la qual s'inclou el gresol, es dóna a la zona compresa entre l'entrada i la meitat de les habitacions. Paral·lelament, al Puig de Sant Andreu (Ullastret), observem una especial concentració de troballes a quatre àrees del jaciment: Muralla Frigoleta (3 exemplars), Muralla sud-est (2 exemplars), Camp Alt Sagrera (6 exemplars) i Camp Triangular (2 exemplars). De totes elles són més significatives les de

la Muralla SE, E-V (2 exemplars) i l'Habitació 1 del Camp Alt Sagrera (3 exemplars), en trobar-se en el mateix nivell arqueològic o en un determinat àmbit.

Atesa la impossibilitat per individualitzar cap àrea de treball de caràcter metal·lúrgic ni estructures de combustió, productes o utillatge propis de l'activitat en estreta connexió amb aquestes peces igual que succeeix en tots els altres llocs on apareixen, només cal ressenyar com a dada significativa la coexistència entre gresols i motlles identificada a la Torre Frigoleta 2 (RAURET 1976, 66).

Recordem que junt amb els suposats gresols únicament els jaciments d'Ullastret han proporcionat contemporàniament altres instruments metal·lúrgics. Aquesta coincidència i altres aspectes ja exposats feien palesa la necessitat d'un estudi tècnic per aclarir la possible relació de les peces amb tal activitat econòmica. D'altra banda, les campanyes més recents de l'Illa havien revelat l'existència d'uns materials inèdits, dels quals en vàrem poder localitzar alguns exemplars més corresponents a treballs antics. Es tractava de fragments ceràmics o bé trossos de terra cuita als quals es trobava adherida una escòria generalment de color vinós o negre, d'aspecte vitrificat i porós, generalment amb la superfície de color més clar, textura llisa i aspecte mat, que quasi bé sempre contenia petits globuls, taques o capes verdes, els quals semblaven correspondre a compostos identificables amb la corrosió del coure i els seus aliatges (figs. 8, 9 i 10). Aquestes característiques

Figura 8. - Tall d'un fragment d'atuell de reducció.

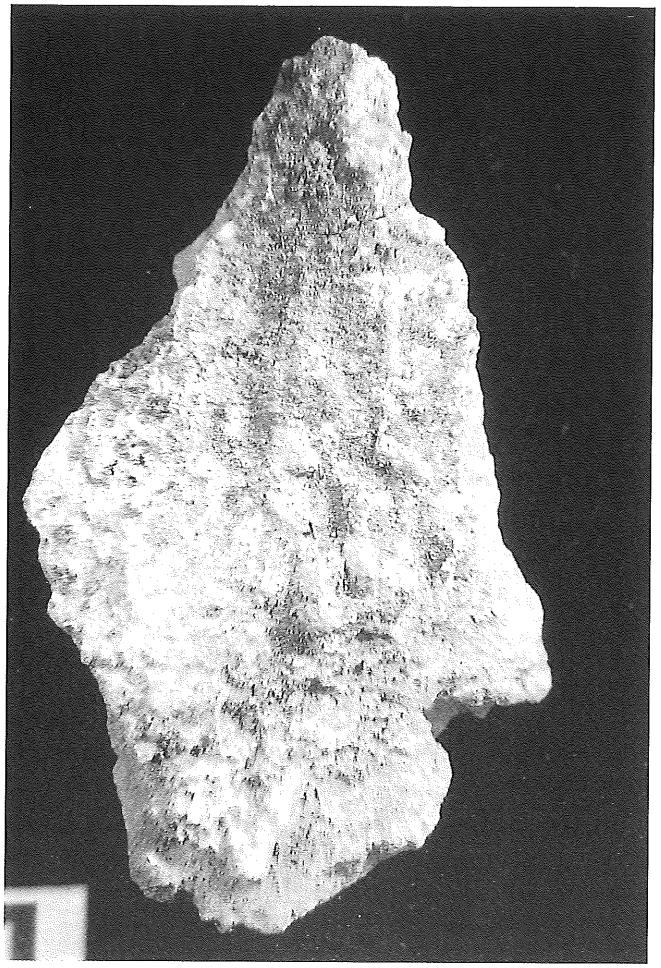

Figura 9. - Cara interna del fragment anterior recoberta per restes metàl·liques.

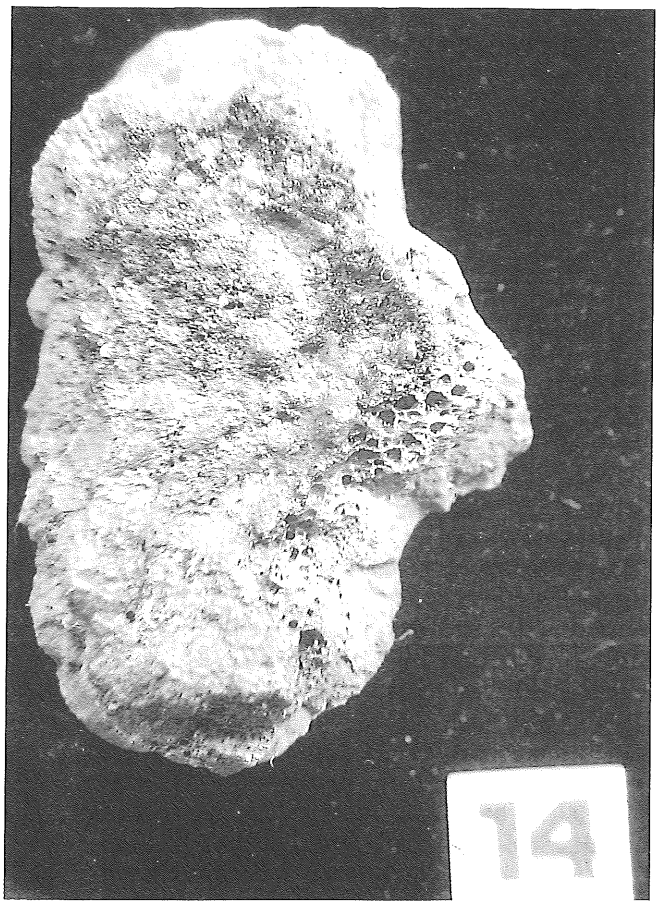

Figura 10. - Cara interna d'un fragment d'atuell de reducció recoberta per restes metàl·liques i escorificacions.

ens permetien identificar-los amb restes d'atuells on s'haurien manipulat els metalls. En alguns casos malgrat que es tractava sempre de fragments informes, era apreciable que pertanyien a recipients fets amb argila no gaire depurada i que havien estat cuits en ambient tant oxidant com reductor. El context d'aparició era variat, així com la cronologia, ja que se'n té constància des de principi del s. VI fins al final del IV aC. D'aquesta manera ens trobàvem davant la problemàtica d'una possible coexistència durant el s. IV aC entre aquestes peces i els "gresols" lítics amb una finalitat suposadament idèntica, cosa que exigia una revisió de la qüestió.

Estudi morfotècnic dels gresols lítics

L'estudi de caire morfotècnic el vàrem aplicar en primer lloc als exemplars lítics. El seu tret fonamental era l'homogeneïtat tipològica, ja que només s'apreciaven variacions de mida. Segons les estadístiques de Genís (1981 inèdit) basades fonamentalment en les peces del Puig de Sant Andreu, els diàmetres de la boca podien oscil·lar entre 10 i 40 cm, corresponent majoritàriament a mesures entre 20 i 30 cm (50%) i de 30 a 40 cm (35%). Si bé una boca ampla afavoreix la retirada de les impureses que surten a la superfície, permetent un millor refinat del metall encara en estat líquid, implica d'altra banda que en el cas dels més amples, l'artesà s'enfrontaria a greus problemes tècnics derivats de la gran quantitat de metall en contacte directe amb l'atmosfera, el qual es refredaria molt ràpidament, perdent l'estat líquid, perjudicant la tasca posterior de vessat en els motlles i en última instància el resultat de la colada; i per un altre cantó a problemes de caire econòmic ja que la reacció entre la superfície metàl·lica i l'oxigen de l'aire provocaria una ràpida oxidació i, en definitiva, la degradació i pèrdua de metall útil. En el cas dels aliatges com el bronze, el refredament també provocaria la separació dels components i l'acumulació dels més pesats en els nivells inferiors, mentre que els més lleugers quedarien a la part superior. Això es traduiria en la fragilitat de les peces produïdes, atesa aquesta heterogeneïtat en la seva distribució interna.

D'altra banda la morfologia dels gresols plantejaria dificultats en la seva manipulació derivades del seu pes i volum: al propi pes del lític, que pot oscil·lar aproximadament entre 1 i 2 kg (GENÍS 1981 inèdit) se sumaria el del metall. Si el pes específic del coure és de 8.9 i el de l'estany de 7.2 gr/cm^3, les peces plenes de metall podrien ser molt pesades. Afegim la perillositat intrínseca de la manipulació d'una matèria incandescent i pensem que els elements de pressió amiden aproximadament 2×3 cm i que es troben aplicats a la vora de l'atuell; és fàcil comprendre que l'extracció del gresol del forn, el seu trasllat fins els motlles i el vessat del metall seria extremadament dificultós (aquí també influiria la gran amplada del vessador en relació a la seva limitada altura, a l'hora de controlar el volum del líquid en circulació per aquesta canal). En aquest cas cal assenyalar a més a més que la base plana de les peces impediria que es poguessin fer bascular sobre elles mateixes per omplir els recipients i sembla més indicada per procurar l'estabilitat de la peça que la seva mobilitat. Basant-nos en totes aquestes característiques arribem a la conclusió que aquestes peces morfològicament semblen preconcebudes per mantenir-les en posició estàtica, no per traslladar-les, i no manifesten cap tret que afavoreixi la seva suposada funcionalitat, sinó que, ben al contrari, semblen dificultar-la.

A més, les escasses i molt lleus marques de combustió es presenten sempre per la seva part exterior i no a la zona on s'acolliria el metall, que en tots els casos apareix il·lògicament inalterada, contrastant amb l'aparença dels motlles on les taques de color negre i les rugositats de la superfície (es tracta igualment de sorrenca) posen de manifest amb claredat quines zones varen entrar en contacte amb la massa incandescent i en varen resultar afectades. Aquesta contradicció queda reafirmada per l'apreciació de Genís referent a les traces d'ús d'aquestes peces en esmentar que el seu acabat és especialment acurat en les zones del llavi, vessador i les nanses, fins a arribar a ésser lluents (1984, 154; 1985, 116), àrees que precisament haurien d'haver estat afectades per l'activitat.

Cal comptar també amb les característiques tèrmiques d'aquesta pedra sedimentària i la seva limitada resistència a les altes temperatures. En el cas dels motlles era possible utilitzar-la havent-la escalfat prèviament per acollir i donar forma al metall mentre es refredava; en el cas dels gresols és dubtós que pogués suportar el xoc tèrmic perquè contindrien un volum de metall molt gran i per tant molta més energia calorífica concentrada. El gres experimenta un canvi de fase per damunt dels 500°C i una brusca dilatació dels seus components ocasiona fractures amb facilitat, per tant no sembla el material més adient per aconseguir més de 1.000°C tal com succeeix en la metal·lúrgia del coure i els seus aliatges. És per aquesta raó que la pràctica totalitat de gresols coneguts en qualsevol context històric està realitzada amb matèria ceràmica, i no amb pedra. Les experimentacions de Genís (1984, 150) ratificarien aquestes dades ja que varen constatar que les pedres poroses s'afecten una mica amb aigua a 100°C, es feien més fràgils i propenses a fracturar-se o a desprendre resquills si es deixaven en remull durant 3 minuts; per tant mantenir-les durant força temps a temperatures més de deu vegades superiors, necessàries per a la reducció del mineral en metall, sembla molt improbable.

Caracterització de les peces ceràmiques

Els gresols ceràmics es varen analitzar amb un doble objectiu: d'una banda, conèixer els components metàl·lics que es troben adherits a la cara interna de la peça, i d'una altra esbrinar la natura de la matèria de la qual estaven fets i llur comportament tèrmic. En el primer cas les proves es varen efectuar mitjançant espectroscòpia (fluorescència de raigs X) amb l'aparell Kevex de l'ICRBC de Madrid per part de S. Rovira Llorens. En l'altre, a càrrec de M. T. Garcia, M. T. Pradell i M. Vendrell, es va emprar anàlisi per difracció al Departament de Cristal·lografia, Mineralogia i Dipòsits Minerals de la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona.

Per tal de determinar la reacció d'aquests materials en experimentar el contacte amb metall s'utilitzà la

següent metodologia: inicialment se'n varen realitzar seccions polides transversals per tal de veure les diferents capes, les quals foren examinades mitjançant microscòpia òptica, ratificant que en general el gruix del tall sol dividir-se en tres nivells encara que en algunes mostres els signes de fusió es troben en totes les capes (figs. 11, 12 i 13):

— zona exterior: normalment prima i de color vermell

— zona intermèdia: el gruix oscil·la entre 5 i 10 mm i és de color negre

— zona interior: és de color fosc, quasi negre i presenta signes de fusió, aspecte vitri i bombolles. Engloba glòbuls metàl·lics.

D'altra banda ens interessava saber si aquests fragments de ceràmica podien correspondre a argila que s'hagués cuit accidentalment en entrar en contacte amb el metall o saber si es tractava d'artefactes utilitzats voluntàriament en la manipulació del metall, ja que alguns eren fragments informes. L'estudi permeté determinar que manifesten una composició ceràmica: contenen una bona quantitat de desgreixant (especialment quars i miques), i la seva posició (paral·lela a la superfície de la mostra) evidencia les traces del modelatge portat a terme per l'artesà.

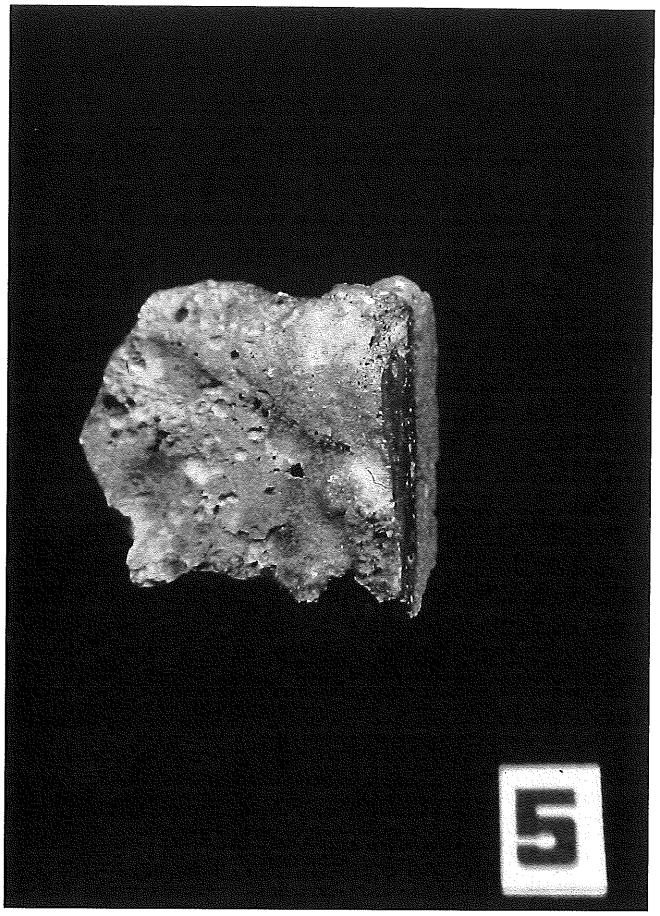

Figura 12. - Cara interna escorificada del fragment anterior.

Figura 11. - Detall de la secció d'un fragment d'atuell de reducció

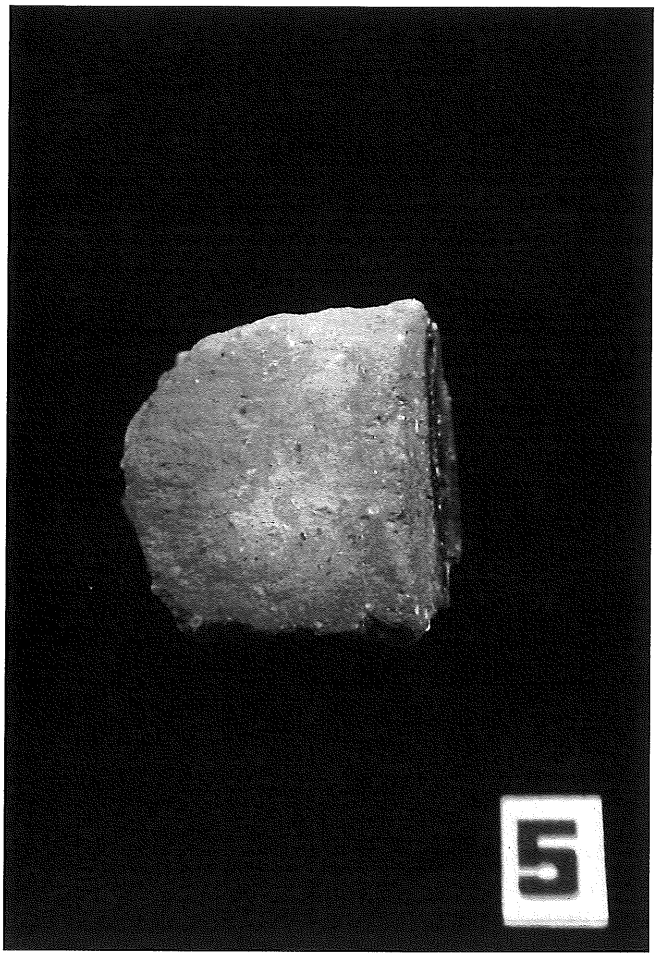

Figura 13. - Cara externa del fragment anterior.

L'observació microscòpica revela la presència d'altres components: a la capa intermèdia i interna, algunes partícules vermelles, d'aspecte lluent (vitri), que han estat analitzades mitjançant difracció de raigs X, que han evidenciat un espectre amb una bona quantitat de fase vítria, quars i un espinell, probablement ferromagnèsic. En funció d'aquest conjunt de dades es pot extreure la conclusió que aquests nòduls corresponen a productes de reacció, produïts per les altes temperatures, que han donat lloc a una zona de fusió local.

A més, l'estudi de la composició mineralògica de les diferentes capes dels fragments ceràmics ha permès determinar que es tracta d'una argila que en contacte amb l'escalfor s'ha cuit, amb variacions al llarg del seu gruix segons mostra la secció transversal.

	Q	Pl	Ak	S.Ca	Caz	H	I
capa externa	M	m	m	—	m	—	1.0
capa intermèdia	M	m	m	m	m	m	1.3
capa interna	M	m	m	m	m	m	1.6

M: majoritari, m: minoritari

Figura 14. - Quadre de la composició mitjana dels atuells de reducció.

Segons els analistes el quars present és una resta del material original junt amb la calcita i argiles (illita i potser caolinita) que actuaria com a desgreixant. La calcita és interpretada com a una fase de retrogradació produïda en recarbonatar-se l'òxid de calci format durant el llarg període d'enterrament. La resta de fases són de neoformació, és a dir, es varen produir en el moment de contacte entre el metall i la ceràmica; quan el fet es produí, el metall es trobava al voltant de 1.000°C (això es justificaria químicament per l'absència d'argiles i la presència de plagioclasi i akermanita). Sembla, però, que la superfície interna de la ceràmica va poder experimentar una temperatura encara més elevada, ja que ha quedat fosa i presenta força matèria vítria. Hi apareix un altre element significatiu: l'herzinita, un espinell que es forma per damunt de 900°C en ambient reductor.

En conclusió, l'observació microscòpica i les anàlisis mineralògiques indiquen que els materials estudiats haurien format part de recipients fets amb argila, per contenir metall en estat fos, i que aquest contacte hauria produït una alteració substancial del material molt més intens en la zona de contacte directe (on hauria derivat en una fusió de la ceràmica) i que hauria minvat en intensitat en les zones més allunyades. Per tant aquests atuells només haurien estat emprats un cop.

La caracterització del metall causant de la reacció ha estat possible gràcies a l'espectrometria per fluorescència de raigs X; en revelar dades qualitatives i quantitatives referents als seus components. Es tracta de bronze, ja que els components clarament majoritaris són el coure i l'estany (la inusual proporció d'estany s'explica perquè aquest té tendència fixar-se en les parets d'argila, per tant no és estrictament representatiu de la seva presència en el metall manufacturat), concretament un aliatge binari o ternari (ja que també apareix, encara que com és habitual en molta menor quantitat, el plom). Com a element minoritari també cal citar el ferro, que en aquest cas no correspondria a una addició voluntària, sinó incontrolada per l'artesà, procedent de la ganga de la mena utilitzada. La poca quantitat de plom planteja un dubte ja que es podia afegir voluntàriament per millorar les condicions de la colada o al contrari podia tenir el mateix origen del ferro. El níquel seria un altre element minoritari però de participació involuntària.

La fusió de l'aliatge s'hauria pogut fer, doncs, a partir de coure i estany en estat mineral o a partir de coure metàl·lic i estany mineral. Tenint en compte que l'anàlisi de restes de fosa revela que tenen poc plom i en canvi sovint molt estany, es pot considerar més probable que s'utilitzessin minerals de coure i d'estany que portarien incorporat el plom. El fet que les anàlisis de minerals parcialment reduïts no revelin gaire proporció de plom es pot atribuir a la seva desaparació mitjançant l'escorificació, provocada per unes condicions de reducció no gaire reeixides, que provoquen la pèrdua d'aquest i altres elements per evaporació i en forma d'escòria, sense arribar a passar del mineral al metall.

En el cas de la Península Ibèrica existeixen similituds amb els materials del poblat d'Almizaraque (Almería) on estan documentades les activitats mineres i metal·lúrgiques del coure des de la fase inicial (mitjan del tercer mil·lenni): hi ha fragments de gresols i atuells amb restes de colades així com minerals de coure parcialment processats, associats a nombrosos bocins de ceràmica amb capes gruixudes d'adherències escoriàcies (Delibes et al. 1989, 82, 85 i 88). Era necessari refondre els nòduls de coure obtinguts en la primera fase de la reducció, per reunir una colada suficient i fer pans de metall o objectes emmotllats, introduint importants canvis quantitatius i qualitatius en la matèria mitjançant el refinat (reducció dràstica del contingut en sofre i oxigen, i pèrdues notables en altres components volàtils com zinc, arsènic i antimoni).

D'altra banda, les dimensions dels fragments de ceràmica amb adherències cuprítiques indiquen la procedència de vasos de gran capacitat, parets gruixudes i desgraixant gros. Segons els autors no semblen ser fragments de gresol per la fosa del metall (ja que presentarien curvatures menors, però es caracteritzen per un gruix i pastes similars) i es tracta més probablement de recipients utilitzats com a cambra de reducció dels minerals, omplint-ne l'interior amb capes alternades de mineral esmicolat i combustible. Es col·locarien dins del forn un cop caldejat, completant a continuació la càrrega del combustible per procedir a la reducció. Tal com varen poder comprovar Coghlan i Tylecote, fondre mineral de coure en un recipient ceràmic amb bon rendiment és viable sempre que es processessin minerals amb poca ganga (tal com succeeix a Almizaraque), ja que la temperatura requerida (1.084°C) no s'allunya gaire de la necessària en la producció de la ceràmica i per tant no presenta gaires problemes de tipus tècnic. Aquesta tècnica de

fosa es documenta a Tawi Aarja, Oman des del tercer mil·lenni Tylecote (1987, 107) i assolí una gran difusió durant tota l'antiguitat fins a època romana, ja que resultava econòmicament més rendible destruir la cambra ceràmica que tot el forn.

Coneixem altres paral·lels peninsulars molt antics com els procedents de Chinflón (Rothemberg, Blanco 1980, 52), Los Millares, Campos, Vilanova de San Pedro, Zambujal, Las Pozas i Villardondiego (Delibes et al. 1989, 89). Així mateix l'excavació de 1984 al Cerro del Peñón (Málaga) va identificar les restes d'un forn per obtenir ferro i altres materials metal·lúrgics com toveres, en relació amb la factoria fenícia de Toscanos, datats a la segona meitat del s. VII aC. Els autors assenyalen entre ells fragments de ceràmica a mà amb una capa interior vítria i fosa que contenia coure en forma de gotes, interpretant-los com a recipients de fosa alimentats amb combustió interna impulsada artificialment mitjançant manxes. El paper del coure en aquest context artesanal més lligat al ferro podria entendre's com un resultat indirecte de la fusió de mineral al qual estigués associat de forma minoritària o per la coexistència d'ambdues produccions (Keesman, Niemeyer 1989, 101-106). També s'ha constatat la doble finalitat dels gresols d'Enkomi i Kition, els quals s'haurien emprat en l'elaboració de coure i d'estany, amb paral·lels a l'eneolític balcànic per la reducció d'òxids cúprics (Jovanovic, 1985).

En època posterior, les troballes d'aquesta mena escassegen, però a Ruscino coneixem peces similars, en un context comparable a l'Illa d'en Reixac ja que entre les restes descrites per Claustres (1951, 155) com a corresponents a la manufactura del bronze en un nivell de la segona meitat del s. VI aC, cita la troballa de residus i escòries de bronze fixats sobre argila (sovint vitrificats) junt amb un motlle bivalve per fabricar anelles, corresponents al taller d'un fonedor.

2.2.2. Conclusió

A nivell global, la varietat de formes i l'heterogeneïtat de criteris a l'hora de sistematitzar els gresols han provocat que hores d'ara no es disposi d'una classificació bàsica sinó que s'hagin fet diversos reculls parcials del material, barrejant peces de procedència cronològica i geogràfica molt diversa, cosa que dificulta enormement la possible obtenció d'una síntesi. No podem, doncs, establir una morfologia clara a partir d'elles, només constatar la diversitat i efectuar algunes associacions amb ceı ts àmbits culturals.

En el cas de Península Ibèrica no s'ha aconseguit fer una tipologia de les peces de l'edat del ferro. Amb tot, Rauret (1976, 64-68) constatava alguns aspectes morfològics generals i veia que al llarg del temps existia una evolució cap a exemplars ceràmics de parets més altes i boca més reduïda; d'aquesta manera el metall no estava tant en contacte amb l'aire i es millorava el resultat de la fusió.

En el cas català, però, només es documentaven "gresols" lítics dels segles IV i III aC, fets quasi sempre de sorrenca, amb poques variacions i bona factura: peces en forma de cassola, baixes i molt obertes, amb fons pla, dos elements de prensió rectangulars i massissos situats a nivell de la vora i oposats entre si, entre els quals es troba un vessador. A l'Illa se'n coneixen dues peces realitzades en un material insòlit per al seu ús i que molt difícilment podria resistir-lo, i representarien un contrasentit amb l'evolució general perquè la seva morfologia és completament oposada a una millora de les condicions tècniques. Es podria pensar que la raó d'aquesta amplitud de boca la motivés la necessitat d'expulsar els gasos, però no creiem que es tracti d'una interpretació encertada ja que per a obtenir un bon producte metàl·lic amb una estructura regular i homogènia és necessària una bona canalització dels gasos de la colada (però això s'ha d'efectuar bàsicament quan el metall líquid ja es troba dins del motlle, ja que durant el seu vessat des del gresol s'hi sol incoporar aire). Els inconvenients en pèrdua de temperatura i oxidació del metall es traduirien en un empitjorament de la qualitat de la colada (menys liqüefacció, separació d'elements per densitat, oxidacions i incorporació d'impureses) que no compensarien l'eliminació dels vapors. Pensem, doncs, que la gran amplitud de la boca de les peces seria, més que un avantatge, un problema per al correcte desenvolupament de la fusió.

Per tant en el cas dels materials lítics fins ara identificats com a gresols, tots els indicis semblen assenyalar que la seva funció no estava relacionada amb la fusió de coure i aliatges, sinó més aviat amb altres activitats, i que probablement eren morters on es podien triturar diverses substàncies amb l'ajut de picadors. La forma baixa i oberta, els elements de prensió, la resistència i estabilitat derivada de la morfologia semblarien afavorir aquest ús, ja fos en la preparació de productes d'alimentació o d'un altre servei. La finalitat metal·lúrgica correspondria, doncs, a les peces ceràmiques amb escòries i nòduls metàl·lics, atuells de reducció, utilitzats en la primera fase del procés productiu, el qual caldria complementar amb un afinat posterior.

Aquests materials es coneixen en un ample context geogràfic mediterrani del període Calcolític fins a l'edat del ferro i corresponen a una tecnologia força primitiva d'obtenció del coure i bronze a partir de diversos compostos minerals. A l'Illa suposen una trentena de troballes, corresponents a 19 localitzacions estratigràfiques disperses per tot el jaciment, en els nivells superficials i en els arqueològics des de principis del s. VI aC. Analitzant l'aspecte de totes les mostres macroscòpicament s'aprecia la possibilitat de distingir algunes agrupacions de material dins del conjunt general a partir de les seves característiques externes.

Un primer grup seria el dels fragments amb apariència ceràmica, és a dir, els que es presenten com a fragments corresponents a atuells, amb la cara interna escorificada. Presenten variacions quant a color, gruix i composició del desgreixant (quars, calcària, mica..). Veiem que, espacialment, no hi ha cap criteri que en defineixi l'aparició, i cronològicament tampoc ja que abasten tot el període entre mitjan s. VI aC i el 350 aC a excepció dels anys 475-425 aC.

El segon correspondria als fragments de terra cuita, totalment informe, amb capa d'escorificacions. Apareixen entre els anys 525 i 325 aC. (predominen en el s. IV), però no es troben presents en l'interval 450-400 aC. Per tant es tracta d'una cronologia força semblant a la del grup anterior.

Les anàlisis ceramològiques no varen poden distingir diferències significatives entre els materials, tots ells correspondrien, doncs, a una mateixa identitat en diferents estats d'alteració provocada d'una banda per la seva funcionalitat en època antiga i de l'altra pel temps transcorregut en el subsòl.

La distribució de les troballes per sectors no revela dades significatives ja que està condicionada per intervencions desiguals. De tota manera sí que cal assenyalar en referència a les unitats on s'han trobat els materials, que sovint tenen altres restes que evidencien activitats metal·lúrgiques, però resulten especialment interessants les 4051, Q.1-E.III, i 4011, perquè a més a més poden il·lustrar tota l'evolució d'aquesta activitat (en especial la segona ja que els fragments de gresols formen part d'un conjunt en què hi ha altres tipus de restes de fosa com escòries, metall en brut i un rebuig corresponent a un cap d'agulla plano-convexa obtinguda per emmotllat, tipologia que es reconeix clarament en la matriu d'algun dels motlles del jaciment).

2.3. *Motlles*

Els motlles poden ésser definits com a instruments que permeten obtenir objectes metàl·lics mitjançant el procediment de fosa. Són contenidors que reben el metall en forma líquida, incandescent i amorfa; a mesura que es va refredant, se solidifica, adquirint la forma de la matriu del recipient. És a dir, s'obtenen peces a partir d'un negatiu, tractant-se d'estris imprescindibles per a la fabricació d'objectes metàl·lics no-fèrrics.

Els primers exemplars daten del III mil·lenni aC: se n'ha trobat als nivells de Troya II (2500-2200 BC) fets d'esteatita i argila, així com alguns de lítics a Bulgària cap el 3000 BC i a altres punts d'Anatòlia i l'Egeu en dates similars; al nord del Caucàs i Creta cap el 2000 BC i a l'oest dels Urals el 1500 BC (Tylecote 1976, 9 i 32). Apareixen a Europa occidental durant l'edat del coure per produir peces de forma plana, essent particularment nombrosos a les Illes Britàniques on s'utilitzen principalment les varietats lítiques sorrenques, (Tylecote 1962, 111), com succeeix a la meitat meridional de la Península Ibèrica i a Catalunya posteriorment, durant l'edat del bronze.

Tipologies

Existeixen dos tipus bàsics: els motlles univalves i els bivalves. Els que denominem oberts o univalves, és a dir més primitius, consten d'una única peça on es dipositava el metall i eren adients per a l'obtenció de peces planes. De tota manera, molt aviat es varen cobrir amb algun tipus de tapadora (una pedra plana) pel tal d'evitar l'oxidació del metall i que el seu refredament progressiu i constant es traduís en una estructura final uniforme i resistent. Es tractaria, doncs, d'una primera versió simplificada dels motlles bivalves.

Aquests serien pròpiament els que consten de matriu i tapadora o bé una parella de valves-matriu similars que componen les dues parts idèntiques d'un objecte a partir d'un eix de simetria. Totes dues quedarien encarades adientment mitjançant els forats i elements de fixació, i permetrien la fabricació d'objectes amb volums més complexos que els aconseguits amb els motlles anteriorment descrits. Aquests també oferien la possibilitat d'ésser complementats amb altres peces, com els denominats "nuclis", els quals, col·locats al seu interior, servien per produir objectes, totalment o parcialment buits, estalviant així molt material metàl·lic. El desig de crear formes més complexes donà lloc al naixement dels motlles múltiples, és a dir, els formats per diverses parts acoblables entre si. El motiu d'aquest perfeccionament tècnic és, doncs, tant l'economia com la necessitat d'un utillatge més manejable i morfològicament més elaborat.

Materials

La matèria constituent ha de respondre a diverses premisses: éssser prou resistent a altes temperatures, pressió, pes i volum tant del metall com dels seus gasos; impermeable a les pèrdues, i per tant poc porosa; mal·leable mitjançant les tècniques escultòriques; capaç d'oferir un bon acabat superficial que permeti fabricar peces de qualitat que no requereixin gaires retocs ulteriors i representar un baix cost econòmic, ja que la seva vida és molt limitada. Així podia ser ceràmica, lítica o metàl·lica. També és probable que haguessin existit exemplars treballats en fusta, i que per les qualitats peribles de la composició orgànica no s'hagin conservat. Entre totes elles, la pedra és la que ofereix més alternatives: els antics artesans preferien l'esteatita, la calissa (encara que de vegades és massa porosa i es descompon a partir de 800°C) i l'esquist, perquè eren fàcils de tallar i freqüents a la natura. Eventualment es triaven la biotita i la diorita, mentre que el granit resultava massa groller (Tylecote 1976, 33; i 1987, 214-216 i 220). Alguns tipus de gres o esquistos micacis també eren adients, un cop ben assecats ja que la humitat podia provocar porositats en les peces metàl·liques, fins i tot perilloses projeccions de metall incandescent (Maréchal 1983, 265).

A Europa occidental, i especialment a les Illes Britàniques, durant l'edat del coure i del bronze s'utilitzaven principalment les varietats lítiques sorrenques (Tylecote 1962, 111; Hodges 1958-1959 i 1960). A la Península Ibèrica foren majoritàries des del calcolític fins a l'edat del ferro, encara que de vegades se n'empressin d'altres (esquists, calisses i pissarres) (Rauret 1976, 70-71). Els motlles de pedra representaven un avantatge sobre els de terra cuita i fusta perquè no s'havien de fabricar específicament per a cada nova fusió. També és cert que calia més esforç, però en funció del volum de la producció podia ser més interessant una inversió major en temps i treball, i s'optava pels primers si es podien amortir amb una quantitat raonable de productes. D'altra banda els d'argila requerien un assecat perfecte per evitar problemes durant el seu ús, ja que els gasos despresos pel metall líquid podien crear bombolles i heterogeneïtats estructurals en la peça sòlida. En la seva fabricació serien decisius elements com els desgreixants per a la perfecció de la forma i la qualitat de

l'estructura metàl·lica (ANDRIEUX 1988). Els motlles de pedra presentaven un altre aspecte avantatjós: quan havien de ser transportats per artesans itinerants era possible reaprofitar totes les seves cares, per a gravar-hi diverses matrius, diversificant-ne la utilitat, estalviant material i alleugerint la càrrega (TYLECOTE 1976, 33).

També cal ressaltar el paper de la conductivitat tèrmica. Tal com varen demostrar Staniazek i Northover la pedra i el bronze es refreden més ràpidament que la terra cuita i per tant són millors perquè aconsegueixen una estructura òptima de grans fins i una bona distribució dels elements solubles; evitant al mateix temps les microsegregacions que provoquen irregularitats internes i una potencial fragilitat en les peces (TYLECOTE 1987, 213 i 220-221). Diversos autors (DRESCHER, ALLEN, BRITTON, VOCE, COGHLAN i MOHEN) han experimentat les característiques dels motlles metàl·lics (MOHEN 1990, 125) i deduïren que eren els més resistents perquè no es trencaven per "xoc tèrmic" (excessiva diferència entre la temperatura del motlle i el metall calent), però els principals inconvenients eren el cost més alt i la major complexitat tècnica que requeria llur elaboració.

En funció de tots aquests aspectes, la utilització de motlles de pedra o metall pot indicar una producció estandarditzada (TYLECOTE 1987, 209-210) i la raó de la preeminència de la pedra sobre els altres materials estaria motivada per una combinació entre diversos factors: economia, facilitat de manipulació, resistència i qualitats tèrmiques que milloressin la producció.

El procediment de la fosa

Fins aquí hem descrit totes les característiques que defineixen els motlles de fosa; a continuació ens referirem al seu mode de funcionament i a les diferents fases del procés d'elaboració de peces. En primer lloc es preparava el motlle pre-escalfant-lo entre 100 i 200°C ja que el coeficient de dilatació és limitat, o fins i tot a temperatura més elevada (200-400°C) si el material ho permetia. També es podia revestir interiorment amb algun material per prevenir l'adhesió de la peça metàl·lica a la matriu.

Un cop realitzats aquests procediments, es passava a dipositar-hi el metall a l'interior. La manca de porositat del material podia haver fet necessària la pràctica prèvia d'incisions per donar sortida als gasos i vapor. S'hi vessava el líquid mantenint-lo en posició horitzontal, vertical o inclinada per contribuir a la mateixa finalitat, mentre se sujectava, lligat entre pedres o semienterrat, però sempre a prop de l'estructura de combustió on hi havia el gresol amb el metall incandescent per tal de fer la transferència d'un a l'altre recipient de la manera més ràpida possible. Després es deixava refredar abans de desmotllar la peça.

Coles (1981, 133) i Coghlan (1955, 112-115) recullen algunes de les experiències realitzades a l'entorn de la fosa del bronze per Voce, les quals demostren sense dubtes la validesa de l'esquematització del procés que aquí s'exposa. Més recentment també han representat una gran contribució a aquesta mena d'investigacions la sèrie d'experimentacions realitzades per Andrieux (1980 i 1988) en un programa desenvolupat a l'*Archéodrome* de 1979 a 1981 amb la realització de més de 1.000 colades i la utilització de 600 motlles que confirmen les dades anteriors.

2.3.1. Els motlles de l'Illa d'en Reixac

Classificació tipològica

A l'Illa han aparegut 9 elements, identificats com a fragments o peces senceres de motlles de fosa. Considerem que tots ells es classifiquen dins del tipus bivalve, i en realitat corresponen només a 7 "individus" ja que en dos casos (U3106/3107 i 7095-5-1/2) comptem amb diversos fragments d'un mateix conjunt. En el segon cas és segur que es tracta d'una valva fragmentada en dues parts, en l'altre no és possible determinar-ho.

L'estudi tipològic revela també que només un element servia amb tota seguretat com a tapadora (IR-89-7124). La resta tenen matriu i per tant són valves inferiors, però tanmateix cal matisar que un cas (U3106/U3107) correspon al tipus de motlle de doble matriu i que és impossible diferenciar entre valva superior i inferior.

Així els motlles localitzats a l'Illa d'en Reixac es defineixen sempre com a bivalves. A la vegada podem dividir-los en dos subtipus: els de matriu + tapadora i els de doble matriu. Aquesta classificació s'esquematitza de la següent manera (en negreta els tipus representats al jaciment):

UNIVALVES
/ **matriu + tapadora**
MOTLLES — **BIVALVES** /
\ **matriu + matriu**
MULTIVALVES

Figura 15. - Esquema tipològic dels motlles de fosa.

Determinar amb certesa les característiques morfològiques d'aquestes peces presenta dificultats ja que només disposem de dues valves senceres, i la resta dels materials estan molt fragmentats. Un dels elements més significatius està compost per dos fragments (7095-5-1/2) que formen la cara inferior d'un conjunt doble. Té forma de paral·lelepípede i les seves mides són 13 cm d'alçada mínima; 17 cm d'amplada màxima i el gruix oscil·la entre 1,7 i 2,7 cm. Es tracta de l'únic exemple sencer d'aquest tipus a l'Illa d'en Reixac encara que els treballs antics havien aportat una altra valva-matriu pràcticament sencera, però de forma discoïdal (U3648) de 5,7 cm de diàmetre i 3,5 de gruix.

La resta de les peces, malgrat les diferències de mida, correspondria al primer tipus descrit, (a excepció d'una, que coneixem mitjançant la bibliografia, però insuficientment descrita per determinar-ho) (OLIVA 1976, 741). També cal assenyalar que només algunes de les valves presenten "vessador" (part de la vora superior o inferior de la peça rebaixada per introduir el metall a l'interior de la matriu). Apareix a les peces 7095-5-1/2 , IR-90-2008 i U3107. La vora bisellada és un altre tret característic d'aquest tipus i es practicava indistintament en valves inferiors 7095-5-1/2, superiors (7124) o indeterminades (U3106).

Alguns aspectes són comuns en tipus diversos, com ara el dors bombat (7095-5-1/2 i U3648); o els forats de fixació U3107, U3648, I-83-194) que oscil·len entre 1 (U3107 i I-83-194) i 4 (U3648). Corresponen a incisions circulars on s'encaixava un element "mascle" de la valva contrària per tal que les dues parts del motlle quedessin perfectament encarades i es pogués vessar el metall a l'interior. Aquest sistema de fixació faria innecessària la pràctica de marques a la vora de les valves per encarar-les convenientment, i seria alhora més útil perquè no es movien durant la fusió. Es tractava, en definitiva, d'un mètode més perfeccionat. D'altra banda, cal assenyalar també que cap dels materials estudiats presenta elements freqüents en altres motlles, com són les incisions de sortida de gasos, ja que la pedra sorrenca era porosa i no ho requeria.

Matèries primeres

Com es pot veure a l'inventari, la matèria primera utilitzada en tots els casos és la pedra. D'un total de nou fragments, en set podem especificar que es tracta de roca sedimentària sorrenca i només una és calcària. En un altre cas ho desconeixem. Si considerem que alguns fragments poden correspondre a una mateixa valva o a un conjunt bivalve reduïm el nombre d'individus probables a set, dels quals cinc són de sorrenca i un de calcària.

La qualitat del gra de la sorrenca sempre és fi, el color habitual el groc (es pot combinar amb vetes vermelles) a excepció de dos fragments d'un mateix conjunt (U-3106/7) que són totalment vermellosos i del I-83-194 on també predomina aquest color. A més, l'únic exemplar de calissa és gris. Vàrem considerar la possibilitat que el color originari de la sorrenca fos el groguenc i que les tonalitats vermelloses corresponguessin a alteracions d'origen tèrmic, però la constatació que no es tractava d'un tret proporcionalment intens a les zones superficials que haurien entrat en contacte amb el metall incandescent o fossin més properes als llocs on es dipositava el metall, junt amb l'estudi dels recursos naturals de la zona, ens va fer desestimar aquesta hipòtesi en favor de l'opció per identificar-la amb una varietat local (afloraments de microconglomerats de la Formació Rocacorba) que presenta un gra fi d'ambdues coloracions, localitzada entre altres llocs a la pedrera de Clots de Sant Julià (Peratallada-Canapost) a partir del reconeixement del Dr. Oliva (1954, 310) com a font de procedència de bona part del material lític de construcció i domèstic del proper jaciment del Puig de Sant Andreu.

Aquesta matèria lítica es caracteritza per una composició de grans units entre si per un altre material denominat "ciment". És un element aglutinador del qual depenen la porositat, duresa, densitat i la impermeabilitat i resistència del conjunt a factors físics com temperatura i pressió del metall incandescent i en definitiva la idoneïtat com a material refractari. La sorrenca de gra fi es presenta de manera compacta, però sense una duresa excessiva, cosa que en permet la transformació en útils (realitzant fàcilment la matriu i mitjançant l'abrasió s'obtenen superfícies fines i, per tant, un bon acabat de les peces); resisteix temperatures força elevades mentre experimenta un escàs grau de dilatació (per sota de 500°C).

En el cas de l'Illa d'en Reixac es tracta de peces amb material ben cimentat, poc poroses, majoritàriament de gra fi, i per tant relativament resistents. Els habitants del jaciment tenien a l'abast les matèries lítiques adients per a la realització de motlles en el territori adjacent, dins d'un àmbit espacial de pocs quilòmetres de radi, en els afloraments de la Pera, Corsà i Millàs corresponents al neogen-pliocen, i d'altres eocènics, a les poblacions d'Ullastret, Palau-sator i Vulpellac. D'altra banda les roques detrítiques i calcàries del mateix període eocènic apareixen a Ullastret, Serra de Daró i la Fonollera. La distància mínima entre el jaciment i els recursos és de 2,5 km (Clots de Sant Julià), però hi ha altres afloraments de gres a 5 i 8 km. La calissa també era un material apreciat, malgrat que podia presentar problemes de resistència ja que per sobre de 800°C es degrada més ràpidament, per això al jaciment es manifesta una clara predilecció per les roques sedimentàries detrítiques, en concret per les varietats sorrenques autòctones.

Funcionalitat

Barnilles

Els motlles destinats a aquest tipus de producció representen la majoria dels individus de l'Illa. Són 5 valves (6 fragments) (2008, 7124, 7095-5-1/2, i un sense número d'inventari conegut).

El nombre d'elements que podien produir simultàniament oscil·la entre tres i sis, encara que no es tracta de xifres absolutes perquè només en un cas (7095-5-1/2) disposem de la peça sencera que permet afirmar que conté les matrius per a sis tiges. La I-83-194 en té tres, així com la 2008 i la tapadora 7124 presenta senyals d'haver-ne recobert com a mínim quatre. Només les dels fragments 7095-5-1/2 i les del 2008 estan acabades unilateralment per un cap esfèric. En els altres casos a causa de la fragmentació no podem saber si es tracta de tipus similars.

La llargada d'aquestes incisions longitudinals és de 8 cm en les senceres (7095-5-1/2) i oscil·la entre 1 i 5 cm a les incompletes. L'amplada mínima és de 3-4 mm (7095-5-1/2) i la màxima de 10 mm (7124). La secció és rectangular o semicircular i en molts casos resulta difícil establir-ne una o altra ja que l'erosió de la sorrenca per part del metall tendeix a arrodonir les vores de les matrius. El diàmetre dels caps també pot variar entre 7 i 9 mm, i la fondària és de 3 a 2 mm.

La majoria dels motlles de la península del final de l'edat del bronze i de l'edat del ferro servien per elaborar barnilles, les quals en ocasions estaven acabades unilateralment o bilateralment per botons esfèrics; molt sovint se'n produïen vàries simultàniament però el tipus més freqüent servia per una sola. La troballa d'altres exemplars que podem considerar precedent dels que aquí estudiem està testimoniada en diversos jaciments d'Aragó, País Basc, Navarra, Catalunya i País Valencià (Rauret 1976; Ruiz Zapatero 1979, 25; Eiroa 1981, 192). A la Vall de l'Ebre eren més grans i se'n fonien algunes simultàniament (Cortes

de Navarra, Vilallonc). La secció podia ser circular, semicircular, quadrada i romboïdal, i la longitud (quasi sempre parcial) oscil·la entre 5 i 8 cm i arriba com a màxim a 30 cm. Podien estar coronades, però els elements discoïdals i triangulars intercalats o situats en els extrems eren escassos i limitats als jaciments de Cortes de Navarra i el Puig de Sant Andreu. Aquests jaciments junt amb Cabezo Redondo i Villena (Alacant) tenen peces paral·lelitzables amb les de l'Illa d'en Reixac (Rauret 1976, 116-127; Oliva inèdit, t. I, 26 i 30, t. V, 177, t. IV, 17 i 19).

Anelles

Dins del conjunt de motlles de l'Illa d'en Reixac n'hem identificat un (U3648) per fondre anelles de secció plano-convexa. Les anelles produïdes podrien haver-se utilitzat *per se* o bé combinades amb altres elements en la realització d'objectes més complexos, com ara cadenes.

Fíbules

Els fragments U3106 i U3107 descoberts per Oliva a la trinxera nord-est de l'Illa d'en Reixac en dues campanyes successives (1965 i 1966) corresponen a un sol conjunt de motlle bivalve amb doble matriu identificat com a l'únic exemple d'aquesta mena i atribuït a l'època de Hallstatt sense més precisions (1967, 83 i 95; 1970, 84 i 1976, 776-779, fig. 36). Permet localitzar una fabricació d'aquestes escasses peces *in situ* i remarcar la particularitat d'aquest tipus de producció, ja que les fíbules coetànies no s'acostumaven a produir a motlle, i per tant en sèrie, sinó manualment mitjançant l'estirat i el martelleig de barnilles.

Navarro (1970, 75) considera que aquest tipus de fíbula pot ser inclòs dins de la denominació de peu alt i botó terminal i situa la seva cronologia a Catalunya entre mitjan s. v aC i final del iv aC. Hi predomina una concentració costanera Navarro (1970, 70-73 i 79) amb representants a la necròpoli de Cabrera de Mataró i als poblats de la Creueta (Riuro 1960-1961, 125), Ca n'Olivé (Barbera et al. 1960-1961, 207), Puig de Sant Andreu (Rauret 1976, 103-104) i l'Illa d'en ReixaC La seva dispersió geogràfica es manifesta, doncs, a les terres mediterrànies de Girona i Barcelona amb un total de vuit exemplars.

Els més propers al motlle en qüestió són els localitzats a l'Illa d'en Reixac i el Puig de Sant Andreu, al terme d'Ullastret. Al primer lloc n'hem localitzat tres i a l'altre dos més, decorats amb incrustacions de corall rosa al centre del disc i datats entre final del s. v i la primera meitat del iv aC, per tant considerem que el motlle hauria d'estar enquadrat igualment en aquest període.

2.3.2. Conclusions

El conjunt de motlles de l'Illa d'en Reixac pertany al grup de tipus bivalve de matriu i tapadora o de doble matriu, i correspon a una triple finalitat: la producció de barnilles, anelles / cadenes i fíbules, és a dir, un conjunt de materials semimanufacturats que s'acabaven de realitzar a mà.

Pel que fa a la tipologia dels estris hem distingit dos tipus de valves: paral·lelepípedes i discoïdals; i cal remarcar que la majoria pertany al primer. És extremadament difícil establir altres conclusions de tipus formal respecte a aquestes peces pel seu escàs nombre i estat quasi sempre fragmentat, però ha estat possible observar una associació entre la forma de les valves i la seva funcionalitat, ja que les peces paral·lelepípedes servien sempre per fondre barnilles (també fíbules), mentre que amb la valva discoïdal s'obtenien anelles.

Tots els exemplars es varen utilitzar només unilateralment, en alguns s'aprecien elements com l'entrada del metall, forats de fixació i vores bisellades. D'altra banda llur datació se situa majoritàriament entre el final del s. v i mitjan s. iv aC.

Aquests tipus de motlles són característics d'un estadi desenvolupat de la metal·lúrgia no-fèrrica, ja que consten de dues peces simètriques, encaixables amb elements específics, superant un estadi de motlles d'una sola valva o de valva i tapadora-pedra. La disposició evitava pèrdues de metall produïdes per l'oxidació quan la seva superfície descoberta entrava en contacte amb l'aire, així com defectes estructurals dels productes com porositats que n'afavorien la corrosió i la fragilitat.

Pel que fa a la fabricació s'empra exclusivament matèria lítica, que pot ser calissa i sorrenca. Aquesta última qualitat és la més apreciada, especialment una varietat de gra fi i color vermellós probablement procedent de la pedrera de Clots de Sant Julià a 2,5 km del jaciment, per la proximitat de l'indret i la bona qualitat d'aquesta matèria com a material refractari. La preferència implicava un coneixement de les qualitats físiques (resistència a l'escalfor i al pes del metall incandescent, facilitat de treball, bon acabat del producte, dilatació sense pèrdues de material ni fractures, evacuació correcta dels gasos generats per la colada, etc...) i la tria de la sorrenca de gra fi demostra una elecció premeditada que valora tots els seus avantatges respecte d'altres materials refractaris.

Analitzant totes les troballes globalment veiem que cinc valves (6 fragments) servien per fondre barnilles. De totes elles només algunes estaven coronades per un cap esfèric, sempre unilateralment. En els altres casos no podem saber si es tractava de tipus similars a causa de la fragmentació. Servien per elaborar peces d'ús personal i no corresponien a una manufactura d'agulles pròpiament dita. L'obtenció simultània de diverses tiges a cada motlle significava una millora en el sistema de producció ja que permetia incrementar-la amb un menor esforç de preparació d'estris i elaboració de la colada, és a dir, es racionalitzava el treball per tal d'aprofitar millor els recursos i estalviar temps i treball per part de l'artesà.

La creació de peces semiacabades (tiges, barretes) i d'objectes fets en sèrie (com les fíbules de tambor) demostra la necessitat d'incrementar el volum i la varietat dels productes, que podien estar destinats al consum local o a l'intercanvi, per tal d'abastar els petits artesans locals sense accés a les matèries primeres o que tinguessin unes necessitats tan limitades de material metàl·lic que quedaven satisfetes així amb un mínim cost de temps i treball.

Un altre factor reforçaria la hipòtesi d'una producció quantitativament elevada: l'estat en què es troben alguns dels motlles. És a dir, l'examen dels instruments realitzats en pedra sorrenca (la gran majoria) constata que el primitiu color de la peça ha estat alterat en superfície per l'efecte de les altes temperatures experimentades, adquirint tonalitats de color negre, en els punts en què va entrar en contacte directe amb el metall i els seus gasos, és a dir, les zones properes a les incisions on es dipositava el metall incandescent i a la vora superior de la peça (que pot no concordar amb l'orientació de les figures representades a les matrius), o punt d'entrada. Estan molt marcades en algunes peces com la 2.008 i queda clar, doncs, que fou intensament reutilitzada segurament fins a la seva amortització.

Però era posssible perllongar la vida de les peces si s'escalfaven prèviament a la introducció del metall, per tal d'evitar l'excessiu contrast tèrmic entre ambdues matèries que podia provocar una excessiva dilatació i fractura del contenidor, o uns productes metàl·lics amb deficiències estructurals. Gowland, Tylecote, Drescher i el mateix Coghlan (1975, 56) han assenyalat la necessitat d'aquest procediment, que en base a diverses activitats d'experimentació podria situar-se entre 150 i 200°C. Pensem que el fet que alguns motlles de l'Illa presentin precisament de manera marcada senyals de combustió per la part oposada al lloc de dipòsit, és a dir, a la banda dorsal de les valves, quedaria justificat per la realització d'aquesta pràctica.

Els motlles lítics, encara que exigissin més treball i habilitat per part de l'artesà que els realitzés, eren clarament amortitzables per a diverses colades enfront dels de terra cuita, de factura definitivament més senzilla i ràpida, però que es destruïen en cada utilització i que caldria renovar constantment. De tota manera, la inversió en feina no era excessiva ja que amb la capacitat tècnica demostrada al jaciment i les eines de què es disposava era possible realitzar cada element en un període de temps relativament curt. En primer lloc s'extreien els blocs lítics de la pedrera, es rebaixaven ràpidament amb ajuda del punxó i el martell, fent successives passades que aconseguien crear un bloc de cares planes i de les mides desitjades. La perfecció aconseguida en l'anivellament del diferents plans de les peces de l'Illa demostra que el nivell tecnològic d'aquests artesans i el coneixement dels materials era elevat. Posteriorment en alguns casos es passaria a realitzar el bisell de les vores colpejant els angles de la peça amb una escarpa i el percutor orientats convenientment i si es tractava d'una valva-matriu calia fer les incisions i l'acabat de la peça per abrasió, ja fos mitjançant el fregament amb pedres més dures (per exemple el granit) o amb l'ajut d'algun abrasiu (sorra, pols de diversos minerals...) i aigua. D'aquesta manera s'aconseguien unes superfícies internes molt fines i les externes un xic més grolleres.

Mitjançant l'anàlisi de la distribució dels motlles protohistòrics a la Península Ibèrica observem que són nombrosos en alguns poblats del sud-est, nord-oest, vall de l'Ebre i Catalunya. En aquesta darrera àrea existeix una dicotomia geogràfica i temporal associada a diferents patrons de poblament i tipus de producció. Així, relacionats amb l'edat del bronze hi ha elements per a destrals planes a Riner (Solsona), destrals tubulars a la Pedrera (Vallfogona de Balaguer), agulles a Tossal Fernando (Seròs) i Genó (Aitona); sivelles a la Ferradura (Ulldecona), la Pedrera (Vallfogona de Balaguer), anelles a Tossal del Moro (Tàrrega), punxons i barnilles a Escornalbou (Riudecanyes), Capçanes (Tarragona), Riner (Solsona) i a la Pedrera (Vallfogona de Balaguer); i per espases també al darrer jaciment. Més tard, en canvi, les troballes procedents majoritàriament de localitats gironines evidencien una reducció de productes: anelles obertes (Roses), anelles i elements ornamentals (Empúries), barnilles, anelles i fíbules (Ullastret), sivelles (Pontós); i concorden amb les de l'interior (barnilles rematades per esferes, anelles i sivelles del Tossal de les Tenalles - Sidamunt) (Rauret 1976; Pons 1976), i de l'àrea barcelonina (sivelles de cinturó de les Maleses - Montcada i Reixac) (Duran et al. 1987, 84) i punxons de la Penya del Moro - Sant Just Desvern) (Barberà et al. 1979, 11).

Inventari

***NÚM. INV.*: U3648** (fig. 16)

Altres núms. d'inventari: CIAG 3649; fotogràfic 477-S-18).

Tipologia: Valva inferior de motlle amb matriu per fondre anelles.

Procedència: Campanya 1974, E-V.

Cronologia: Indeterminada.

Mides: 5,7 cm diàm.; 3,5 cm gruix.

Pes: 197 gr.

Material: Roca sedimentària calcària.

Color: Gris.

Estat: Fragmentat.

Descripció: Valva de forma circular i secció rectangular. Té 5,7 cm de diàmetre i la secció oscil·la entre 3,5 i 2,8 cm. La cara ventral de la peça presenta la matriu: una incisió circular de 3 mm d'ample i 4 mm de fons, que delimita un cercle de 3,4 cm de diàmetre. En posició concèntrica s'hi situa un forat de 1,8 cm de diàmetre màxim i 1,3 cm de diàmetre mínim i 4 mm de fondària. Una incisió rectilínia uneix l'extrem del motlle amb el cercle i correspondria a la canal per fer arribar el metall a la matriu.

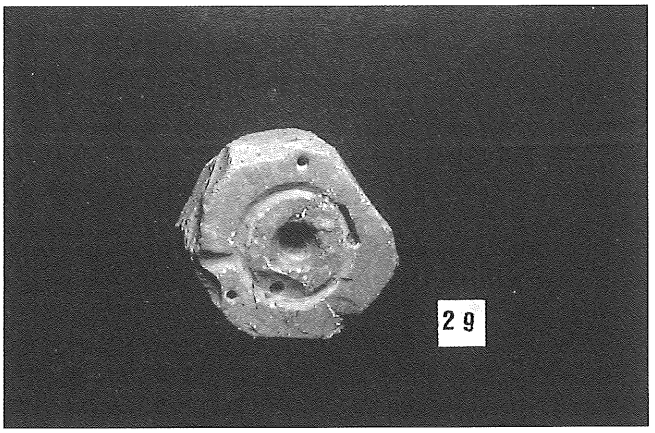

Figura 16. - Motlle de fosa U3648.

També té quatre forats: dos d'ells tenen un diàmetre de 3 mm i els altres de 2 mm. Els forats petits queden fora de les regates, és a dir, són de fixació, mentre que els grans coincideixen amb la regata exterior, motiu pel qual ens plantegem si es tracta del mateix tipus d'elements lligats a una reutilització de la peça.

Un paral·lel per a aquest motlle és l'U3316 (núm. 177, làm LXXXIX - Genís inèdit).

Referències bibliogràfiques:

(Genís inèdit, núm. 178 - làm XC, 1)

***NÚM. INV.*: U3106-U3107** (fig. 17)

Altres núms. d'inventari: U3106 - 100.288, U3107 - 100.289; fotogràfic: 3106 - 477-S-14, 3107 - 477-S-16.

Tipologia: Fragments de valva de motlle amb matriu per fondre fíbules de peu alt i disc.

Procedència: Dep. 3, E-II (al nord dels depts. 1 i 2; Trinxera de l'extrem nord-est del turó).

Campanyes: U3106 (Campanya 1965), U3107 (Campanya 1966).

Cronologia: Final s. v - s. iv aC.

Mides: U3106: 5 cm d'altura, una amplada que oscil·la entre 5,5 i 4 cm i un gruix d'1,7 cm; U3107: 5 cm d'alçada, 5,5 cm de llarg, 5,3 cm d'ample i 1,8 cm de gruix.

Pes: U3106 (90 gr); U3107 (73 gr).

Material: Roca sedimentària sorrenca de gra fi;

Color: Vermell.

Estat: Fragmentat, incomplet. Els dos trossos no enganxen entre si.

Descripció: L'element U3106 correspon a un fragment de valva de pedra sorrenca vermella de gra fi, on hi ha incisa una part de matriu amb forma de fíbula de peu alt acabat per disc. Presenta el perímetre quadrangular tallat en forma bisellada i secció rectangular. Diverses restes de fumat a la vora i a la cara dorsal demostren que fou utilitzat. Malgrat això no s'aprecia el punt pel qual es podia vessar el metall fos.

Les línies incises de la matriu tenen un gruix constant d'1 a 1,5 mm. El peu amida 23 mm d'alt × 20 d'ample. El diàmetre del disc que el completa varia entre 20 i 8 mm i l'arc tindria una alçada màxima estimada de 30 mm. A la part inferior, una altra incisió coincideix amb la línia de fractura de la peça. Es disposa en sentit horitzontal i té exactament 20 mm de llarg i 8 de profunditat. Al seu costat hi ha una incisió corba de quasi 10 mm de diàmetre. Totes dues presenten restes de fumat.

Al costat de la fíbula superior, a l'angle esquerre, existeix un petit cercle d'1 mm de diàmetre realitzat per abrasió, emprat com a forat de fixació.

L'element U3107 correspon a la cara ventral d'un motlle de forma i secció rectangular. Inclou un forat de subjecció de 4 mm de diàmetre i una incisió vertical de 5 mm d'ample × 30 de llarg, que finalitza en el punt d'entrada del metall. Totes dues presenten la superfície fumada derivada de la seva utilització.

Interpretació: Els dos fragments pertanyen a un motlle per fer vàries fíbules de tambor iguals, simultàniament. Tenim dubtes si els fragments 3106 i 3107 corresponen a una sola valva, podria tractar-se de parts de cada una de les dues meitats d'un conjunt amb doble matriu.

Referències bibliogràfiques:

Oliva, M. (1967, 83, fig. 95)
Oliva, M. (inèdit, t. V, 63, fig. 47; t. II-V, 4 i 19) (t. V, 177-178 i fig. 11)
Oliva, M. (1970, 84)
Oliva, M. (1976, 776-779, fig. 36)
Navarro, R. (1970, 71)
Rauret, A. M. (1976, 105, làm. XX)
Genís, M. T. (inèdit, núm. 179 - làm. XC, 2)
Genís, M. T. (1985, 118)
Martín, M. A. (1985, 30)
Pujol, A. (1989, 264, làm. 74).

***NÚM. INV.*: IR-88-7095-5-1 / IR-88-7095-5-2** (fig. 18)

Altres núms. d'inventari: Fotogràfic 533-S.

Tipologia: Dues meitats d'una valva inferior de motlle per a barnilles amb cap globular.

Procedència: Zona 7, Sector 1, UE 7095.

Cronologia: 525-350 aC.

Material: Pedra sorrenca.

Color: Groc.

Estat: Fragmentat però complet. Restaurat.

Mides: 17 i 15,5 cm d'amplada superior i inferior, respectivament; l'alçada oscil·la entre 13 i 12 cm i el gruix de la secció entre 1,7 i 2,7 cm.

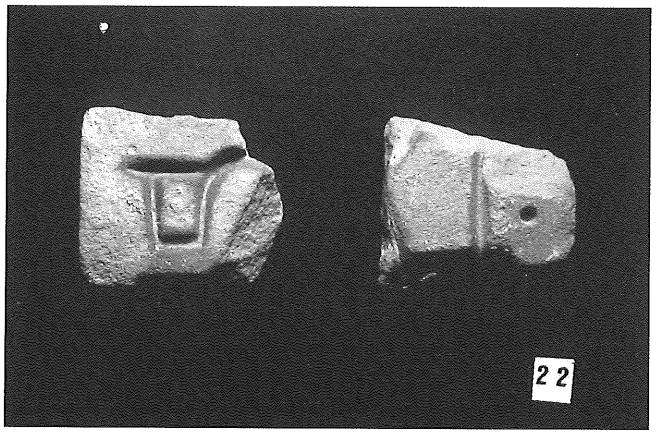

Figura 17. - Motlle de fosa U3106-U3107.

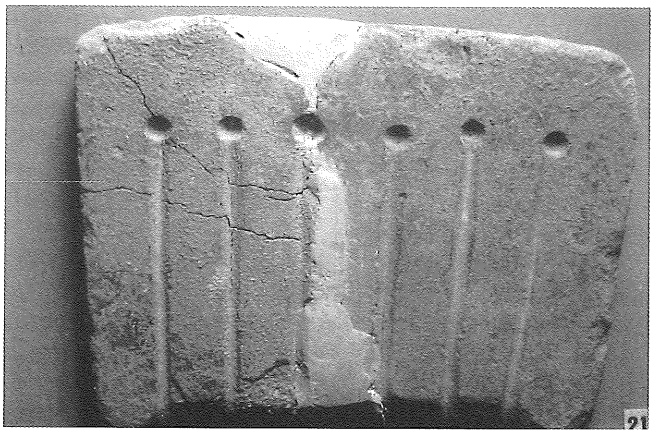

Figura 18. - Motlle de fosa IR-88-7095-5-1/2.

Descripció: Valva paral·lepípeda una mica més ampla a la part superior que a la inferior. La meitat dreta (7095-5-2) es trobava en millor estat de conservació que l'esquerra (7095-5-1), i se n'ha realitzat una restauració global.

La cara ventral de la peça conté les matrius de 6 barnilles de tipologia similar (tija i cap globular) però amb lleugeres desigualtats en la seva realització (amiden uns 80 mm de llarg i de 3 a 4 mm d'ample) i distribució (l'espai de separació entre les tiges no és constant, la inclinació també varia, els caps presenten de 7 a 9 mm de diàmetre i el conjunt d'incisions queda lleugerament desplaçat del marc). No té forats de fixació.

La vora inferior de la peça està bisellada i presenta l'entrada per al metall, evidenciant així que aquest procediment es realitzava amb el motlle en posició invertida respecte a l'orientació de les matrius.

Els senyals de color negrós que demostren que la peça experimentà altes temperatures es troben principalment a la cara dorsal (és lleugerament bombada), especialment al centre del fragment IR-7095-5-2 (dret). Serien la conseqüència d'un pre-escalfament previ al dipòsit de metall incandescent (responsable igualment de les marques a la part interna), o que s'hagués reutilitzat per la cara dorsal com a tapadora d'un altre motlle.

Referències bibliogràfiques:

ROVIRA, M. C. a LÓPEZ et al. (memòria inèdita).

***NÚM. INV.*: IR-89-7124** (fig. 19)

Tipologia: Tapadora de motlle bivalve destinat a produir barnilles.

Procedència: Zona 7, Sector 1. UE 7124.

Cronologia: Primera meitat s. IV aC.

Mides: 7 cm alt; 7 cm ample màx.; 3,5 gruix màx.

Material: Sorrenca de gra fi.

Color: Vermellós.

Estat: Fragmentat.

Descripció: Objecte lític trapezoïdal. La cara ventral està més polida que la dorsal i presenta senyals d'haver experimentat altes temperatures. Aquestes restes negroses es concentren al llarg de la vora, i en la superfície formen quatre línies rectes equidistants. La seva llargada varia de 5 a 2,5 cm, ja que l'objecte es troba fragmentat irregularment, i l'amplada, constant, és d'uns 5 mm. Entre elles hi ha espais sense restes fumades, un xic més rugoses i d'una amplada aproximada d'1 cm cada una, i una llargada, igual que en el cas anterior, que oscil·la entre 2,5 cm i 5 cm.

Per les seves característiques correspondria a la tapadora o part superior d'un motlle bivalve d'agulles o tiges. Amb aquest instrument s'obtindrien, mitjançant la fosa, peces en sèrie que podrien utilitzar-se per si mateixes o transformar-se en altres objectes mitjançant diverses tècniques. Té paral·lels al Puig de Sant Andreu i a la mateixa Illa d'en Reixac (RAURET 1976 125, làm. XI-XII; GENÍS 1985 114, 116, 118, 122 i 123).

Referències bibliogràfiques:

ROVIRA, M. C. a LÓPEZ et al. (memòria inèdita).

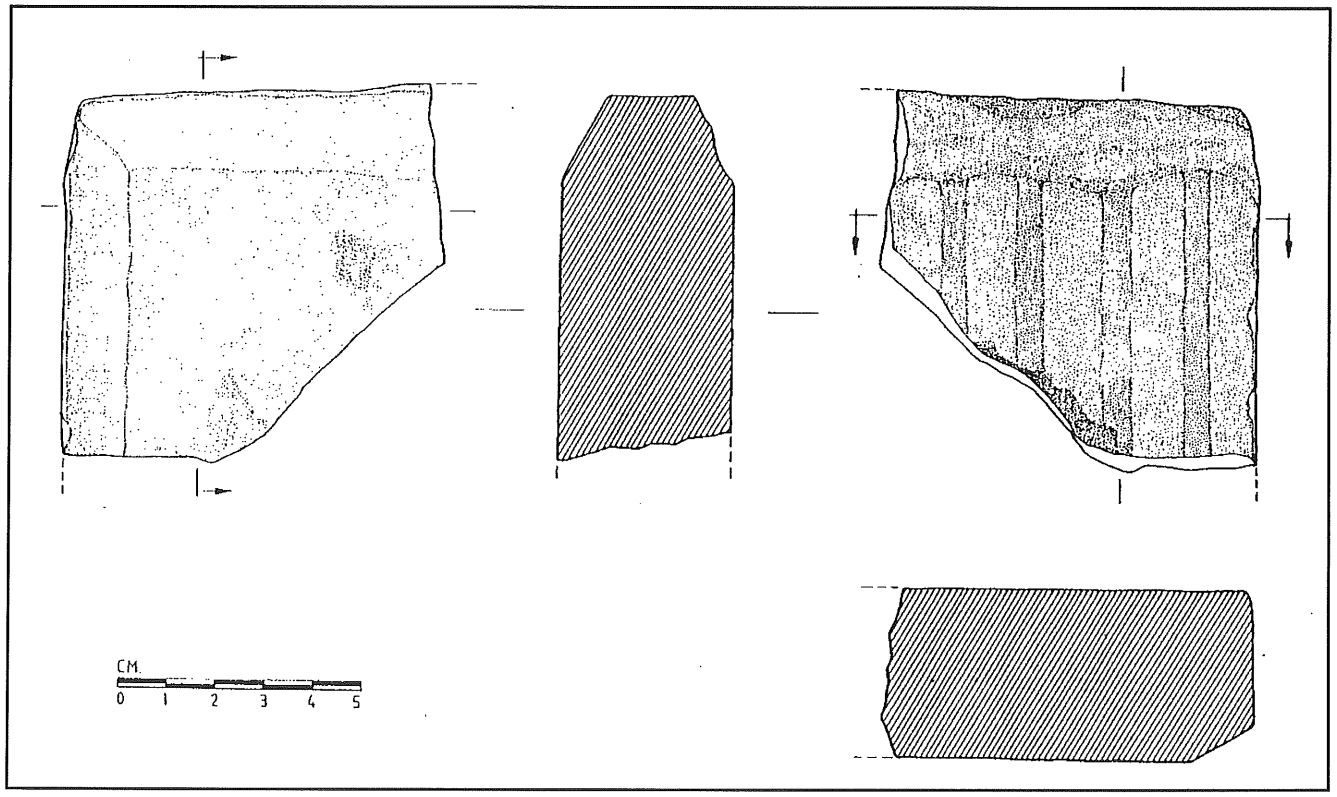

Figura 19. - Motlle de fosa IR-89-7124 (dibuix A. Lafuente).

***NÚM. INV.*: IR-90-2008** (fig. 20)

Tipologia: Angle esquerre superior d'una valva - matriu per fondre barnilles, corresponent a un motlle bivalve.

Procedència: UE superficial Zona 2.

Cronologia: 420-380 aC.

Mides: 6,5 cm d'ample × 4,5 cm d'altura × 2,5 cm de gruix màxim.

Material: Pedra sorrenca de gra fi.

Color: Groc / vermellós.

Estat: Fragmentat.

Descripció: Peça de sorrenca de gra fi tallada en forma de paral·lelepípede. A la part ventral s'hi aprecien incisions en forma de 2 cercles (7 mm de diàmetre) travessades dues canals en sentit vertical, paral·leles entre si. A l'extrem dret hi ha l'arrencament d'una altra canal, que es presenta en sentit perpendicular a les anteriors i queda interrumpuda per la línia de fractura. És la regata més marcada, mentre les altres dues són poc profundes. Totes tres presenten la secció rectangular. La fondària dels cercles també varia (la de l'esquerre és de 3 mm, i la del dret 2 mm).

El primitiu color de la peça ha estat alterat en superfície, adquirint tonalitats de color vermell intens i negre on va experimentar altes temperatures, especialment en els punts de contacte directe amb el metall i els seus gasos, és a dir, a la boca d'entrada i a les matrius, fet que n'evidencia la continuada utilització.

Observacions: Presenta un bon acabat pel que fa al polit i a la vora bisellada.

Paral·lels al puig de Sant Andreu (Ullastret) (Genís 1985; Rauret 1976, 116, làm. XI).

***NÚM. INV.*: I-83-194** (fig. 21)

Tipologia: Valva inferior de motlle amb matriu per fondre barnilles.

Procedència: Cala C´01, Basament de forn núm. 1, nivell 2.b.

Cronologia: Primera meitat del s. IV aC (data de construcció de l'estructura de combustió on es va trobar el motlle, aportada per una tapadora de lekanis àtic de figures roges).

Material: Pedra sorrenca.

Color: Groc / vetes vermelles.

Gra: Fi.

Estat: Fragmentat incomplet (consolidat).

Mides: 12,5 cm llarg; 7,5 cm ample; 2,8-2,3 cm gruix.

Descripció: Fragment corresponent a l'angle d'una valva inferior de motlle per fabricar barnilles. S'aprecia l'extrem de tres d'elles (un molt malament), disposades en paral·lel i de característiques similars. Sembla que podria estar fragmentat per la meitat i que per tant podria haver servit per elaborar-ne el doble. Presenta un forat de fixació que ajustava bé ja que entre les barnilles quasi no s'aprecien restes negroses. L'estat incomplet de la peça, elaborada amb pedra sorrenca,

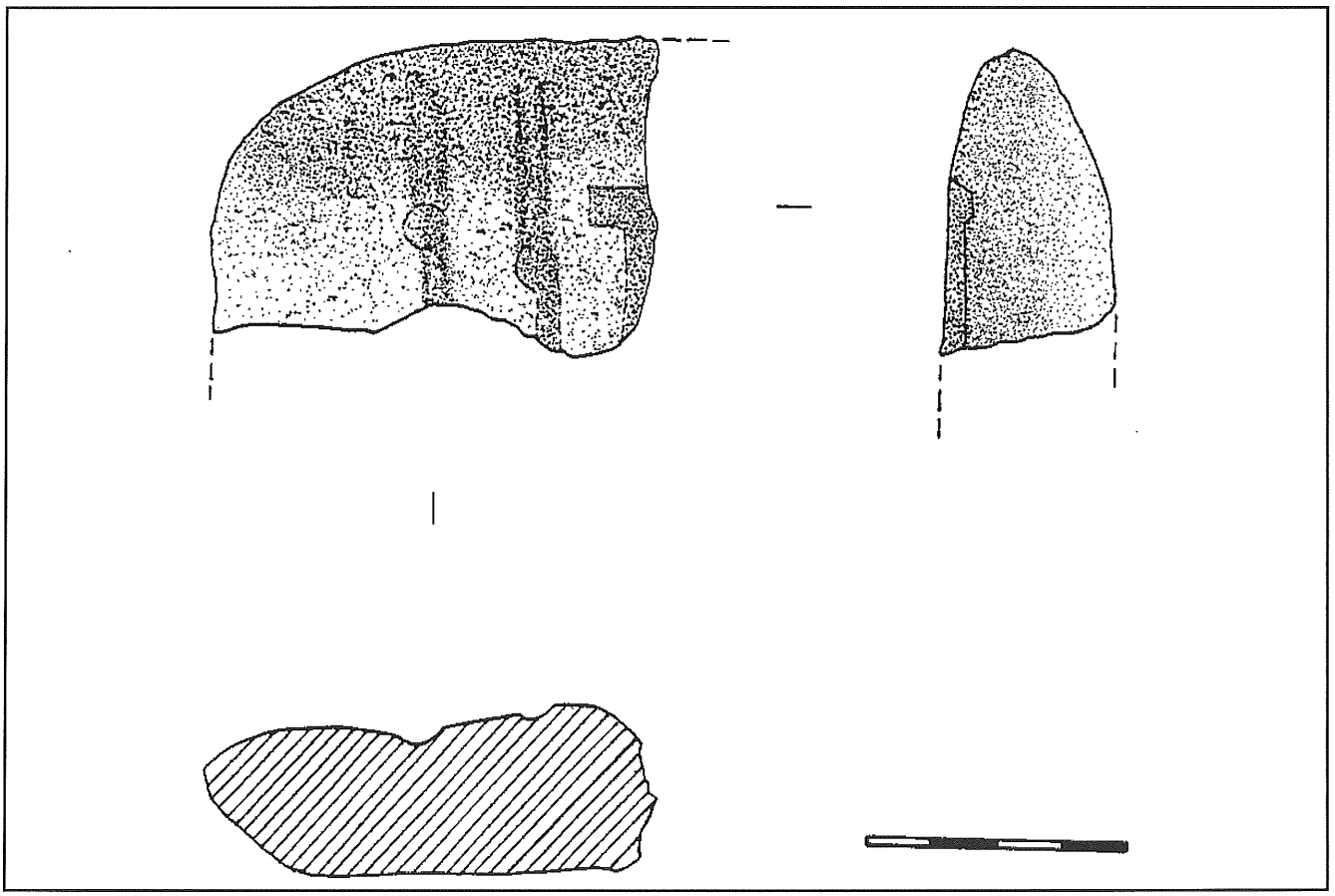

Figura 20. - Motlle de fosa IR-90-2008.

Figura 21. - Motlle de fosa I-83-194.

impedeix saber si les tiges estaven coronades per caps esfèrics com altres exemples similars. L'entrada del metall està marcada amb un bisell suau i està enfosquit com la cara dorsal i l'interior de les barnilles.

Referència bibliogràfica:
MARTÍN, M. A. (memòria inèdita).

***NÚM. INV.*: desconegut**

Tipologia: Valva inferior de motlle bivalve per fondre barnilles.
Procedència: 1a Campanya, OLIVA 1965. Extrem sud de la trinxera NE-SE (departaments 1, 2 i 3), situada al límit septentrional del jaciment.
Cronologia: Segles IV-III aC.
Material: Lític.
Mides: Desconegudes.
Estat: Fragmentat.
Descripció: "Un trozo de molde, de piedra, para la obtención de finos vástagos de bronce" OLIVA (1976, 741).

Referències bibliogràfiques:
OLIVA (1976, 741).

2.4. *Toveres*

La identificació per primera vegada d'artefactes arqueològics com a toveres, es deu a Dechelette (1910, 186, fig. 56), a partir dels exemples de Velem St. Veit (Hongria) i Boyadel (Silèsia), encara que algunes obres anteriors ja feien referència a la utilització i representació artística d'aquesta mena de peces en època clàssica (DAREMBERG, SAGLIO 1875). Es tracta d'elements tubulars ceràmics que servien com a conduccions d'aire, des de les manxes que el produïen fins a l'interior del forn; per tant podem considerar-les com a part integrant d'aquestes estructures o com a utillatge metal·lúrgic. La seva finalitat era incrementar la quantitat d'oxigen al nucli de la combustió per intensificar la reacció. Es feien servir, doncs, quan l'aireació natural del forn era insuficient per aconseguir les altes temperatures requerides en operacions metal·lúrgiques com ara la reducció o la fusió.

Tot i que antigament els sistemes de ventilació dels forns metal·lúrgics, compostos per manxes i toveres, deurien estar estesos, la documentació arqueològica de què es disposa és força limitada; les manxes són desconegudes al vell continent, al contrari d'Àfrica (Egipte) i al Pròxim Orient (TYLECOTE 1987, 115). La raó deu ser la matèria de caràcter orgànic amb la qual es realitzaven, que no seria susceptible d'una llarga perduració, ja que per aquests elements resultaven òptimes les bótes o bosses fetes amb pells o estómacs d'animals, o les caixes de fusta amb mecanismes adients per a insuflar aire a la pressió i ritme desitjats amb l'ajut de mans o peus. En època hel·lenística i romana, tal com documenten sarcòfags i esteles del Llenguadoc, apareixen els precedents immediats de les manxes que encara s'utilitzen actualment, formades per dues peces de fusta disposades obliquament i unides per una peça de pell que permet recollir l'aire al seu interior i expulsar-lo per un tub (BENOIT 1948, 307).

Atesa la manca de restes materials, la millor documentació que en testimonia el seu ús a l'antiguitat és, doncs, la iconografia: des de les pintures egípcies de la 5a dinastia de l'imperi antic (2500 BC.) on els artesans encara no utilitzen manxes sinó impulsen aire cap a les estructures metal·lúrgiques bufant a través de canyes, passant pels primers testimonis de manxes de peu amb toveres en la producció de coure i estany a les pintures funeràries tebanes de la mastaba de Rekmiré (datades cap el 1500 aC), fins arribar a les representacions de tallers en vasos ceràmics grecs, on apareixen manxes en forma de sac unides a toveres, i altres més tardanes, de ferrers romans (COGHLAN 1975; ODDY, SWADDLING 1985; COURBY 1922; TYLECOTE 1987, 115, figs. 47 i 48).

La primera troballa arqueològica de toveres correspon a l'aixovar funerari d'un metal·lúrgic localitzat a Kalinovka (URSS), datat entre el 2000 i 1800 aC. Es coneixen altres exemples de l'edat del bronze a la zona siberiana (cultura de Turbino - 1500 aC). A l'Europa meridional els testimonis més antics procedeixen d'Ambelikou (nivells del bronze antic) (TYLECOTE 1976, 11,17 i 29; 1987, 118-119).

Forbes fou un dels primers autors en preocuparse pel tema i en realitzar la primera classificació de tots aquests objectes, de manera evolutiva: en un

primer moment només s'utilitzaven toveres, i la seva variant més senzilla corresponia a elements de la natura com ara canyes, com les que apareixen a les pintures funeràries egípcies de Sakkara i Tebes i en imatges d'artesania inca (1950, 14; TYLECOTE 1987, 116; ZWICKER et al. 1985, 103, 110-111). Segons alguns historiadors, (els quals a partir de la seva funció essencial les denominen literalment "tubs per bufar"), eren utilitzades només en operacions metal·lúrgiques que requerissin baixes temperatures, i per tant, sobretot estaven relacionades amb l'orfebreria, i molt probablement amb operacions com la soldadura. En un segon moment es va passar a la utilització de toveres de ceràmica amb manxes, constatades tant iconogràficament com arqueològicament.

Les manxes més antigues eren bosses fetes amb pell o estómacs d'animals, que podien obrir-se i tancar-se per la part superior; més tard es va passar a les de fusta, asiàtiques i africanes, que funcionaven gràcies a un sistema de pistons, i si en un principi s'utilitzava un únic instrument, ben aviat es varen emprar per parelles, ja que actuant alternativament feien possible un corrent d'aire continu (TYLECOTE 1987; DAREMBERG, SAGLIO 1875). El primer tipus és característic del món grec, i des de la segona meitat del s. VI aC apareix representat freqüentment entre l'utillatge propi dels artesans metal·lúrgics. En un dels casos, es féu sobre un *oinochoe* àtic de figures negres (BOARDMAN 1978, 212, fig. 285), procedent de Vulci i dipositat actualment al British Museum. L'escena presenta un personatge que manté la massa metàl·lica agafada amb tenalles sobre l'enclusa mentre un altre porta un martell a la mà per tal de colpejar-la. Aquesta manera de treballar sembla característica dels tallers de forja. A la imatge també s'hi troba representada una estructura de combustió: el forn, i darrera de la seva xemeneia és possible identificar una manxa de pell.

Una escena similar és la de la cràtera de columnes del Museu de Caltanisetta (Sicília) (ODDY, SWADDLING 1985, 44 i 53, fig. 2), datada entre el 470 i el 460 aC. Hi apareix Hefest en acció de forjar, acompanyat de dos sàtirs. Un d'ells sosté un parell de manxes en forma de bossa, acabades en dues perllongacions longitudinals identificades com a toveres de tipus cilíndric.

Pel que fa a la Península Ibèrica, en els poblats on han aparegut altres instruments metal·lúrgics com poden ser gresols i motlles o estructures de treball durant el calcolític o l'edat del bronze, no es troba documentat cap tipus d'element identificable com a tovera (CORRAL 1986). Això ens fa pensar que la ventilació de les estructures metal·lúrgiques, o bé es feia orientant-les cap a corrents d'aire naturals, o mitjançant materials peribles com ara les canyes o tubs de fusta, que no s'haurien conservat. Només a Portugal, concretament a Pedra don Ouro, es coneix una tovera ceràmica, del tipus troncocònic amb una canal interior paral·lelitzable cronològicament amb la Cultura de los Millares. El seu diàmetre oscil·la entre 2 i 4 cm i el de la canal és d'1,5 cm aproximadament (ZWICKER et al. 1985, 103 i 110, fig. 1).

Haurem d'esperar el moment dels primers contactes colonials per constatar altres exemplars en establiments fenicis o associats a materials d'aquest origen al sud de la península, concretament a Huelva (ROTHENBERG et al. 1986) i a Màlaga (NIEMEYER 1982; SCHUBART 1985; KEESMANN, NIEMEYER 1985), però fins i tot en època posterior les troballes continuen essent esporàdiques. A l'interior de la península i a la zona valenciana se'n coneix dins de l'àmbit celtiber i iber, mentre que al Baix Aragó i Catalunya apareixen indiferentment en context indígena o bé en el colonial grec, i corresponen a tipus diferents (VILASECA et al. 1949; SERRA RÀFOLS 1968; PUIG I CADAFALCH 1915-1920; OLIVA 1970; ALMAGRO 1945, 1949 i 1951).

Tipologies

Les toveres es presenten sota formes i mides diverses, segons l'àmbit cultural al qual corresponguin i la seva finalitat. A l'illa de Xipre, durant l'edat del bronze s'han pogut diferenciar diversos tipus utilitzats en activitats de refosa del metall: rectes (secció cilíndrica o semicircular) i colzades en angle recte (TYLECOTE a MOHEN 1990, 120-121). Del tipus més habitual, i alhora el més senzill, el que l'autor denomina "recte" (troncocònic), se'n coneixen altres exemplars a Tel Zeror (Palestina) i Kalinovka (CEI), Apliki (Xipre) (TYLECOTE 1987, 118-119, figs. d i e) i a Fort-Harrouard (França) (MOHEN 1990, 120-121, fig. 33). Les toveres de secció cilíndrica però lleugerament corbades o doblegades formant angle es troben també a Fort-Harrouard i al llac de Bourget (França) i perduren, amb algunes diferències, fins a l'edat del ferro en una zona molt àmplia. Es constata, doncs, que durant aquest període coexistexen diversos tipus de toveres, no només cronològicament sinó també espacialment, raó per la qual podem pensar que tindrien funcions complementàries dins de l'activitat metal·lúrgica per a les quals s'adaptaven morfològicament.

La diversificació de formes s'intensificà al llarg del temps, sorgint modalitats com la denominada "bloc rectangular": una perforació realitzada a la paret del forn i per tant, la tovera i el forn formant un únic element (TYLECOTE 1987, 118-120, fig. 4.11). Els elements d'aquest tipus poden ser d'una sola canal (Mont Breuvray a França, Oberdielfen, Trupbach i Alchen a Alemanya i Carpow a Gran Bretanya); o dobles (Toscanos) (TYLECOTE 1987, 118-119, fig. 4.11). Algunes toveres amb apariència similar són elements independents i en certs casos tenen 2 canals que convergeixen a l'extrem distal formant-ne una de sola (Cartago, Río Tinto) (TYLECOTE 1987, 120-123). Són característiques de l'àmbit fenício-púnic ja que també apareixen a Toscanos el segle VI aC (KEESMANN, NIEMEYER, 1985) (aquí els canals són paral·lels i cada un desemboca per separat) i anirien evolucionant fins als exemplars de Cartago (s. IV-II aC) (LANCEL 1979; 1982, 225-230; 1983).

Contemporàniament es coneixen altres tipologies: per exemple a l'Europa Central les cilíndriques o troncocòniques, i en alguns punts de la Mediterrània occidental els tubs en forma de "V" (la majoria presenta motllures o solcs per facilitar la subjecció a les manxes). Apareixen en diversos jaciments indígenes de l'edat del ferro compresos entre el sud de França (Pech-Maho i Ensérune) (DD.AA. 1977) i el llevant peninsular (la Bastida de les Alcuses - Mogent, Numància, Castellet de Banyoles - Tivissa i a Piuró del Barranc Fondo -

Maçalió - Baix Aragó). En aquests darrers jaciments ibèrics i celtibèrics peninsulars en un primer moment foren denominades "bocinas dobles", "trompetas" i fins i tot "dobles àmfores" fins que finalment fou reconeguda la seva funció metal·lúrgica (VILASECA et al. 1949, 21-28).

Ja hem vist com les primeres toveres de forma colzada apareixen durant l'edat del bronze a Xipre i en jaciments de l'Europa Central, però la seva utilització perdura fins a l'edat del ferro (Velem-Saint-Veilt) i en les forges romanes de Huttenberg (Carintia-Noricum) (MOHEN 1990, 120-121; TYLECOTE 1987, 118-119, fig. 4.10; BENOIT 1948, 307; GRENIER 1934, 1007 i 1008, fig. 363). Caldria anomenar-ne una variant: la colzada amb nansa en forma d'anella semicircular, que sol anar col·locada a la part convexa del tub, prop de la sortida de l'aire. A la base (més ampla que la boca) poden haver-hi altres perforacions. També cal ressenyar que la part còncava sol presentar un solc longitudinal.

Aquestes peces s'han trobat en ciutats i colònies gregues o en jaciments indígenes fortament hel·lenitzats de l'extrem occidental de la Mediterrània com ara l'Illa d'en Reixac, en una àmplia seqüència cultural que abasta d'època arcaica fins a l'hel·lenística. Estan documentades iconogràficament a través d'un *cantharos* àtic de figures negres del s. VI aC (BENOIT 1948, 306), connectades a un parell de manxes en forma de bossa que Èol fa funcionar (DAREMBERG, SAGLIO 1875, 1227, fig. 31 i 32). Es tracta d'una escena de *Gigantomachia* similar a la del fris nord del Tresor de *Siphnos* (Delfos), on el déu Hefest acciona els instruments.

Materials

Malgrat la diversificació de formes, els materials emprats en la realització de toveres es limiten pràcticament a la ceràmica, ja sigui sota la variant d'argila cuita o assecada al sol. Com ja hem vist, si en un primer moment es podien utilitzar elements vegetals tubulars, com per exemple canyes o cilindres de fusta, molt aviat es varen substituir pels ceràmics degut a diversos aventatges, com ara la incombustibilitat, cosa que permetia una major aproximació al focus de l'operació metal·lúrgica, i per tant una millor operativitat. Malgrat tot caldria protegir-ne l'extrem de l'escalfor col·locant-hi a l'extrem una protecció o "boquilla" d'argila, que un cop inutilitzada per l'escorificació com a resultat de les altes temperatures, podia ser fàcilment substituïda per una altra (TYLECOTE 1987, 118, fig. 4.9).

Paral·lelament un procediment útil per allargar la vida de les toveres (igual que per altres elements que participen a les activitats metal·lúgiques i estaven sotmesos a altes temperatures i sobtades diferències tèrmiques) era la cocció prèvia a l'ús, ja que d'aquesta manera la matèria es feia més resistent que mitjançant un simple assecat natural.

En general tots aquests elements acostumaven a tenir la superfície llisa, ja que es tracta d'objectes bàsicament funcionals i de poca duració. Malgrat aquestes premisses, han estat identificats com a tals alguns exemplars decorats amb motius incisos i plàstics: en concret es tracta de les que formaven part de l'aixovar funerari del túmul núm. 8 Kalinovka (MOHEN 1990, 94). Deixant de banda que pogués tractar-se d'elements rituals es consideraven toveres de ferrer (amb paral·lels a Timna Velem Saint-Veilt, Boyadel i al llac de Bourget), i per tant la seva duració seria més llarga, justificant una manufactura més acurada (TYLECOTE 1976, 17; 1987, 123-124).

Funcionament

Els forns metal·lúrgics del tipus més senzill eren els excavats a terra; podien tenir un revestiment interior i una superestructura per tal de controlar més efectivament les condicions de treball. Un factor essencial per aconseguir-ho era la temperatura, diferent en cadascun dels metalls i aliatges. Això implicava no només arribar a cert grau tèrmic, sinó el més important, poder-lo mantenir i dirigir-lo convenientment. Aquests requeriments feien imprescindible el domini de les condicions atmosfèriques de la combustió mitjançant l'aireació artificial de l'estructura: aportació d'aire a una pressió i ritme adients gràcies a les manxes com a productores d'aire i les toveres com a conductores del corrent, dirigint-lo cap el punt més indicat per aconseguir una circulació interior òptima.

Mentre la capacitat humana per insuflar aire s'estima aproximadament en 40 litres/min., s'ha comprovat que de 10 a 20 litres/min. de manera contínua, permeten arribar a 1.000°C en una àrea de poc volum, i per tant, aconseguir la fusió de diverses matèries metàl·liques. En àrees més grans seria inviable aquest tipus de ventilació, fent-ne imprescindible una més intensa, natural o mitjançant manxes (aquestes darreres resoldrien tant el problema del volum com la regularitat mitjançant una acció contínua gràcies a l'ús altern de vàries, connectades a una sola tovera, com a Cartago o Río Tinto) amb menys esforç i millor control de les condicions físiques de la reducció. Un altre aspecte important seria la seguretat, ja que aquests elements permetrien que l'artesà pogués treballar relativament allunyat de l'estructura i per tant amb menys risc respecte a les seves emanacions tòxiques (TYLECOTE 1987, 123).

Les experimentacions d'Andrieux (1980 i 1988) han permès determinar que la temperatura a la qual se sotmeten els extrems de les toveres pot arribar a 1.400-1.450°C si es porten a terme de 70 a 80 pulsacions/min. amb unes manxes de 5 a 7 litres de capacitat teòrica (que corresponen a 3-5 útils). Altres experiments basats en dades arqueològiques i etnogràfiques, recollides per Tylecote i Merkel (1985, 4) han demostrat que els forns de coure podien funcionar amb una sola tovera, però augmentant-ne el nombre es millorava el resultat substancialment.

La diversitat tipològica de les toveres vindria, doncs, determinada més aviat per les característiques del procediments tècnics en què intervenien (també influïen en la seva col·locació en relació al forn) i no pel metall amb el qual estiguessin relacionades. Malauradament les estructures de combustió, difícilment es conserven, i les toveres han estat en molts casos els únics testimonis de la seva existència, a partir de les quals podem reconstruir les activitats portades a terme.

2.4.1. Les toveres de l'Illa d'en Reixac

Problemàtica general de les peces

Els exemplars de toveres localitzats al jaciment de l'Illa d'en Reixac són quatre: dos (Q.3-E.II i Q.2/4.E.IV) apareguts durant la campanya de 1974 dirigida per M. Oliva a la vessant meridional del jaciment i una altra parella (7015-2-1/2) corresponent a les excavacions de 1987. Totes elles correspondrien a la tipologia "colzada"; és a dir són elements de secció cilíndrica i perfil corb. Poden mantenir-se drets recolzant-los sobre l'extrem de diàmetre més gran, o base, que de vegades presenta forma de peu o de disc. La boca queda inclinada uns 30° respecte a ells, està tapada i perforada per la part central. El cos disposa d'una nansa a la part exterior i d'un solc o plec en sentit longitudinal en la cara oposada, i pot tenir perforacions a la part baixa. Les dimensions poden variar (de 10 a 25 cm d'altura i de 10 a 15 cm de diàmetre), però les proporcions solen mantenir-se constants.

Aquests objectes estan fets a torn, però quasi bé sempre amb pastes poc depurades (presenten inclusions visibles de calcària, mica, quars, etc...). Són de factura grollera, cuits en ambient oxidant que els proporciona un color entre tonalitats ataronjades, vermelles o marrons, i freqüentment exhibeixen traces de cremat. Encara que algunes peces presenten una decoració molt senzilla mitjançant incisions o motllures a la base, en general podem dir que foren concebudes per a ésser essencialment resistents i utilitàries.

Se'n documenta la troballa en una vintena de jaciments grecs (Morris 1985; Grandjean 1985) de l'Egeu (Corint, Atenes, Milet, Samos, Thasos, Thera, Creta-Kastro i Xipre-Kourion), colònies del Mar Negre (Olbia, Histria, Nymphaeum, Panticapaeum, Hermonassa i Argamum), Magna Grècia (Himera, Sibaris, Paestum i Ischia), colònies focees (Marsella, Empúries), i altres punts sota influència hel·lènica com la costa del Llenguadoc (La Monédière, Ensérune, Ruscino). També se citen exemplars en curs d'estudi a Zagora, Klazomenai i Knidos, i dos de procedència desconeguda dipositats a l'Antiken Museum de Berlín. A més d'ells, caldria afegir el localitzat al Puig de Sant Andreu (Oliva 1970) i els de l'Illa d'en Reixac.

Queda, doncs, constatada la gran difusió geogràfica d'aquestes peces, així com la llarga utilització ja que apareixen per primer cop en els nivells postgeomètrics i perduren fins a época hel·lenística. Només en un cas (Thera) es varen trobar en context funerari, i cal assenyalar que es tractava de miniatures. Les altres corresponen generalment a nivells d'àmbit domèstic i esporàdicament religiós. L'associació amb restes de materials metal·lúrgics i llur similitud tipològica amb toveres de l'edat del bronze en permeté la identificació inicial com a boques de manxa, però la multiplicació de les troballes, entre les quals existeixen substancials diferències morfològiques, cronològiques i geogràfiques, ha donat peu a la manifestació d'opinions contraposades referents a la seva funcionalitat.

El nombre d'exemplars potencialment comparables amb els de l'Illa d'en Reixac seria, doncs, relativament elevat, però l'estudi esdevé difícil perquè només una minoria dels exemples han estat publicats. Els hem agrupat en tres grans zones per tal de procedir a la seva anàlisi (si no s'indica cap altra referència les dades s'han extret del catàleg de Morris 1985).

Mediterrània oriental

Podem enquadrar dins d'aquesta àrea geogràfica les troballes corresponents a la península grega i les illes de l'Egeu (Corint, Atenes, Milet, Samos, Thasos, Thera, Kastro-Creta i Kourion-Xipre), així com un altre grup corresponent a les colònies del Mar Negre (Olbia, Histria, Nymphaeum, Panticapaeum, Hermonassa i Argamum).

El conjunt de Thasos està compost per 11 elements procedents de diversos punts del barri de la porta de Silè, que es daten entre els segles IV i III aC (Grandjean 1985, 265-266), mentre que els exemplars de l'Acròpoli d'Atenes corresponen a la zona de l'Àgora (un del s. IV aparegué prop d'un pou de fosa), es daten entre final del s. V i el s. IV aC, coincidint amb els exemplars de Corint. A Thera es coneixen aquest tipus d'objectes miniaturitzats, corresponents a un dipòsit votiu arcaic de caràcter funerari, mentre que a Milet hi ha troballes en context d'habitació (a l'illa oest del Bouleuterion) des del s. VI al III aC (Sparkes, Talcott 1970, 231, làm. 96, Grandjean 1985, 265-266).

En el cas de Creta, al jaciment de Kastro, les peces no estaven estratificades però es varen trobar en nivells del Ferro Antic; a Kourion (Xipre) formaven part del reompliment d'una cisterna de l'Acròpoli, i totes corresponen a àmbits domèstics. En canvi a Nymphaeum foren localitzades en una fosa del santuari dedicat a Demèter junt amb les restes d'un forn, mentre que les troballes d'Histria consisteixen en 36 peces incompletes, trobades prop de forns ceràmics, en una cronologia que va del s. VI aC fins al s. IV aC. Els excavadors consideraven que es tractava de toveres i que podrien haver funcionat en relació amb els forns (Coja, Dupont 1979, 37, 53-56, làms. 10 i 13). Les anàlisis de pastes demostren que es tracta de productes locals fabricats acuradament i sovint apareixen restes de sutge a l'interior i/o a l'exterior (Grandjean 1985, 265-266).

Mediterrània central

A la zona de la Magna Grècia pertanyen diversos exemplars procedents de la península itàlica (Ischia - Pithecusa, Síbaris i Paestum), així com de l'illa de Sicília (Himera) (Grandjean 1985, 265-266). Els tres d'Ischia, malgrat foren trobats en un d'abocador d'àmplia cronologia, estaven associats amb mineral de ferro i material atribuïble des de l'edat del bronze fins al s. II aC, i es varen interpretar com a toveres de fosa pel paral·lelisme amb les troballes de Marsella (Ruiz de Arbulo 1989, 317). De les de Síbaris se'n tenen poques referències a excepció de la procedència (associades a un forn, en nivells arcaics de l'assentament) i en un cas han estat publicades com elements arquitectònics de terra cuita. Les quatre troballes de Paestum foren localitzades a l'Àgora entre les restes d'una estructura circular i identificades com a manxes. Una d'elles provenia d'un dipòsit que contenia restes de forns i motlles (Morris 1985, 407).

Grandjean (1985, 265-266) ubica a Himera nou peces aparegudes entre l'àrea sagrada i un barri d'habitació, datables entre els segles VI i V aC. A l'àrea sagrada corresponen dos exemplars sencers i fragments d'un altre. Els de la zona de l'altar del temple B estaven associats a ceràmica arcaica i foren interpretats com a possibles *kernos* votius o *rhyton*, mentre que els dels nivells clàssics de l'assentament eren qualificats de suports per torxes i els de certes habitacions de l'Ínsula II foren publicats dins de la categoria d'objectes diversos. Finalment Allegro va considerar que els trobats en els nivells clàssics del carrer E-O del Barri Est corresponien a les boques de manxa d'un taller (MORRIS 1985, 407).

Mediterrània occidental

Al jaciment d'Ensérune, tot i que no tenim una referència precisa, sembla que les toveres es trobaven en nivells datats entre els segles VII i V aC i a la Monédière (Béssan), dels segles VI i V aC. Paral·lelament els exemplars de Marsella i Ruscino aparegueren en nivells arcaics del s. VI aC, i els d'Empúries, des del s. VI fins al s. IV aC (GRANDJEAN 1985, 265-266; RUIZ DE ARBULO 1989).

Benoit identificà diversos fragments de toveres de terra cuita i pasta grollera d'origen local, taronjada i micàcia, emprada també per a la realització de grans contenidors, durant les excavacions de Marsella, concretament als nivells profunds de l'abocador de la rue Négrel (barri limítrof de la ciutat grega), de la segona meitat s. VI aC. Són anàlogues en aspecte i cronologia a les d'Empúries. Segons l'autor, corresponien als extrems de les manxes, tal com ratifiquen les marques de combustió de la boca i un dels costats (1948, 305 i 1965, 194).

Villard, al seu estudi sobre la ceràmica grega de Marsella, considera que la producció autòctona comuna està prou documentada a partir del s. V aC i que es varen utilitzar quatre tipus diferents d'argiles caracteritzades per la presència de mica, aconseguides barrejant la terra de Saint-Henry, indret pròxim al jaciment, amb micaesquist d'una altra procedència. Aquesta era la matèria primera emprada per elaborar grans contenidors (*pithoi*, àmfores) i vasos més petits com bols, *oenochoes*, olpes, plats minúsculs *cratheiskoi* i els cinc fragments amb nansa lateral utilitzats com a boques de manxa (1960, 58, 63, fig. 40. 2 i 3), dels quals Benoit (1965, 194, nota 28) remarcava que el fet d'haver estat trobats junt amb un gran nombre escòries de ferro, permetia suposar una connexió amb les activitats metal·lúrgiques. Tenien paral·lels a Ruscino pel que fa tant a la forma com a la pasta (de color vermellós amb desgreixant sorrenc) i a la cronologia (CLAUSTRES 1951, 153-155; BENOIT 1965, 194), encara que segons el primer, les toveres d'aquest darrer assentament no s'utilitzarien en la manufactura del ferro sinó en un taller de fosa de bronze, ja que havien aparegut junt amb escòries d'aquest metall adherides a fragments ceràmics i amb un motlle d'anelles.

Les toveres localitzades al sud de França presenten, doncs, moltes similituds amb les d'Empúries, on les primeres troballes foren el resultat de les campanyes d'excavació portades a terme per E. Gandia entre 1908 i 1936 a la zona de la Neàpolis, i publicades per Puig i Cadafalch. Les més significatives foren les de la Casa A, on es va identificar una de les dependències com a cuina, als nivells dels segles V i IV aC: " En una peça rectangular fonda en el nivell grec, s'hi troba una fogaina posada junt a la paret formada d'un cilindre de 0,40 de diàmetre i 0,025 de gruix en les parets que en sa part inferior té un forat de forma semioval de 0,13 d'alt i 0,10 d'ample. El fogó estava aparedat en un massís rectangular d'obra de reble. Al forat oval s'hi adaptava una peça movible com una trompa amb la corresponent nansa feta de terra cuita, un fragment de la qual s'ha trobat en son lloc. Era d'antic conegut el sistema per avivar el foc, i des de l'edat del bronze usat en les fundicions. Peces d'aquesta mena s'han trobat en diversos llocs en el nivell grec de la ciutat" (1915-1920, 702-703, figs. 536, 539 i 540).

Les troballes posteriors del jaciment es deuen a Almagro: una d'elles aparegué en un tall adjacent a la part nord del carrer que va de l'Àgora fins a la zona dels temples, concretament en un context datat entre el 450 i el 425 aC (1949, 97-99); i una altra al tall de l'estructura anomenada "torre-talaia" associada a materials ceràmics d'importació datables cap el 500 aC (1951, 128), essent ambdues paral·lelitzables amb altres exemples locals (1945, 67 i fig. 13.3), les de l'Illa d'en Reixac, ja esmentades, i les del Puig de Sant Andreu, dins del mateix terme muncipal d'Ullastret, encara que desconeixem la procedència i la datació exactes de la peça (U3018) que actualment es troba exposada al Museu d'Ullastret (OLIVA 1970, 85).

Interpretació funcional de les toveres colzades

Malgrat que la primera identificació dels intruments ceràmics amb forma de trompa i nansa com a toveres fou la de Puig i Cadafalch (1915-1920) pels exemplars d'Empúries, la difusió proporcionada per les publicacions d'Almagro (1945) a partir dels successius descobriments, va fer que s'acceptés unànimement (JULLY 1968) i s'apliqués als exemplars de Marsella (BENOIT 1948; VILLARD 1960), Ruscino (CLAUSTRES 1951), Pithecusa (BUCHNER 1969) i Histria (COJA 1979).

Com a base per establir aquesta interpretació es comptava amb diverses fonts iconogràfiques. D'una banda, la Gigantomachia d'un *cantharos* de figures negres de l'Acròpoli d'Atenes (560 aC), on les peces amb nansa - anella apareixen clarament representades formant part de les manxes d'Èol; i de l'altra, la de l'extrem del fris nord del Tresor de Sifnos (Delfos), de final del s. VI aC, on apareix el déu Hefest fent funcionar alternativament dues manxes per revifar el foc d'un forn (BENOIT 1948, 308).

Hartwing fou el primer estudiós que va parar atenció a ambdues representacions, establint-hi una relació, ja que va poder reconèixer que la figuració incompleta de la ceràmica era similar a l'escena d'Èol i els èolis descrita per Homolle a Delfos (1896, 369 i 373). Els instruments es tancaven de manera idèntica, mitjançant unes "pinces" de fusta, sistema que segons l'autor apareix en altres representacions sobre vasos grecs (en una copa de figures roges que representa el retorn d'Hefest a Olímpia i en un fragment de *skyphos* de figures roges) encara que en aquests vasos la seva funció no era tan evident (1896, 370).

No serà fins als anys setanta que altres autors intentin trencar aquest esquema explicatiu tradicional. El primer intent de proposta alternativa fou aportat per Bonacasa (1970), ja que considerava que les tres peces d'Himera (1970, 234, figs. 14 i 235) eren *rhytons* o *kernoi* d'altar. Més tard Sparkes i Talcott (1976, figs. 96 núms. 2015 i 2014) interpretaren les de l'Àgora atenesa com a canelobres igual que ja ho havien proposat altres autors a Panticapaeum (Zeest i Marchenko 1962). Finalment Grandjean (1985, 271), a partir de les troballes efectuades a Thasos s'inclinà cap a la consideració de que fossin suports d'atuells culinaris, a l'igual que Morris (1985) que a partir de fonts literàries denomina "lásana" aquestes peces, esteses per tota la Mediterrània en època arcaica i clàssica. La darrera revisió sobre el tema de Ruiz de Arbulo (1989) basant-se en els exemplars emporitans i al davant de les evidències aportades per ambdós grups, opta per una posició intermèdia ja que considera possible una coexistència entre els exemplars dedicats a l'activitat metal·lúrgica i els domèstics.

Morris i Grandjean basen llur hipòtesi en l'evidència que a alguns d'aquests elements (als del Museu de Berlín Oest, Nymphaeum, Histria, Milet, Paestum i Thasos) els manca el conducte longitudinal interior, cosa que en faria inviable l'ús com a elements transmissors d'aire, i en conseqüència com a toveres. Per reforçar-la, la primera adjunta com a prova una representació pintada sobre una *hydria* jònia de figures negres procedent de Caere, on apareixen escenes rituals de sacrificis a Dionís. És possible reconèixer dos exemplars del tipus esmentat, actuant a manera de suport d'una gran olla (Morris 1985, 397 i fig. 104). Per tant funcionarien en parelles o de tres en tres, per mantenir sobre el foc els atuells culinaris; i les traces de cremat a la part interior de les peces serien la conseqüència del contacte. Els hipotètics problemes d'estabilitat quedarien descartats gràcies a l'eixamplement de la base, la forma de la boca i el fet de tractar-se d'elements independents, que podien situar-se més o menys pròxims i sostenir quasevol tipus de recipient. Fins i tot considera que en el cas de les peces trobades en contextos metal·lúrgics (Atenes, Arganum, Histria, Klazomenai, Nymphaeum, Paestum, Síbaris i Thasos), podria tractar-se de suports per motlles i gresols o els emplaçats a l'interior de forns ceràmics durant la cocció de les vaixelles, (1985, 402), hipòtesis que des del punt de vista metal·lúrgic resulten tècnicament improbables i cal rebutjar.

Per la nostra part, discrepem de l'opinió de l'autora segons la qual les particularitats d'aquesta forma ceràmica que es manté amb poques variacions en una àmplia àrea geogràfica implica una única funcionalitat universal, ja que un cop observades amb detall les particularitats morfològiques i circumstàncies de les troballes, es fa evident que existeixen prou diferències entre elles per no aplicar una única explicació, vàlida per a totes. Un cop desestimada la possibilitat que es tractés d'atuells votius com *rhyta* o *kernos*, ni de suports per a il·luminació, teories que s'han demostrat poc encertades (Grandjean 1985, 273-274) només resta comentar les que propugnen una finalitat metal·lúrgica i les que opten per la de suports de cuina. Si bé en el cas de les peces massisses sembla clar que hem de descartar una utilitat metal·lúrgica i podrien, per tant, actuar com a suports culinaris de la manera que es representa a la *hydria* de Caere, pensem que existeixen altres punts que reforçarien l'atribució de les peces perforades en relació a les activitats artesanes relacionades amb els metalls.

Com a primera prova indiscutible, tindríem les imatges d'Atenes i Delfos ja esmentades, complementades per elements de tipus morfològic, que respondrien a les necessitats tècniques inherents a tal producció. També es tractaria dels orificis (d'un a tres) que es presenten sovint a la base de les peces, que ni Morris (1985, 394) ni Grandjean (1985, 109) no són capaços d'explicar satisfactòriament, ja que només apunten que podria tractar-se de respiralls per a evitar la fractura de les peces expostes a l'escalfor o per impedir que els gasos nocius s'acumulessin a la part inferior de la peça, però no especifiquen la raó per la qual alguns exemplars no en disposen. Hem constatat, d'altra banda, que aquestes perforacions també apareixen en toveres ceràmiques del tipus tubular, fetes amb colls d'àmfora reaprofitats, localitzades a les excavacions de l'Àgora d'Atenes, concretament en els tallers de fosa de bronze de la "Helaia" (III-IV dC), entre les restes de l'àrea denominada Plaça Sud /Stoa, datades entre els segles III-V dC i al denominat "taller Oval" del s. IV dC (Mattusch 1977a, 368-370, 372). En tots dos casos les peces es trobaven perforades per la part inferior, i tenien l'altre extrem molt escorificat, amb una matèria de color marró-negrós que contenia fragments de bronze. Queda, doncs, ben demostrat que s'utilitzaven en la producció del metall i que tenen en comú amb els exemplars que tractem el fet d'estar perforades a la base, malgrat que es tracti d'objectes de cronologia més recent, motiu pel qual podem pensar que aquest element es mantindria malgrat la diferent tipologia de les peces, per necessitats de tipus tècnic, invariables al llarg del temps i, per tant, pròpies de la funcionalitat metal·lúrgica.

D'altra banda, l'autora argumenta que la base d'aquestes peces indica que el seu funcionament hauria de fer-se recolzant-les en posició vertical i per aquesta raó difícilment podrien anar lligades a un parell de manxes. En aquest cas pensem que el fet de presentar un extrem pla en el cas dels suports seria necessari per mantenir l'estabilitat, però en el cas de les toveres no impediria que els exemplars s'apliquessin a l'extrem de les manxes en posició inclinada, mentre que les motllures de la base, fins i tot podrien afavorir-ne la subjecció. També al·legava que les veritables toveres de fosa, aparegudes tant a Grècia (Atenes, Laurion, Corint, Olímpia) com en altres punts de la Mediterrània (Ischia i Pech Mahó), tenien forma troncocònica, i que de vegades constaven de dues branques i vitrificacions als extrems. Les diferències entre l'un i l'altre tipus, s'entenen si tenim en compte que aquestes darreres, tal com bé diu Morris s'utilitzarien en els procediments de fosa, mentre que les altres ho farien en els de refinat del metall. Atesa la diferent natura de les respectives operacions, la forma seria lògicament diferent i les escòries hi estarien o no presents.

Un cop admesa la possiblitat que els instruments que aquí tractem podien haver jugat un paper tant en les activitats domèstiques com a les industrials, compartint una tipologia força aproximada, caldria aprofundir una mica més en la seva explicació des del

punt de vista de la metal·lúrgia, atès que altres autors ja han tractat extensament les característiques dels "lásana" i les seves aplicacions. Pensem que en aquest sentit resulta essencial analitzar prioritàriament les referències que tenim de la primera troballa de les peces, és a dir, la descripció de Puig i Cadafalch de les excavacions emporitanes, que donà peu a les successives identificacions. El 1909, durant els sondejos a la zona nord-est de la Neàpolis fou localitzada una habitació, on hi havia una estructura rectangular de pedra molt arrasada, recolzada en un dels murs. A l'interior contenia un con de terra cuita perforat lateralment, on es trobava incrustat un fragment de tovera. Ell identificà tot l'àmbit com a cuina, corresponent a l'estructura descrita (dels segles V-IV aC) les funcions de forn domèstic (1920, 702-703, figs. 536 i 539). Malgrat la interpretació de les restes com a àmbit domèstic culinari, l'autor reconeixia la funció d'aquesta mena d'objectes aplicats a la producció metal·lúrgica i com ha indicat Ruiz de Arbulo en la seva revisió del tema (1989), aquesta interpretació pot ser molt discutible tenint en compte que la tovera media 25 cm de llarg i el diàmetre de la canal interior era de 8 cm, cosa que suposa una respectable potència de propulsió d'aire, que no sembla gaire necessària per a les limitades funcions d'un forn culinari.

Així mateix, la menció d'una àmfora clavada a terra, (element molt freqüent en els tallers metal·lúrgics antics com a contenidor proper a l'estructura de combustió per proveir-la de les matèries primeres necessàries, tal com s'ha documentat extensament a Byrsa) (LANCEL 1979 i 1982) és un altre detall, junt amb la posició en què aparegué la tovera (horitzontal, encaixada en el forat del forn i quedant el seu extrem més ample a l'exterior, que ens permet pensar en una atribució artesana de l'àmbit i els elements en qüestió.

Ruiz de Arbulo (1959) remarca d'un cantó la indubtable associació funcional entre la tovera i el forn de tal indret, però d'un altre, no pot obviar la manca de vitrificacions que presenten regularment aquests objectes, i que semblaria inherent als objectes que estan en contacte amb la massa metàl·lica a altes temperatures, però no sempre hi havia contacte directe entre uns i altres. L'explicació radicaria en el fet que durant el procés de reducció de metall, ja que en alguns casos els extrems de les toveres es recobrien amb una boquilla protectora tal com es documenta a Atenes (MATTUSCH 1977), per tal que quan les escorificacions inutilitzessin les peces, la substitució de la boquilla fos suficient i no calgués refer tot l'instrument, i en altres casos, com ja s'ha dit, les toveres participaven en procediments tècnics independents de la reducció que no suposaven llur escorificació.

En efecte, per a certs sistemes d'obtenció de metalls, és necessari procedir a la seva oxidació, tal és el cas de l'argent/plom i el coure/bronze. Es tracta, doncs, de provocar la reacció química augmentant la quantitat d'oxigen en contacte amb la superfície del metall, fet possible si s'hi fa incidir un corrent d'aire. Aquest procediment resulta imprescindible en la tècnica de la copel·lació que consisteix en la separació del plom de la plata obtinguts a partir de la galena argentífera, i que no requereix ni altes temperatures (menys de 1.000°C), ni el contacte entre tovera i massa metàl·lica (metall i escòries), tal com descriu Plini (Nat.H. XXXIII, 3, 417).

Aquesta tècnica ja era coneguda al sud de la península per part dels indígenes del bronze final en el moment dels primers contactes colonials amb els pobles de la Mediterrània oriental, tal com proven les excavacions al jaciment de Monte Romero (Huelva), enquadrable entre els segles VIII i VII aC. A la zona denominada "Quadre A2", junt amb les restes d'un forn on s'hauria fos argent i coure segons els indicis aportats per les escòries i materials de rebuig, fou trobada *in situ* una tovera, recta i escorificada, que hauria dirigit el seu corrent d'aire cap a l'interior de l'estructura, en un angle de 35° respecte al pla horitzontal. Paral·lelament, al "Quadre 3" es trobaren altres toveres, corbes, que no estaven escorificades, perquè s'utilitzaven per insuflar aire a la superfície del gresol o copel·la, és a dir, no es tractava de peces d'un forn de fosa, sinó d'un moment més avançat del procés, corresponent a un refinat del metall (ROTHEMBERG et al. 1986, 3). D'altra banda, les excavacions dels escorials de Ríotinto (Huelva) derivats de les explotacions romanes del plom i la plata han proporcionat fragments de toveres ceràmiques en forma de banya i prismàtiques que malgrat el diferent context històric correspondrien a una aplicació similar (DD.AA. 1987, 78).

Tylecote és un dels autors que documenta l'ús de toveres corbes o colzades en les activitats metal·lúrgiques complementàries a la reducció quan parla d'uns exemplars amb una sortida col·locada formant un angle de 25 a 30° respecte al canal principal, i que podrien haver estat utilitzades tant en el refinat del coure com en la copel·lació del plom i argent (1976, 32); es tractaria, doncs, d'objectes auxiliars, per oxidar el plom o en cas de la fosa del coure, per extreure'n el ferro un cop oxidat (1987, 123, fig. 4.14). Els exemplars d'aquest tipus s'han documentat a Enkomi, Apliki (Xipre), Fort-Harruard i el llac de Bourget (França) durant l'edat del bronze, a Velem-Saint Veilt durant l'edat del ferro i fins i tot a les forges romanes de Huttenberg (Carintia).

Per tant la interpretació del forn emporità com a estructura de copel·lació proposada per Ruiz de Arbulo (1989, 319) seria totalment encertada, explicant satisfactòriament la natura d'aquest tipus de toveres associades. La presència d'activitats metal·lúrgiques de la plata al jaciment també sembla prou contrastada a partir de restes de mineral (galena) i és indubtable que l'assentament tenia al seu abast aquests recursos i que els explotà en èpoques diverses.

Els exemplars emporitans de diferents punts de la ciutat grega foren datats entre els segles V i IV aC (ALMAGRO 1945 i 1949). Procedien de la primera etapa d'excavacions efectuada al jaciment de 1909 a 1936, a càrrec de J. Puig i Cadafalch però dirigides sobre el terreny per E. Gandia. Aquests resultats també han estat revisats recentment per Ruiz de Arbulo (1989) considerant que la cronologia d'algunes peces pot fer-se retrocedir fins al s. VI aC. En total són una vintena; la majoria varen aparèixer (en conjunts de 2 o 3) en una zona limítrof del jaciment, prop de la muralla oest, cosa que podria fer pensar en la caracterització d'aquesta àrea com a sector de treball. D'altra banda,

la troballa d'una tovera de doble canal, del s. II aC a la zona del pàrquing on es va identificar una factoria metal·lúrgica romana-republicana dedicada al ferro i al plom (SANMARTÍ et al. 1984), documenta una altra tipologia al jaciment, fet totalment comprensible tenint en compte el considerable marge temporal com la possibilitat que fos destinada a un altre fi.

Pel que fa a les altres troballes interpretades com a toveres, la seva associació amb aquestes activitats no queda tan clara com en el cas d'Empúries però sembla que existeixen alguns indicis significatius: els tres exemplars d'Ischia, tot i que foren trobats en un context d'abocador d'àmplia cronologia, estaven associats amb mineral de ferro. No cal oblidar que els de Marsella aparegueren junt a escòria d'aquest mateix metall, i que els de Ruscino ho feren junt amb un motlle de fosa, escòria i restes de bronze. Els d'Histria, en canvi, malgrat la interpretació proposada pels seus excavadors (COJA, DUPONT 1979) només poden ser relacionats amb els forns ceràmics, mentre que en altres jaciments (Síbaris i Nymphaeum) es fa menció de llur associació amb forns, dels quals no s'especifica la natura. Caldria, a més, assenyalar que a l'Àgora d'Atenes un exemplar del s. IV aC va aparèixer prop d'un pou de fosa i que a Paestum tenim constància d'un altre aparegut en un nivell on també hi havia restes d'un forn i motlles, és a dir altres indicis metal·lúrgics (MORRIS 1985, 404 i 407).

La cronologia de les peces trobades en context metal·lúrgic (associades a ferro, bronze i plom) comprèn doncs, els segles VI aC (Ruscino i Marsella), V-IV aC pel que fa als exemplars de la "cuina grega" d'Empúries i Atenes, i no pot precisar-se a Ischia ja que les peces apareixen en un abocador que presenta materials des de l'edat del bronze fins al s. II aC sense estratificar, ni a Paestum.

Estudi tipològic

A l'hora de portar a terme un estudi tipològic de les peces denominades "lásana" o toveres per tal d'establir els paral·lels més propers a les de l'Illa d'en Reixac, ens trobem al davant de la dificultat que representa el poc nombre d'aquestes peces publicades exhaustivament ja que sovint només se'n donen els detalls de l'aparició, s'afegeixen poques dades respecte a la morfologia i no es reprodueixen gràficament. També hem de remarcar que només en el cas d'Empúries s'ha realitzat una classificació tipològica de les peces, determinant l'existència de tres conjunts de materials (RUIZ DE ARBULO 1989, 320-322) amb els quals hem confrontat els exemplars d'Ullastret.

Pel que fa a les proporcions podem dir que el Tipus I és el de diàmetre més constant entre la part inferior i la superior, el Tipus II és el de proporcions més reduïdes, especialment en la sortida de l'aire, i el Tipus III el que descriu una corba més marcada i amb més diferència de diàmetre entre la part superior i la inferior. En conclusió, els tipus emporitans han estat establerts en base a criteris morfològics i no cronològics, ja que segons sembla varen coexistir durant un període de dos segles entre el VI i el IV aC, coincidint parcialment amb els exemplars de l'Illa (aquests correspondrien al moment més tardà). Els casos procedents de les excavacions antigues semblen datar-se a l'entorn del s. IV aC mentre que les altres peces aparegueren juntes formant part d'un conjunt ceràmic que correspon amb seguretat a la primera meitat del mateix segle.

Les principals similituds entre els exemplars de l'Illa i Empúries es troben en el Tipus I. Els primers presenten unes proporcions majors que els tipus I i especialment que el II, però no són tan esvelts i amb trets marcats com el tipus III. Així arribem a la conclusió que les proporcions entre altura i amplada de la base i diàmetre d'entrada i sortida d'aire són més properes en el cas del tipus I. Respecte a altres detalls, veiem que hi ha diverses coincidències ja que aquest també disposa de tres forats a la base i no té el peu motllurat (això només en el cas dels exemplars de l'UE 7015). L'única diferència a ressaltar seria el marcat estrangulament a un terç del cos de les peces de l'Illa, que no comparteix amb el tipus I sinó amb el II, ja que en l'altre cas es tracta d'exemplars més massissos amb un diàmetre força més constant, i que tenen paral·lels quasi exactes en les peces del Puig de Sant Andreu.

Com a conclusió podem dir que tot i que existeix una major proximitat pel que fa al perfil general amb el tipus II d'Empúries, les proporcions de la peça i els elements complementaris com són els orificis i detalls de la base coincideixen amb el tipus I, i per tant els exemplars de l'Illa suposarien una forma intermèdia entre ambdós. El seu aspecte general és semblant als del Puig de Sant Andreu, Empúries, Marsella, Histria i Thasos, exemplars grossos i força massissos, cos atravessat en sentit longitudinal per la part còncava, però en canvi, en el cas de l'Illa el nombre d'orificis que hi ha a la base inusualment és de tres. Pel que fa a la cronologia, coexisteixen parcialment amb la d'Histria, Himera, Atenes, Milet, Ischia, Thasos; llocs on també se'n coneix de més antics, i pel que fa a la Mediterrània Occidental representen junt amb alguns d'Empúries les peces més modernes.

Conclusions

Els exemplars ceràmics de forma troncocònica, perfil corb i nansa, interpretats com a toveres i suports de cuina, tingueren una àmplia difusió per l'àmbit mediterrani durant un llarg període que abasta fonalmentalment el comprès entre els s. VI i III aC. Els objectes més antics han aparegut als nivells arcaics de Milet i ciutats del Mar Negre (Hermonassa, Olbia, Histria, Panticapeum i Nymphaeum), de la Magna Grècia (Síbaris i Himera) així com a nuclis del Midi francès (Massalia, La Monedière, Ruscino i Ensérune) i a la colònia d'Empúries, a l'entorn del s. VI aC. S'utilitzaven, doncs, simultàniament en un ample context geogràfic, que abasta tant els nuclis pròpiament grecs com els que reben la seva influència cultural, predominantment en època arcaica i clàssica, encara que també se'n coneix peces posteriors d'època hel·lenística. Al llarg del s. V, l'ús perdura (Milet, Histria, Himera, La Monedière, Ensérune, Empúries) i té el seu moment d'inici a Atenes, Corint, Paestum; i que es manté en el cas d'Atenes, Milet, Histria, Paestum i Empúries durant el segle següent. Aquest

s. IV aC representa el moment d'aparició només a dos indrets: Thasos i l'Illa d'en Reixac.

El s. III suposarà una gran reducció en la seva presència ja que només es troben documentats a Milet, Thasos i Paestum, fet que segons Morris s'hauria de relacionar amb la generalització dels brasers en les activitats culinàries respecte als "lásana" (1985, 401). És cert que en molts casos es tracta de troballes procedents de nivells d'habitació, i que els exemplars massissos podrien haver tingut aquesta funció, però n'hi ha d'altres de perforats que coexisteixen amb escòria (Ruscino, Marsella), mineral (Ischia), restes metàl·liques (Ruscino), atuells (Ruscino) i estructures de fosa, o com a mínim, amb forns (Atenes, Argamum, Histria, Klazomenai, Nymphaeum, Paestum, Síbaris i Thasos). Hem de recordar, a més a més, que la metal·lúrgia a petita escala no sempre disposava d'espais aïllats i que en el cas des petits tallers podien conviure amb l'àmbit domèstic.

En aquest sentit, la troballa més significativa correspon al jaciment emporità i concretament a l'habitació denominada "cuina grega" per Puig i Cadafalch, ja que la situació de la tovera, encaixada en un petit forn, no deixa dubtes al respecte de com seria la seva modalitat d'ús, i la reinterpretació d'aquesta estructura com un forn metal·lúrgic sembla perfectament possible. Les toveres colzades no s'associarien, doncs, a estructures de reducció sinó a activitats complementàries tal com ho corroboren les fons antigues i les dades arqueometal·lúrgiques.

No existeix unanimitat entre els detractors d'aquesta hipòtesi ja que la majoria han pretès donar activitats alternatives (vasos votius i peces d'il·luminació) a partir de febles raons. Només Morris i Grandjean plantegen una altra possibilitat, la de suports de manera correctament argumentada, amb una base iconogràfica i l'evidència que alguns exemplars només estan parcialment perforats o són totalment massissos (Paestum, Nymphaeum, Histria, Thasos, i els de Berlín de procedència desconeguda), en una cronologia que oscil·la entre els s. VI i III aC. És indubtable que els atuells podien ser utilitzats com a "lásana" o suports tal com ho testimonia l'*hydria* de Caere, però pensem que en aquest cas podria tractar-se dels exemplars sense canal interior i que l'evidència no seria suficient per invalidar totalment la funcionalitat metal·lúrgica de les peces perforades tal com ho semblen indicar alguns contextos de troballes associades a restes o estructures metal·lúrgiques (Ischia, Marsella, Ruscino, Atenes, Argamum, Histria, Klazomenai, Nymphaeum, Paestum, Síbaris i Thasos) i sobretot la "cuina" d'Empúries, el *cantharos* d'Atenes i la Gigantomachia, que tanmateix són proves irrefutables.

De tot això deduïm que és possible una doble finalitat, ateses les suficients diferències morfològiques, cronològiques o culturals, i les explícites dades iconogràfiques a favor de totes dues hipòtesis. Per tant, en el cas de les peces, procedents del jaciment de l'Illa d'en Reixac, tenint en compte l'entorn d'aparició i la morfologia de les peces, no podem inclinar-nos rotundament cap a una de les dues possibilitats, però cal fer constar que es tracta de peces perforades, i que per tant podrien actuar com a toveres en els processos metal·lúrgics auxiliars, tal com succeeix en diversos indrets però molt especialment a la Mediterrània occidental, tant a les colònies gregues com als jaciments del seu hinterland cultural. No podem oblidar que en el moment de llur localització no es trobaven en relació amb cap resta de tipus metal·lúrgic, i que en situen la cronologia durant la primera meitat del s. IV aC, és a dir, en un moment tardà del seu ús tant a Grècia com a la Mediterrània occidental, però pensem que el seu estret paral·lelisme amb les peces d'Empúries, on sembla prou documentada l'activitat metal·lúrgica, podria fonamentar aquesta hipòtesi, encara que només estudis posteriors podran contribuir a l'aclariment definitiu de la qüestió.

Inventari

***NÚM. INV.:* IR-Q.3-E.II**

Tipologia: Tovera de tipus colzat amb nansa.
Procedència: Campanya de 1974 "Cala de la Figuera" (Zona 10) Quadrícula núm. 3, E-II.
Cronologia: s. IV aC.
Descripció: Meitat d'una tovera corresponent a la base, amb peu poc marcat i solc vertical longitudinal. Manca la nansa.
Estat de conservació: Fragmentat i incomplet.
Mides: Desconegudes.
Observacions: Ja que ha estat impossible localitzar aquesta peça al magatzem del Museu d'Ullastret, ens basem únicament en la descripció i referències que apareixen al diari d'excavació.

Referències bibliogràfiques:
OLIVA, Diari d'excavació inèdit (9 de gener de 1974, 19).

***NÚM. INV.:* IR-Q.2/4.E.IV** (fig. 23.1)

Tipologia: Tovera de tipus colzat amb nansa.
Procedència: Campanya de 1974 "Cala de la Figuera" (Zona 10) Quadrícules núm. 2/4, E-IV.
Cronologia: s. IV aC.
Descripció: Meitat d'una tovera corresponent a la boca i part del cos, amb solc vertical al llarg de la peça i sense nansa.
Estat de conservació: Fragmentat i incomplet.
Mides: — Altura total: 9,9 cm
— Diàmetre màxim: 3,7 cm
— Diàmetre mínim: 3,1 cm
— Diàmetre boca: 6,5 cm
— Gruix paret: 0,8 cm

Referències bibliogràfiques:
OLIVA, Diari d'excavació inèdit (16 de gener de 1974, 21b).

***NÚM. INV.:* IR-87-7015-2-1 / IR-87-7015-2-2**

Tipologia: Dues toveres de tipus colzat amb nansa.
Procedència: Zona 7, Sector 1, UE 7015. Campanya 1987.

Les dues aparegueren juntes a la Zona 7, Sector 1, és a dir, en una de les habitacions al sud de la zona dins de la unitat estratigràfica 7015. Estaven associades a un conjunt ceràmic heterogeni compost per 15

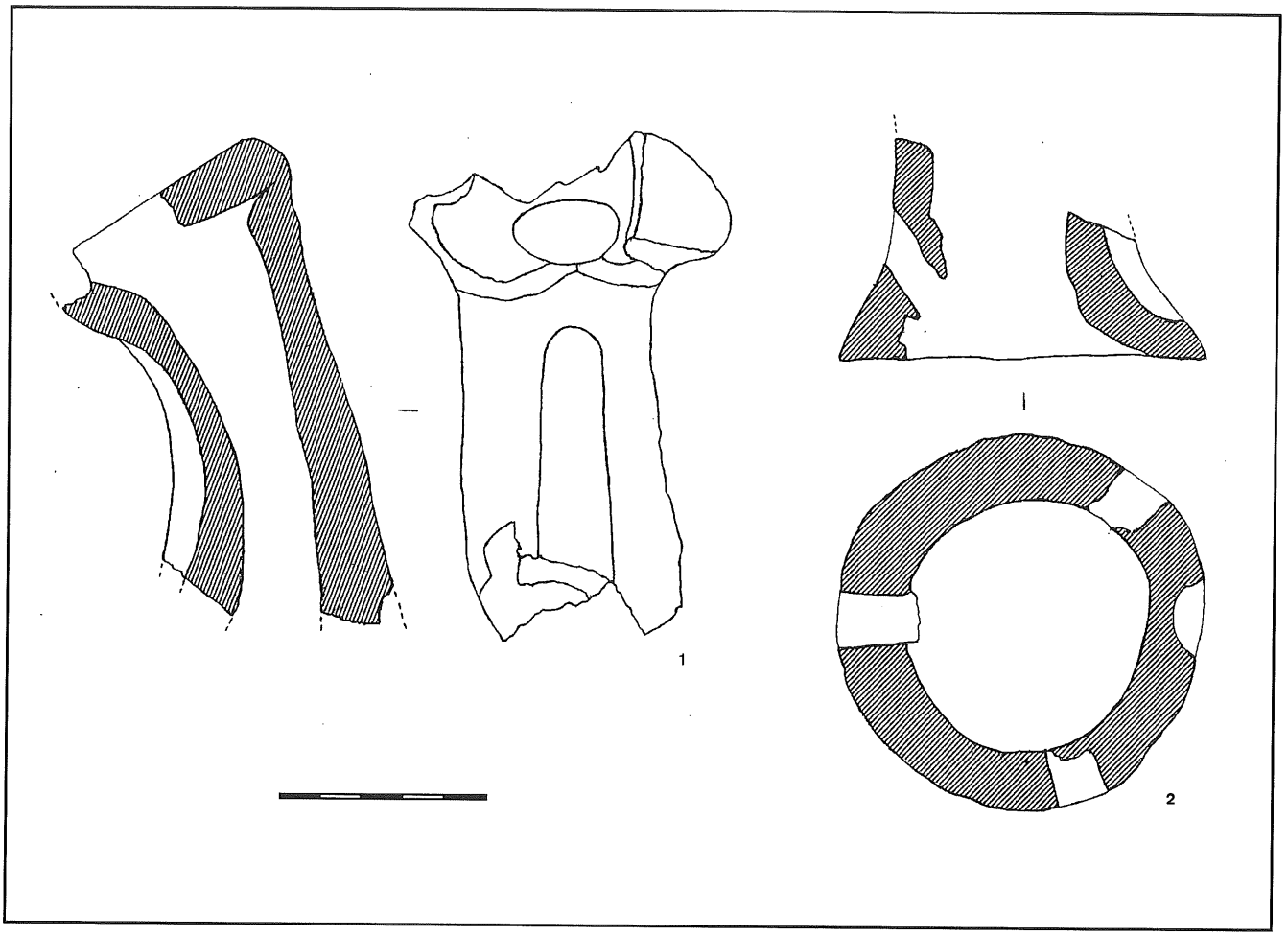

Figura 23. - 1. Fragment de tovera IR-Q2/4EIV. — 2. Fragment de tovera IR-87-7015-2-2.

àmfores púniques del tipus PE14, disposades en dues files i esclafades *in situ* (11 de les quals es conservaven quasi totalment), una vora d'àmfora massaliota, fragments de vora i cos d'una cràtera de figures roges, un *olpes* púnic pintat, dos *skyphos* de vernís negre, i ceràmica local a mà i a torn oxidada. Aquesta habitació de 6 × 3,20 m, fou interpretada com a lloc d'emmagatzematge, i el conjunt correspondria a la seva última fase d'ocupació, és a dir, a la Fase IIa del jaciment (López et al. inèdit).

Cronologia: Gràcies al conjunt de ceràmiques d'importació amb les quals varen aparèixer les peces es daten entre el 380 i el 325 aC.

Estat de conservació: Ambdues peces estan fragmentades. De la primera (7015-2-1) conserva la meitat en sentit longitudinal, cosa que permet apreciar bé totes les seves característiques tipològiques, mentre que de l'altra (7015-2-2) només s'ha trobat la part inferior. Ambdues han estat reconstruïdes.

***NÚM. INV.*: IR-87-7015-2-1** (fig. 22)

Descripció: Peça aproximadament troncocònica, realitzada a torn en forma de "trompeta"o banya, amb nansa, i un estrangulament sota la boca. La peça, fragmentada longitudinalment, es conserva en un 50%. Argila poc depurada amb abundant desgreixant calcari i quarsós. Color ataronjat en la part més interior del tall, molt enfosquit en la superfície exterior, i especialment a la zona de la boca i en l'àrea de la nansa on queda de color negre.

La boca, rodona i motllurada, té forma de disc pla, perforat i inclinat formant un angle aproximat de 45° respecte a la base. L'objecte presenta una nansa, per la part convexa, concretament sota la boca, de secció oval i aproximadament 2 cm de diàmetre. A la part inferior conserva dues perforacions col·locades simètricament realitzades de fora endins tal com demostren les rebaves conservades a l'interior. Una de les perforacions queda situada sota la nansa i l'altra, al costat de l'extrem inferior d'una acanaladura de 2 cm d'ample i 13 cm de llarg, que travessa la peça en sentit longitudinal per la seva part còncava, des del punt més estret del cos fins a 2 cm de la base, i que degué ser feta mitjançant la impressió d'un dit quan l'argila encara estava crua. Manufactura poc acurada.

Mides: — Altura total: 22 cm
— Diàmetre exterior base: 13,5 cm
— Diàmetre interior base: 8,5 cm
— Diàmetre boca: 9 cm
— Diàmetre orifici boca: 3 cm
— Diàmetre perforacions: 2 cm
— Gruix boca: 1,5 cm

***NÚM. INV.*: IR-87-7015-2-2** (fig. 23.2)

Descripció: Peça fragmentada; només es conserva la base, de forma troncocònica, amb tres perforacions

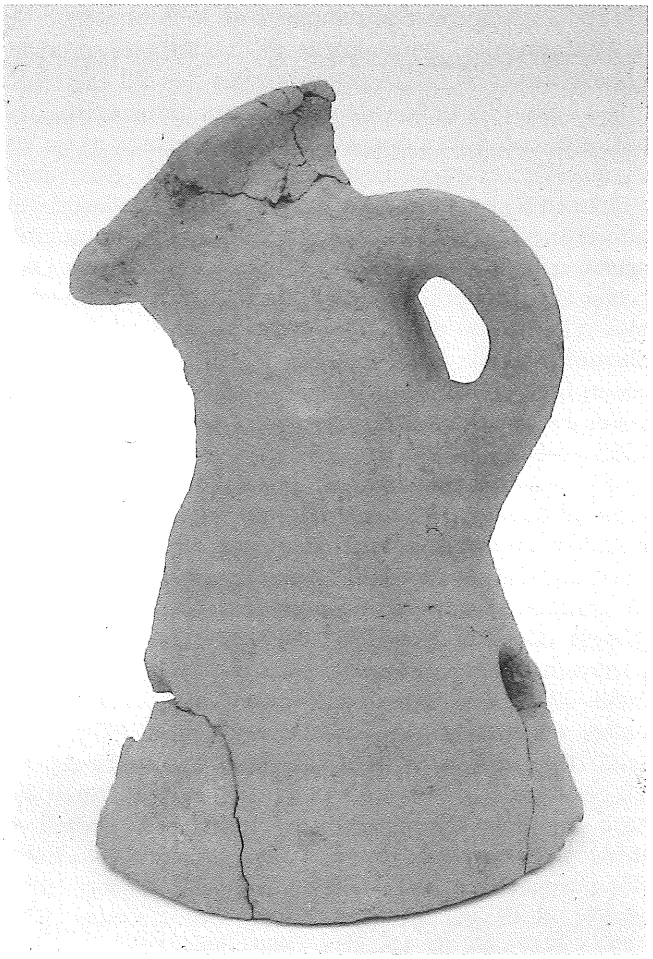

Figura 22. - Tovera (IR-87-7015-2-1).

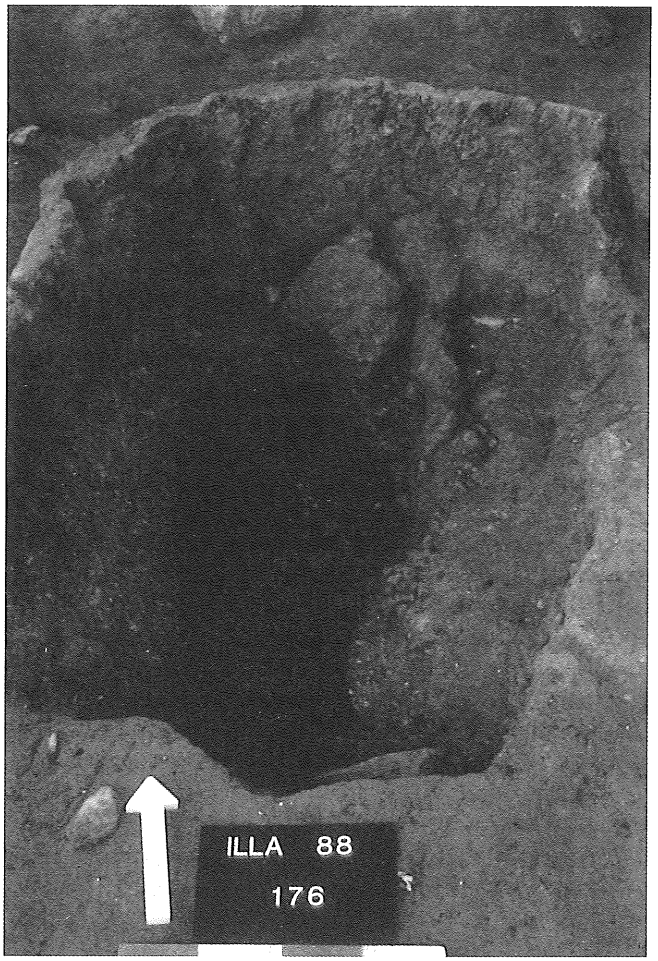

Figura 24. - Forn FR-80.

realitzades des de l'exterior, de 2 cm de diàmetre, disposades simètricament a 7 cm de distància una de l'altra. A la cara còncava, entre dues perforacions, presenta l'extrem inferior d'una incisió feta a dit en sentit longitudinal.

Material: Pasta de color ataronjat intens que arriba a tons vermellosos, poc depurada i amb abundós desgreixant calcari de mida mitjana.

Mides: — Altura conservada: 9 cm
— Diàmetre exterior base: 13,5 cm
— Diàmetre interior base: 9 cm
— Diàmetre perforacions: 2 cm

3. Les estructures metal·lúrgiques: el forn FR-80

El forn FR-80 es troba a la Zona 5 de jaciment, lleugerament desplaçat cap al S-O del sector 4. És una cubeta excavada al sòl de forma més o menys rodona, amb una prolongació en vertical del revestiment intern conservada uns 10-12 cm per sobre del nivell exterior i un gruix variable de 4 a 5 cm (fig. 24). Les mides són: amplada (sentit E-O) = 90-95 cm; llargada (sentit N-S) = 90 cm; fondària interior = 30 cm. El fons és còncau en sentit E-O i pla en N-S. En un primer moment es va interpretar simplement com a forn domèstic, sense especificar-ne la finalitat (López et al. inèdit; en premsa; Pons, Molist 1989), la qual pensem que podria estar especialitzada dins del camp de la metal·lúrgia.

La construcció degué seguir diverses etapes, i se situa en la segona meitat del s. v aC ja que a partir del sòl d'ocupació 5101, es va efectuar l'excavació d'una fossa a terra (UE 5117/5125) i tot seguit es va revestir amb una barreja d'argila de color gris-verdós amb matèria orgànica vegetal o animal, pedretes i gravetes variades de diverses mides que aconseguien millorar la consistència i les qualitats tèrmiques sense perjudicar la plasticitat. La perllongació en sentit vertical d'aquesta capa (5092) per sobre del sòl es conserva parcialment, encara que la superestructura original degué ser més alta i probablement circumdava tot el perímetre de la cubeta, però la planta original fou alterada per la construcció posterior de la fossa 88 que talla la part sud transformant-la en una "U" invertida.

El moment d'inutilització del forn es data entre el 400 i el 350 aC en funció de l'enderroc parcial de les parets d'argila (UE 5119) i l'amortització, que es manifesta amb la presència d'una capa d'argiles i llims (UE 5083) que reomple l'estructura fins al seu nivell d'arrasament (UE 5115) i habilita el següent sòl (UE 5080) corresponent a la fase de construcció prèvia a l'ocupació IIa (380-325 aC). Barrejats entre el sediment del reompliment es varen identificar escasses restes ceràmiques, fragments de la coberta de terra cuita i principalment fragments de bronze, escòries, restes de vitrificat i llàgrimes de fosa, així com alguna escòria de ferro. També hi havia carbons, concentrats en el punt més profund de la cubeta (UE 5120) entremig d'un sediment cremat de 70 cm de llarg per 40 cm

d'ample i 5 cm de potència, àrea on hauria estat el focus de la combustió.

Respecte a l'estat de conservació, dimensions i aspecte del forn hem de recordar que els efectes de la combustió han alterat l'aspecte original i el color de les parets. Els resultats del foc, diferents segons les zones, són clarament visibles: diversos tons des de l'ataronjat pàl·lid o clar fins al vermell intens i fumat i una textura que va des de la característica de la terra cuita fins a la brillant vitrificació; la primera resulta fàcil de desintegrar, mentre que la segona, gràcies a l'enduriment provocat per l'acció de temperatures més altes, aconsegueix més compacitat i resistència. Aquesta diferenciació en el seu aspecte, tot i que es tracta sempre del mateix tipus de material, és un indicador interessant de les temperatures que devia suportar i del seu diferent grau, en relació a la proximitat del punt de combustió (en el cas de la terra cuita no serien inferiors a 800°C i per produir la seva fusió haurien oscil·lat com a mínim entre 900 i 1.000 °C).

Paral·lelament, les traces fosques de l'exterior serien el resultat de la precipitació del carboni produït per la combustió, un cop condensat a la superfície de l'estructura. Arribava fins aquí dissolt en el vapor d'aigua a través de la matèria orgànica que forma part de la paret i actua a manera de xarxa capilar per expulsar la humitat. Aquest tipus de matèria constructiva està present també en altres elements de combustió del jaciment (Chazelles a López et al. inèdit), així sembla que es tracta d'un material adient per a tals usos.

En el nivell de carbons que aparegué a la cubeta es varen identificar diverses espècies vegetals. Algunes, com l'avet blanc i el pi roig, no procedeixen dels voltants immediats del jaciment i la darrera fins ara es troba únicament en aquesta estructura (Ros a López et al. inèdit). A més de la potència calorífica, l'alt contingut de matèria resinosa d'aquestes fustes, afavoria significativament la regularitat de la combustió, és a dir, permetia la constància i alhora controlar-ne el ritme i la intensitat, fet essencial per a l'objectiu metal·lúrgic. Per aconseguir-la calia un desplaçament, i per tant una inversió de temps i esforç, però es compensaria amb el seu rendiment. Sembla clar, doncs, que existia una premeditació en la seva obtenció, destinada a un ús concret, perquè amb l'ajut de la tecnologia es podia arribar a les altes temperatures experimentades per les parets de l'estructura del FR-80, excessives per a les limitades necessitats dels forns casolans, entre els quals, d'altra banda, no presenta paral·lels (Maluquer et al. 1986) així com tampoc entre els artesans dedicats a la producció de ceràmica o calç (Pons, Molist 1989) de l'àmbit protohistòric català.

Davant la constatació de la seva singularitat morfològica i tenint en compte alguns trets significatius com la natura del reompliment en el qual hi havia abundants fragments petits de bronze i restes de fosa, podia plantejar-se la hipòtesi d'una relació amb activitats artesanes i més concretament amb la metal·lúrgia, la qual està documentada al jaciment a partir d'altres evidències arqueològiques. Malgrat la manca de paral·lels a l'àrea de la cultura ibèrica (on l'escassetat d'informació en aquest domini és palesa) sembla que hi ha coincidències significatives entre el FR-80 i estructures d'altres punts de la Península o de la Mediterrània, generalment de cronologia anterior. Aquests forns metal·lúrgics, utilitzats des del calcolític fins a l'edat del ferro, mantenen unes característiques bàsiques comunes i només s'aprecien variacions en les dimensions: es tracta d'estructures senzilles, excavades a terra en forma hemisfèrica o troncocònica, descrivint un perímetre rodó o el·líptic, revestit interiorment amb argila, a vegades reforçat amb pedres, i que fins i tot podia anar cobert amb una cúpula ceràmica (la part més fràgil i que pràcticament no es conserva mai en elevació, sinó fragmentada i formant part del reompliment després de la seva amortització) (Tylecote 1976, 29; Bachmann, Rothemberg a Craddock, Hughes 1985, 140).

Els paral·lels hispànics més antics es localitzen puntualment a la zona del sud-est: a Millares es tractava d'una estructura de planta circular amb un anell de fang d'1,20 m de diàmetre màxim, reomplert de cendres i prop es varen trobar restes de coure i gresols (Corral 1986, 221; Arribas et al. 1981, 94); perduren durant l'edat del bronze a l'Argar (Corral 1986, 224) i a la Bastida de Totana, associats a altres restes metal·lúrgiques (Elinchaurrandieta 1970, 349; Lull, 1983,254, 318). A la vall de l'Ebre apareixen en un context de bronze final / edat del ferro en connexió amb motlles de fosa, restes d'escòries, metall o mineral, per exemple a Santa Marina - Àlaba (Ugartechea et al. 1965 i 1969, 250-252; Rauret 1976, 62-64), al Castro de las Peñas de Oro (Llanos 1978, 122) i a Cortes de Navarra (Maluquer 1958, 113-fig. 39, 125-128). A la Meseta succeeix el mateix: coneixem estructures similars a El Royo - Sòria, Soto de Medinilla - Valladolid (Eiroa 1981, 181; 189-190, fig. 7 i 193; Rauret 1976, 62-64 i 136) i al País Valencià, a Peña Negra - Crevillent i a La Horna - Alacant (González Prats a DD.AA. 1985; DD.AA. 1988, 73).

Tot i això, la nostra recerca de paral·lels ha revelat un buit en els treballs especialitzats a nivell de la Península Ibèrica sobre aquest tipus d'estructures de combustió. Les descripcions dels forns prehistòrics sovint es limiten a breus referències ambigües, i si els identifiquen amb estructures metal·lúrgiques, és freqüentment amb escepticisme i quasi mai s'aconsegueix interpretar quin era el sistema de funcionament. Un altre problema fonamental rau en la manca de treballs de síntesi per superar l'estadi actual d'informacions aïllades. Això, lògicament dificulta el treball de comparació i d'elaboració de conclusions. Alhora els diversos intents de sistematització es poden prendre com a referència, però tenint en compte que relacionen diversos contextos culturals concrets, a partir dels quals s'estableixen els esquemes evolutius generals. En aquest sentit s'ha de ressaltar la sistematització de les estructures domèstiques de combustió a l'àmbit protohistòric català feta per Pons i Molist (DD.AA. 1989), en la qual per primera vegada s'intenta fer-ne un recull monogràfic exhaustiu i una classificació morfològica.

A Catalunya els forns ibèrics relacionats amb la metal·lúrgia només es documenten en un moment avançat en relació a l'obtenció o manipulació del ferro a Sant Boi (Ares 1981), Torre dels Encantats (Serra Ràfols 1968) i Castellruf (Gasull et al. 1986, 61); els

de la metal·lúrgia no-fèrrica a l'assentament de la Bigorra (St. Quirze del Vallès) (Cuesta, Ramada 1987, 13 i fig. 2.3). La destrucció que presenten no permet reconèixer la seva forma amb exactitud però coincidirien en disposar d'una part (fossa o cubeta) excavada a terra, completada amb una construcció d'argila o tàpia. A nivell general la identificació d'aquests elements queda evidenciada per l'estat dels materials constructius, els quals mostren les traces d'una intensa combustió, i sovint també per restes de l'activitat portada a terme (pans de metall, nòduls de fusió, escòries, retalls metàl·lics, etc...), encara que aquestes solen ser molt escasses en tractar-se de materials valuosos que podien reaprofitar-se i no s'acostumaven a abandonar *in situ*.

Així doncs el FR-80 presenta moltes més similituds amb tots aquests forns metal·lúrgics de diversos indrets i moments històrics que amb els forns domèstics ibèrics amb els quals en ocasions s'ha volgut paral·lelitzar (López et al. inèdit). És possible afirmar que malgrat la seva aparició en un espai d'habitatge sense característiques especials (igual que la majoria d'ells), correspondria a una estructura artesana lligada a la manufactura no-fèrrica que, ateses les seves limitades dimensions no requeria unes instal·lacions gaire sofisticades, ben al contrari. Les tasques específiques que podrien portar-s'hi a terme hauríem de relacionar-les amb un altre tipus de materials apareguts al jaciment, concretament els atuells de reducció. Tal com esmentem en estudiar-los, dins d'aquests recipients ceràmics es col·locava el mineral necessari per obtenir bronze barrejat amb carbó i mitjançant la combustió s'aconseguia reduir-los i obtenir metall. D'altra banda, s'hi podien aprofitar peces metàl·liques per manufacturar-ne altres de noves refonent-les successivament. Per aconseguir les altes temperatures (cap a 1.000°C) necessàries en ambdós procediments, les llars no eren prou efectives, calia construir elements de combustió tancats on fos possible mantenir l'ambient reductor i controlar el decurs de l'activitat. El revestiment interior amb material refractari com el morter d'argila afavoria aquests objectius i permetia alhora refer-los sense massa esforç si quedaven inutilitzats a conseqüència de la temperatura.

Per tant pensem que es pot reconstruir hipotèticament la morfologia del FR-80 dient que es tractava d'una estructura parcialment excavada en forma de cubeta de secció globular irregular completada amb coberta per sobre del nivell de circulació, a manera de cúpula sencera o amb obertura. El gresol es col·locaria a la part de més intensitat tèrmica, és a dir, en el punt de confluència del corrent d'aire impulsat per les manxes a través de les toveres o per efecte d'una ventilació natural. En aquest cas no hi ha evidències de l'ús d'oxigenació artificial, aspecte que no podem descartar tenint en compte l'arrasament de la construcció.

La presència en la mateixa habitació d'altres elements de combustió i de petit emmagatzematge associats, també sembla prou indicativa per suposar que en aquest àmbit de la Zona 5 (sector 4) (fig. 25) s'hi podien portar a terme activitats metal·lúrgiques, definint una àrea de treball o de taller especialitzat que funcionaria durant la Fase IIb (425-380 aC) ja que sobre el nivell d'ocupació UE 5101 es varen construir diferentes llars que funcionaven sincrònicament al forn: per un cantó, la LL-79, rectangular (80 × 65 cm), construïda contra el mur oest del sector; formada per 7 toves senceres o fragmentades i que va sofrir alguna remoció; i per un altre, la LL-86 de forma circular amb un diàmetre de 40 cm, constava d'una capa de terra cremada reomplint una petita cubeta, que s'havia delimitat amb fragments de ceràmica clavats verticalment al llarg de tot el seu perímetre. Complementàriament es va documentar una fossa (FS-84) de petites dimensions (30 × 20 cm i 5 cm de fondària), amb signes de rubefacció a les parets. Entre el reompliment aparegueren nombrosos carbons i molts fragments minúsculs de bronze.

Tot aquest conjunt d'elements presenta similituds amb àrees de treball metal·lúrgic d'altres entorns culturals, com els tallers de Byrsa (illa C) documentats del s. IV al principi del s. II aC (Lancel 1982, 220-221 i 250-253) i en definitiva, podem admetre que la Zona 5 - Sector 4 correspongués a un espai d'aquest tipus, fonamentant-nos en les similituds del FR-80 amb forns de tals característiques i la presència de llars i elements d'emmagatzemament així com les nombroses restes de bronze i escòria de ferro. La manca de més evidències metal·lúrgiques en context ibèric català i sobretot de forns de base semienterrada, pensem que són fets relacionats, provocats per la naturalesa extremament perible d'aquestes estructures, condicionada pels materials amb què es feien i la degradació provocada per l'ús. Però en aquest cas pensem que en funció de totes les característiques exposades aquí la seva identificació no planteja dubtes. No podem precisar, però, si es dedicava a la metal·lúrgia extractiva o a la refosa de bronze, encara que el més probable ateses les limitades dimensions de l'establiment, evidenciades per la seva localització en context d'habitació i no en un espai prou diferenciat com correspondria a una manufactura més important, és pensar que se simultanejarien ambdues activitats; mentre que les tasques complementàries de treball tèrmic i mecànic com la realització i reparació de peces de bronze o ferro, mitjançant la forja i altres procediments es podrien realitzar en llars pròximes.

4. Productes i elements metàl·lics

4.1. *Arqueometal·lúrgia, fonaments i aplicacions*

Els metalls són elements caracteritzats per propietats tèrmiques i mecàniques exclusives (lluentor, plasticitat i capacitat de conducció calòrica i elèctrica). La combinació entre ells o amb metal·loides dóna com a resultat un aliatge, sempre que siguin totalment miscibles en estat líquid i en solidificar-se quedi un cos homogeni de caràcter metàl·lic. De tota manera l'estructura interna del metall sòlid es pot presentar sota dues modalitats: *estat amorf* (irregularitat en la forma externa i independència de propietats respecte a les direccions dels grans) i *estat cristal·lí* (en estat sòlid els àtoms dels metalls es distribueixen simètricament formant l'element fonamental, el cristall,

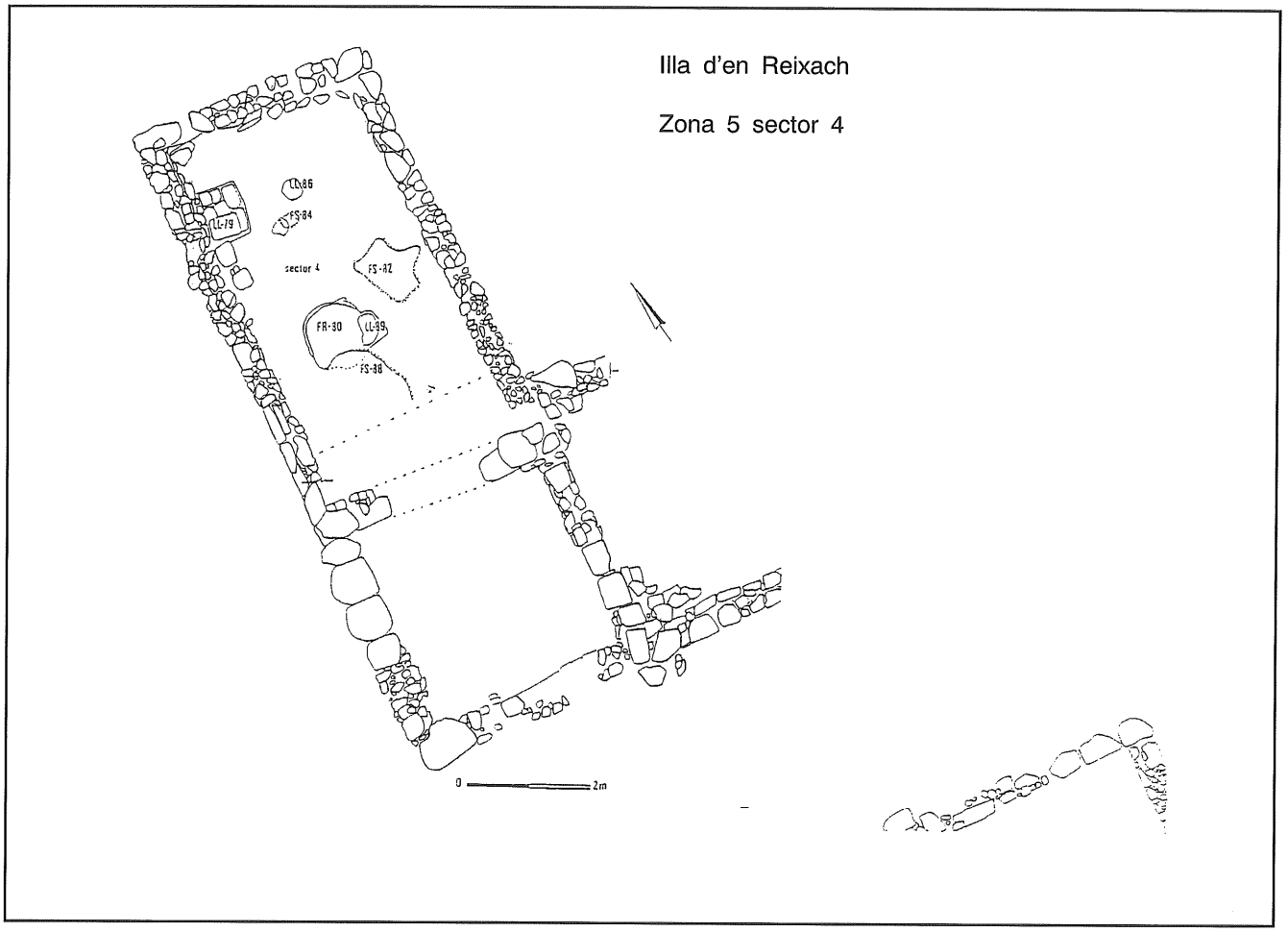

Figura 25. - Planta de la Zona 5 - Sector 4.

que a la vegada s'estructura en forma de xarxa cúbica, cúbica de cares centrades o hexagonal compacta); alhora els cristalls s'agrupen formant grans polièdrics, de 0,2 a 0,02 mm (poden observar-se amb el microscopi sota la forma d'*estructura granular o micrograàfica)* o fibres, és a dir, cristalls deformats en sentit longitudinal *(l'estructura macrogràfica)*.

Així, la particular ordenació interna de la matèria en determina les característiques (conductivitat, elasticitat, acritud, duresa...) i per tant l'home manipula les microestructures originals amb mitjans tecnològics per obtenir peces amb les qualitats desitjades, en la identificació de les quals és fonamental l'arqueometal·lúrgia.

4.1.1. Tècniques arqueometal·lúrgiques

Les restes relacionades amb la metal·lúrgia poden estudiar-se a partir dels caràcters macroestructurals que presenten externament, i dels microestructurals que no s'aprecien *de visu*. És a dir, és possible realitzar un estudi tipològic i un altre de composició i estructura interns. Amb el primer tipus d'aproximació obtindrem uns resultats a l'entorn de les diverses formes que presenten els objectes, l'evolució temporal i distribució cultural; l'estudi des de l'altre vessant aporta una informació complementària referent a la tecnologia que s'hi ha aplicat i el seu significat tant econòmic com social. Els objectius d'aquest treball sobre les manifestacions metal·lúrgiques al jaciment de l'Illa d'en Reixac requereixen, per tant, un estudi interrelacionat, que fa necessari l'ús d'una metodologia d'anàlisi de laboratori que completi les dades donades pel registre arqueològic.

Objectius i problemàtica de les anàlisis

El camp de la recerca arqueometal·lúrgica pren a més de les tècniques pròpies de la història, altres procedents de la metal·lúrgia industrial de caràcter i aplicacions múltiples. La finalitat fonamental de les anàlisis és la identificació de les fases presents als metalls i aliatges explicant el mecanisme de llur formació. Hi podem distingir dos grans grups: les que estudien els components, i les referents a les microestructures, les quals es poden aplicar conjuntament o per separat en la investigació de temes molt diversos (assaig d'establiment de grups característics —origen cultural, geogràfic, tecnològic...—, garantia d'autenticitat, estat de conservació aplicada a restauració, identificació de les fonts de proveïment, etc.).

La utilitat de les tècniques en aquestes qüestions és potencial ja que cal comptar amb limitacions, com ara la dificultat per obtenir les mostres quan hi ha perill de malmetre la integritat dels objectes o quan el deficient estat de conservació ho impedeix. D'altra banda, la metal·logènesi dels filons és desconeguda en gran part, cosa que fa extremadament difícil arribar a poder determinar l'origen de les peces; però sobretot la refosa i l'heterogeneïtat del metall sovint impos-

sibiliten determinar la procedència dels materials, ferne associacions o extreure conclusions a partir de la composició.

Els mètodes d'anàlisi són molt variats; cal triar-los en funció de la problemàtica d'estudi i tenint en compte en primer lloc la seva finalitat així com les deficiències de cada un d'ells en relació als seus avantatges. També s'ha de procurar no pretendre resultats generals a partir de proves aïllades, ja que ha quedat demostrat que només les sèries són útils pel que fa a classificacions i agrupacions de materials. Respecte a la conservació de les peces, és compatible en la majoria dels casos perquè de vegades un examen no-destructiu superficial és suficient.

Mètodes d'anàlisi

Mètodes físico-químics

Els mètodes químics foren els primers emprats, des del s. XVIII. El més tradicional és el denominat "via humida" que consisteix a exposar la mostra a diversos reactius per tal d'examinar les reaccions produïdes i deduir quins elements i compostos hi participen. El fet d'ésser una prova destructiva i haver estat superada en fiabilitat i facilitat de realització per altres mètodes analítics l'han convertit en un mètode poc utilitzat.

Els mètodes físics han evolucionat cap a proves no-destructives; a més tenen l'avantatge de poder donar informació mineralògica i isotòpica que no aporten els anteriors. Dins d'aquest camp científic existeix un gran nombre de procediments d'anàlisi però el més utilitzat és l'espectroscòpic, que inclou mètodes d'emissió i d'absorció.

MÉTODES ESPECTROSCÒPICS D'EMISSIÓ

	Excitació	*Tipus d'interacció*	*Mostra*
OES*	Elèctrica	Electrons externs dels àtoms	Sòlida (destructiu)
Fotometria de flama	Calor	Electrons externs dels àtoms	En solució (destructiu)
ICP-AES**	Xocs amb àtoms d'argó	Electrons externs dels àtoms	En solució (destructiu)
Fluorescència de raigs X	Raigs X	Electrons interns dels àtoms	Sòlida
Microsonda de Raigs X	Raigs X	Electrons interns dels àtoms	Sòlida
Microsonda electrònica	Electrons	Electrons interns dels àtoms	Sòlida

* Espectrometria d'Emissió Òptica

** Plasma d'Acoblament Inductiu - Espectrometria d'Emissió Atòmica

(RAURET, G. 1985, 21, basat en TITE 1972, 259, quadre núm. 20)

Figura 26. - Quadre resum dels principals mètodes espectroscòpics d'emissió.

Aquest assaig consisteix en l'excitació dels àtoms de la mostra (metall, escòria o mineral) amb una font lluminosa, tèrmica, electromagnètica o radioisotòpica. L'energia cedida pels àtoms quan tornen al seu estat fonamental, origina un espectre de longituds d'ona, l'estudi del qual (en comparació amb uns patrons estàndard) identifica els components de la mostra i en quina proporció es combinen.

Els elements són més o menys significatius en funció del percentatge de llur presència. Si aquesta és superior al 2% del total, es tracta d'elements majoritaris que defineixen el caràcter general de la matèria i són els que l'artesà incorpora voluntàriament. La proporció depèn de raons tècniques i econòmiques, encara que també poden influir les tradicions i l'atzar. Entre el 2 i el 0.01% parlem d'elements minoritaris, i en el cas que representin menys del 0.01%, de "traces". Aquests dos grups configuren les denominades "impureses", o elements que intervenen però no estan controlats per l'home. En teoria haurien de caracteritzar les zones de producció de les peces i permetre relacionar les matèries primeres, però en la pràctica aquesta qüestió resulta difícil d'establir ja que, d'una banda, els metalls antics han estat en molts casos reaprofitats, refosos, barrejant-ne de diverses procedències, a causa de la dificultat que suposava produir-los, i d'una altra perquè cal disposar d'un nombre molt elevat de mostres si es pretenen resultats representatius (WATERBOLK, BUTLER 1965; MOHEN 1990; BROTHWELL, HIGGS 1980). De tota manera, podem obtenir-ne nova informació perquè en alguns casos revelen l'estadi de desenvolupament tecnològic (impureses que apareixen per manca de coneixement del medi per eliminar-les, o per inclusió voluntària ja que milloren el resultat final, condicions de treball dels forns, utilització de fundents etc.).

Dins del grup dels *mètodes d'emissió*, si tenim en compte els resultats (quantitat d'elements identificables, exactitud de les medicions, conseqüències per la mostra) i les possibilitats de realització, són molt recomanables les anàlisis per fluorescència i difracció de raigs X. Els altres avantatges són la rapidesa i l'exigència de petites quantitats de material per analitzar (de 5 a 10 mg). La primera consisteix en una emissió de radiacions electromagnètiques (fotons o electrons) sobre la mostra, ja que aquestes mouen alguns dels àtoms dels electrons més veïns al nucli, hi ha una reordenació atòmica i s'origina un espectre de raigs X que permet reconèixer de quins elements es compon. Analitza diversos elements simultàniament, informant sobre els components químics majoritaris quantitativament i qualitativament sense ésser destructiu. És també el mètode més econòmic i ràpid, però només examina un nivell superficial de l'objecte i com que els aliatges poden patir corrosió electroquímica que dóna lloc a heterogeneïtats en la composició, les anàlisis de superfície com aquesta poden donar resultats inexactes pel que fa a certs elements. En canvi la difracció de raigs X propociona informació precisa sobre el contingut dels components. La mostra es pulveritza i es bombardeja amb raigs X, que són difractats en diferents angles, la qual cosa permet identificar les estructures cristal·lines presents, però també presenta limitacions i variacions en el reconeixement d'alguns d'ells.

Els *mètodes d'absorció* provoquen la conversió dels components de la mostra a l'estat atòmic; llavors cada

element absorbeix selectivament i proporcionalment a la seva presència els raigs emesos per una font. La comparació amb els raigs directes possibilita establir la composició quantitativa i qualitativa de la mostra, la qual queda destruïda. Permet, doncs, conèixer la composició química amb avantatges com la versatilitat (pot determinar un gran nombre d'elements), sensibilitat, rapidesa i exactitud.

MÈTODES ESPECTROSCÒPICS D'ABSORCIÓ

Mètode	*Radiació*	*Espècie absorbida*	*Mostra absorbent*
AAS*	UV o VIS	Electrons externs dels àtoms	En solució (destructiva)
UV-VIS**	UV-VIS	Electrons externs de les molècules	En solució (destructiva)
IR***	IR	Vibracions entre àtoms	Sòlida

* Espectrometria Atòmica d'Absorció
** Espectrometria d'Ultraviolat
*** Espectrometria d'Infrarojos
(RAURET, G. 1985, 21, basat en TITE 1972, 259, quadre núm. 20)

Figura 27. - Quadre resum dels principals mètodes espectroscòpics d'absorció.

COMPARACIÓ DELS PRINCIPALS MÈTODES ESPECTROSCÒPICS

Mètode	*Dany*	*Anàlisi interior o superficial*	*Elements analitzables*	*Exactitud*	*Cost*
OES	Poc (mg)	I	30-40	5-10%	Mitjà
ICP/AES	Poc (mg)	I	30-40	2%	Mitjà
Fluorescència Raigs X	Cap	S	variable	2-5%	Alt-Mitjà
Microsonda Raigs X	Cap	S (puntual)	variable	2-5%	Alt-Mitjà
AAS	Poc (mg)	I	30-40	2%	Baix-Mitjà

(Basat en RAURET, G. 1985, 2)

Figura 28. - Quadre resum de comparació entre els principals mètodes espectroscòpics d'emissió.

Microscòpia

Es tracta d'una tècnica aplicada a l'arqueologia des de començaments del segle XX, desenvolupada en primer lloc a Anglaterra i Alemanya. Proporciona dades mitjançant el microscopi, en observar la morfologia interna del metall (distribució de components, mida dels cristalls, deformacions, distribució de fases, fractures, inclusions, corrosions, segregacions, procediments tècnics aplicats, etc.).

Mentre el microscopi òptic utilitza la llum visible, el microscopi electrònic utilitza directament els electrons per formar una imatge, amb què permet així una millor resolució i una major ampliació. El microscopi electrònic d'escombrat pot realitzar l'observació a més augments i si s'acobla un analitzador electrònic permet donar la composició de llocs molt puntuals de manera qualitativa i quantitativa, mitjançant la fluorescència de raigs X, conèixer alhora la morfologia estructural i la composició de la mostra sense destruir-la, i obtenir també imatges.

L'examen metal·logràfic pot ser el primer pas de l'estudi per conèixer amb exactitud l'estat de conservació de la matèria i identificar els components essencials qualitativament, però no exclou els procediments físico-químics que permeten determinar la composició quantitativa amb exactitud. Així la seva funció primordial és la determinació dels tractaments tèrmics i/o mecànics aplicats a la mostra. Quan el metall se solidifica, la matèria s'estructura en forma de xarxa cristal·lina, que s'anirà modificant quan se li apliquin les tècniques esmentades. Analitzant l'estructura interna del metall, és a dir, la forma i disposició dels seus elements, obtenim una informació precisa sobre el mètode emprat en la seva realització o transformació. Segons apareguin els elements químics en forma de cristalls, grans o fibres, parlarem d'estructura cristal·lina, micrògràfica o macrogràfica respectivament. En identificar els components, sabrem també si corresponen a metalls purs o als aliatges, així com si les impureses suposen un estat tecnològic poc desenvolupat, o al contrari una inclusió voluntària de certs elements amb una finalitat determinada prèviament (duresa, elasticitat....) És, en definitiva, una tècnica que pot revelar dades qualitatives de gran interès.

Radiografia

La radiologia es basa en la capacitat de certes radiacions per travessar els cossos opacs impressionant una placa. Aquest tipus d'observació permet conèixer l'estructura interna dels objectes i els procediments tècnics emprats en llur fabricació (heterogeneïtats, soldadures, procediments de muntatge...). És un procediment especialment útil per conèixer la morfologia dels objectes coberts per la corrosió, sense destruir la peça, amb rapidesa i baix cost.

Altres

Existeixen altres exàmens als quals podem sotmetre els metalls com per exemple la mesura de la duresa, és a dir, la resistència que exerceix la matèria a la penetració d'un cos més dur, això permet valorar la utilitat real de certs objectes i l'efectivitat d'alguns procediments tècnics d'elaboració.

Quant al polèmic tema de la caracterització de les fonts de proveïment, les darreres investigacions mitjançant la determinació de les relacions isotòpiques del plom han aportat alguns resultats valuosos. És possible efectuar aquestes medicions mitjançant tècniques d'espectrometria de massa.

4.1.2. Aplicació pràctica de la metodologia arqueometal·lúrgica en aquest treball

Un cop exposades les principals tècniques d'anàlisi a l'abast de l'arqueologia, considerant les seves possiblitats i desavantatges, tant pel que fa a aspectes tècnics com els resultats, cost i possibilitats de realització, hem triat diverses modalitats bàsiques, però suficients per als nostres objectius d'estudi: la microscòpia aplicada als metalls, és a dir, la metal·lografia i l'espectroscòpia d'emissió per fluorescència de raigs X en el cas del coure i el bronze, i les observacions microscòpiques de làmina prima i la difracció de raigs X en el cas de les escòries fèrriques.

Les primeres han estat realitzades a les instal·lacions d'ICRBC de Madrid, per part del Dr. S. Rovira Llorens, concretament amb l'espectrògraf per fluorescència de raigs X Kevex 7000, equipat amb una font d'Am241, operat en sistema "Quantex" mitjançant un ordinador Unispec (Digital Sistem LSI 11/03), que processa les dades de la imatge de la mostra obtinguda per l'aparell, la compara amb altres espectres calibrats, i ens en dóna la composició qualitativa i quantitativa (Rovira Llorens 1985, 15-16). El mateix investigador s'ha encarregat de les metal·lografies d'aquests materials, realitzant-les al laboratori del Museo de Amèrica amb un microscopi Reichert-Jung Polyvar. En algunes de les proves hem pogut participar personalment, mentre que una part minoritària de les mostres també fou examinada per nosaltres a les instal·lacions del Centro Universitario per i Beni Culturali de Ravello (Itàlia) amb el microscopi metal·logràfic Polyvar-Met (Reichert-Jung).

Aquestes proves han estat complementades amb altres de microscòpia òptica i difracció de raigs X de les escòries de ferro, realitzades pel Dr. J. Solans i dels materials ceràmics relacionats amb la metal·lúrgia, realitzades per M. T. García, T. Pradell i M. Vendrell, al Departament de Cristal·lografia, Mineralogia i Dipòsits Minerals de la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona. Com a procediment complementari als exàmens s'han pres algunes microfotografies.

Les anàlisis han estat aplicades selectivament a un mostratge representatiu del material procedent de les excavacions de l'Illa d'en Reixac (coure, bronze i ferro), tenint en compte, d'una banda el cost econòmic i de temps d'aquesta mena de proves, i de l'altra, la representativitat. No s'han analitzat, doncs, totes les restes, cosa, d'altra banda, materialment inviable a causa del deficient estat de conservació de la majoria, sinó només algunes en funció d'un interès específic, bàsicament en funció de la necessitat de caracteritzar qualitativament i quantitativament els materials i per resoldre qüestions puntuals en les quals era fonalmental la via analítica. Es tracta, doncs, de proves que no es presenten com annexes de la investigació sinó com a part essencial, i que cal considerar de manera indissociable amb altres dades de caire morfològic i d'interpretació arqueològica.

4.2. *Materials no-fèrrics*

4.2.1. Les peces metàl·liques

Els aliatges del coure els veiem documentats a l'Empordà des de l'edat del bronze (Pons 1984) en nuclis d'habitage com la Fonollera, Ullastret, Camallera..., encara que limitats a minúsculs fragments, mentre que els objectes d'entitat (agulles, fíbules, navalles, penjolls, anells i braçalets) apareixen en context funerari (Agullana, pla de Gibrella, necròpoli NE d'Empúries, cova dels Encantats, cova de Bora Tuna etc...). Corresponen sobretot a un moment avançat d'aquest període i acabaran generalitzant-se plenament durant l'edat del ferro.

Elements semimanufacturats

Les peces metàl·liques podien realitzar-se transformant la matèria directament en objectes acabats o a través d'un pas intermedi, és a dir, esdevenint primer objectes semimanufacturats que quan presenten una forma i dimensions fixes poden denominar-se llingots. Apareixen sota una gran varietat de formes (Tylecote 1976, 15), però totes destaquen per la seva simplicitat, des de les plano-convexes (masses metàl·liques refredades al fons de forn sense manipulacions ulteriors) fins a altres posteriors més elaborades (plaques, barres, anelles) o imitacions de tipologies reals sense utilitat pràctica (torques, destrals....).

En el cas de l'Illa d'en Reixac pensem que s'hauria de donar la denominació genèrica de materials "semimanufacturats" a les denominades "agulles", o millor dit, barnilles de secció plano-convexa, les quals corresponen en forma a algunes de les matrius dels motlles de fosa del mateix jaciment i que per tant es produirien *in situ*. Les particularitats morfològiques les fan inoperants per a ésser utilitzades amb una finalitat de subjecció; en canvi poden correspondre a peces inacabades a partir de les quals s'elaboraven petits instruments com ara fíbules, elements d'ornamentació i cirurgia mitjançant procediments mecànics i tèrmics.

L'exemplar més antic d'aquest tipus és un cap (rebuig) (fig. 29.10) aparegut a la Zona 10, Q.1 E.III, en companyia d'altres restes de fosa, corroborant la identitat autòctona d'aquestes manufactures en el primer quart del s. v aC. Consistia en un aliatge de bronze ternari, però la fosa no es va portar a terme correctament i una gran part de plom (el 50% del seu pes) s'hi va acumular provocant-ne la inutilització.

Altres exemples són: el 1027-4 que correspon a un fragment de tija aparegut en el nivell superficial, els 9001-4-1 i 1021 (d'idèntica procedència) i el 5180-4-1, un bronze binari partit en dos fragments però sencer (fig. 29.8); amb un altre paral·lel en una tija trobada a la mateixa unitat estratigràfica, datada entre el 425 i 350 aC. El 4051-4 correspon també a una peça similar, d'entre final del s. vi i mitjan segle v aC (fig. 29.4). En el cas del 5135-4-14 (fig. 29.7), del s. iv aC, sabem que es tracta d'un bronze binari ric en estany.

En resum podem dir que són peçes de bronze binari o ternari de petita dimensió i factura molt senzilla, aconseguides per fosa des de final del s. vi o principi

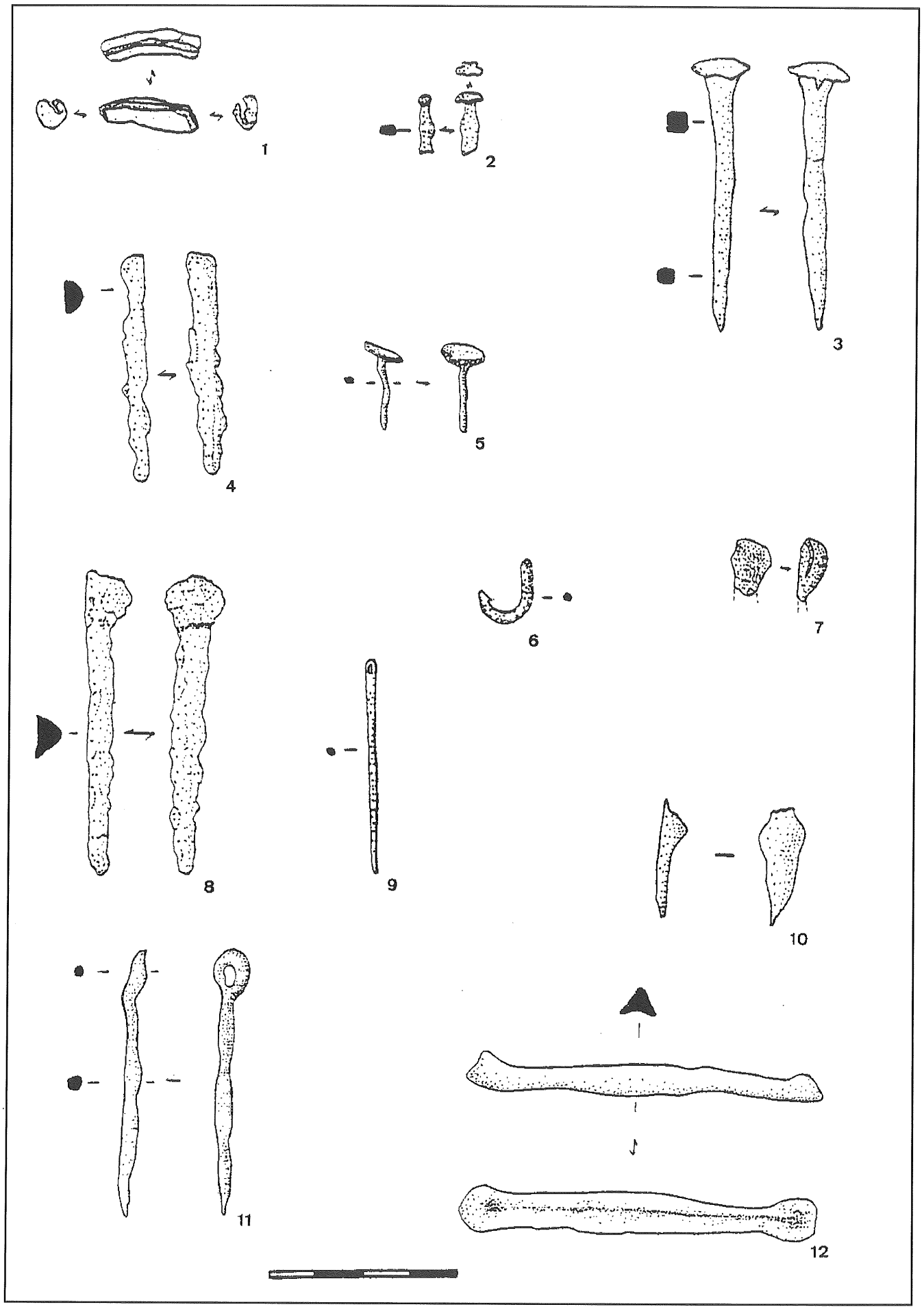

Figura 29. - Bronzes: 1. grapa (9001-4); 2. rebló (5180-4); 3. clau (5014-4); 4. barnilla (9001-4-4), 5. clau (7054-4-2), 6. ham (1034), 7. cap de barnilla (5135-4-14), 8. barnilla (5180-4-1); 9. agulla (101.222); 10. rebuig de fosa (Z.10Q1EIII); 11. agulla (7125-3-5); 12. barnilla (7125-3-9).

del s. v i durant el s. iv aC, i que perduren en els nivells més moderns.

D'altra banda cal parar atenció a una peça singular com la 7125-3-9 (fig. 29.12), datada entre els anys 530 i 500 aC Pot definir-se com una barreta de secció triangular rematada bilateralment per dues protuberàncies que no són exactament idèntiques malgrat la seva similitud. Consta de bronze binari amb poc contingut d'estany i amb quantitats minoritàries de ferro, níquel, antimoni i plom. Té 75 mm de llarg, 10/7 d'amplada i 7/6 d'alçada. Presenta un paral·lel exacte a Ruscino (Claustres 1951, 153, fig. 12) datat també al segle vi aC, en un nivell on era una peça freqüent, i s'interpretava com a element de subjecció per als vestits, de manera que s'hauria d'haver completat amb algun sistema per lligar-lo, que no s'ha conservat. Tot i això no sembla gaire pràctic, ja que es tracta d'un element amb un pes considerable (i per tant també amb un cost elevat), i des del punt de vista funcional, superat per qualsevol tipus d'agulla o de fíbula. Tampoc cal passar per alt la seva excepcionalitat ja que no coneixem paral·lels fora dels esmentats, aspecte que sembla estar en contraposició amb l'ús de caràcter quotidià que se li atribuïa.

En síntesi, la cronologia dels elements semimanufacturats de l'Illa d'en Reixac se situa a l'últim quart del segle vi aC en el cas de la barreta, mentre que en el de les agulles es pot precisar entre final s. vi o principi del s. v i el s. iv aC. Pensem que es tractaria de dues varietats que junt amb tiges sense remat eren utilitzades pels bronzistes per produir tota la varietat de bronzes dedicats a l'ornamentació i la cura personal; en el primer cas és possible reconèixer formes molt similars en les matrius d'alguns motlles de barnilles del proper Puig de Sant Andreu (Rauret 1976) mentre que en l'altre, es fabricaven amb els tipus de motlles localitzats al Puig i a l'Illa, i per tant, es tractaria també d'una producció local.

Elements manufacturats

a) Objectes d'ornamentació

Fíbules

* *Fíbula de peu alt i botó*

Tipus definit i datat per Navarro a Catalunya com a característic de l'edat del ferro (1970, 55-56, 73-75). Abasta tant el context d'habitació com el funerari a partir de l'horitzó ibèric antic I, en jaciments com La Palma, Can Canyís, Muralla NE d'Empúries, Cova dels Encantats, Cova de Bora Tuna...; presenta un gran desenvolupament durant tot el s. v aC (Peralada) i perdura fins el s. iii (Mas Boscà i Ullastret). A València es troba a les necròpolis des de final del s. v aC (Gil 1973), però el seu marc és encara més ampli perquè inclou també el sud de França (Rosselló, Provença i Llenguadoc) (ja apareix a l'enterrament 65 de Grand Bassin I) i en general es data durant els segles vi i v aC (Jully 1979), cronologia ampliada fins el s. iv per Tendille (1978, 112).

En base a l'àmbit de la seva repartició, Cuadrado (1963) l'havia denominat "Golfo de León" atribuint-li un origen itàlic, però la identificació amb la fíbula de la Certosa segons Navarro (1970) és errònia ja que una i l'altra són prou diferents quant al ressort. Tendille (1984, 290) complementa aquesta rectificació remarcant que la fíbula de peu aixecat amb botó terminal cònic és molt freqüent a la Gàl·lia meridional i que el peu alt s'hi troba des del s. vii aC, és a dir, amb anterioritat respecte a Itàlia. Malgrat tot, no nega el parentiu morfològic amb les fíbules etrusques que presenten peu aixecat en angle recte amb botó, però assenyala que en cap d'elles aquest és cònic, mentre que al Llenguadoc es tracta d'una tradició local iniciada amb les fíbules serpentiformes (1978, 79-87). En el cas dels exemplars de la Península, tampoc s'accepta ja la teoria segons la qual hi hagué una difusió del tipus de ballesta i peu aixecat des del sud-est fins a la cultura hallstàttica del nord-oest dels Alps, ja que els exemplars meridionals superen els septentrionals en mida i complexitat (Rauret 1976, 104).

A l'Illa han aparegut 20 elements que podem identificar com a fíbules de peu alt i botó, dada que correspon al 80% de les fíbules amb apèndix del jaciment, és a dir, predominen de manera absoluta. El botó bicònic és la variant més nombrosa (13 exemplars que corresponen al 65% del total), i es presenta des de l'últim quart del s. vi al final del s. iv aC associat indiferentment a ressorts unilaterals o bilaterals i a arcs de secció filiforme o laminar colzada. En tots els casos en què disposem d'anàlisis s'aprecia que es tracta de bronzes binaris i generalment (només hi ha una excepció) són rics en estany, independentment de la seva cronologia. D'altra banda els quatre exemples de botons globulars situen aquest grup en posició minoritària dins del conjunt: el 20%. La seva cronologia oscil·la entre l'últim quart del s. v i la primera meitat del iv aC. Apareixen associats amb incrustacions i la datació permet suposar que correspondrien als primers intents de combinació entre ambdós elements. El botó bitroncocònic també és una variant minoritària ja que només disposem de 3 exemplars, és a dir, el 15% dels botons. Abasta una cronologia de primera meitat del s. iv aC encara que alguns materials podrien ser més moderns, concretament del s. iii aC. Es troba associat a la decoració per incrustació, fet que corrobora que es tracta d'una varietat tardana dins del grup de peu alt. La composició, com en el cas anterior, correspon a un bronze binari ric en estany.

Podem conèixer altres característiques de les fíbules de peu alt de l'Illa mitjançant agulles, ressorts i arcs fragmentats, corresponents a 17 peces. A través de llur estudi podem dir que l'arc filiforme (junt amb el ressort bilateral) és el més antic (des del final del s. vi aC) i no coexisteix amb el laminar colzat fins a final del s. v aC. D'altra banda hem identificat un únic exemple d'arc de secció quadrangular (associat a un ressort unilateral) i dos de plano-convexos, difícils de localitzar temporalment, ja que han aparegut en el nivell superficial.

En síntesi, la fíbula de peu alt està representadades de l'últim quart del s. vi aC, mitjançant elements d'acabats senzills, inicialment globulars i bicònics, imposant-se aquests darrers al s. iv aC com a tipus més freqüent, mentre que els globulars perduren durant tot el s. iv aC però de manera minoritària i s'hi experimenten els primers intents de combinació amb elements

decoratius incrustats (corall o pedres dures), que després s'aplicaran també a peces bitroncocòniques, especialment durant la primera meitat del s. IV aC. Per tant constatem que a l'Illa d'en Reixac estan representades totes les variants de botons presents en la fíbula de peu alt catalana. Els ressorts unilaterals o bilaterals també presenten nombroses variacions en la seva realització, però pràcticament sempre són curts i de factura senzilla, així com els arcs, que poden diferenciar-se per la secció (en forma de cinta —plana o colzada— o filiforme) però que en cap cas estan decorats.

A partir dels criteris morfològics exposats per Navarro (1970, 55-56 i 60) considerem que els exemplars trobats fins ara corresponen tant a tipus antics com evolucionats. La fíbula de peu alt i botó està molt generalitzada en el món ibèric català i en concret a les comarques de Girona, on trobem les peces amb més similituds formals respecte a les nostres, sobretot al proper poblat del Puig de Sant Andreu Ullastret (botons cònics i bicònics dels segles VI-IV aC) i a la necròpoli del Puig de Serra - Serra de Daró (botons cònics del s. IV aC). Pel que fa a la variant de botó amb incrustació de corall, a Catalunya queda datada també entre els s. V i IV aC, i els millors paral·lels de l'Illa s'han localitzat entre d'altres punts a Cabrera de Mar, Empúries, la Creueta (RIURO 1960-61, 124-126), Serra de Daró i el Puig de Sant Andreu (NAVARRO 1970, 61, 68-70 i 75).

Claustres (1951, 153) també localitza exemplars de peu alt acabats en botó (alguns bicònics) i ressort bilateral a Ruscino, ja en nivells del s. VI aC, essent majoritaris entre les poques fíbules d'aquest moment, i altres de botó globular amb incrustació de corall corresponents al s. IV, que es manufacturaven *in situ*. Seguint a l'àmbit del Midi francès Tendille (a PY 1984, 281 i 284-285) assenyala l'aparició de fíbules de peu alt i botó (cònic o bicònic) amb ressort bilateral i arc filiforme o aplanat a la fase II de La Liquière (1a edat del ferro), contemporanis als de la necròpoli de Cazevieille (Hérault), objecte característic de Languedoc i Provença al s. VII i primera meitat del s. VI aC, és a dir, amb un avantatge cronològic respecte als nostres exemplars.

* *Fíbula de disc*

Navarro les denomina fíbules "de puente acodado y terminado en un gran disco" com a subgrup de les fíbules amb peu aixecat i botó terminal, i dóna una cronologia inicial del s. V aC, però cal tenir en compte que presenten importants diferències estructurals com ara el tipus de ressort ja que en algunes és un eix i en altres d'espires unilaterals o bilaterals, i en l'acabament del peu (que en aquest cas no pot considerar-se un botó sinó un disc), a més de les particularitats en el mètode de fabricació, motius pels quals en fem l'estudi separadament.

A l'Illa n'hem localitzat 2 exemplars (5184-1 i 5009-5-1) mitjançant l'apèndix; el primer (fig. 30.7) es data en el període 425-400 aC, mentre que l'altre és una mica més recent (380-325 aC), i se n'ha pogut identificar un tercer (5197) gràcies a un ressort-eix característic d'aquesta tipologia (420-380 aC). Els dos esmentats inicialment corresponen només a la part del peu que sosté el disc decorat amb una incrustació de corall o pedra de color rosat. Es varen realitzar mitjançant la fosa, completada amb un martelleig per elaborar el porta-agulles i el lloc de l'aplicació. Presenten unes dimensions similars en l'alçada (17/19 mm), gruix del peu (6×3,5/ 5×2 mm i el diàmetre del disc (20/22,5 mm). A més a més en el primer cas es va poder fer anàlisi per fluorescència de raigs X que indica una composició de bronze binari rica en estany i traces d'antimoni com a element traça significatiu.

És a dir, en general la fíbula de peu alt i disc està representada a l'Illa en un breu període comprès entre l'últim quart del s. V i bona part del segle següent; només soposa el 7,6% de les fíbules del jaciment i el 8% de les fíbules amb apèndix. En general és una tipologia poc nombrosa però estesa a Catalunya entre el s. V i IV aC com indica la seva dispersió als poblats de can Olivé, Cabrera de Mataró, Caldes d'Estrac, Ullastret i la Creueta (NAVARRO 1970, 70-73); és a dir característic dels poblats del Vallès, Maresme, Gironès i Baix Empordà.

L'exemplar de la necròpoli de Cabrera de Mataró (RUBIO DE LA SERNA 1888, làm X, núm. 10) té disc de secció laminar però el perfil no és pla i presenta una protuberància per encaixar-hi una incrustació. Es troba sobre el peu recte (a 90° del porta-agulles) i no arriba a tocar l'arc (de secció laminar) el qual s'articula amb el ressort (un cilindre coronat bilateralment per dues esferes). Al mateix jaciment hi ha un arc amb ressort similar a l'anterior, que correspondria a una fíbula del mateix tipus.

Són peces similars a la procedent del Puig de Sant Andreu que actualment es troba exposada al Museu Monogràfic d'Ullastret (OLIVA 1958, 330, fig. 17) datada al s. IV aC. Procedeix de la campanya de 1957-1958 realitzada al sector sud-oest del Camp Alt Sagrera (tall S, I; sitja 71, estrat VIII), amida uns 45 mm de longitud i conserva el porta-agulles però li manca l'agulla. Està decorada amb una incrustació de corall en el centre del disc, disposat en angle de 90° sobre el peu (totalment recte), tocant l'arc (en forma de cinta). Navarro (1970) la data al s. V aC, mentre que Oliva (1958) i Gràcia (inèdit) ho fan a principi del s. IV aC. Aquesta peça junt amb un disc corresponen a una altra similar, també del s. IV aC són molt semblants a les dues de l'Illa i aquí són minoritàries respecte al conjunt de fíbules del jaciment. Malgrat això, al mateix Puig de Sant Andreu existeix un tercer exemplar que es diferencia dels esmentats per la decoració en forma de cercles concèntrics incisos sobre la superfície del disc i per l'arc de secció triangular, encara que el ressort també té forma d'eix; segons Gracia (inèdit) és de principi del s. IV aC.

Observant altres peces classificades dins del grup es poden apreciar diferències significatives amb les de l'Illa: l'exemplar de can Olivé (Cerdanyola) (BARBERÀ et al. 1960-61, 213 i 207, fig. 11.9) té un ressort tan alt com l'arc, de tres espires a cada cantó i gran disc llis sense incrustació, i es data al s. III aC; Navarro el considera ja de La Tène, bàsicament en funció del ressort (1970, 82, figs. 20 i 83) mentre que dins de la categoria de disc publica un altre exemplar (1970, 72, fig. 4) d'aquesta mateixa procedència però decorat amb cercles concèntrics, idèntic a un del Puig de Sant Andreu (encara que aquest no té acanalats en l'arc).

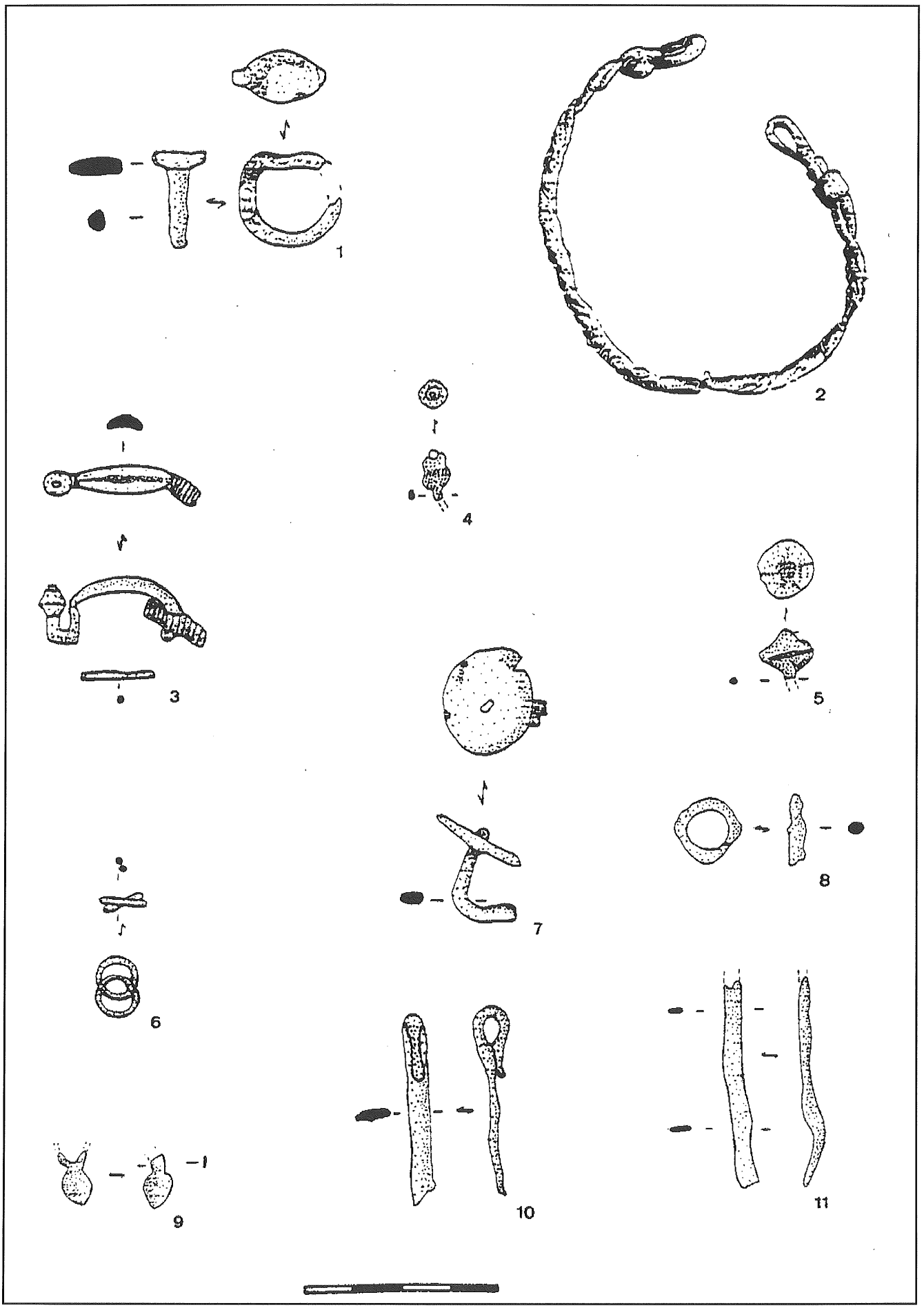

Figura 30. - Bronzes: 1. anell (5023-4-1); 2. braçalet (101.219); 3. fíbula de peu alt (5013-4-1-); 4. botó de fíbula de peu alt (5168-3); 5. botó de fíbula de peu alt (5164-4-2); 6. anelles de cadeneta (7127-4); 7. fíbula de disc (5184); 8. anella (7126-4-1); 9. penjoll (7127-4); 10. scalptorium (1041); 11. pinces (5164-4-1).

Ambdós tenen un paral·lel a Caldes d'Estrach. D'altra banda els de la Creueta (Riuró 1960-61, 124-126, figs. 6 i 7) són possiblement del s. III aC i consten d'un disc pla llis o quadrangular, que toca l'arc. Aquestes diferències respecte als altres ens fan inclinar per incloure'ls dins del grup de La Tène.

Hem comparat tots aquests exemplars, entre ells i amb els fragments de motlle trobats a l'Illa d'en Reixac (l'únic conegut corresponent a aquesta producció) (Oliva 1970, 84; Oliva 1976, 775 fig. 36 i 777; Navarro 1970, 70-71), per esbrinar si es podien establir relacions entre ells, arribant a la conclusió que dins del grup pròpiament de peu alt i disc només inclouríem els exemplars de l'Illa, junt amb els del Puig de Sant Andreu i Cabrera (malgrat petites variacions en la inclinació de l'arc i el disc i en la decoració d'aquest darrer). De tota manera els de l'Illa presenten prou particularitats en el gruix i secció del disc (pla i més gruixut) per a diferenciar-se en un subgrup.

No podem ignorar que podia haver-hi importants variacions entre les peces foses en el mateix motlle en brut i un cop acabades amb tots els detalls obtinguts mitjançant tècniques complementàries, alterant dimensions i trets anteriors. Rauret (1976, 105) considera que els exemplars fets amb el motlle de l'Illa serien força tardans ja que el disc queda quasi a la mateixa altura de l'arc i se li apropa, però els exemplars estudiats per nosaltres ja comencen a aparèixer a l'últim quart del s. V aC.

Aquesta cronologia també implica que les fíbules de disc i les de peu alt i botó coexisteixen des de ben aviat i per tant es desenvolupa simultàniament una manufactura a partir de senzilles barnilles a les quals es dóna forma personalment, i una altra, d'elements semimanufacturats a motlle i que només s'han d'acabar manualment, afegint-hi el ressort, elements de subjecció i decoració, sense que es puguin atribuir connotacions de progrés a unes o altres, sinó que serien adaptacions de l'artesà a les diferents problemàtiques tècniques plantejades per la diversitat tipològica.

* Fíbula anul·lar hispànica

Molts autors s'han preocupat de l'estudi d'aquesta fíbula, d'àmplia difusió peninsular durant la segona edat del ferro, que perdura fins a època romana (Almagro 1966) i de discutit origen, per alguns "hallstàttic" (Cuadrado 1957; 1963; Daugas, Tixier 1976; Navarro 1970), encara que també s'hagi proposat una procedència des de la Mediterrània oriental (Almagro 1966). La teoria generalment acceptada és la de Cuadrado (1957) i Navarro (1970), que l'entenen com a producte evolucionat de models del hallstatt final; mentre que altres autors (Daugas, Tixier 1976, 134 i 138) proposen una evolució des de la fíbula de ballesta a principis del s. VI aC, amb un origen peridanubià i dues vies de difusió (continental i litoral); (la transformació del ressort bilateral i l'apèndix del peu donarien forma al nou tipus, a la segona meitat del segle, coincidint amb l'aparició de les fíbules de peu alt i botó).

A l'Illa només hem pogut documentar una fíbula del tipus anul·lar, concretament un fragment de l'arc al qual s'enrotlla una part del ressort. És de petit format tal com és habitual en els exemplars catalans en contrast amb els de zones més fredes on s'utilitzaria una indumentària més gruixuda que requeria exemplars sòlids i pesats. La tècnica de realització fou la fosa d'una anella o d'una barnilla de secció rodona que més tard es martellejaria i estiraria donant-li la forma adient.

Atesa la seva fragmentació no sabem si corresponia al mateix model que els identificats als propers jaciments de Serra de Daró i Puig de Sant Andreu, enquadrables en el grup 1.1.B de Daugas-Tixier o 10.A de Cuadrado, amb paral·lels a Molí de l'Espígol, Empúries i Ensérune, dels s. V i IV aC, però té certa similitud amb un exemplar procedent del Puig documentat per Navarro (1970, 101-102, fig. 24.1) i que segons l'autora és arcaic, amb un paral·lel a Ensérune. Per concretar una cronologia específica d'aquesta peça caldria considerar altres trets morfològics, cosa que en el nostre cas no és possible, i a la vegada es fa difícil determinar-la ja que va aparèixer en el nivell d'abandonament del jaciment.

* Fíbula de La Tène

Tipologia també anomenada "d'apèndix caudal" perquè el peu es perllonga cap a l'arc o fins i tot s'hi adossa en un moment tardà. És contemporània de la fíbula amb incrustació de corall i característica del període de La Tène del qual rep el seu nom. A més de l'Europa Central es localitza també a França i a la Península Ibèrica des del final del s. IV fins a la primera meitat del s. III aC. Les seves variants són: senzilla, zoomorfa i de disc. El ressort continua essent bilateral però té menys espires, o és de xarnera (tipus que es troba també a la fíbula anul·lar hispànica i pot ser indici d'una contemporaneïtat). L'agulla pot ser lliure o constituir una sola peça amb el ressort. Durant La Tène II (300-100 aC) els elements zoomorfs i les decoracions de corall de l'apèndix seran substituïdes per elements més senzills i aquest queda unit a l'arc per una anella senzilla o doble; el peu s'allarga i pot acabar-se amb un botó, mentre que el ressort és sempre de molla bilateral (Navarro 1970, 77-91).

A l'Illa només en coneixem dos exemplars (I-573 i I-505) procedents de les excavacions de Martín (inèdit) a la Cala C'01 (actual Zona 10), dels quals només s'ha conservat l'arc (de secció semicircular) i una part del peu, sense acabament. Aparegueren en un nivell 2 de primera meitat del s. IV aC i quantitativament representen només el 7,6% de les fíbules identificades. En el seu moment d'aparició les diverses varietats d'aquest tipus es troben representades a Ullastret, la Creueta, Empúries i a jaciments de Provença i Llenguadoc.

Braçalets

Durant les excavacions de 1965-1966 de M. Oliva a l'extrem NE del jaciment va aparèixer al final de l'estrat III del Departament 1 una peça publicada com a collar (1976, 752, fig. 140) i que nosaltres en funció de les seves dimensions reduïdes (de 70 a 65 mm de diàmetre) preferim interpretar com a braçalet (fig. 30.2).

Cal assenyalar que la seva tècnica de realització: (una tija plana formant un motiu decoratiu d'espiral contínua, acabada en una anella), permet paral·lelitzar-lo (encara que en aquest cas s'entrellacen 2 tiges) amb el torques sencer i els fragments trobats a Puig de Serra durant les excavacions de Martín (inèdit a) i amb un altre del Puig de Sant Andreu així com els 3 braçalets del tipus 5.4. de Gracia (inèdit) del mateix indret, o tipus 3.1. de Tendille (1980) amb paral·lels en bronze i ferro a La Liquière, Museu de Nîmes i Mailhac a la segona meitat del s. VI aC.

El *torques* és un element típic de principi de la segona edat del ferro, freqüent a l'Europa Central i la variant de tija retorçada apareix ja a la necròpoli de Molà amb les primeres importacions de ferro entre el 750 i 600 aC (SANMARTÍ, PADRO 1978, 61) (MALUQUER, 1945-1946, 170 - 172, fig. 21).

Gracia (inèdit) considera que el sistema d'enrotllament de tiges per a formar un sol cos és una adaptació d'una tècnica forània, infreqüent entre els elements ornamentals ibèrics i més característic del món celta. La seva datació pels *torques* i braçalets localitzats a l'àrea d'Ullastret, elaborats amb tal tècnica és de mitjan segle IV aC.

Penjolls

A l'Illa d'en Reixac són escassos. El 7127-4 (fig. 30.9), que correspon a la primera meitat del s. IV aC, consta d'una esfera lleugerament allargada de petit format (7 mm de diàmetre) d'on surt una anella per portar-lo en suspensió. Els elements d'ornamentació amb forma de gla com aquest (elaborat per fosa i retocat amb un lleuger martelleig) formaven part de cadenetes i es presenten a tota l'àrea ibèrica amb una cronologia àmplia (necròpoli d'Anglès —s. VII-V aC—; Empúries —del final del s. V al principi del IV aC—; Roques de Sant Formatge —primera meitat del s. IV aC— i Sant Antoni de Calaceit —segona meitat s. IV i s. III aC—) (TENDILLE 1980, 123).

D'altra banda, al jaciment coneixem un altre tipus de penjoll de tipus laminar i forma trapezoïdal amb una perforació (Z.10.Q.1-E.V) datat a l'entorn del s. VI aC; i el de forma triangular, realitzat a partir d'una fulla quadrangular doblegada sobre si mateixa per la meitat, que tampoc presenta decoració. Correspon a les excavacions de la Cala C´01 i la seva cronologia és imprecisa. Els penjolls triangulars són coneguts des del moment de transició entre l'edat del bronze i la del Ferro (TENDILLE 1980, 121) llavors es realitzaven a motlle i estaven decorats, a diferència del nostre, que presenta un paral·lel del s. IV aC procedent de les excavacions de M. Oliva a l'extrem NE del jaciment, concretament del Departament 1-E.III.

Cadenetes

Les cadenetes són elements ornamentals característics de tota l'edat del ferro que es troben ja des del bronze final a les necròpolis de Molà, Agullana, Les Fados, Mailhac, Gran Bassin II, i a Saint Julien de Pézenas i que es multipliquen posteriorment mitjançant una gran varietat d'aplicacions. A l'Illa es limiten a dos exemples; la més antiga (4013-5) es data entre el 425 i el 350 aC i consta de dues anelles obertes, de secció rectangular. El conjunt és de petites dimensions: 6,5 mm de llarg i 3 mm d'ample. Alhora les anelles només amiden 3,5 mm de llarg, 3 mm d'ample i 1 mm de gruix. La peça s'hauria realitzat a partir d'una o vàries barnilles foses, tallades i martellejades per donar forma a les anelles, que després haurien estat encadenades entre si.

L'altra peça (7127-4, fig. 30.6) presenta una cronologia un xic més reduïda però sincrònica amb l'anterior dins de la primera meitat del s. IV aC. Consta de dues anelles obertes i de secció rodona de petit format (7/8 mm de diàmetre i 1,5/2 mm de gruix, entrellaçades formant un conjunt de 12 mm de llarg i 9 mm d'ample. La seva realització degué fer-se a partir d'un fil enrotllat (probablement al roig) a l'entorn d'un eix i després tallat, per unir-les més tard i fixar-les amb un lleuger martelleig. Atès que a la mateixa unitat aparegué un petit penjoll (descrit a l'apartat anterior) pensem que ambdós elements devien estar associats en una sola peça.

Anelles

Sota aquesta denominació agrupem 7 elements circulars que presenten algunes variants morfològiques. Entre elles la més antiga és la 7126-4-1 (520-480 aC) (fig. 30.8) i sembla realitzada mitjançant la fosa. La 7049 és una peça oberta i de secció rodona de petit format ja que el seu diàmetre és de 8 mm i el gruix d'1mm. La tècnica de realització seria similar a la de la cadeneta 7127-4; presenta unes mides pràcticament idèntiques i considerem que devia formar part d'un conjunt de peces enllaçades, que es dataria igualment a mitjan segle IV aC.

La 6003-4-1 correspon a un exemplar aparegut en un nivell superficial junt amb altres materials de la primera meitat del s. IV aC. Presenta un diàmetre d'11/9,5 mm i un gruix d'1 mm. Sembla estar realitzada mitjançant la fosa. La 9001-4-3 té un context d'aparició i cronologia similars i unes mides una mica més reduïdes (7,7/4,7 mm de diàmetre i 1,5 mm de gruix). És de secció ovalada i es degué produir de la mateixa manera. Igualment la 4009-2-1 és un objecte de procedència superficial associat a ceràmiques del s. IV aC però diferent a les anteriors pel seu format superior (26 mm de diàmetre, 6,5/5 mm de gruix), secció ovalada, i sobretot per la seva factura doncs sembla feta a partir de dues meitats simètriques, és a dir, dues anelles de secció plano-convexa obtingudes amb un motlle.

Contemporàniament a les peces esmentades es varen utilitzar anelles de coure tal com evidencien les anàlisis de composició per espectroscòpia de raigs X de dos exemples de la primera meitat del s. IV aC. La 7054-4-1 presenta 16/15 mm de diàmetre i 4/3 mm de gruix, i sembla realitzada a partir de la fosa completada amb martelleig. La 7049 és una anella oberta, que deuria formar part d'una cadeneta, de 6,5 mm de diàmetre i 1,5/1 mm de gruix elaborada probablement amb un fil prèviament escalfat per estirar-lo i enrotllar-lo al voltant d'un eix i tallar-lo posteriorment; això podia completar-se amb un lleuger martelleig.

Anells

Dos exemplars (1011-5-1 i 5023-4-1) similars realitzats a partir d'una barnilla de secció rodona que es martellejaria per doblegar-la en forma circular i en la part frontal s'aplanaria i estiraria com a motiu decoratiu. Presenten un diàmetre aproximat de 17 mm i un gruix d'1/1,5 mm, mentre que la part frontal s'eixampla (12 × 7 mm i 17 × 10 mm). El primer aparegué en un nivell superficial amb materials del s. IV, mentre que l'altre (fig. 30.1) pot datar-se amb seguretat entre els anys 380 i 325 aC.

b) Objectes d'higiene i cirurgia

Pinces

És un instrument d'ús aplicat a la higiene personal, elaborat a partir d'una cinta de bronze aplanada, plegada en dues meitats simètriques i estrangulada per la part proximal. A partir d'un suposat origen itàlic apareix a Catalunya en el moment de transició de l'edat del bronze a l'edat del ferro i concretament a l'Empordà es coneix ja en el s. VIII aC; un dels primers exemples es troba a Agullana (MALUQUER 1945-46, 124), fet d'una sola peça i sense decoració. Aquesta morfologia senzilla és constant durant tota la protohistòria, sense variacions significatives (PONS 1981, 252).

La peça de l'Illa 5164-4-1 (fig. 30.11) es data en el període comprès entre el 425 i 350 aC, es conserva només unilateralment (41 mm de llarg, 6/4 mm d'ample i 2/1,5 de gruix) i sembla disposar d'una perforació destinada a penjar-la formant part d'una panòplia. La seva anàlisi mitjançant fluorescència de raigs X donà a conèixer que es tracta d'un bronze binari pobre en estany, i l'observació de la seva microestructura per metal·lografia òptica permet afirmar que a més a més de la fosa es va realitzar mitjançant un martelleig en fred seguit de recuita.

Les pinces són elements freqüents en necròpolis (en enterraments interpretats com a masculins) i presents en poblats ibèrics; els paral·lels més propers en distància a l'Illa d'en Reixac es troben a Serra de Daró i Puig de Sant Andreu; tots ells són de secció rectangular i sense cap mena de decoració. Els tres exemplars del del Puig segons Gracia (inèdit, 149-150) es daten al s. IV aC tal com succeeix a Serra (MARTÍN 1984). Altres més llunyanes geogràficament però similars per la seva simplicitat són els del Midi recollits per Tendille (1981, 62-64), i sobretot els de Ruscino, corresponents al s. VI aC (CLAUSTRES 1951, 153).

Scalptoria

Segons Tendille (1981, 61-63) Déchelette seria l'autor de la denominació d'aquestes peces a partir d'una cita en un text de Marcial. A l'Empordà, Llenguadoc, Rosselló i Provença apareixen en el moment de transició entre l'edat del bronze i l'edat del ferro. Són elements que consten bàsicament d'una tija acabada en punta bífida, raó per la qual se'ls atribueixen dues finalitats diverses: d'una banda s'interpreten com a rascadors de cap o d'esquena, però certs autors (OLIVA 1949) creuen que el seu ús era mèdic ja que servien per introduir ungüents o injectar líquids; per tant la seva natura pot interpretar-se ambivalentment com a útils d'higiene o de medicina.

Sembla que la tija 1041 (fig. 30.10), apareguda en un nivell força modern (325-225 aC), llisa i de secció rectangular, (39 mm de llarg × 5/2 mm d'ample i 2/1 mm de gruix), doblegada sobre si mateixa en un extrem per poder penjar-la i que de l'altra banda es va aplanar fins a convertir-la en una superfície laminar, correspondria a la part proximal d'un instrument d'aquest tipus. És possible que una altra tija llisa, de forma quadrangular i secció rectangular (24 mm de llarg × 7,5 mm d'ample i 2,5 mm de gruix) pugui interpretar-se com a tal encara que no és possible afirmar-ho amb rotunditat. Totes dues serien similars als exemplars més senzills del Puig de Sant Andreu datats entre final del s. V i mitjan segle IV aC.

Paral·lelament a Illa existeixen dos altres elements en forma de tija amb secció quadrangular que podrien interpretar-se com a fragments d'instruments de cirurgia o higiene, sense que es pugui precisar més. En el cas de la 4011-4-3, datada entre el 425 i el 375 aC només podem afegir que les anàlisis espectroscòpiques han revelat que es tracta d'un bronze binari ric en estany. En l'altra (9001-4-2), corresponent al nivell superficial, s'observa part de la perforació practicada perquè pogués anar penjada formant part d'una panòplia.

c) Elements de subjecció

Reblons

Aquestes peces de bronze s'utilitzaven com a elements de subjecció. Es tracta de tiges de secció rodona tallades a diferents mesures segons la seva aplicació concreta i acabades unilateralment o bilateralment en fred per a fixar-les en una altra peça. Els casos que estudiem apareixen en l'últim quart del s. V i perduren durant el s. IV aC. Alguns exemplars (5168-3, 9001-4-7 i 5180-4) no s'han trobat en connexió amb les peces de les quals formarien part. El primer aparegué en un nivell datat entre els anys 425 i 380 aC. És de secció rodona i presenta l'acció del martelleig unilateralment. La seva llargada és de 15 mm i el diàmetre de 3,5 a 3 mm, mentre que el del cap oscil·la entre 4 i 5 mm. L'anàlisi espectroscòpica per fluorescència de raigs X demostra que es tracta de bronze binari. El 9001-4-7 presenta unes mides similars a l'anterior: 12 mm de llarg i 3,7/3 de diàmetre i també està reblat unilateralment però el martelleig en aquest cas ha donat lloc a un "cap" de forma quadrangular. Correspon al nivell superficial d'un carrer i està associat a materials datables entre el 450 i el 300 aC. El 5180-4 (fig. 29.2) (425-375 aC) exhibeix les mateixes característiques però es tracta d'un aliatge ternari.

Quant a la peça 4049, tenim constància del seu ús com a element de subjecció d'una anella de plom, la qual travessa per la meitat. Amida 9,5 mm de llarg × 3,5 mm de diàmetre i es data a la primera meitat del s. IV aC. En altres casos (4011-4-2) (425-375 aC) els trobem *in situ*; estan coronats per ambdós costats i mantenen unides les fulles d'una làmina doblegada sobre si mateixa, que travessen col·locats simètricament. Tenen 7/8 mm de llarg i 3,5 mm de diàmetre que augmenta a 7,5 mm en la part del cap.

Claus

Són elements esporàdics. El 5014-4 (fig. 29.3) correspon a mitjan s. IV aC; presenta una llargada total de 56 mm, una tija de secció quadrada de 4,5 mm de gruix i cap rodó de 12,5 mm de diàmetre i 3 mm de gruix. Aquestes proporcions semblen indicar que es tractaria d'un element més decoratiu que utilitari, realitzat a partir d'una tija mitjançant martelleig.

Un exemplar (7054-4-2, fig. 29.5) contemporani i de característiques morfològiques similars a l'anterior (12,5 mm de llarg, 1/2 mm de gruix a la tija i cap de 9,5/9 mm de diàmetre) segons l'anàlisi de composició per fluorescència de raigs X, estava efectuat en coure i no en bronze com podia indicar el seu aspecte. En aparèixer associat a una anella del mateix metall (7054-4-1) pensem que formarien part d'una mateixa peça com a elements ornamentals.

En canvi, el 9001-4-6 correspon al nivell superficial d'un carrer, estava associat a materials d'una àmplia cronologia entre els anys 450 i 300 aC i presenta una llargada de 52 mm, un cap semiesfèric de 11,5 mm de diàmetre i 9 mm d'altura i la tija de secció rodona i de 5/4 mm de gruix. La tècnica de realització també es va fer a partir d'una barreta martellejada a la qual es va incrustar el cap.

Grapes

Només coneixem una grapa (9001-4, fig. 29.1) fabricada en bronze en forma de mitja canya, com en altres peces de plom aparegudes al jaciment. Fou elaborada a partir d'una làmina que es martellejà, (probablement en calent) per doblegar-la. Amida 19,5 mm de llarg per 4,5/4 d'ample i 6/4,5 mm d'alt, mentre que el gruix de la làmina és d'1,7/1,5 mm. Procedeix d'un nivell superficial corresponent a un carrer del poblat, junt amb materials que comprenen des del 450 fins al 300 aC.

d) Instruments domèstics i artesanals

Agulles

Les agulles de cosir estan representades per dos exemplars: el 7125-3-5 (fig. 29.11) correspon a un bronze binari de l'últim quart del s. VI aC, presenta una tija rodona i el cap en forma d'anella (55 mm de llarg, 4 de gruix i cap de 3,5 mm de diàmetre) i a causa de les seves dimensions hauria d'utilitzar-se en treballs de factura poc delicada (probablement en la reparació de sacs); l'altre (101.222, fig. 29.9) és d'un moment més avançat i presenta 45 mm de llarg, només 2/1 mm de gruix i una minúscula perforació en la part superior; per tant, permetia clarament ésser utilitzada en tasques més acurades.

No podem precisar si la troballa d'una petita agulla (7162) de 20 mm de llarg, 1,5 mm de gruix, secció rodona i cap globular efectuat per martelleig (2 mm de diàmetre), correspon a un nivell datat entre el 300 i 200 aC, i que segons les anàlisis espectroscòpiques correspon a un bronze ternari, estaria també en connexió amb aquest tipus d'activitats domèstiques i artesanes o bé tindria una utilitat merament ornamental.

D'altra banda, les tiges corresponents a agulles o barnilles fragmentades apareixen en moltes unitats estratigràfiques, poden tenir secció quadrangular o rodona i són més freqüents durant la primera meitat del s. IV aC. S'obtenien per fosa i en certs casos s'acabaven mitjançant un martelleig en fred o calent. Aquests elements són difícils d'interpretar amb exactitud, perquè si bé és cert que podien formar part de peces amb finalitat diversa, en altres casos, servien de punt de partida per elaborar una multitud de petits objectes d'ús personal, ornamentals i funcionals; és a dir pot resultar problemàtic diferenciar entre els objectes semimanufacturats i els acabats.

En els dos casos analitzats espectroscòpicament, (4011-4-1) i (7084-4-6), les proporcions de l'aliatge, tot i que el primer aparegué en un nivell datat entre el 425 i el 375 aC i el segon entre el 380 i el 325 aC a penes varien, tractant-se de bronzes ternaris amb un percentatge de coure als voltants del 66%, un 19% d'estany i un 13% de plom, així com una presència minoritària de ferro, níquel argent i antimoni. En aquestes dues mostres, doncs, es posa de relleu una estabilitat en la composició del bronze entre l'últim quart del s. V i la primera meitat del s. IV aC. El primer, a més a més, es va examinar mitjançant metal·lografia òptica evidenciant que havia patit un martelleig en fred seguit de recuita per recuperar la plasticitat i continuar essent forjat; procediment que sembla una solució lògica a la problemàtica provocada en voler donar forma a aquestes barnilles d'un contingut elevat en estany que no permetia treballar-les massa en fred ja que s'endurien ràpidament.

Punxons

En alguns casos les barnilles podien utilitzar-se (un cop esmolades) per realitzar peces com els punxons, dels quals només en coneixem un exemple metàl·lic, concretament el procedent de les excavacions de M. Oliva a l'extrem NE del jaciment (1976, 752, fig. 13), datat aproximadament al s. IV aC i compost per un mànec d'os al qual es va incrustar una tija de bronze amb l'extrem esmolat.

Hams

El 1034 (fig. 29.6) és de morfologia molt senzilla ja que es tracta d'un petit fil de bronze estirat i doblegat formant un semicercle, a l'extrem del qual es va configurar un element sortint en forma d'arpó. No té cap i per tant no sabem amb precisió com aniria unit a la resta de l'instrument de pesca. La seva secció és rodona, d'1 mm de gruix, la punta té direcció divergent cap enfora, respecte a la peça i l'arpó queda poc marcat. En base a aquestes característiques correspondria al tipus 1.1.1.1. establert per Gràcia en època ibero-romana, amb paral·lels a Roses, Nages, Frejús i Empúries. A Ullastret es coneix un exemple de la primera meitat del s. IV aC (1981-1982, 321-322), mentre que el de l'Illa apareix en un nivell superficial datat entre el 325 i el 225 aC. La seva anàlisi de composició mitjançant fluorescència de raigs X va constatar que es fabricà amb un bronze binari ric en

estany i per tant suposem que es féu a partir d'un fil estirat i martellejat amb intervals de recuita. Al jaciment ja havia aparegut un altre exemple (51507) de final del VI aC i factura molt senzilla amb anterioritat, durant l'excavació a la C'01 de 1976. Presenta 29 mm de llarg, 20 d'ample 1 una secció rodona d'1 mm. No s'aprecia l'arpó, tampoc té el cap marcat i la punta és divergent cap enfora.

e) Altres

Dins d'aquest grup inclourem en primer lloc les plaques, que poden estar formades per una o vàries capes metàl·liques. En el nostre cas sembla que les més senzilles corresponen a penjolls, mentre que per l'altre no podem precisar la funció sinó només la morfologia. La tècnica del plegat d'una làmina vàries vegades sobre si mateixa la tenim documentada des de l'últim quart del s. VI aC - principi del V aC en la peça 7123-4, i presenta paral·lels en altres dues (7126-4-3 i 4011-4-2) que es daten en els anys 520-480 aC i 425-375 aC respectivament; per tant perdura fins al final del s. V aC o principi del s. IV aC. En l'últim cas cal afegir que es troba associada amb el reblat perquè la peça queda fixada mitjançant 2 tiges que la travessen en posició simètrica.

D'altra banda, durant l'excavació del reompliment de la fossa 88 va aparèixer un fragment de bronze (5135-4-5) que sembla correspondre a un atuell i es data al s. IV aC. Està decorat amb tres línies de motllures paral·leles i presenta tots els signes d'una producció a la cera perduda. No podem aportar paral·lels per aquesta peça, que tant per les seves característiques formals com per la tècnica d'elaboració s'allunya de les manufactures locals, podent-se tractar d'una importació. Aquesta opinió quedaria recolzada també per la identitat de l'aliatge ja que segons la fluorescència de raigs X correspon a un bronze ternari amb unes proporcions de coure estany i plom òptimes per a una peça obtinguda per moldeig que revelen un bon coneixement de la tècnica bronzística i que, d'altra banda, s'allunyen de les habituals entre las manufactures de l'Illa per aproximar-se més als aliatges considerats "clàssics".

Aspectes tecnològics

Els exàmens microscòpics d'algunes mostres han permès identificar certs procediments de treball efectuats per elaborar algunes peces de l'Illa d'en Reixac; descrivim algunes d'aquestes tècniques a partir de metal·lografies i la seva interpretació i adjuntem els resultats de les anàlisis espectroscòpiques (fluorescència de raigs X) efectuats en aquests materials.

IR-1023-4 (tija) (400-350 aC)

Barreta de bronze, composta per un conjunt de cristalls poligonals que presenten macles o cristalls "bessons" provocats per una deformació mecànica que va superar el seu límit elàstic, seguida de recuita; és a dir, va patir un tractament mecànic i tèrmic que respectà la mateixa composició i constitució però els va orientar simètricament sobre un eix en posició invertida com si es reflectissin en un mirall. Tenen una cara en comú motiu pel qual un cop seccionats i vistos al microscopi es reconeixen com a una o vàries línies rectes que travessen el gra en paral·lel.

Sabem, doncs, que l'artesà que li va donar forma martellejant-la, probablement en fred, i que un cop el metall es va endurir, va realitzar una recuita al roig per seguir forjant-la. De tota manera el martelleig de la segona fase no fou excessiu ja que no va deformar gaire ni els grans ni les inclusions de l'aliatge. La imatge també mostra com la corrosió apareix en forma d'òxid cuprós i es manifesta intergranularment, la qual cosa dóna suport a l'opinió que la peça després de fosa fou forjada.

IR-89-4011-4-1 (tija) (425-375 aC) (fig. 31)

Bronze amb una microestructura de grans polièdrics maclats (cristalls equiaxials de secció poligonal amb línies de relliscament) de diferent mida i orientació. Per a manufacturar-lo, doncs, a més d'una fosa originària, es va martellejar i recoure successivament, per aconseguir retornar la ductilitat al metall endurit pel primer martelleig en fred. Tal procediment es degué realitzar molt aviat ja que l'alt component d'estany (18.17%) ho provocaria. D'altra banda, també és possible apreciar el plom segregat en forma de petites taques grises barrejades entre els grans ja per sobre d'un 4% no és soluble en el coure i aquí arriba a un percentatge del 13.49%. Els altres components d'aquest bronze ternari són: Cu (67.67%), Sn (18.17%), Fe (0.372%), Ni (0.120%), As (0.053%), Sb (0.024%).

En aquestes imatges també apareix clarament la corrosió que ataca el metalls intercristal·linament, és a dir, de manera selectiva, destruint la matriu que envolta els grans de l'aliatge.

IR-89-5164-4-1 (pinces) (425-350 aC) (fig. 32)

Microestructura de gra fi produïda per la recuita del bronze martellejat, que es manifesta en cristalls polièdrics de petit format travessats per línies o macles degudes a una deformació que ha superat el límit elàstic del metall provocant la recristal·lització,

Figura 31. - Imatge metal·logràfica de la tija de bronze 4011-4-1.

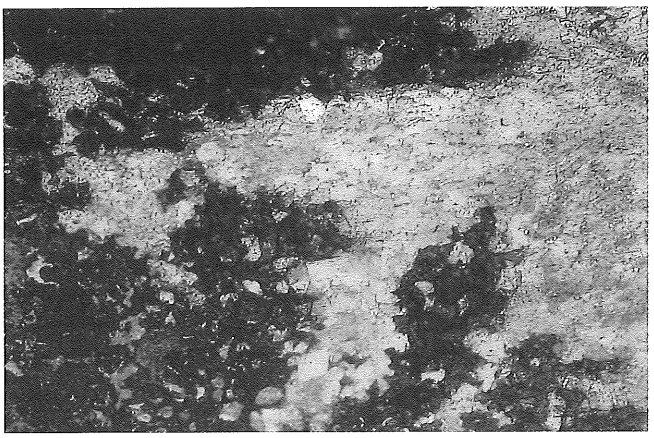

Figura 32. - Imatge metal·logràfica de les pinces de bronze 5164-4-1.

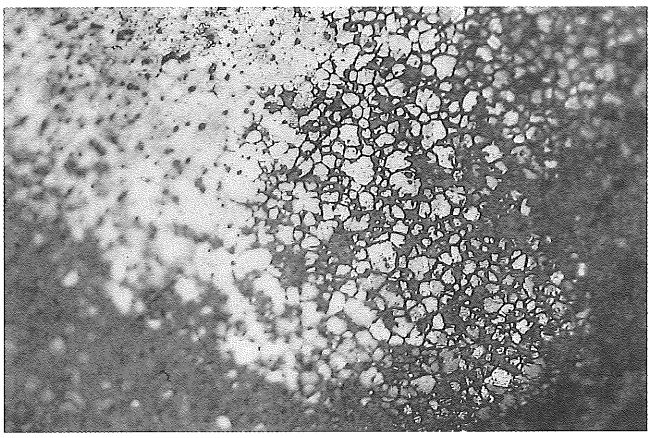

Figura 33. - Imatge metal·logràfica de la tija de bronze 7084-4-6.

(translació d'uns grans sobre altres seguint els plànols cristal·logràfics o bandes de relliscament) i la seva associació.

La composició d'aquest bronze és: Cu (94.92%), Sn (4.623%), Fe (0.114%), Ni (0.067%), Sb (0.069%) i Pb (0.234%); és a dir, en estat originari el metall es presentava en fase alfa, essent un producte maleable en fred i calent amb una duresa i elasticitat considerables. La forja va requerir una recuita a uns 700°C i un tractament final en fred, de lleu intensitat que va deformar l'estructura anterior i és més apreciable en les regions més superficials.

També cal assenyalar que la peça pateix una intensa corrosió (cuprita i malaquita) disposada estratificadament i intercristal·linament, la qual ha destruït de manera irregular l'interior d'alguns grans col·locats en l'àrea més superficial. Les pàtines inestables com aquestes, provocades per corrosió es produeixen pel contacte del metall amb l'oxigen i l'òxid de coure (de color vermell); l'altre tipus de compost, de color verd, està provocat per l'acció de la humitat i el diòxid de carboni que meteoritzen el bronze, és a dir, el retornen a la seva forma mineral i, per tant, l'òxid cuprós reacciona donant malaquita (carbonat hidratat de coure). Aquesta corrosió penetra gradualment en el metall per les vores dels grans tal com es veu a la microfotografia, sense atacar la matriu. És possible que una estructura estratificada com aquesta correspongui a una barnilla estirada prèviament mitjançant el martelleig en fred, deformant els cristalls originals, endurint-los alhora, però també fragilitzant la peça i afavorint la progressió de la corrosió.

IR-89-7084-4-6 (tija) (380-325 aC) (fig. 33)

Barnilla de bronze que presenta una microestructura formada per grans polièdrics maclats; és a dir, la tècnica d'elaboració fou en primer lloc la fosa, i a continuació es va completar amb un martelleig i la recuita necessària per a continuar el treball quan el metall s'enduria per l'acritud del treball en fred. És a dir, es varen combinar tractaments tèrmics i mecànics. Els cristalls, per efecte del treball mecànic es varen deformar i escórrer en plans paral·lels, en ésser termodinàmicament inestables; en rescalfar-los varen créixer isotròpicament.

Es tracta d'un bronze ternari ja que consta de Cu (65.27%), Sn (20.06%), Pb (13.74%), Fe (0.497%), Ni (0.148%), Ag (0.029%), Sb (0.084%); i podem suposar que el fenomen d'enduriment de la barreta degué ser intens a causa de l'elevada proporció d'estany de la peça (superior al 13%) que requeria la recuita a uns 700°C per prosseguir el treball, tal com documenta l'observació metal·logràfica. Com que en altres casos l'atac evidencia la penetració de la corrosió de tipus intercristal·lí, especialment intensa a la zona més superficial de l'aliatge.

IR-89-5135 (atuell) (400-300 aC)

La peça després de polida fou atacada durant 10" amb àcid clorhídric diluït, evidenciant una estructura de fusió d'un bronze ternari que hauria patit una lleugera deformació mecànica, així com microfractures, inclusions ferruginoses i productes de corrosió com clorur de coure i que també s'aprecia en forma de pàtina, recobrint la superfície.

Presenta un contingut majoritari de coure (83.18%), estany (6.807%) i de plom (9.456%), proporcions determinades a partir de l'examen espectroscòpic. L'anàlisi de composició revela també que com a impureses inclou ferro (0.138%) níquel (0.67%), plata (0.030%) i antimoni (0.152%).

Conclusió

L'estudi dels objectes de coure i bronze corresponents al registre arqueològic de l'Illa en Reixac evidencia una majoria absoluta de l'aliatge (sobretot binari però també ternari), emprat bàsicament en la realització de petites peces d'ornamentació i cura personal, encara que també s'utilitzava en els instruments domèstics i artesans de poca entitat que no requerien unes qualitats de duresa i resistència notables. Les primeres restes esporàdiques corresponen a petits fragments apareguts en els fons de cabana corresponents al moment de transició entre l'edat del bronze i la del Ferro: a partir de finals del s. VI aC ja és possible identificar algunes peces, moment a partir del qual augmentaran progressivament per a ser especialment nombroses durant la primera meitat del s. IV aC.

Malgrat el deficient estat de conservació d'aquests elements, apareguts a totes les àrees del jaciment, ha estat possible reconèixer el predomini quantitatiu de les fíbules ja que se n'han identificat 43 fragments (totes són incompletes). Com ja ha estat expressat, corresponen majoritàriament a la varietat de peu alt i apèndix de botó (bicònics globulars o bitroncocònics) i les diferents transformacions morfològiques d'aquest darrer element, dels arcs i els ressorts permeten concretar la cronologia de les peces entre els segles VI i III aC amb la màxima diversificació durant el s. IV aC.

D'altra banda com a manufactures minoritàries hem reconegut 2 exemplars de La Tène, 1 fragment d'una fíbula anul·lar i 3 exemplars de peu alt i disc; totes elles coexisteixen amb la fíbula de peu alt i botó des de principi del s. IV aC. Això suposa una multiplicitat de les tècniques de fabricació que no es limiten a la transformació manual de barnilles (elements semi-manufacturats), elaborades a motlle a partir del s. V aC al propi jaciment i acabades mitjançant l'estirat, martelleig en fred o calent i incrustacions, sinó també l'obtenció de peces (arcs i apèndixs de les fíbules de disc) en sèrie, mitjançant l'emmotllat, però completades i personalitzades individualment mitjançant els mateixos procediments.

La variació en les tècniques de decoració revela un gust per l'estètica, que influeix en la combinació de diversos materials (metall i corall o pedres dures) per aconseguir efectes cromàtics i enriquir les peces, segons una tendència general durant l'edat del ferro que evoluciona cap a la sofisticació dels objectes d'ús personal, però que a l'Illa es manifesta de manera moderada i sense adquirir elements fantasiosos com la iconografia animalística, limitant-se a recollir aquestes influències forànies en les aplicacions, que sovint han desaparegut. El corall s'utilitzava durant la segona etapa de hallstatt al nord dels Alps i des del s. V es va difondre el seu ús a una àrea més àmplia, essent molt utilitzat durant el segle següent, fins a ser substituït per materials d'imitació durant La Tène II. En el cas de les peces de l'Illa es pot assegurar que es tracta de manufactures realitzades per tallers locals ja que en casos esporàdics s'han trobat *in situ* fragments de matèria primera en estat brut.

En canvi, ara per ara, no podem documentar la decoració dels extrems de les fíbules amb botons o boletes esfèriques (tendència que començà amb les fíbules serpentiformes italianes, adoptada després per les hallstàttiques occidentals i perdura fins a La Tène avançada) ni amb incisions, elements molt presents a l'àrea d'Ullastret i en general al món ibèric, encara que en un cas reconeixem aquestes influències cèltiques en un braçalet realitzat amb la tècnica de la torsió.

Quant als altres elements d'ornamentació (anelles, cadenetes, penjolls...) i de cirurgia o higiene descrits anteriorment, només cal destacar la simplicitat de les formes, ja conegudes des del bronze final i que no experimenten canvis substancials, estan igualment realitzades totalment o parcialment a motlle i complementades amb els procediments mecànics i tèrmics habituals. Així podem dir que la fixació es fa mitjançant doblegat, soldadura, incrustació i reblat i que la tècnica del doblegat s'inicia entre final del s. VI i principi del s. V aC, coincidint amb el reblat, mentre que els claus (de coure o de bronze) no hi són presents fins un segle més tard.

En síntesi, considerem que a més de la clara identificació d'una manufacura local segons tipologies de llarga tradició, es constata un coneixement de les propietats físiques dels metalls i l'aplicació de mètodes adaptats als problemes tècnics des de ben antic, tal com s'ha pogut comprovar gràcies a les anàlisis arqueometal·lúrgiques. Morfològicament hem localitzat paral·lels dins de tot l'àmbit ibèric però els més similars es troben als propers nuclis del Puig de Sant Andreu i Serra de Daró; encara que l'aparició esporàdica d'elements únics en el context del jaciment pel que fa la tipologia i tècnica de fabricació ens fa pensar que excepcionalment arribarien elements de caràcter particular des d'altres àrees.

Resultats d'espectroscòpies per fluorescència de raigs X

IR-73/74-Q.1 EIII (Cap de barnilla / rebuig de fosa) (500-475 aC)

Fe=0.206%; Ni=0.425%; Cu=38.51%; Ag=0.047%; Sn=9.503%; Sb=0.327%; Pb=50.81%; Zn, As, Au, Bi=nd.

IR-90-1034 (Ham) (325-225 aC)

Fe=0.599%; Ni=0.107%; Cu=82.75%; As=0.362%; Ag=0.015%; Sn=16.10%; Sb=0.045%; Zn, Au, Bi, Pb=nd.

IR-90-1034 (Botó de fíbula de peu alt) (325-225 aC)

Fe=0.537%; Ni=0.671%; Cu=83.35%; Ag=0.119%; Sn=11.12%; Sb=0.240%; Pb=3.810%; Zn, As, Au, Bi=nd.

IR-90-1045 (Arc de fíbula) (325-225 aC)

Fe=0.891%; Ni=0.394%; Cu=79.95%; Ag=0.018%; Sn=18.62%; Zn, As, Sb, Au, Pb, Bi=nd.

IR-88-4010-4-1 (Arc de fíbula) (400-325 aC)

Fe=0.456%; Ni=0.257%; Cu=88.63% ; Ag=0.013% ; Sn=9.953%; Sb=0.238%; Pb=0.463%; Zn, Au, As, Bi=nd.

IR-89-4011-4-1 (Tija) (425-375 aC)

Fe=0.372%; Ni=0.120%; Cu= 67.67%; Ag=0.053%; Sn=18.17%; Sb=0.024%; Pb=13.49%; Zn, As, Au, Bi=nd.

IR-89-4011-4-3 (Tija-instrument mèdic) (425-375 aC)

Fe=0.740%; Ni=0.211%; Cu=82.93%; Ag=0.007%; Sn=15.97%; Sb=0.057%; Zn, As, Au, Pb, Bi=nd.

IR-89-4055 (Tija) (400-350 aC)

Fe=0.496%; Ni=0.196%; Cu=85.97%; Ag=0.015%; Sn=12.03%; Sb=0.402%; Pb=0.810%; Zn, As, Au, Bi=nd.

IR-89-5135 (Agulla) (400-300 aC)

Fe=0.496%; Ni=0.183%; Cu=80.76%; Sn=17.49%; Sb=0.064%; Pb=0.911%; Zn, As, Ag, Au, Bi=nd.

IR-89-5135 (Recipient) (400-300 aC)

Fe=0.138%; Ni=0.167%; Cu=83.18%; Ag=0.030%; Sn=6.807%; Sb=0.152%; Pb=9.456%; Zn, As, Au, Bi=nd.

IR-89-5164-4-1 (Pinces) (425-350 aC)

Fe=0.114%; Ni=0.067%; Cu=94.92%; Sn=4.623%; Sb=0.069%; Pb=0.234%; Zn, As, Ag, Au, Bi=nd.

IR-89-5164-4-2 (Fragment de fíbula) (425-350 aC)

Fe=0.112%; Cu=84.85%; Sn=14.44%; Sb=0.005%; Ni, Zn, As, Ag, Au, Pb, Bi=nd.

IR-89-5164-4-3 (Botó de fíbula de peu alt) (425-350 aC)

Fe=0.217%; Ni=0.390%; Cu=83.08%; As=0.406%; Ag=0.078%; Sn=15.82%; Pb=tr; Zn, Au, Sb, Bi=nd.

IR-90-5168 (Rebló) (425-380 aC)
Fe=0.949%; Ni=0.434; Cu=87.46%; Zn, As, Sb, Au, Pb, Bi=nd; Ag=0.008%; Sn=10.96%; Sb=0.113%; Zn, As, Sb, Au, Pb, Bi=nd.

IR-90-5180-4 (Rebló) (450-350 aC)
Fe=0.396%; Ni=0.153%; Cu=88.83%; As=0.088%; Ag=0.010%; Sn=9.984%; Sb=0.338%; Pb= 0.075%; Zn, Au, Bi=nd.

IR-90-5180-4-1 (Barnilla) (450-350 aC)
Fe=0.292%; Ni=0,382%; Cu=86.36%; Sn=12.90%; Sb=0.025%; Zn, As, Ag, Au, Pb, Bi=nd.

IR-90-5184 (Peu de fíbula de disc) (425-400 aC)
Fe=0.500%; Ni=0.170%; Cu=81.06%; Ag, Pb=tr; Sn=17.20%; Sb=0.065%; Zn, As; Au; Bi=nd.

IR-90-5184 (Fragment de fíbula de disc) (425-400 aC)
Fe=0.353%; Ni=0.144%; Cu=87.45%; Sn=12.00%; Sb=0.029%; Zn, As, Ag; Au; Pb; Bi=nd.

IR-90-5197 (Botó de fíbula de peu alt) (420-380 aC)
Fe=0.494%; Ni=0.245%; Cu=88.72%; Sn=10.33%; Sb=0.026%; Zn, As, Ag, Au, Pb, Bi=nd.

IR-88-7049 (Anella) (380-325 aC)
Fe=0.291%; Ni=0.340%; Cu=98.31%; As=0.576%; Ag=0.026%; Sn=0.149%; Sb=0.037%; Pb=0.133%; Zn, Bi, Au=nd.

IR-89-7054-4-1 (Anella) (400-350 aC)
Fe=0.185%; Ni=0.068%; Cu=99.33%; Ag=0.028%; Sn=0.091%; Sb=0.032%; Zn, As, Pb, Bi, Au=nd.

IR-89-7054-4-1 (Clau) (400-350 aC)
Fe=0.143%; Ni=0.273%; Cu=98.38%; Zn=0.347%; Ag=0.020%; Sn=0.036%; Sb=0.031%; Pb=0.766%; As, Au, Bi=nd.

IR-89-7084-4-6 (Tija) (380-325 aC)
Fe=0.497%; Ni=0.148%; Cu=65.27%; Ag=0.029%; Sn=20.06%; Sb=0.084%; Pb=13.74%; Zn, As, Au, Bi=nd.

IR-89-7125-3-5 (Agulla fragmentada) (530-500 aC)
Fe=0.356%; Ni=0.480%; Cu=93.04%; Sn=6.096%; Zn, As, Ag, Au, Sb, Pb, Bi=nd.

IR-89-7125-3-9 (Llingot) (530-500 aC)
Fe=0.136%; Ni=0.080%; Cu=94.53%; Sn=4.963%; Sb=0.071%; Pb=0.152%; Zn, As, Ag, Au, Bi=nd.

IR-89-7126-4-a (Botó de fíbula de peu alt) (520-480 aC)
Fe=0.924%; Ni=0.587%; Cu=79.83%; Ag=0.063%; Sn=17.91%; Sb=0.027%; Pb=0.22%; Zn, As, Au, Bi=nd

IR-90-7126-4-b (Barnilla) (520-480 aC)
Fe=0.276%; Ni=0.186%; Cu=98.73%; Ag=0.058%; Sn=0.154%; Sb=0.043%; Pb=0.323%; Zn, As, Au, Bi=nd.

IR-90-7162 (Agulla) (300-225 aC)
Fe=0.226%; Ni=0.087%; Cu=81.89%; Ag=0.061%; Sn=13.585; Sb=0.217%; Pb=3.942%; Zn, As, Au, Bi=nd.

(tr=element traça; nd=element no detectat)

4.2.2. Escòries i rebuigs de fosa

Una bona part dels materials metàl·lics no-fèrrics de l'Illa d'en Reixac són restes produïdes per les activitats metal·lúrgiques: minerals semireduïts, nòduls de fosa, metall en brut i escòries, que solen presentar un aspecte molt similar, però que és possible diferenciar analíticament. Els primers corresponen a les matèries primeres que un cop realitzada la reducció no arribaven a ser transformades totalment però es podien reaprofitar en una següent ocasió; els nòduls suposen un pas més endavant en el procés, ja que no corresponen a mineral sinó a metall, de la primera fosa, mentre que els bruts de fosa es poden definir com a matèria primera metàl·lica que ja es pot manufacturar en forma d'objectes. D'altra banda podem comptar també amb les restes ceràmiques que contenen metall; són fragments d'atuells on es realitzava la reducció i on quedaven atrapades restes metàl·liques. Totes elles estan documentades a partir de la segona meitat del s. VI aC.

Finalment les escòries, materials que recullen les impureses provocades per la reducció, i que a la vegada poden subdividir-se en lleugeres o pesades segons la quantitat i combinació dels elements que continguin, els quals poden donar-los un aspecte dens o bé lleuger i porós; però també poden aparèixer barrejades amb mineral. Constatem que les denses han estat identificades en un dels nivells més antics entre final del s. VI i principi del V aC, mentre que les lleugeres solen correspondre al s. IV aC.

S'ha analitzat un mostratge representatiu de tots aquests elements mitjançant microscòpia òptica i espectroscòpia (fluorescència de raigs X) per aproximar-nos al coneixement de la tecnologia antiga. A continuació se n'exposen els resultats. Pel que fa a les metal·lografies es presenten tres exemples característics, prou representatius. Les anàlisis de composició es comenten àmpliament en els capítols de referència, com per exemple les dels atuells de reducció o les dels minerals, dades que no repetirem aquí, mentre que les conclusions sobre la resta s'exposen a continuació, integrades amb els resultats sobre l'estudi de les manufactures metàl·liques ja que cal estudiar-les interrelacionadament per tal d'extreure'n conclusions vàlides.

Metal·lografies

IR-4011-4-1 (nòdul de fosa) (425-375 aC)

S'hi aprecia un fenomen de corrosió intergranular que indicaria una recuita i un refredament lent durant la solidificació del material, donada la mida dels grans produïts. (Recordem que poden medir de 0,2 a 0,02 mm, però que com més grans són, pitjors resulten les seves propietats mecàniques ja que les impureses es concentren, recobrint-los i separant-los entre si.) També s'observen grans primitius del metall ja destruïts per la corrosió, en forma de retícula-negatiu de l'estructura originària. És a dir, es tracta d'un metall fos que originàriament s'hauria presentat en fase alfa i hauria evolucionat a poc a poc durant el refredament des de l'estructura arborescent a la cristal·lina; per tant es pot afirmar que es tracta d'un nòdul de fosa de bronze i la seva composició és: Cu (93.01%), Sn (6.515%), Fe (0.199%), Ni (0.019%), Ag (0.108%).

IR-4051-4 (nòdul de fosa) (525-450 aC) (fig. 34)

Microestructura dendrítica, característica d'un nòdul de fosa de bronze. La segregació d'aquest tipus té lloc per la diferència de composició química dins de cada

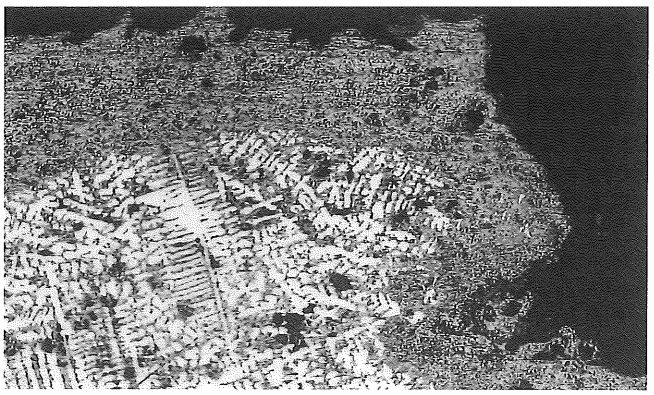

Figura 34. - Imatge metal·logràfica del nòdul de fosa de bronze 4051-4.

gra a causa de la diferència de temperatures de solidificació dels components principals de l'aliatge. L'anàlisi per fluorescència de raigs X identifica el Cu com element majoritari (87.58%) junt amb Sn (11.51%), i petites quantitats de Fe (0.462%), Ni (0.272%), Ag (0.015%), Sb (0.066%) i Pb (0.097%).

En les imatges apareixen els compostos de coure en forma arborescent dins d'una matriu rica en estany, per tant és un bronze alfa en estructura de brut de colada. En alguns punts també es veuen inclusions i petites microsegregacions. Atesa la mida d'algunes de les dendrites pensem que el refredament del metall fou lent, sense patir cap altre tractament tèrmic o mecànic ulterior.

D'altra banda és possible veure també com la superfície metàl·lica d'aquest bronze està recoberta per diverses capes d'òxid cuprós i de malaquita, disposades estratigràficament, que actuen atacant la matriu del nucli metàl·lic.

IR-89-5132 (atuell de reducció) (400-350 aC)

En aquest cas també s'ha efectuat l'observació microscòpica, encara que no se n'han pres imatges. Es tracta de petits nòduls de metall de color vermellós o ataronjat inclosos dins d'una matèria escoriàcia. Un cop examinats sota diversos augments ha estat posible identificar l'estructura dendrítica que presenta el bronze fos i solidificat lentament sense cap altre tractament posterior, tal com correspon a les restes de metall que solen quedar entre els fragments d'atuells de reducció. L'espectroscòpia per fluorescència de raigs X completa aquesta informació sobre la composició del conjunt: Cu (45.07%), Sn (46.38%), Fe (3.867%), Pb (4.140%).

Resultats de les anàlisis per fluorescència de raigs X

* *Escòries*

IR-89-5135-4 (Escòria lleugera) (400-300 aC)
Fe=15.75%; Ni=0.838%; Cu=10.64%; Ag=0.027%; Sn=13.97%; Sb=0.094%; Pb=58.53%; Zn, As, Au, Bi=nd.

IR-90-7029-5 (Escòria amb mineral) (380-325 aC)
Fe=27.66; Cu=43.60%; Sn=22.91%; Sb=0.194%; Pb=5.639%; Ni, Zn, As, Ag, Au, Bi=nd.

IR-89-7120-4 (Escòria lleugera) (400-350 aC)
Fe=6.232%; Cu=77.18%; Ag=0.031%; Sn=4.971%; Sb=0.354%; Pb=11.21%; Ni, Zn, As, Au, Bi=nd.

IR-89-7123-4 (Escòria pesada) (520-490 aC)
Fe, Sn=detect.; Ni, Cu, Zn, As, Ag, Sb, Au, Pb, Bi=nd.

IR-89-7125-3 (Escòria amb mineral) (530-500 aC)
Fe=12.21%; Ni=1.200%; Cu=80.56%; Sb=0.679%; Pb=3.712%; Zn, As, Ag, Au, Bi=nd; Sn=1.628%.

IR-89-7127-4 (Escòria lleugera) (400-350 aC)
Fe=4.651%; Ni=0.297%; Cu=5.903%; Sn=84.87%; Pb=4.243%; Zn, As, Sb, Ag, Au, Bi=nd.

IR-90-7162 (Escòria amb mineral) (300-225 aC)
Fe=9.143%; Cu=16.61%; Sn=69.77%; Sb=0.144%; Pb=4.261%; Ni, Zn, As, Ag, Au, Bi=nd.

IR-73/74 -Q.1- E.III (Escòria amb mineral) (500-475 aC)
Fe=11.20%; Cu=42.36%; Ag=0.016%; Sn=43.28%; Sb=0.093%; Au, Pb, Ni, Zn, As, Bi=nd.

* *Atuells de reducció (Adherències ceràmiques)*

IR-73/74-Q.1-E.III (500-475 aC)
Fe=2.691%; Cu=44.74%; Sn=48.35%; Pb=4.133%; Ni, Zn, As, Ag, Sb, Au, Bi=nd.

IR-73/74-Q.1-E.V (550-475 aC)
Fe=10.14%; Cu=32.83%; Sn=56.28%; Sb=0.076%; Pb=0.673%; Ni, Zn, As, Ag, Au, Bi=nd.

IR-89-4051-3 (525-450 aC)
Fe=6.788%; Cu=89.31%; Ag=0.045%; Sn=3.571%; Sb=0.223%; Pb=0.061%; Zn, Au, As, Bi=nd.

IR-89-5132-3 (400-350 aC)
Fe=3.867%; Ni=0.189%; Cu=45.07%; Sn=46.38%; Pb=4.140%; Zn, Au, As, Ag, Sb, Bi=nd.

* *Nòduls de fosa*

IR-73/74-Q.1-E.III (500-475 aC)
Fe=1.977%; Ni=0.241%; Cu=59%; Sn=37.67%; Pb=1.124%; Zn, As, Ag, Bi, Sb, Au=nd.

IR-89-4011-4 (425-375 aC)
Fe=0.199%; Ni=0.019%; Cu=93.01%; Ag=0.108%; Sn=6.515%; Zn, As, Sb, Au, Pb, Bi=nd.

IR-89-4046-4 (400-350 aC) (Nòdul en escòria)
Fe=2.610%; Ni=0.188%; Cu=71.88%; Sn=25.27%; Zn, As, Ag, Sb, Au, Pb, Bi=nd.

IR-89-4051-4 (525-450 aC)
Fe=0.462%; Ni=0.272%; Cu=87.58%; Ag=0.015%; Sn=11.51%; Sb=0.066%; Pb=0.097%; Zn, Au, Bi, As=nd.

IR-89-5143-4-1 (400-300 aC)
Fe=1.397%; Ni=0.617%; Cu=56.31%; Sn=41.63%; Zn, As, Ag, Sb, Au, Pb, Bi=nd.

IR-89-5164-4 (425-350 aC)
Fe=0.185%; Ni=0.067%; Cu=82.48%; Sn=17.09%; Sb=0.037%; Pb=0.133%; Zn, As, Ag, Au, Bi=nd.

IR-88-7049 (380-325 aC)
Fe=2.014%; Ni=0.159%; Cu=85.29%; Sn=12.48%; Sb=0.013%; Zn, As, Ag, Au, Pb, Bi=nd.

IR-88-7049 (380-325 aC)
Fe=2.505%; Cu=79.78%; Ag=0.010%; Sn=17.030; Sb=0.036%; Pb=0.614%; Ni, Zn, As, Au; Bi=nd.

IR-90-7126-4 (520-480 aC)
Fe=1.473%; Ni=0.047%; Cu=73.26%; Sn=25.26%; Zn, As, Ag, Sb, Au, Pb, Bi=nd.

4.2.3. Caracterització de la metal·lúrgia no-fèrrica de l'Illa d'en Reixac

L'estudi arqueometal·lúrgic dels materials de l'Illa d'en Reixac inclou una vessant analítica desenvolupada mitjançant l'observació microscòpica de preparacions metal·logràfiques i anàlisis de composició efectuades per espectroscòpia (fluorescència de raigs X). La interrelació dels resultats permet arribar a unes primeres conclusions a l'entorn de la tecnologia antiga aplicada a la gènesi d'aquestes peces.

D'una banda, amb aquesta metodologia ha estat possible distingir diverses agrupacions de materials (minerals reduïts, nòduls de fosa, escòries, restes d'atuells de reducció i objectes metàl·lics). En el cas dels metalls, basant-nos en les estructures metal·logràfiques hem pogut identificar tres grups bàsics: els elements de fosa (presenten una estructura dendrítica o granular segons hagin patit un refredament a més o menys velocitat), els elements martellejats (en fred o calent) i els recuits; per tant hi ha evidències de la pràctica de procediments mecànics i tèrmics.

Complementàriament, la identificació qualitativa i quantitativa de diversos elements aportada per les anàlisis de composició permet dividir-los en dos grups bàsics a partir del material utilitzat: manufactures on apareix quasi exclusivament coure, i les de bronze (aliatge de coure i estany com a constituents principals). A la vegada dins d'aquest darrer àmbit podem identificar bronzes binaris (Cu + Sn) i ternaris (Cu + Sn + Pb). Quantitativament els bronzes binaris representen la majoria dels aliatges (64%), mentre que els ternaris (21%) i sobretot els objectes de coure (14%) són escassos.

Com a síntesi dels resultats de les anàlisis espectroscòpiques podem establir que la mitjana de les proporcions en què apareixen els diversos objectes de bronze a nivell general seria de: Fe (0.406%), Ni (0.243%), Cu (84.490%), Zn (tr), As (0.051%), Ag (0.037%), Sn (5.568%), Sb (0.094%) i Pb (3.548%); aquests resultats es mostren prou significatius si es comparen amb les mitjanes dels altres elements metal·lúrgics (fig. 28).

Estudiant la composició d'aquestes manufactures observem com el coure és en tots els casos el component principal. Fon a una temperatura elevada (1.083°C), és un metall molt dúctil i mal·leable però adquireix molta acritud si es deforma en fred; així duplica la seva resistència mecànica i duresa però se'n redueix l'allargament. Per aquestes raons cal recoure'l diverses vegades si es vol estirar molt o martellejar intensament, tal com es pot apreciar en les metal·lografies.

L'estany és el segon component en importància. Millora i facilita la colada ja que l'aliatge presenta menys gasos i més fluïdesa, mentre permet que el punt de fusió del coure baixi (amb un 10% d'estany es converteix en 1.025°C i amb un 20% en 900°C) i augmenta la resistència dels aliatges a la corrosió. Disminueix la ductilitat del coure en fred però fins al 0,2% facilita el laminat en calent i si no supera l'11% millora les propietats mecàniques. Segons alguns autors el bronze utilitzat en peces que s'havien de treballar en fred no devia superar el 6% d'estany i pels de fosa podia augmentar al15% (Coghlan 1960), encara que a més de 13% es converteix en un metall fràgil i difícil de treballar. A l'Illa s'ha d'assenyalar que la gran diferència en les quantitats d'aquest metall entre els materials corresponents al procés de reducció i les manufactures també es deu a la manca d'una tecnologia prou reeixida, que en provoca una pèrdua important.

El plom apareix de manera irregular i sol ser abundant en l'escòria i restes d'atuells productius. Disminueix el punt de fusió facilitant la realització de la fosa, la qual en ser més fluida obté millors resultats, però la seva tendència a la segregació fa que de vegades es reparteixi irregularment per la peça. Pensem que això és el que succeiria en un cap de barnilla o rebuig de fosa (73/74-Q.1-E.III) ja que hi observem un contingut excepcional del 50% de plom, que li proporciona un color verd pàl·lid. Aquesta fosa mal aconseguida tindria la causa, com indiquen les característiques d'alguns motlles de l'Illa, en el fet que aquests recipients s'omplien de metall de manera que el cap de les barnilles quedava a la part inferior i per tant si l'operació no es feia amb prou rapidesa i habilitat, els components més densos de l'aliatge es concentraven en aquest punt i en inutilitzar la producció aquesta esdevenia massa tova, les seves propietats mecàniques disminuïen i no es podia martellejar.

Entre els components secundaris, un dels més importants és el ferro; es caracteritza per augmentar la resistència a la tracció i disminuir l'allargament del metall. En el nostre cas, si es compara la proporció en què apareix al mineral parcialment reduït i sobretot a l'escòria i altres elements de rebuig, en contraposició als nòduls de fosa i objectes acabats, és clarament apreciable la seva disminució al llarg del procés tècnic ja que no és soluble en el coure. La proporció en que apareix a l'Illa en els objectes (0.406%) és superior a la dels bronzes d'altres contextos històrics com les peces cicràdiques (0.04%), les sèries clàssiques (0.23%), o en el cas de la Península, les calcolítiques (0.05%), les del bronze final (0.04%) i argàriques (0.27%) (Craddock i Meeks 1987, 190); alhora és molt inferior a la de les peces del bronze final Atlàntic o del dipòsit de la Ría de Huelva (1%) analitzades per Craddock i Escalera repectivament o al de les íbero-turdetanes de Tejada (Rovira Llorens, Consuegra, Montero 1987, 225).

Entre els elements traça, l'antimoni es presenta en petites proporcions com l'arsènic; en primer cas apareix tant esporàdicament al mineral com als productes intermedis i a les mostres metàl·liques, indicant que podia formar part de la mena, però es perdia durant la reducció ja que es tracta d'un element extremadament volàtil. L'efecte d'ambdós seria favorable perquè permetrien treballar el metall en fred i calent i endurir-lo. Quant a la resta d'elements minoritaris del bronze no es presenten de manera significativa per influir en les seves característiques.

En la interpretació dels aliatges també apreciem que els binaris predominen àmpliament des del 425 fins al 300 aC. La seva proporció de Cu és del 86.173% i la de Sn del 12.632%. Quant als ternaris, la mitjana dels valors principals d'un aliatge seria Cu=76.272%, Sn=13.948% i Pb=8.887%. (En efectuar aquestes estimacions no tenim en compte els resultats de la mostra 73/74 Q.1-E.III a causa de les seves peculiaritats.)

Apareixen bàsicament entre el 425 i el 225 aC però ja es documenten en aquest rebuig de fosa del primer quart del s. v aC. Cal dir també que en les dues mostres més antigues (425-375 aC) s'aprecia un contingut d'estany entre el 17% i el 20%, i un 13% de plom, mentre que en una altra més moderna (300-225 aC) l'estany baixa al 13% i el plom també es redueix dràsticament al 4%. Dins del conjunt només es pot apreciar unes proporcions "clàssiques" en la combinació dels elements en el cas d'un fragment corresponent a un atuell, probablement una importació, aparegut en un nivell del s. IV aC.

Els bronzes binaris i ternaris també conviuen en l'àmbit tartèssic, i els binaris s'han identificat en objectes grecs analitzats per Craddock, dels períodes protogeomètric, geomètric i arcaic, essent un aliatge freqüent a tota la Mediterrània entre els segles X i VI aC (ROVIRA LLORENS 1989, 223). De tota manera les composicions identificades per Harrison, Craddock i Hughes (1981) en alguns contextos culturals prehistòrics peninsulars són molt diferents a les posteriors d'època ibèrica, caracteritzats inicialment per Marechal (1983, 358). Les anàlisis dels materials de Tejada la Vieja corresponents al període íbero-turdetà realitzats mitjançant fluorescència de raigs X per Rovira Llorens, Consuegra i Montero (1987) demostren la coexistència de bronzes binaris i ternaris entre les peces de cronologia més antiga (s. VI aC), però la seva composició és molt diferent als de l'Illa. En canvi, entre mitjan segle V i principi del IV aC, com a Ullastret, predominen els binaris sobre els ternaris junt amb alguns elements de coure. Entre els primers el Sn suposa el 14.06%, dada força similar al nostre 12.63% però força allunyada dels resultats de Craddock per Tejada (6.1%), encara que no tant del 11,3% de peces samnites o de l'11% d'altres etrusques. Entre els bronzes ternaris la nostra proporció del plom (8.887%) resulta força elevada, vàlida per a peces que no requerissin propietats mecàniques notables.

Si parem atenció al tipus d'aliatge en relació a les tipologies de l'Illa, veiem com no es produeixen associacions significatives tret de les fíbules, ja que totes les analitzades a excepció d'una corresponen aliatges binaris. Es daten entre l'últim quart del s. VI i l'últim del s. IV aC i l'única diferència remarcable correspon a la proporció d'estany: aproximadament en la meitat de les peces és superior al 13%, aspecte sense significat cronològic dificultaria la manufactura per martelleig i exigiria el coneixement de la pràctica de la recuita.

Seria interessant poder comparar exhaustivament els nostres resultats amb els realitzats per Gràcia per espectroscòpia d'emissió i puntualment per absorció atòmica, en restes metàl·liques i escòries del s. VI al III aC procedents d'un sector del veí Puig de Sant Andreu, però esdevé pràcticament impossible donada la metodologia semiquantitativa utilitzada per expressar les proporcions dels elements majoritaris: així el coure no queda avaluat exactament i les proporcions de Sn s'expressen mitjançant els conceptes > (més que), >> (molt més que) i >>> (moltíssim més que). De tota manera, a partir de 6 mostres analitzades per espectroscòpia d'absorció atòmica dóna un valor mitjà del coure de 54.4%, és a dir, força inferior al que apareix en les mostres de l'Illa d'en Reixac tant als bronzes binaris com als ternaris; també arriba a la conclusió que la proporció d'estany i de plom augmenta progressivament amb el temps, dades que en el nostre cas no es manifesten, i que al Puig de Sant Andreu s'interpreten com a signe de voluntat de facilitar la manipulació del metall en funció de les necessitats tecnològiques plantejades per noves tipologies materials (fíbula de peu peraltat) i raons estètiques (efectes cromàtics) (1981-1982, 312-313).

COMPOSICIÓ MITJANA DELS MATERIALS DE BRONZE DE L'ILLA D'EN REIXAC

	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Ag	Sn	Sb	Au	Pb	Bi
MINERAL REDUÏT	4.112	0.373	52.69	-	-	0.015	41.70	0.125	-	1.113	-
MINERAL +ESCÒRIA	15.053	-	45.78	-	-	0.01	34.39	0.277	-	4.537	-
ESCÒRIA	10.857	0.291	34.60	-	-	0.009	30.17	0.194	-	10.970	-
ATUELLS REDUCCIÓ	5.871	tr	52.98	-	-	tr	38.64	0.149	-	2.221	-
NÒDULS FOSA	1.355	0.201	76.51	-	-	0.044	21.59	0.038	-	0.49	-
PRODUCTES METÀL·LICS	0.406	0.243	84.49	tr	0.05	0.037	5.468	0.094	-	3.548	-

Figura 35. - Quadre-resum de la composició dels bronzes de l'Illa d'en Reixac. Basat en els resultats de les anàlisis (expressades en % del pes) efectuades per S. ROVIRA LLORENS mitjançant espectroscòpia per fluorescència de raigs X amb un espectròmetre KEVEX 7.000 de l'ICRBC (Madrid).

4.3. *Materials fèrrics*

4.3.1. Les peces metàl·liques

L'estudi del ferro en el context ibèric català disposa encara de poques dades: en altres zones peninsulars els autors clàssics esmenten els recursos minerals i descriuen l'armament dels pobles pre-romans (fins i tot per lloar-ne les qualitats), però en el cas de Catalunya aquestes cites són pràcticament inexistents i només tenim constància de les explotacions de ferro, plata i sal per part de Cató, en un moment avançat. D'altra banda, el registre arqueològic aporta poc utillatge relacionat amb la mineria o la metal·lúrgia d'aquest període, reduït a dos pics de cantera del poblat de S. Miquel de Sorba i a les tenalles de ferrer d'Anseresa i Empúries, corresponents al període ibero-romà (SANAHUJA, 1971), mentre que martells, llimes, punxons i altres eines localitzades podien formar part dels tallers metal·lúrgics però no són específiques d'aquesta activitat sinó que també participaven en altres processos artesans.

Coneixem pocs punts on es portava a terme la manufactura del ferro, a part de les habituals referències a la troballa d'escòria en els poblats, sense més detalls. Els llocs on s'han reconegut altres evidències de la siderúrgia entre els s. III i I aC són, d'una banda ferreries: Valls, Puig Castellar (SERRA RÀFOLS 1968, 11-12) i Castellruf-Martorelles (GASULL, 1986); en altres casos sembla que la presència d'estructures de treball a Can Miano-Sant Boi (ARES 1981), i a la Torre dels Encantats-Arenys de Mar (SERRA RÀFOLS 1968, 20) fa pensar que es contemporitzaven les activitats de reducció i forja. Darrerament també s'ha constatat la presència de minerals de ferro (hematites i/o limonita) a diversos jaciments del Baix Llobregat entre el s. VI aC i el canvi d'era així com indicis d'activitats extractives a cel obert; mentre que s'ha confirmat l'existència d'escòries de reducció des de la segona meitat del s. VI aC (ROVIRA HORTALÀ, SOLIAS 1991). Veiem, doncs, com la manufactura del ferro s'inicià aviat en aquesta àrea de la costa barcelonina i degué incrementar-se amb el temps, gràcies a la disponibilitat de recursos minerals, fins arribar a ésser un factor econòmic important en època romana republicana.

A Catalunya els ferros més antics es daten en l'àmbit del bronze final, amb petites variacions segons les zones (VILASECA 1943), mentre que a l'Empordà l'estudi de Pons (1984) ha permès localitzar amb precisió aquests primers ítems entre els anys 650 i 625 aC. Corresponen en tot cas a objectes de cura i ornamentació personal o a armes, i apareixen en context funerari. Igualment és important diferenciar entre la mera presència de manufactures fèrriques i la seva producció a l'hora de documentar la siderúrgia ibèrica; així sembla clar que l'ús del ferro no es generalitza a Catalunya fins la segona meitat del s. VI aC, i les diverses teories explicatives de la seva aparició defensen l'arribada prèvia en relació amb pobles extrapeninsulars.

La teoria tradicional que explicaria la introducció del ferro a Catalunya per via transpirinenca és argumentada repetidament per Pons (1981-1982; 1983; 1984; 1986-87 i 1989) a partir del fet que a Tarragona, Girona i Llenguadoc-Rosselló apareixen objectes de ferro sense estar associats a importacions mediterrànies, o en llocs on aquestes són excepcionals; és a dir, serien anteriors a les influències dels pobles orientals i el "fenomen d'indoeuropeïtzació" apareix com a principal responsable de la introducció del ferro a Catalunya tant per a un important nombre d'investigadors catalans i europeus, com recull l'autora (1984, 214-217), com en aportacions recents (GALLART, JUNYENT 1989).

Altres autors esgrimeixen l'atribució fenícia (MALUQUER 1969; ARTEAGA, PADRO, SANMARTÍ 1978; SNODGRASS 1980; RUIZ ZAPATERO 1985; COLLIS 1989; HARRISON 1989) fonamentant-se en l'existència de contactes comercials entre tals navegants i les poblacions indígenes de les costes catalanes i el golf del Lleó des del s. VII aC. Els fenicis coneixien el ferro des de ben antic i segons aquesta tendència historiogràfica també són considerats els responsables de la seva introducció a la Península Ibèrica, a partir de la costa andalusa oriental, i des d'allà a tota la costa mediterrània fins al Midi francès.

Maluquer (1972, 64-65) defensà també una altra hipòtesi segons la qual grecs i etruscos en serien els pobles introductors, atès que els contactes iniciats en un moment pre-colonial semblaven prou provats tant al sud de França com a Catalunya, però d'altra banda afegia que abans de l'establiment dels grecs la població catalana ja coneixia el ferro per influència dels pobles centreuropeus encara que no podia documentar-se una producció local.

La introducció del ferro a Catalunya és encara una qüestió polèmica. Tal com Pons remarca (1984, 213-220), hem d'insistir en el fet que l'arribada d'objectes metàl·lics al final del s. VII aC no implica la difusió del coneixement de la metal·lúrgia, la qual seria posterior i es deuria a l'impuls colonial mediterrani. En aquest procés d'expansió del nou metall es poden establir diversos moments d'aparició, a partir d'un primer ús d'importacions (bàsicament objectes ornamentals, d'utilitat pràctica i armes ofensives) fins a la generalització en forma d'armes de tipus ofensiu-defensiu, defensives i elements agrícoles. Per tant, segons l'autora, entre el 650 i el 625 aC començaria realment l'edat del ferro a Catalunya.

Destaquem, però, que la presència del nou metall només seria decisiva en l'economia de les comunitats ibèriques posteriorment, amb la generalització representada per l'utillatge agrícola i industrial, substituint altres matèries en aquestes tasques. Paral·lelament hem constatat que tots els autors coincideixen a plantejar el desenvolupament siderúrgic subordinant-lo a la iniciativa dels pobles extrapeninsulars, principalment fenicis i grecs; sense tenir en compte en cap cas el paper del substrat tecnològic dels grups indígenes. Aquest plantejament unidireccional ve provocat pel seu desconeixement, ja que les dades que es prenen en consideració són parcials bàsicament només perquè vénen aportades per manufactures procedents del context funerari. Així la iniciativa dels artesans locals i el seu grau de perícia en el domini de les activitats metal·lúrgiques, que en més o menys grau degué ser un factor determinant en el fenomen d'adopció del nou metall, és un aspecte que fins al moment es minimitza encara que paradoxalment hi radiqui la clau per conèixer l'inici i el veritable abast de la metal·lúrgia fèrrica pre-romana.

Elements manufacturats

Les restes de ferro manufacturat present a l'Illa d'en Reixac són escasses i poc significatives tipològicament ja que a causa de la intensa concreció i fragmentació que presenten és difícil reconèixer-ne la forma original. Es tracta de metall treballat mitjançant la forja per elaborar objectes dels quals bàsicament es conserven tiges, làmines i fragments informes. Tenim documentats un total de 216 elements de ferro però la proporció de peces conservades i que podem identificar es redueix dràsticament a 78, és a dir, representen només el 36% del total, i tret dels nivells superficials només n'hi ha 30, és a dir, aproximadament el 14%. Entre totes s'han localitzat les següents:

a) ***Claus***

Constitueixen el grup clarament majoritari perquè són 45 elements, però quasi sempre apareixen fragmentats. Deixant de banda els procedents de nivells superficials veiem que les tiges són fonamentalment de secció rodona, apareixen esporàdicament en un primer període entre els anys 530 i 480 aC i són característics de la primera meitat del s. IV aC. La longitud de la llargada conservada és molt variable però el diàmetre oscil·la al voltant de 10 mm com a valor mitjà. El fet que molts hagin perdut l'acabament deu estar provocat per la tècnica de fabricació efectuada gràcies a la unió per forja mitjançant l'autosoldadura, de la part corresponent a la tija i d'un disc que feia la funció de cap.

b) ***Eines***

Durant l'excavació de 1976 a la part més enlairada del jaciment, va aparèixer un objecte de forma trapezoïdal (fig. 37.1) que fou publicat sota la denominació de llingot (MARTÍN, SANMARTÍ 1978, 436 i 439, fig. 7.7). La seva observació ens fa descartar aquesta atribució ja que no es tracta d'una peça semimanufacturada de metall en brut destinat a una finalitat ulterior sinó d'una part d'un objecte acabat. La part conservada presenta 80 × 70-60 mm de costat i un gruix irregular entre 25 i 15 mm. Aquesta forma aproximadament laminar i les seves dimensions semblen doncs més pròpies d'alguns estris agrícoles plans com les aixades o destrals. La seva significació rau en el fet de ser l'objecte de ferro estratificat en el nivell més antic (575-550/540 aC) conegut a l'Empordà, i a diferència d'altres elements fèrrics contemporanis catalans procedeix d'un context d'habitació, no del funerari.

Posteriorment han aparegut altres peces identificades com a punxons, de forma aproximadament cònica amb l'extrem proximal pla i el distal punxegut, i presenten secció rodona i d'una mida aproximada d'11 cm de llargada i un diàmetre entre 1 i 2 cm. El més antic (7125-3-2) es data a l'últim quart del s. V, mentre un altre (IR-88-7089-3-1) és de mitjan segle IV aC.

Entre els fragments d'altres possibles eines comptem amb elements de perfil trapezoïdal, utilitzats probablement com a percutors (extrems de martells) quan la punta és arrodonida o tallants (cunys o escarpes) quan la punta és plana i esmolada. Dins d'aquesta darrera possiblitat n'hi ha un (5137-4-1) de la primera meitat del s. IV que té secció ovalada i l'extrem distal aplanat, tallant. Podrien utilitzar-se en diferents activitats artesanes com el treball de la fusta i la pedra, amb paral·lels als poblats de Sant Julià de Ramis i al del Castell de la Fosca de Palamós (PERICOT et al. 1952, 97 i 115)

c) ***Armes***

Existeixen altres peces molt similars als punxons quant a la forma però amb una identitat diferent, són puntes còniques, d'una llargada entre 7 i 9 cm i un diàmetre que oscil·la entre 25 i 22 mm, massisses o buides. Dins del primer cas només coneixem un exemple, però en tot cas correspondrien als extrems de llances emprades en les activitats bèl·liques o de caça.

Apareixen en nivells superficials o en els arqueològics de la primera meitat del s. IV aC, encara que també coneixem un exemple del s. VI aC. Dins de la seva classificació tipològica de les peces de ferro més antigues trobades a l'Empordà (PONS 1984, 228-234) distingeix tres tipus d'armes fetes exclusivament de ferro i que a Catalunya apareixen cap el s. VI aC: puntes de fletxa, espases o punyals d'antenes i armes llencívoles o d'estoc. Els fragments de l'Illa correspondrien al grup d'utilització col·lectiva per combatre en massa, concretament a la tipologia de les puntes còniques d'agafador longitudinal que es completaven amb un mànec de fusta que no es conserva.

Les que presenten l'interior buit són les parts destinades a introduir la vara que completaria l'arma. En coneixem un exemple del s. VI aC, de 70 mm de llarg i 20/14 mm de diàmetre, i un altre del qual no podem precisar el context cronològic. En el cas del 7015-7-1 on també s'aprecia l'espai per l'agafador, la datació s'estableix entre els anys 380 i 325 aC.

En general les armes ofensives llencívoles de ferro i bronze estan presents a l'àrea ibèrica peninsular, catalana i llenguadociana des del s. VI fins al IV aC amb precedents en models de bronze i poca variabilitat tipològica d'un lloc a l'altre des del bronze final fins a època romana (recordem els conjunts de les necròpolis de Serra de Daró, Capsec, Peralada...). Consten de tres parts: distal o cos de l'arma de ferro, compost de fulla i agafador; central, que és l'asta de fusta o mànec longitudinal (desaparegut); i proximal, formada per la virolla de taló cònic i tubular de ferro. Només s'acostumen a conservar les puntes i virolles. El mètode de fabricació dels elements que requerien una part massissa i una altra buida ha estat descrit Pons (1984, 233-235) i Mohen (1990, 276-278): es forjaven a partir d'una punta aconseguida amb l'estirament d'una barra de ferro lateralment i longitudinalment. Allargant, enrotllant i soldant el taló es feia el mànec. La zona de tall es martellejava fortament, i després s'esmolava. Tots aquests procediments es feien a elevada temperatura.

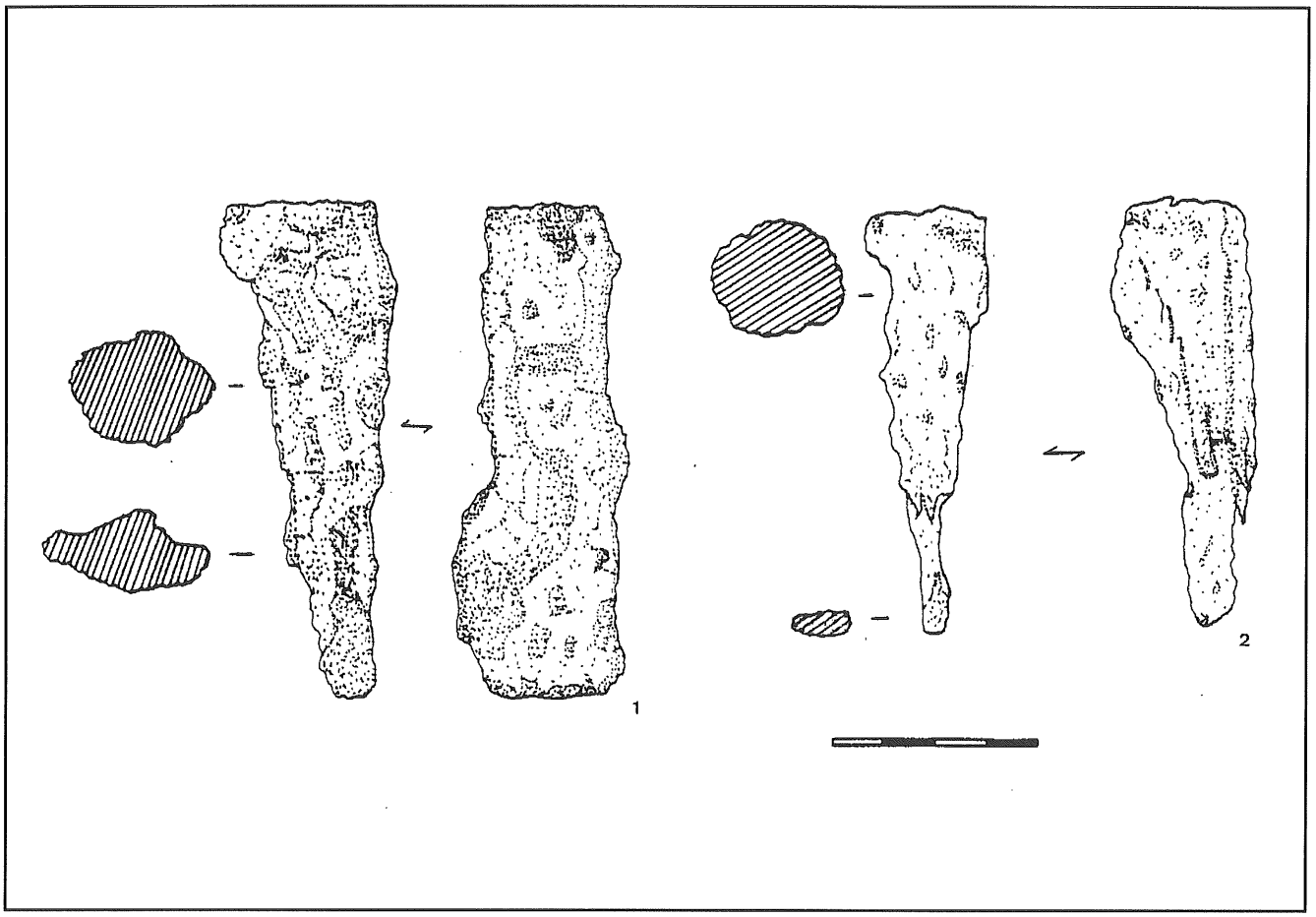

Figura 36. - Ferros: 1. eina (7015-7-1); 2. punta de llança (1021-5).

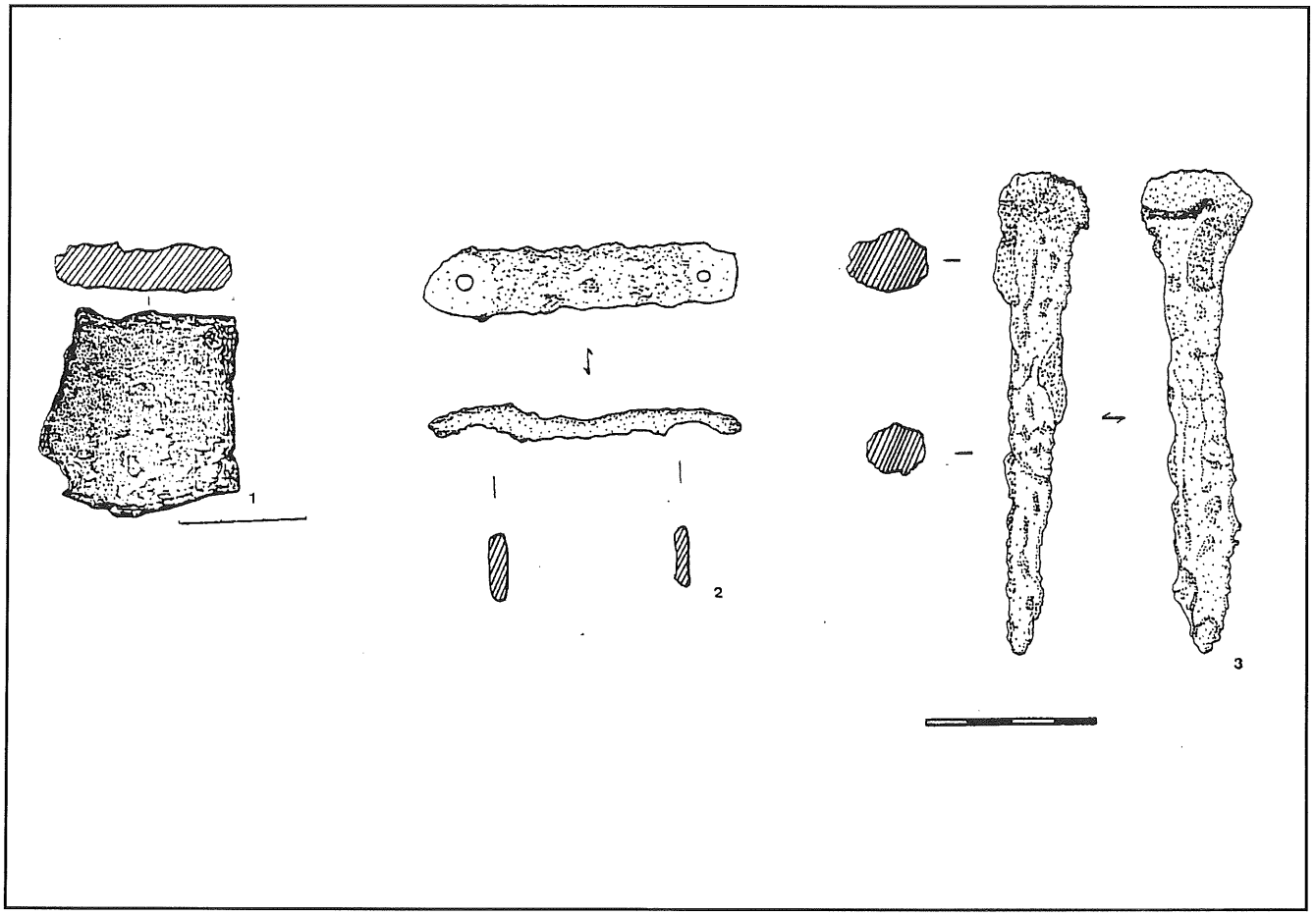

Figura 37. - Ferros: 1. eina (A1.III.18); 2. plaqueta (4061-3-1). 3. punxó (7089-3-1).

d) ***Altres***

S'ha constatat, també, l'existència d'un grup heterogeni de fragments de làmines que denominem fulles o plaquetes: les fulles són elements de secció molt prima (el gruix mínim pot ser de 2 mm), poden estar esmolades parcialment o totalment però el seu deficient estat de conservació impedeix concretar-ne la finalitat, per tant no podem determinar si podrien haver format part d'instruments tallants com ara ganivets, falçs i similars. A l'hora de la interpretació presenten la problemàtica afegida de localitzar-se en nivells superficials. Les plaquetes són una mica més gruixudes i no estan esmolades; tenen forma trapezoïdal, solen estar perforades i en certs casos reblades i no presenten cap tret unitari pel que fa les dimensions. Cronològicament se situen entre els anys 520-480 i 425-350 aC, així com al nivell superficial. Unes i altres formarien part d'objectes més complexos però que no hem arribat a identificar amb seguretat.

Conclusions

Les peces fèrriques de l'Illa d'en Reixac apareixen des del segon quart del s. VI aC fins els nivells superiors de la seqüència estratigràfica, encara que la majoria de les restes daten del s. IV aC, és a dir, aquest metall només hi està generalitzat a partir del període ibèric ple, i al mateix temps és escàs.

El caràcter d'aquestes manufactures és essencialment artesà; curiosament quasi no tenim representades eines agrícoles, activitat que suposem predominant en l'economia del poblat, sinó sobretot objectes utilitzats en el món quotidià i del treball (claus de diferents mides, cunys, punxons, potser també martells) junt amb algun element bèl·lic. Per tant, veiem que l'ús del ferro és molt diferent del corresponent al bronze i com en aquest moment deixa de ser només un element de prestigi, i en funció de la seva resistència i economia passar a formar part de les activitats habituals. Els avantatges del ferro consisteixen bàsicament en la combinació de qualitats com duresa amb la tenacitat, elasticitat i homogeneïtat, essencials en l'armament. Al mateix temps resulta més econòmic que el bronze, atesa l'abundància de la matèria primera.

Les anàlisis de les peces arqueològiques de ferro són difícils de realitzar a causa de l'habitual deficient estat de conservació que presenten; en el cas de Catalunya no disposem de cap resultat de la composició només els estudis sobre la seva elaboració publicats per E. Pons (1981-82, 1984, 1986-87). En el nostre cas, quan les excavacions de l'Illa aportin una seqüència de materials prou extensa per efectuar anàlisis amb resultats fiables, es podran efectuar per tal de contrastar les apreciacions que aquí apuntem a tall d'hipòtesi. Ara per ara entre les tècniques de realització hem pogut identificar les següents, incloses dins del procediment de la forja: martellejat, estirat, eixamplat, reblat i doblegat, mentre que com a subjecció s'emprava l'autosoldadura o el reblat.

Creiem, a més, que pel que fa les eines, és molt possible que es tracti de peces de ferro dolç o acerades heterogèniament mitjançant un carburat accidental, amb un baix contingut de carboni, igual que en certs paral·lels de la mateixa època esmentats per Pleiner (1980) i Mohen (1990, 178-179). Potser en el cas de les armes es podia aconsegir una aceració superficial involuntària de les zones de tall ja que requerien una cura més gran en l'acabat per millorar la resistència i es martellejaven repetidament per esmolar-les. Altres procediments tèrmics com el tremp, recuita o revingut si es poguessin documentar seria molt problable que el seu origen no fos conscient sinó accidental. Per aquests motius considerem tots els elements esmentats anteriorment s'haurien d'incloure en els dos primers estadis tècnics definits per Pleiner (1980), i considerar que l'abast de les activitats metal·lúrgiques del ferro a l'Illa seria força limitat tecnològicament.

4.3.2. Escòries i rebuigs

Les evidències de la manufactura del ferro al jaciment ens vénen donades per restes marginals d'aquesta activitat o escòries, que s'han estudiat per tal de caracteritzar els materials i intentar esbrinar el moment d'inici de les activitats de producció i manipulació. En general es varen formar a partir de 800°C, com a conseqüència de la fusió i reacció d'un fundent amb cendres de carbó, les impureses silícies i les aluminoses que queden després de la separació del ferro del mineral durant la reducció. Entre 1.180 i 1.200°C, depenent de diversos factors com el tipus de forn, les escòries es liqüen i en el cas d'estructures amb sortida o sagnat s'escolen cap a l'exterior, mentre que en el cas contrari queden a l'interior junt amb el masser (això explicaria la morfologia d'algunes trobades a l'Illa). Les denominades escòries de forja serien en canvi les provinents de l'esponja de ferro, una massa formada per elements fèrrics i inclusions no-metàl·liques. Per sobre de 910°C esdevé plàstica i mitjançant el martelleig és possible unir els diferents nòduls de ferro i eliminar els altres components inútils. Alguns són forjats junt amb el ferro metàl·lic, procediment que dóna lloc a la peculiar estructura estriada o fibrosa del ferro, raó de la seva solidesa i alhora elasticitat, és a dir, resistència.

Les unitats estratigràfiques que contenien materials en quantitat o context significatius es varen mostrejar per tal d'analitzar-les a càrrec del Dr. J. Solans del Departament de Cristal·lografia, Mineralogia i Dipòsits Minerals de la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona. A causa d'aquests requeriments quasi totes les mostres analitzades provenen de les excavacions dels anys 1989 i 1990 a diverses zones del jaciment i es daten entre final del s. VI o principi del V aC i la primera meitat del s. IV aC.

La primera classificació es va efectuar macroscòpicament i va procurar diferenciar grups característics en cada unitat a partir de criteris morfològics (forma, densitat, color, aspecte, textura...); per conèixer-ne mitjançant tècniques analítiques la composició i ratificar una hipotètica relació entre l'aspecte dels elements i llur natura. Aquesta fase de treball ens va permetre establir diverses agrupacions:

A. Escòries de color gris fosc (en alguns casos parcialment brillant) molt compactes i de densitat mitjana-alta amb òxids, porus molt petits i superfície llisa. La forma pot ser globular o plano-convexa i en

alguns casos es tracta d'escòries de forja, les quals sovint inclouen restes vegetals. També s'ha constatat la presència d'escòries ceràmiques barrejades entre les metàl·liques i fragments de terra cuita adherits a elles o les dues possibilitats alhora.

B. Escòries amb l'exterior gris fosc, superfície de regalims i òxids. L'interior és gris brillant, molt compacte (només presenta alguns porus de mida molt petita) i densitat mitjana o alta. En alguns casos la morfologia indica que són productes de forja.

C. Escòries de color negre mat, superfície llisa, compactes i densitat baixa. En un cas es presenten barrejades amb escòria ceràmica i esporàdicament tenen òxids, són poroses, i seva densitat és mitjana o baixa.

D. Escòries de color negre (de vegades també vermelloses), superfície llisa, vidriosa; són compactes i la densitat varia. Algunes presenten inclusions, i d'altres òxids. Per entendre la natura d'aquest grup són significatives les mostres de fragments de terra cuita parcialment escorificada, que evolucionen des de tons ataronjats intensos fins a vinosos i negrosos i cap a textures vitrificades.

E. Escòries de color entre negre i gris, mat, molt porosa (estructura de rusc com la pedra tosca) densitat mitjana-baixa i no gaire consistent. Alguna presenta òxids. No està clar si són escòries de ferro o ceràmiques. En aquest grup s'han reconegut també escòries molt poroses de color gris clar i densitat baixa que malgrat algunes peculiaritats semblen trobar aquí els exemples més afins.

F. Escòries poroses, grosses amb tons iridiscents que van de gris fosc a marró, groc i vinós; poden presentar alguns òxids. La densitat varia de mitjana a alta. En algun cas es veu que el nucli és negre o gris, fosc brillant i molt compacte, però a les vores es fa porosa, vidriosa i iridiscent.

G. Grup particular d'escòries de color negre / blavós, opaques, petites, sense òxids i una mica poroses. Dins de les cavitats s'aprecia un reflex vidriós.

En funció de criteris morfològics vàrem classificar els materials en les 7 categories bàsiques esmentades. La majoria correspon al grup A (el 50%); però el D, B, i E també estan representats amb el c. 18%, 10% i 10% respectivament, mentre la resta (C i F) són quantitativament minoritaris ja que només suposen aproximadament el 5% del total. Calia contrastar les primeres apreciacions amb els resultats analítics mitjançant microscopia òptica de preparacions en làmina fina, i mètodes espectroscòpics, per acabar de definir la natura de les diferents agrupacions, i un cop articulats amb el registre arqueològic del jaciment, comprendre la seva natura i funcionalitat passades.

Dins del grup A (materials que se situen cronològicament entre l'últim quart del s. VI i final del s. IV aC), els exàmens microscòpics i espectroscòpics han revelat la presència simultània d'òxids de ferro junt amb escòria ceràmica (el contingut de feldespats i quars és elevat). Paral·lelament apareix matèria vítria que en alguns casos es troba envoltada per cristalls de silicat de ferro (faialita); en altres, les zones d'escòria ceràmica queden unides per òxids de ferro que podrien interpretar-se com el producte de la degradació del metall, i de vegades s'aprecia una estructura dendrítica que correspon a wurtzita, és a dir a un mineral de base que també seria òxid de ferro. Els feldspats i la mullita són alguns dels elements que evidencien altes temperatures (entre 900 i 1.000°C).

En el grup B la difracció de raigs X i la microscòpia òptica també identifiquen fragments d'escòria de ferro barrejats amb restes de terra cuita i escòria ceràmica que es daten bàsicament entre el 380 i el 325 aC (amb alguns precedents esporàdics), mentre que les restes del grup C i del G aporten una informació similar des de l'últim quart del s. V aC i durant tot el s. IV aC. Les mostres del grup D són en alguns casos de final del s. V aC o també del s. IV aC, però consten igualment tant d'escòria ceràmica en diferents graus d'alteració com de fèrrica (òxids de ferro i una massa policristal·lina formada per ceràmica i vidre, predominant-hi elements com el quars i feldespats).

Interrelacionant i sintetitzant les dades exposades, podem dir a tall de conclusió que s'han diferenciat les següents categories materials bàsiques:

* Materials ceràmics alterats en més o menys intensitat que també podríem definir genèricament com a restes de terra cuita.
* Materials que pels seus components permeten ésser identificats com escòria de ferro i més concretament atribuïbles a activitats de reducció i forja.
* Materials mixtos que inclouen tant restes d'escòries metàl·liques com material ceràmic en diferents graus d'alteració. Així al microscopi apareixen òxids de ferro i una massa policristal·lina formada per ceràmica i vidre, predominant-hi elements com el quars i el feldspat.

A la primera agrupació correspondrien materials procedents d'unitats estratigràfiques que en alguns casos es daten del 520 al 480 aC i durant la primera meitat del s. IV aC. Corresponen a diverses zones del jaciment, o bé són restes procedents del nivell superficial. Morfològicament és un grup de material heterogeni on sovint s'aprecia clarament que es tracta de fragments de terra cuita, alterats en diversos graus per efecte d'altes temperatures i que com a característiques presenten aspecte semiporós, mitjana o baixa densitat i diversos colors des de tons ataronjats intensos fins a vinosos i negrosos, que paral·lelament evolucionen cap a textures vitrificades. L'últim estadi de la terra cuita, un cop fosa per l'escalfor (també es pot denominar escòria ceràmica), correspon així a materials més compactes, de color gris-negrós brillant,

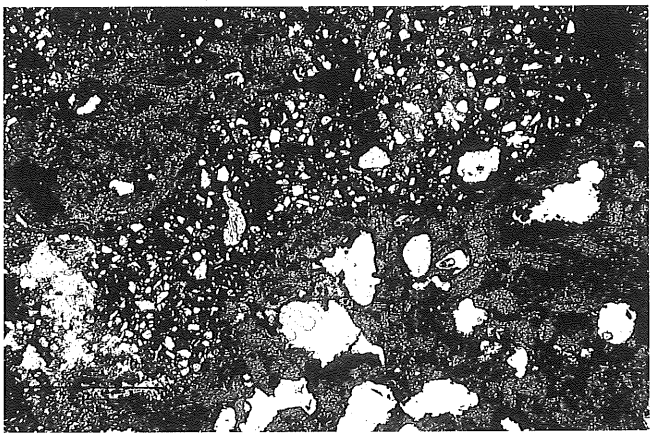

Figura 38. - Imatge metal·logràfica d'una escòria de reducció de ferro adherida a terra cuita.

o mat amb algun òxid, poc porosos i densitat mitjana-alta.

A la segona corresponen materials de nivells arqueològics que van del 425 al 325 aC amb una primera manifestació entre l'últim quart del s. VI i el primer del s. V aC. Aquestes escòries de ferro corresponen morfològicament als fragments de densitat mitjana-alta, de color gris fosc (sovint brillant) o negre mat i estructura compacta, algunes amb superfície de regalims, i poden estar o no oxidades superficialment. La porositat és variable i en alguns casos hi ha zones iridiscents a la part més porosa i menys densa.

Corresponen a la fase de transformació del mineral de ferro en metall, en altres casos a la posterior forja o sintetització tal com ho indica la morfologia. És a dir, alguns són exemplars intermedis entre la producció i l'estadi de forja pròpiament dit, tractant-se de la primera fase de manipulació del masser per convertir-lo en ferro metàl·lic manufacturat.

Els de la tercera tenen una cronologia bàsica entre el 400 i el 325 aC, però es manifesten amb anterioritat des del final del s. VI aC o principi del V aC i perduren fins als darrers estadis documentats al jaciment. És un material compost pels dos grups anteriors, que combina els fragments d'escòria ceràmica amb els de la fèrrica. Per tant el seu aspecte es pot presentar sota una gran varietat morfològica pel que fa al color, porositat, textura, densitat, etc.

Així podem afirmar que al jaciment es documenten com a mínim activitats de reducció de mineral de ferro entre els anys 520-480 aC i perduren en els nivells del segle III aC. Aquestes restes coexisteixen i fins i tot es troben associades a materials ceràmics alterats per l'efecte d'altes temperatures, que podem denominar terra cuita perquè són masses informes, que examinades al microscopi revelen una composició formada fonamentalment per materia vítria i ceràmica on s'aprecien majoritàriament grans de quars i feldspats; fonamentalment apareixen en els nivells superficials i en els arqueològics del 400 al 325 aC.

S'ha de fer notar que algunes unitats presenten els tres tipus de materials. D'una banda, en el cas de les escòries de ferro podem dir que es tracta d'elements residuals derivats de la producció que contenen petits nòduls metàl·lics junt amb impureses produïdes durant la reducció del mineral. D'una altra, observem la presència de materials ceràmics o terra cuita alterada en diversos graus fins a arribar a l'estat de vitrificació. La combinació d'aquesta matèria amb algunes escòries de ferro formant unitats en certs casos, indicaria el seu origen comú, que podríem interpretar com el resultat de la manufactura metal·lúrgica. Es tractava de rebuigs corresponents a les parets de les estructures de combustió provocades quan una part de les escòries fèrriques en estat líquid entraven en contacte amb el revestiment interior dels forns fets amb argila, i un cop solidificades hi quedaven adherides; en destruir-se aquestes estructures de natura perible, les deixalles poden presentar-se en forma aïllada o combinada.

Conclusions

El nostre estudi ha intentat identificar les varietats d'aquest material i relacionar-los amb el seu paper dins del procés tècnic per tal de definir l'estadi del desenvolupament de la siderúrgia a l'Illa d'en Reixac. Els resultats analítics, combinats amb la classificació morfològica del material permeten afirmar que al poblat existí una producció de ferro de la qual no coneixem l'àmbit, però que ens ha deixat restes de rebuig corresponents a fragments d'escòries i a les estructures de reducció de final del s. VI i principi del s. V fins al s. IV aC, i de la posterior forja que tant tindria l'objectiu de produir objectes metàl·lics fèrrics, com de reparar-los.

Hem de posar de relleu que no es tracta de les restes més antigues identificades a l'Empordà ja que se'n coneixen altres del s. VII (Pons 1984, 220) però no s'han analitzat i no es pot assegurar que corresponguin pròpiament a la producció del ferro o a activitats complementàries com la forja o que es tracti de fragments de ferro molt oxidat, cosa probable ja que formaven part d'aixovars funeraris.

Pel que fa a les estructures de producció de ferro, malauradament les dades existents a la nostra disposició són insuficients per a reconstruir-les, encara que en funció de les documentades en altres contextos antics, podem conjecturar que serien essencialment fosses excavades a terra, recobertes interiorment per un arrebossat d'argila i matèria orgànica; possiblement es complementarien amb una superestructura a manera de xemeneia, i no pensem que disposessin de sagnat d'escòries, perquè aquestes en cap cas presenten l'estructura característica.

En referència als minerals necessaris per produir el ferro ja hem vist com els òxids i hidròxids necessaris per a una metal·lúrgia primitiva estan presents al territori, però no cal oblidar que tant el procediment de reducció com el de forja requereixen també combustible per portar-se a terme. En aquest sentit l'anàlisi feta per M. T. Ros dels escassos carbons continguts en les escòries de ferro ha obtingut un resultat positiu en el cas d'un fragment de fusta carbonitzada que a partir de l'examen anatòmic s'identificà com *Phillyrea sp.*, de la família de les oleàcies. A Catalunya existeixen dues espècies del gènere: *Phillyrea media* (aladern fals) i *Phillyrea angustifolia* (aladern de fulla estreta), que tenen aspecte arbustiu i són plantes mediterrànies, característiques d'alzinars, garrigues i màquies. Dins el marc de la recerca antracològica no està resolt el problema de la diferenciació entre les dues espècies, molt pròximes anatòmicament.

El carbó vegetal possibilitava la reducció del mineral gràcies a la seva aportació de carboni i ja a l'antiguitat es preferien algunes espècies com a combustible més adient per a cada funció; així Plini (Nat. H. XVI, 8) cita la fusta d'alzina com la millor energia per a les forges. La zona mediterrània de Catalunya disposava abundantment d'aquest recurs, necessari en grans quantitats (la proporció de fusta i mineral per a la reducció s'ha pogut establir en una relació de 3/1 mitjançant l'arqueologia experimental i l'etnografia comparada). Tot i això la presència del combustible aplicat a la producció metal·lúrgica fèrrica només queda constatada al jaciment de Torre dels Encantats on segons Serra Ràfols (1968, 16) els fragments de carbó d'alzina i una mica de feixina de pi eren nombrosos. En el cas de l'Illa la presència d'espècies

arbustives pot indicar una aplicació lligada al procediment de la forja, en requerir un rendiment tèrmic més baix que la reducció, per a la qual s'utilitzaria combustible amb més poder calorífic, imprescindible per a transformar el mineral en metall, però caldrà afirmar o descartar aquesta hipòtesi quan disposem de més dades.

D'altra banda, la distribució espacial de les restes indica una presència homogènia encara que esporàdica en tots els àmbits del jaciment des dels nivells superficials fins als datables al final del s. V aC, essent lleugerament majoritàries les que abasten el període situat entre els anys 400 i 350 aC. De tota manera algunes unitats de la zona 7 són especialment significatives en ésser més riques en material ja que no tan sols el contenien en quantitat excepcional sinó que a més es presentava concentrat en taques, i en alguns casos barrejat amb terra cuita i escòria ceràmica. Tot això ens fa pensar que puguin ser restes d'un abocament de residus d'estructures siderúrgiques i eliminar la possibilitat que es tractés d'una àrea artesana, ja que en tots els casos es tracta de materials aportats amb terres de reompliment que no es poden associar a cap moment puntual d'ocupació ni es troben en connexió amb cap altre element metal·lúrgic.

4.3.3. Caracterització de la metal·lúrgia fèrrica a l'Illa d'en Reixac

La presència d'objectes fèrrics (claus, eines, armes) a l'Illa està constatada precoçment des de mitjan s. VI aC, mentre que la prova d'una activitat metal·lúrgica relacionada amb aquest metall ens ve donada bàsicament per les escòries de reducció i de forja que són un xic més tardanes (des de final del mateix segle o inici del V aC).

L'experimentació d'una classificació morfològica dels rebuigs en relació amb la seva natura, ha evidenciat que certs compostos com els silicats demostren indubtablement que algunes corresponen a la reducció, mentre que en el cas de la forja es caracteritzarien bàsicament per òxids i matèria vítria.

Tal com s'exposa més àmpliament en un altre apartat dedicat específicament als recursos metal·lífers del territori circumdant, en el punt actual de la investigació no podem determinar quin era el mineral a partir del qual s'obtenia el ferro, ja que caldria una prospecció exhaustiva del territori, mostratge i caracterització dels meners per tal de procedir a un estudi comparatiu amb els materials del jaciment, el qual podria no oferir resultats positius si com en molts altres casos els metal·lurgistes antics haguessin explotat petits filons superficials fins a exhaurir-los, o els haguessin barrejat, fets més que probables. De tota manera, és possible aproximar-nos globalment al potencial metal·logènic de la zona i afirmar fonamentalment a partir de l'obra de Carandell (1942) i de la darrera revisió de l'inventari mineralògic català (MATA, 1990), que la comarca del Baix Empordà disposa de minerals fèrrics sota forma de diversos compostos.

Hem pogut constatar que les mineralitzacions són abundants i que pràcticament es troben concentrades a l'àrea del Massís de Begur i de les Gavarres. Geològicament presenten un doble origen: d'una banda els jaciments filoniars de les Gavarres i proximitats (Begur, la Bisbal, Calonge de les Gavarres, Camós de les Gavarres, Esclanyà, Fitor, Llofriu, Mont-ras, Palamós, St. Climent de Peralta, St. Joan de Palamós, Sta. Pellaia, Torrent d'Empordà i Vall-llòbrega); es tracta de sulfurs com la pirita, d'òxids com l'hematites i d'hidròxids com la goethita, associats a altres mineralitzacions i quars, tots ells encaixonats als granits i granodiorites o als esquists cambro-ordovicians en contacte amb els anteriors. D'altra banda, dins del terme municipal de Begur i als propers de Pals i Palafrugell hi ha altres manifestacions mineralògiques estratiformes, relacionades amb l'ordovicià i novament encaixades als esquists en contacte amb granodiorites. Es tracta bàsicament d'òxids i hidròxids ferruginosos (magnetita, hematites i goethita) així com sulfurs (pirita).

En relació a la important acumulació de la zona de Begur cal recordar que la Grupera, Caprubí, Puig d'en Baga i Rec de la Riera, són alguns dels pocs punts on es localitza ferro magnètic o magnetita així com a Palafrugell (Puig del Molí de Vent). D'altra banda a Pals es varen explotar durant un llarg període els meners d'hematites parda (limonita Fe_4O_3 (OH)) i vermella (oligist Fe_2O_3) del Bosc de Puig Roig, associats a ganga calissa i granits, en afloraments de baixa llei (35%) (GIL 1888, 61-67), tret que justificaria que en un moment antic encara s'haguessin beneficiat acumulacions més pobres.

En funció de totes aquestes dades veiem que tot i que no es localitzen excepcionals recursos ferruginosos en el territori immediat al jaciment i que els possibles petits afloraments de les rodalies, atesa la seva limitació no queden registrats als mapes metal-logenètics ni inventaris mineralògics, tanmateix sí que existeixen en un radi de pocs quilòmetres de manera concentrada, i en una àrea fàcilment accessible per als habitants de l'Illa una multitud de petits filons sota diversos compostos (goethita, hematites, magnetita i pirita). Si tenim en compte la quantitat en què es presenten i la major facilitat que suposa la seva reducció, el més probable és que la tecnologia primitiva del ferro s'iniciés amb l'explotació dels òxids i hidròxids com l'hematites i goethita, i es deixés per un moment posterior menes excepcionals, molt localitzades i més difícils tècnicament com la magnetita i els sulfurs, que requerien un estadi tècnic desenvolupat. És possible així mateix que les menes de ferro fossin conegudes amb anterioritat a la documentació de la producció siderúrgica, gràcies a la seva utilització com a pigments, o bé si tenim en compte que molt freqüentment es troben associades a altres minerals, especialment a la galena i als minerals de coure, que varen experimentar una explotació anterior.

Un altre aspecte, que malauradament no podem precisar encara, és el de l'ús de fundents; pensem que o bé s'emprava sorra o si no la mateixa ganga quarsosa que es presenta junt amb les mineralitzacions actuaria com a agent natural per a provocar l'escorificació i la separació de les impureses del ferro.

Si contrastem el moment d'aparició de les escòries amb el dels objectes, veiem que aquests darrers les precedeixen lleugerament ja que trobem la primera peça (potser una eina) en el segon quart del s. VI aC,

i perduren al llarg de la seqüència arqueològica, augmentant durant s. IV aC. Tots els indicis assenyalen que només en aquest moment podem considerar que el nou metall es troba plenament generalitzat en la vida dels habitants del jaciment ja sigui en forma d'elements quotidians com els claus o les eines de treball o en els instruments de la defensa del grup, dels quals poc es pot dir ja que s'han conservat molt deficientment, però podrien haver-se realitzat *in situ* segons indiquen les escòries (recordem, de tota manera, que es tracta de dades matisables a l'espera que es coneguin millor els nivells més antics de l'establiment). D'altra banda aquest fenomen d'imposició del ferro no suposa un desplaçament total del bronze, ja que aquest es continuarà emprant amb altres finalitats que valoren els seus aspectes estètics i pràctics, sinó que podem pensar que es tracta d'un desenvolupament paral·lel de dos materials complementaris.

5. Recursos metal·lífers

5.1. *Aspectes metodològics*

Amb la finalitat de valorar exactament les possibilitats d'una explotació protohistòrica dels recursos metal·logenètics de l'àmbit empordanès, i més concretament a quins podien haver accedit els pobladors de l'Illa d'en Reixac hem utilitzat diverses fonts proveïdores de dades: la bibliografia especialitzada i els mapes geològics, especialment els metal·logenètics d'Espanya (IGME 1972). El principal inconvenient dels darrers, però, radica en l'escala a la qual es representen ja que no hi apareixen petites acumulacions que serien sens dubte les més explotades antigament, i només inclouen les importants des del punt de la mentalitat actual (grans quantitats de mineral en previsió d'explotació industrial rendible, és a dir, punts de riquesa excepcional); per tant no concorden exactament amb els nostres objectius, però són útils en alguns aspectes. A causa d'aquest inconvenient que limita en gran manera els nostres coneixements, hem consultat els inventaris geològics dels primers mineralogistes, i dades referides a les explotacions en vigència a les comarques empordaneses durant els segles XVIII i XIX. En aquell moment el volum de producció no havia de respondre a les exigències actuals, i estava, per tant, més a prop de la mentalitat antiga; però el fet de pararhi atenció no ve donat per un interès directe envers aquestes explotacions sinó perquè indirectament ens localitzen els metal·lotectes de la zona, els quals hores d'ara poden estar exhaurits, abandonats o no tinguts en compte atès el seu baix rendiment i, per tant, no recollits a la documentació més recent.

5.2. *Metal·logènesi de l'Empordà*

Els autors greco-llatins (Estrabó, Plini, Justí, Marcial, Sili, Polibi, Estesicor, Mela...) que escrivien sobre la geografia o història d'altres pobles, es feren ressò de les riqueses minerals de territoris com la Península Ibèrica i dels sistemes de prospecció utilitzats per localitzar-les (SCHULTEN 1963; RAURET 1976, 47-54; RAMÍN 1977, 199-207). Aquestes referències literàries, però, no donaven importància a la zona catalana, encara que coneixem al·lusions a les reserves de metalls preciosos del Pirineu per part d'Estrabó, Titus Livi, Plini, Timeu, Pseudo Aristòtil i Diodor (RUIZ DE ARBULO 1984, 124; RAURET 1976, 49), que de manera metafòrica s'arribaven a descriure com a "rius d'argent" i haurien atret altres pobles de la Mediterrània, però de les quals només queda un minso record a la toponímia i escasses dades històriques (GIL 1888, 12).

Les mineralitzacions del Baix Empordà corresponen al període paleozoic, concretament al cambrià-ordovicià (jaciments estratifomes lligats a nivells carbonatats de plom, coure i arsènic) i al silúric-devònic (formacions ferruginoses com magnetita, pirrotina i pirites situades en les pissarres negres i calisses d'origen essencialment volcànico-sedimentari. Es tracta de mineralitzacions de baixa llei però de gran volum. D'altra banda, les del carbonífer no són gaire significatives, a excepció dels materials granítics que contenen rics filons de plom (VILADEVALL 1979, 113-115).

En general, la varietat de minerals documentats a la província de Girona és considerable (DIR. GRAL. MINAS Y COMBUSTIBLES 1946, 104-105). Les primeres obres recopilatòries de les localitzacions, concessions mineres i punts de transformació d'aquestes matèries primeres foren efectuades per alguns investigadors del segle passat com Vidal (1882; 1886) i Gil (1888). Des de la vessant històrico-arqueològica la major aportació feta fins ara és el treball de Ruiz de Arbulo (1984, 125) que distingeix 6 àrees mineres: vall de l'Alt Ter i vall del Freser, vall de la Muga, Costa del Pirineu (Colera), Gavarres-massís de Begur, vall del Mig Ter (Osor-Anglès) i el massís de Creus. Entre totes elles cal remarcar el nostre interès respecte a les concentracions de Cu, Ag/Pb i Fe als massissos de les Gavarres i Begur com a possibles recursos beneficiats en el passat. Cal ressenyar-hi l'abundància de mineralitzacions de plom i ferro, mentre el coure i l'argent serien recursos secundaris. En un àmbit més allunyat d'Ullastret, però encara relativament proper, cal tenir en compte l'existència de fonts de proveïment de plom / plata a la vall del Ter, de ferro al cap de Creus i de tots tres minerals a l'Alta Muga. A totes aquestes àrees, així com la més interior del Fresser era possible accedir per diverses vies. A partir de totes les dades esmentades i obres especialitzades (CARANDELL 1942; MATA 1990) hem elaborat un mapa de distribució geogràfica dels recursos metal·lífers empordanesos (fig. 39). Com a resum podem dir que els corresponents a la zona de la Depressió de l'Empordà són els següents:

— *Jaciments filoniars de les Gavarres i àrees pròximes*: malgrat la unitat, es distingeixen difents àrees de mineralització; dins de la nostra àrea d'estudi destaquen les de Mont-ras i Llofriu (afecten els termes de Begur, la Bisbal, Calonge de les Gavarres, Camós de les Gavarres, Esclanyà, Fitor, Llofriu, Mont-ras, Palamós, Sant Climent de Peralta, Sant Joan de Palamós, Santa Pelaia, Torrent d'Empordà i Vall-llòbrega, i d'entre tots destaquen les mineralitzacions de Mont-ras i Llofriu). Es tracta de quars i minerals (calcopirita, pirita, galena, goethita, hematites, atzurita i malaquita) encaixats als granits i granodiorites o als esquists cambro-ordovicians, en contacte amb els anteriors, en direcció general NW-SE. La pirita i la limonita (goethita) són els minerals més freqüentment associats al quars, i prop de Mont-ras i Llofriu

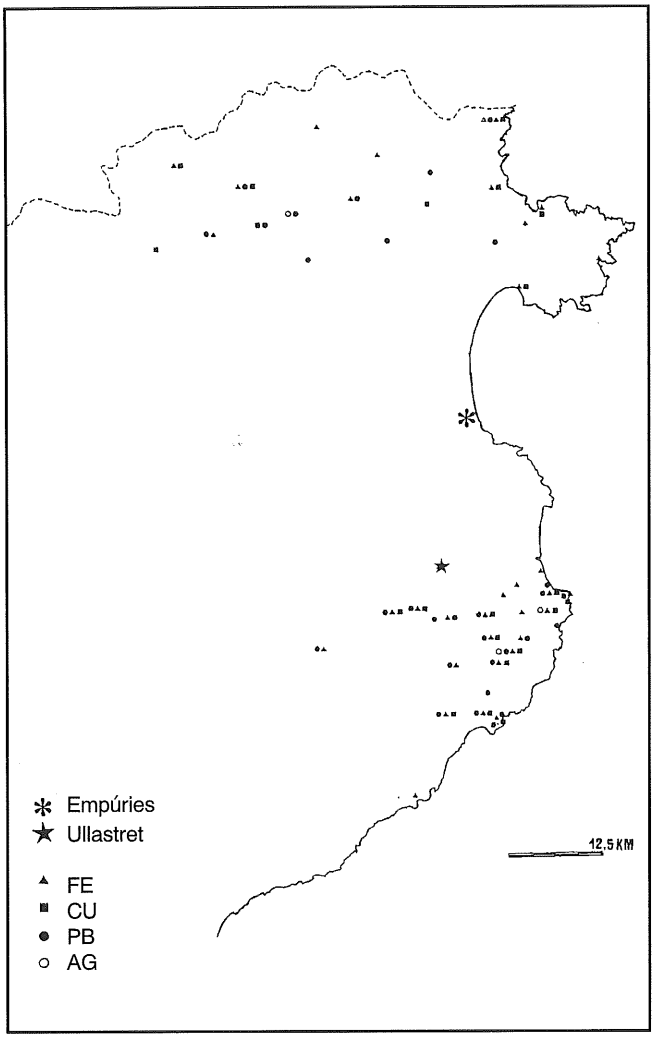

Figura 39. - Mapa de distribució dels recursos metal·lífers empordanesos.

s'enriqueixen amb altres com la galena. La potència dels filons és molt variable i quasi sempre són verticals.

— *Jaciments de ferro de Begur*: mineralitzacions estratiformes relacionades amb l'ordovicià encaixades en esquists en contacte amb granodiorites. Es concentren a Begur, Masos de Pals i Palafrugell. A més dels minerals ferruginosos (goethita, magnetita, calcopirita i hematites) s'identifica pirita i malaquita.

* Coure

El coure i el plom són els metalls més abundosos a les muntanyes de l'Alt Empordà: es localitzen carbonats, sulfurs i altres formacions cupríferes junt amb ganga quarsosa als termes de Massanet de Cabrenys, Albanyà, Garriguella, Boadella, Port de la Selva, Llansà, Roses i Portbou (un dels punts amb més acumulacions metal·líferes, intents d'explotació i explotacions mineres), mentre que al Baix Empordà, els recursos de calcopirita es troben a Begur, Mont-ras, Palafrugell, Sant Climent de Peralta i Vall-llòbrega; els d'atzurita a Mont-ras i la malaquita a Begur, Mont-ras i Palafrugell (Gil 1888, 31-40, 61-67; Mata 1990, 93-100).

* Ferro

En un recull de les mines empordaneses Gil (1888, 21-33) evidencia la importància de la riquesa de mineral de ferro en aquestes comarques. Recorda dates, registres de concessions i les ubicacions d'establiments dedicats a l'explotació, manipulació i manufactura del metall d'època recent, per exemple les mines del s. xix, o fins i tot les forges de mitjan segle xvii a Sant Llorenç de Muga que rebien matèries primeres de les muntanyes de Rocacorba i Mondevà. En aquella àrea, i especialment a Massanet de Cabrenys els filons de pirita apareixen prop de la superfície i són molt abundants. A Darnius s'explotaven sulfurs, òxids i carbonats el segle xix; també es coneix l'existència de pirites a la Jonquera i Portbou, d'òxids, peròxids i pirites de ferro a Port de la Selva, d'òxids i hidròxids a Espolla i Cadaqués, i d'òxids a Roses, mentre que a Selva de Mar, Masarac, Llansà i Biure s'explotaven diversos compostos.

Al Baix Empordà, la revisió més recent de Mata (1990, 93-100) inventaria acumulacions de sulfurs a Begur, Bisbal d'Empordà, Calonge de les Gavarres, Celrà, Mont-ras, Fitor, Palamós, Sant Climent de Peralta, Torrent d'Empordà i Vall-llòbrega; hidròxids a Begur, la Bisbal d'Empordà, Calonge de les Gavarres, Celrà, Fitor, Masos de Pals, Mont-ras, Palafrugell, Palamós, Pals, Regencós, Sant Climent de Peralta, Torrent d'Empordà i Vall-llòbrega; òxids a Begur, Celrà, Fitor, Masos de Pals, Mont-ras, Pals, Regencós i Torrent d'Empordà, Begur i Palafrugell. Entre tots ells cal esmentar els meners de Begur (entre Sa Riera i Sa Tuna) i Palafrugell (Puig del Molí de Vent), un dels escassos punts on es localitza magnetita; existien altres filons de ferro potents a Grupera, Caprubí, Puig d'en Baga, Rech de la Riera, Mont-ras així com a Pals on l'explotació d'hematites vermell i limonita es prosseguí al llarg de diverses èpoques. En aquest darrer municipi (concretament a l'indret anomenat bosc de Puig Roig) els minerals predominants eren l'hematites parda i vermella, associats a ganga calissa i granit; afloren en nombrosos punts del terreny, però la riquesa (35%) no és excepcional (Gil 1888, 61-63; Calderón 1910, 313 i 346; Carandell 1942, 497).

* Plom

S'han documentat vetes de galena d'alta llei (78%) a Darnius (Solà de Clueta) i de la varietat argentífera al Coll de l'Hospitat, Clot de Mané, Boadella, Llers, Masarac, Portbou i Biure, tots ells punts de l'Alt Empordà. Tanmateix el sulfur de plom s'aprofitava mitjançant treballs miners a les localitats de Palausaverdera, Vilamaniscle, Fonteta i Peralada. Al Baix Empordà, existien mines de plom a Begur (Cap de Sal o Puig d'Aiguafreda), carbonats i sulfurs de plom a "la Grupera" i acumulacions de galena argentífera al mateix Begur, concretament a Fornells, l'explotació de la qual es creu que s'efectuava des d'època romana. També coneixem recursos de sulfurs i carbonats de plom agrupats a l'entorn de Palafrugell, la Bisbal, Mont-ras (on la producció de les mines fou especialment intensa al s. xix), Palamós, Vall-llòbrega, Torrent, Regencós i Sant Climent de Peralta (Gil 1888, 39-60, 71-72, 63 i 65; Mata 1990, 93-100).

* **Metalls preciosos: argent i or**

En utilitzar aquesta denominació genèrica de metalls preciosos, ens referim als coneguts a l'antiguitat: l'or i l'argent. Aquest darrer es presenta en la pràctica totalitat sota la forma de galena a Sant Llorenç de Muga, Darnius, Boadella, Llers, Masarach, Portbou i Biure a l'Alt Empordà, mentre que al Baix Empordà els recursos semblen concentrar-se entre els límits geogràfics de Begur, especialment a Fornells, on es varen portar a terme importants treballs d'extracció. Pel que fa a l'or, les menes principals es localitzen a la muntanya de Mondevà (Sant Llorenç de la Muga) i Portbou (Pineda, Coma de Serra, Coll de Bessó, Clot de la Multra, Coma Morisca i Solana de Serment), barrejades amb ganga quarsosa i altres minerals com l'or nadiu (Gil 1888, 29, 39-60 i 63).

Carandell (1942, 497) també esmenta algunes mineralitzacions existents al Baix Empordà, en especial a la zona de les Gavarres, concretament els sulfurs de plom (galena) que afloren en la superfície de les zones de contacte entre les pissarres i els granits. Els termes municipals als quals pertanyen són els de Mont-ras (la riquesa oscil·la entre el 70 i 83%), Palamós, Palafrugell (Llofriu) i Vall-llòbrega. En alguns punts com a Mont-ras a més a més s'hi troben associats carbonats de plom (cerusita). De llur explotació se'n fa ressò Vidal (1886) remarcant la importància de les zones de la conca del Muga i Palafrugell.

5.3. *Recursos metal·lífers de l'Illa d'en Reixac*

A l'Illa han aparegut materials de rebuig procedents de les activitats de fosa tant del bronze, ferro com del plom. En el primer cas ha estat possible identificar restes de minerals (aliatges de coure) en diverses fases d'alteració, és a dir parcialment reduïts, i esporàdicament barrejats amb carbó o presents entre matèria escoriàcia. L'aspecte exterior és en molts casos pràcticament indiferenciable i cal recórrer a les anàlisis per tal de reconèixer-les. En el nostre cas s'han obtingut resultats per espectroscòpia d'emissió mitjançant fluorescència de raigs X. Les mostres queden distribuïdes homogèniament en diverses zones (4,5,7). Cronològicament podem dir que presenten una gran unitat ja que pràcticament totes queden emmarcades entre els anys 425 i 350 aC; aquest fet només es veu alterat en un cas (4051) que correspon al període 525-450 aC. Considerem important remarcar que la desproporció entre els resultats d'una data i altra es troba condicionada per l'estat de la investigació, ja que s'han excavat més extensament els nivells del s. IV aC i s'ha intervingut menys en els més antics, dels quals en conseqüència tenim poques dades.

Les unitats estratigràfiques a les quals pertanyen han aportat significativament altres restes relacionades amb la manufactura dels metalls com ara escòria, nòduls de fosa, rebuigs metàl·lics i fins i tot fragments d'atuells on es reduïa el mineral per convertir-lo en metall. Podem dir, doncs, que la producció de metall està clarament documentada mitjançant el registre arqueològic, fonamentalment des de l'últim quart del s. V i final del IV aC; les primeres restes de mineral parcialment reduït apareixen en un nivell datat entre el 525 i el 450 aC i el mineral barrejat amb escòria, en un altre del primer quart del s. V aC. Totes elles s'incrementaran progressivament des del 425 aC i experimentaran el major nombre en el primer quart del segle següent.

Pel que fa als components de les restes de mineral parcialment reduït, malgrat que llur percentatge és molt variable s'identifiquen com a elements majoritaris el coure i l'estany, indiferentment; és a dir, un d'ells predomina sempre en el contingut, seguit de l'altre (només hi ha una excepció en una mostra que quasi no conté estany), de manera que la mitjana aritmètica de la seva presència és: Cu=52.69% (valor màxim=87.35% i valor mínim=13.99%); Sn=41.70% (valor màxim=77.62% valor mínim=0.725%); i de manera associada representen el 94.39% del volum total.

Com a element secundari s'identifica en totes les mostres el ferro (percentatges variables entre un valor mínim 1.52% i valor màxim 10.12%; 4.11% com a mitjana). El níquel només apareix esporàdicament a nivell de traces, essent el seu valor mínim de 0.1% i el màxim d'1%, i la mitjana de 0.44%. El zinc i l'arsènic no es detecten en cap de les mostres; l'argent rarament (0.015%), com l'antimoni (0.155%) i el plom es presenta valors entre 3.83% i 0.07%, essent la mitjana de 0.875%.

Així, una mostra tipus corresponent a mineral parcialment alterat presentaria una composició mitjana de Cu=52.69%; Sn=41.70%; Fe=4.11%; Ni=0.44%; Pb=0.87%; Sb=0.15% i Ag=0.015%. En estat original també contindria petites quantitats d'arsènic. Si comparem la composició de les restes més modernes amb la de les més antigues no detectem diferències significatives i només cal destacar la irregularitat de les proporcions que presenta el conjunt, malgrat que se segueixen unes línies bàsiques a l'hora de combinar els aliatges.

En el cas de les dues mostres de mineral sense reduir, observem per una banda que contenen majoritàriament coure i estany en unes proporcions molt similars a les del mineral alterat; paral·lelament s'observen diferències en el contingut dels elements minoritaris tals com ferro i plom; a més a més, en un d'ells apareix arsènic (0.27%), mentre que un cop alterat no es detecta mai; això seria una conseqüència lògica ja que es un element fàcilment volàtil, però encara que no es detecti en els productes de les fases posteriors s'ha de tenir en compte que pot formar part de la composició originària del mineral. S'observa també una important diferència entre la proporció de ferro, que disminueix durant el procés de transformació, així com la de coure, però el níquel es manté. D'altra banda tampoc tenim constatada la presència de zinc, argent o antimoni tal com succeeix a les mostres de mineral alterat, és a dir, no estarien inclosos en la matèria primera.

L'anàlisi de restes de mineral amb escòria revela els següents resultats: Cu (45.78%), Sn (34.39%), Fe (15.053%), Pb (4.537%), Sb (0.277%) i Ag (0.01%). Només cal destacar l'alta proporció del ferro, element que durant la reducció passa parcialment del mineral a l'escòria, tal com es demostra aquí.

En funció de les dades anteriors podem fer una aproximació a la caracterització dels minerals utilitzats pels bronzistes de l'Illa. Tots els indicis indiquen com elements majoritaris el coure i l'estany amb proporcions secundàries de ferro i plom que porten a considerar com el més probable que s'emprès o un mineral polimetàl·lic o una barreja de minerals de coure i estany (possiblement aquest darrer incorporaria el plom) amb les impureses anomenades; en un cas s'ha pogut determinar que la mena de base era malaquita, dada a considerar amb reserves perquè procedeix del nivell superficial.

Els processos tècnics alterarien aquesta composició originària (que tot i que seguiria unes proporcions més o menys constants no seria sempre estrictament la mateixa) provocant la volatilització d'alguns d'ells com l'arsènic i l'escorificació d'altres com el ferro i el plom, ja que no s'aconseguien les condicions òptimes de reducció. Després els nòduls metàl·lics obtinguts, s'havien de refondre, i aquest procediment ocasionava un altre refinat de l'aliatge que perdia novament part dels seus components. Aquesta podria ser la causa que el percentatge d'estany sigui tan alt en relació als productes finals i suposa un increment del cost ja que una part es perd sense cap resultat positiu, per tant podem concloure que no es tracta d'una tecnologia massa desenvolupada i que les seves carències tècniques es tradueixen en un encariment del producte final.

En el cas del Puig de Sant Andreu (Ullastret) Gracia (1981-1982, 303-314) creu que l'alta proporció de ferro apareguda a les escòries de bronze indicaria una relació amb sulfurs de coure com la calcossina (Cu2 S) i calcopirita (Cu^2S-FeS^3) o menes estanníferes com l'estannita (Cu^2FeSnS^4) i la cassiterita (SnO2). Aquesta associació és certa teòricament, però hem de recordar que com a recursos cuprífers a l'àrea només comptem amb la calcopirita (a Begur, Calonge, Sant Joan de Palamós i Vall-llobrega). D'altra banda, el coure en forma de malaquita es coneix a Begur, Calonge, Palafrugell, Mont-ras, Vall-llobrega i en forma d'atzurita a Mont-ras. És a dir, al Baix Empordà el coure es presenta sovint en forma de sulfurs i carbonats, essent aquests darrers compostos els més fàcils de reduir. Així podem considerar com a molt més probable una utilització per part dels habitants de l'àrea, com els del Puig de Sant Andreu i l'Illa d'en Reixac, de menes de coure locals (que poden presentar el ferro en forma de compost minoritari), que la no importació de calcossina.

Quant a l'estany, és cert que no tant l'estannita com la cassiterita també poden incloure ferro com a impuresa, però hem de descartar-los com a fonts de proveïment dins del territori immediat als jaciments perquè no es coneix cap acumulació d'aquest tipus a la zona empordanesa. No tenim proves de la seva procedència però si ens atenim a la proximitat geogràfica i a l'existència de contactes comercials provats podem proposar com a àrea de proveïment la zona del sud de França, que si bé no té recursos d'aquesta mena, és el punt final de la ruta comercial cap a l'Europa atlàntica, una zona amb gran proporció d'aquest mineral en forma de cassiterita. Tanmateix el NO de la Península Ibèrica era un important focus mineralífer però pensem que la immediatesa de l'altra zona possibilitaria en gran manera els contactes prioritàriament.

Per tant en el cas de la manufactura del bronze a l'Illa d'en Reixac, podem considerar l'ús d'una matèria primera cúprica local, complementada amb estany aportat des d'una altra zona. Com explotació antiga de menes de coure a Catalunya només es coneix la de Riner (Serra Vilaró 1915-1920), corresponent a l'edat del bronze, encara que els martells de miners del mateix període localitzats a Ulldemolins, amb paral·lels a la Pobla de Segur (Lleida) i la Plana de Vic (Vilaseca, Vilaseca 1957, 135-139) indicarien l'existència d'una activitat similar d'explotació de carbonats de coure.

D'altra banda, algunes restes documenten la pràctica de la metal·lúrgia del ferro al jaciment; però en aquest cas no es tracta de fragments de mineral més o menys alterat, sinó d'elements corresponents a un pas més avançat en el procés productiu, concretament escòries; atès que el seu estudi es desenvolupa en un altre punt d'aquest treball, aquí només fem esment de la seva existència ja entre final del s. VI aC i principi del segle següent i perduració ininterrompuda. Malgrat tot, en l'estadi actual de la investigació no és possible precisar quines menes s'utilitzaven en aquesta producció entre l'àmplia varietat de compostos als quals podien accedir els pobladors de l'Illa dins del seu territori circumdant. En qualsevol cas, tenint en compte el volum limitat de les restes, i especialment dels instruments de ferro exhumats durant les excavacions, pensem que el consum d'aquest metall no seria gaire elevat, podia satisfer-se mitjançant una producció de reduïdes dimensions, que es beneficiaria sens dubte de petits filons propers, molt probablement òxids (hematites i magnetita) i hidròxids (limonita / goethita), que són els més fàcils de reduir i als quals no seria problemàtic accedir; i encara que s'esgotessin ràpidament, obligant a desplaçar l'explotació cap a altres punts d'acumulacions superficials, trobar-ne de nous no esdevindria una tasca complicada, ja que les localitzacions ferroses es presenten molt freqüentment dins de la zona en qüestió.

En definitiva, aquests conjunts de restes demostren la realització d'una metal·lúrgia local del bronze que no només es dedica a l'elaboració de peces a partir de metall prèviament obtingut en altres punts que prové de la refosa de peces inutilitzades, sinó que també es procura produir-lo *in situ*. Això implica, doncs, l'accessibilitat a unes fonts de proveïment locals o la possibilitat d'obtenir-les mitjançant contactes comercials; mentre que en el cas del ferro d'una banda podem assegurar la realització d'activitats productives (i apuntar la possibilitat que es recorregués a filons locals), alternades amb altres més pròpies dels ferrers, és a dir, de reparació i recuperació de metall.

5.4. *Conclusió*

La riquesa minera de l'Empordà, centralitzada a les zones del Pirineu i dels massissos de Begur i les Gavarres, era ja anomenada a les fonts clàssiques i des del segle passat ha estat recollida en forma d'inventaris mineralògics entre els quals destaquen els de Vidal (1886), Gil Romo (1888) i Mata (1990). La bibliografia recent sovint fa referència a les explotacions modernes

(a partir del s. XVIII), identificant els metal·lotectes en funció d'una finalitat industrial; és a dir, la valoració de la seva importància ve condicionada per la seva rendibilitat actual. Aquesta visió anacrònica ha influït sobre autors que han estudiat les possibilitats mineres i metal·lúrgiques de l'àrea a l'antiguitat i en comparar-les amb altres regions de la Península amb un paper històric excepcional s'ha produït un menyspreu o fins i tot la seva pràctica negació. La revisió d'aquesta posició tradicional ha permès constatar l'existència de dipòsits minerals i la revalorització de la riquesa minera catalana antiga (SERRA VILARÓ 1915-1920, 1935; SERRA RÀFOLS 1924, 1968), com a factor d'estímul per la iberització de l'interior (JUNYENT 1976-1978, 181; CURA 1976-78, 331), i significatiu factor econòmic de llarga perduració a la zona del Baix Llobregat (ROVIRA HORTALÀ, SOLIAS 1991).

Ruiz de Arbulo (1984, 115-116 i 122) ha reivindicat la importància d'aquest fenomen a l'àrea empordanesa en connexió amb la implantació colonial grega, especialment en el cas d'Empúries, que des del s. VI aC es convertiria en el centre d'intercanvi i redistribució d'una gran varietat de productes comercials orientals, a canvi dels productes agrícoles i minerals del rerapaís; activitats ja possiblement iniciades amb anterioritat per fenicis i probablement etruscos des del s. VII aC. El fet que a Empúries s'encunyés moneda d'argent des del s. IV aC, constataria la disponibilitat d'estocs metàl·lics per part seva, encara que alguns autors (DOMERGUE 1987, 8) rebutgin la possibilitat que aquest nucli posseís el control sobre les matèries primeres.

Aquestes, com hem pogut veure són freqüents en el territori empordanès, encara que no representin un gran volum. A títol de resum i seguint la sistematització de Mata (1990), podem dividir els jaciments minerals de Baix Empordà en dos grans grups. El primer i més important vindria configurat pels dipòsits filoniars de calcopirita, galena, pirita, goethita, hematites, atzurita i malaquita. Sovint es troben combinats amb quars, i afloren a la Bisbal, Calonge de les Gavarres, Camós, Llofriu, Mont-ras, Sant Climent de Peralta, Sant Joan de Palamós, Santa Pellaia, Torrent i Vall-llobrega. L'altre constaria de concentracions ferruginoses, mineralitzacions estratiformes associades a l'ordovicià que es troben a Begur, Pals i Regençós en forma de goethita i hematites, encaixades a les calcàries i esquists paleozoics. A Begur, a més a més, s'han localitzat dipòsits de calcopirita i magnetita.

Així, molt sovint hi ha associacions de diversos minerals en un mateix punt, fenomen que podria contribuir al progressiu desenvolupament de les activitats metal·lúrgiques. En general no es tracta de grans acumulacions ni presenten una riquesa excepcional però en les explotacions antigues predominava l'accessibilitat sobre la qualitat. La facilitat per explotar els recursos era també una qüestió primordial en la mineria, i per tant en el cas que ens ocupa estaria molt determinada tant per la morfologia del terreny com pel seu paleoambient. El relleu del Baix Empordà evidencia zones altes i baixes corresponents respectivament als massissos del Montgrí, Gavarres i Begur d'una banda, i de l'altra, la vall i el pla d'inundació del Ter i el Daró en comunicació amb el corredor de Palamós i la vall del Ridaura o d'Aro, que deixa a un cantó el massís de les Gavarres i a l'altre el de Begur. És a dir, existeix una doble via de penetració natural des de la costa cap a l'interior, però per reconstituir el medi antic cal tenir en compte altres factors com ara l'existència d'una línia costanera diferent a la que apreciem ara, i que sens dubte afectaria territoris que en l'actualitat es troben a terra ferma transformant-los en zones inundades o d'aiguamolls tal com precisa el traçat de l'antic camí d'Empúries (CASAS, SANMARTÍ 1980).

La localització geogràfica dels recursos metal·lífers empordanesos evidencia dues àrees de concentració corresponents al Pirineu i als massissos de Begur i les Gavarres. El jaciment de l'Illa d'en Reixac queda, doncs, estratègicament situat respecte a ambdues, sense gaires dificultats per arribar-hi. Per tant, podem considerar que aquestes acumulacions (no es trobarien dins de les zones inundades a l'antiguitat), podien formar part dels seus recursos potencials. En altres casos, bàsicament l'estany, la manca de dades per afirmar la seva presència en aquest territori ens fa suposar que s'obtindria d'altres punts.

Per conèixer el veritable abast de les explotacions antigues caldria un estudi aprofundit que excedeix els límits d'aquest treball i podria tenir entitat per si mateix, del qual és probable que no n'obtinguéssim gaires resultats a causa dels factors condicionants ja esmentats que caracteritzen les explotacions antigues, i no deixen traces. És per això que en l'estadi actual de les investigacions a l'àrea que ens ocupa, en no poder constatar proves d'activitats mineres, ens hem de limitar a l'hora de parlar de les fonts mineralògiques emprades en la producció metal·lúrgica com a recursos potencials, esperant que la continuació de les investigacions pugui aportar altres dades en el futur.

ANNEX

Composició de les restes minerals de l'Illa d'en Reixac

* *Mineral parcialment reduït*

IR-89-1025-5: (400-250 aC)
Fe=10.12; Ni=0.214; Cu=87.35; Ag=0.031; Sn=0.725; Sb=0.514; Pb=1.039.

IR-1032-4-3: (superficial) (malaquita)
Fe=2.410; Ni=tr; Cu=67.20; Zn, As, Ag= nd; Sn=28.41; Sb=tr; Pb=1.886.

IR-89-4011-4a: (425-375 aC)
Fe=1.823; Ni=0.640; Cu=58.25; Zn, As, Ag, Pb= nd; Sn=39.31; Sb=tr.

IR-89-4011-4b: (425-375 aC)
Fe=2.813; Ni=0.567; Cu=59.37; Zn, As, Ag, Sb=nd; Sn=36.63; Pb=0.541.

IR-89-4046-4: (400-350 aC)
Fe=4.386; Cu=62.35; Sn=33.25.

IR-89-4051-4: (525-450 aC)
Fe=1.750; Ni=0.655; Cu=43.36; Zn, As, Ag, Sb=nd; Sn=53.53; Pb=0.563.

IR-89-4080-4:(400-350 aC)
Fe=2.639; Ni=0.490; Cu=33.77; Zn, As, Sb=nd; Ag=0.011; Sn=61.84; Pb=0.411.

IR-89-5134-3-5: (400-350 aC)
Fe=3.975; Ni=1.008; Cu=13.99; Zn, As, Ag, Sb=nd; Sn=77.62; Pb=3.189.

IR-89-5137-4: (400-350 aC)
Fe=6.246; Ni=0.590; Cu=44.20; Zn, As, Ag, Sb=nd; Sn=48.19; Pb=0.366.

IR-89-5164-4: (425-350 aC)
Fe=1.520; Ni=0.150; Cu=55.92; Zn, As, Ag, Sb=nd; Sn=41.99, Pb=0.168.

IR-90-5168: (425-380 aC)
Fe=4.090; Ni=0.202; Cu=70.06; Ag=0.005; Sn=25.44; Sb=0.021;Pb=0.183.

IR-90-5192: (400-300 aC)
Fe=4.829, Ni=0.529; Cu=59.25; Sn=35.34; Sb=0.041.

IR-89-7029-5: (380-325 aC)
Fe=9.421; Ni=0.132; Cu=24.84; Sn=61.62; Sb=0.157; Pb=3.832.

IR-89-7125-3: (530-500 aC)
Fe=1.553; Ni=0.085; Cu=57.80; Zn, As, Ag, Sb=nd; Sn=39.95; Pb=0.075.

* *Restes de mineral barrejat amb carbó*

IR-89-7052-4-2: (380-325 aC)
Fe=5.559; Ni=0.361; Cu=52.68; Sn=41.04; As= 0.27; Zn, Ag, Sb, Pb=nd.

IR-89-4061-3: (400-350 aC)
Fe=8.76; Ni=0.270; Cu=51.90; Sn=38.66; Pb=0.138.

* *Restes de mineral barrejat amb escòria*

IR-73/74-Q1 EIII (500-475 aC)
Fe=11.20; Cu=42.36; Ag=0.016; Sn=43.28; Sb=0.0093.

IR-7125-3 (530-500 aC)
Fe=12.21; Ni=1.200; Cu=80.56; Sn=1.628; Sb=0.679; Pb=3.712.

IR-90-7129-5 (400-350 aC)
Fe=27.66; Cu=43.60; Sn=22.91; Sb=0.194; Pb=5.639

IR-90-7162 (300-200 aC)
Fe=9.143; Cu=16.61; Sn=69.77; Sb=0.1444; Pb=4.261.

6. Conclusions generals

Aquest estudi basat en la recerca interdisciplinària planteja una aproximació global al coneixement de la metal·lúrgia a l'Illa d'en Reixac i mitjançant la tecnologia aprofundir en l'economia i societat antigues. A continuació exposem el conjunt de les conclusions a les quals hem arribat després de la seva realització i que ja hem avançat en cadascun dels capítols corresponents.

Per definir el desenvolupament de la metal·lúrgia en el context indígena de l'Empordà durant l'edat del ferro hem utilitzat una metodologia de treball adaptada als objectius, que a grans trets han estat: identificació dels elements i àrees del jaciment dedicats a les activitats de producció o transformació metal·lúrgica; classificació i interpretació dels productes, rebuigs i matèries primeres, així com dels procediments tècnics portats a terme, i paral·lelament en funció d'aquestes manifestacions, l'estudi de les relacions entre el jaciment i el seu territori, tant des del punt de vista econòmic com des del cultural.

Les diverses vies de recerca requerien la col·laboració amb altres disciplines científiques tant per a l'obtenció de dades complementàries al registre arqueològic com per organitzar i explotar el conjunt de la informació obtinguda. Aquesta s'ha estructurat en un suport informàtic i en part ha estat obtinguda gràcies a diversos tipus d'anàlisis fisico-químiques ceramològiques i arqueometal·lúrgiques (fluorescència i difracció de raigs X), així com exàmens de microscòpia òptica.

Dins de l'utillatge metal·lúrgic hem estudiat elements com ara els motlles i gresols que participen en les activitats primàries d'obtenció del bronze mentre quasi no podem presentar elements emprats en la transformació i manteniment dels objectes manufacturats. Aquest fet és degut al material amb el qual estaven realitzats; atès que els primers eren de pedra o ceràmica, es conserven o fins i tot reutilitzen; els altres solien ser peces metàl·liques i per tant un cop amortitzades es refonien. En el cas dels lítics es consideren com a possibles punts de proveïment, alguns afloraments de sorrenques i microconglomerats prop de Llabià, Fontanilles, Ullastret, Serra de Daró i Gualta i concretament de les pedreres de Clots de Sant Julià (Canapost - Peratellada) a uns 4 km del jaciment on al mateix temps es realitzava la primera part de l'elaboració dels productes tal com demostra la troballa de peces inacabades.

Els gresols són instruments necessaris en la primera fase de la producció del coure i el bronze. En el món ibèric tradicionalment han estat identificats com a peces lítiques en forma de cassola baixa amb elements de prensió arran de la vora i vessador, igual que alguns

apareguts entre els materials de l'Illa. L'estudi morfotècnic ha posat en relleu llur inoperància en el terreny metal·lúrgic ja que no només són elements molt pesats i difícilment manipulables (especialment un cop plens) sinó que a més a més els manquen tots els signes propis d'haver estat sotmesos a les altes temperatures necessàries per transformar el mineral en metall (tampoc no ho haurien pogut resistir atesa la fragilitat del gres amb què es feien). Tots aquests inconvenients i el suport en la manca de paral·lels, ens fan descartar aquesta interpretació i suposar que es tracta d'objectes amb un altre tipus de finalitat, probablement morters.

Pensem que en realitat els gresols serien atuells ceràmics dels quals ens han quedat fragments informes; tenen la part interna on es produïa la combustió entorn a 900 o 1.000 °C alterada en major o menor grau, amb petites partícules de metall en la zona fosa. Un cop s'havien utilitzat, en el fons quedava una acumulació de metall barrejada amb carbó i alguns fragments de matèria primera que no s'havien transformat completament i que calia refondre successivament per obtenir un metall refinat. La vàlua de les petites llenties de metall que quedaven adherides a les parets feia que també es triturés la ceràmica per separar-les. Per aquesta raó només podem recuperar una petita part d'aquests instruments, que sovint es troben molt malmesos i no permeten precisar la forma original, encara que pel gruix observat en alguns talls pensem que correspondien a contenidors d'una mida mitjana o gran.

L'obtenció del metall mitjançant aquestes petites cambres ceràmiques de reducció, reomplertes amb capes alternes de carbó i mineral, és el sistema més antic pel benefici del coure de la zona mediterrània, conegut des del calcolític fins a època romana. Al jaciment apareixen ininterrompudament a partir del final del s. VI aC, i en ocasions es troben associats a les altres restes pròpies de la producció com fragments de metall en brut o semimanufacturat, nòduls de fosa i mineral parcialment reduït que veiem representades a totes les zones amb certes diferències cronològiques i quantitatives degudes a la desigualtat en la investigació, que fins ara no ha arribat uniformement als nivells més antics i ha aportat més dades referents al s. IV aC.

Quant als motlles, d'una banda podem establir que la fosa es realitza en elements de tipus bivalve amb matriu senzilla o doble; és a dir, corresponen a un moment evolucionat, sense implicar una gran perfecció ja que no es coneixen les variants amb nucli i només obtenen peces massisses. De tota manera, apreciem la llarga experiència tècnica dels artesans que seleccionen la matèria primera entre la litologia de l'àrea circumdant per elaborar-los, i n'obtenen un bon rendiment. Aspectes com el preescalfament de les valves perquè poguessin resistir el contrast tèrmic del metall incandescent o la mateixa selecció d'una sorrenca de gra fi o mig que permet un refredament ràpid, l'evaporació dels gasos amb resultats beneficiosos en el producte final i un baix cost de fabricació en són l'exemple.

La datació d'aquestes peces sovint és difícil perquè no apareixen en el moment d'ús sinó reutilitzades i desvinculades del seu àmbit original. De tota manera coneixem un motlle per fíbules de disc datat entre final del s. V i el s. IV aC i diversos exemplars per a barnilles (amb o sense cap) que corresponen bàsicament a la primera meitat del s. IV aC, encara que d'aquest darrer tipus en tenim documentada l'existència des d'inici del s. V aC gràcies a la troballa d'un rebuig de fosa amb la mateixa morfologia.

Pensem, doncs, que des de ben aviat la fosa del bronze no és una manufactura esporàdica i no crea una sola peça en cada colada, sinó vàries idèntiques, és a dir, una petita sèrie, tant de barnilles com de fíbules, sota uns models simples que permeten la diversificació de la producció en una segona part, a partir de l'acabat manual de cadascuna per tal de singularitzar-les.

Apreciem una diferència respecte als motlles de l'edat del bronze i inici de l'edat del ferro així com els d'alguns establiments ibèrics, en els quals no predomina la producció múltiple de barnilles sinó d'altres manufactures que es fonen d'una en una o en un nombre molt limitat. No podem precisar, però, si després s'acabaven d'elaborar completament *in situ* o eren susceptibles d'abastar petits artesans foranis sense accés a les fonts de proveïment i amb unes necessitats mínimes.

L'optimització dels recursos materials i del temps que també demostren els motlles múltiples indica una producció racionalitzada sota l'estímul d'una demanda provocada per un canvi en l'ús del metall. A partir d'època ibèrica és possible, doncs, apreciar l'augment i estandardització del producte semimanufacturat.

En el cas de l'Illa la producció del bronze en forma de barnilles amb o sense cap es manifesta tant per l'existència de motlles com per les pròpies tiges amb les quals es realitzava quasi tota la petita producció d'objectes (sovint a partir de models que tenen l'arrel en el bronze final i principi de l'edat del ferro) per l'ornamentació i cura personals (fíbules, anells, anelles, cadenetes, penjolls, pinces, instrumental mèdic...) i l'ús domèstic o artesà (agulles, punxons, hams).

La composició podia ser binària o ternària, és a dir, constar de coure i estany com a elements principals o de coure, estany i plom. La incorporació del darrer permet l'obtenció de colades més líquides i per tant de productes de millor factura, però presenta l'inconvenient de tenir una major densitat que pot provocar que la seva distribució sigui irregular i per tan perjudicial. L'addició d'aquest tercer element està constatada des del primer quart del s. V aC però l'observació dels resultats de les proves analítiques i la correlació amb el factor temporal demostren que a nivell general no existeix una constància en les proporcions dels aliatges, que poden experimentar diferències substancials i no progressen amb regularitat.

La presència de certs components minoritaris (Fe, Pb, Sn, As, Sb, Ag...) a les mostres metàl·liques, però més abundants entre les escòries, indicaria que el procés de reducció es portava a terme de manera imperfecta i que per tant no aconseguia transformar en metall els elements més volàtils o que s'escorificaven amb facilitat, sinó que es perdien durant l'operació. L'existència de mineral i nòduls de fosa reafirma el fet que la reducció de la matèria primera solia ser incompleta i quedava en forma més o menys alterada en la seva transició cap a la matèria metàl·lica; per

tant calia repetir l'operació, cosa que suposava una nova pèrdua de material i l'increment del seu cost.

L'elaboració del bronze plantejava alhora la necessitat de solucions tècniques per manipular-lo mecànicament i tèrmicament, i es pot constatar que la pràctica de la fosa es completava amb els posteriors martelleig en fred i calent, i la recuita, tècniques conegudes a Europa Central i Meridional entre el s. XII i VII aC i a la Península Ibèrica en el bronze final, mentre que a l'Illa estan constatades des del s. IV aC en elements de base filiforme per a facilitar el seu treball i evitar-ne la ruptura.

Per comprendre l'abast no sols tècnic sinó també espacial de la metal·lúrgia ens hem plantejat també la localització de les estructures i àrees on es pogués portar a terme. En aquest sentit esdevé aclaridora la interpretació del forn FR-80, que hauria funcionat aproximadament des de final del segle V fins a la primera meitat del s. IV aC. Es tracta d'una cambra de combustió de forma aproximadament globular que consta d'una cubeta revestida amb una barreja d'argila, material orgànic i inorgànic per tal d'obtenir una massa plàstica amb qualitats refractàries, que perllongada en elevació permetria cobrir la part de l'estructura superior al nivell d'ocupació, en forma de cúpula o de xemeneia. En aquest receptacle s'aconseguia l'ambient reductor necessari per transformar el mineral en metall, sovint col·locat dins de contenidors ceràmics o gresols.

La manca d'estructures d'època ibèrica idèntiques i relacionades amb la producció del bronze no ha de determinar la seva inclusió dins del grup dels forns domèstics, atès que no presenten similituds ni pel material constructiu ni tipològicament. D'altra banda, el coneixement de cubetes associades a la manufactura del ferro en aquest mateix context cultural donaria suport a la nostra opinió de l'existència d'una morfologia bàsica plurivalent de les estructures metal·lúrgiques que s'adaptaria amb petites variacions a cadascun d'ells.

La qüestió dels forns metal·lúrgics pot relacionar-se amb un altre tipus de material aparegut al jaciment, concretament les toveres; la funció de les quals consisteix a transmetre l'aire impulsat des de les manxes fins a l'interior de l'estructura per a fer possible que la combustió assoleixi les temperatures necessàries. Les nostres evidències en aquest punt són aportades per instruments amb forma tubular colzada i nansa apareguts en nivells del s. IV aC. Es tracta d'elements característics del món grec i el seu àmbit d'influència, des del s.VI aC fins a època hel·lenística, presents en la iconografia antiga. Aquesta interpretació ha estat contestada als anys vuitanta per autors que els atribueixen una funcionalitat domèstica d'atuell culinari basant-se en l'existència d'elements similars però massissos, que també apareixerien representats en la ceràmica àtica. Queda clar que aquests darrers no podien actuar com toveres perquè estan mancats del conducte interior, però hi ha altres proves aportades pel context d'aparició de les peces a Ischia, Marsella, Ruscino, Atenes, Argamum, Histria, Klazomenai, Nymphaeum, Paestum, Síbaris, Thasos i especialment a la "cuina grega" d'Empúries en relació a materials metal·lúrgics o estructures de combustió que no permeten invalidar la primera hipòtesi interpretativa.

D'altra banda ha quedat demostrat que l'ús de toveres colzades més simples que les esmentades és ja conegut entre final del s. VIII i principi del VII aC a Monte Romero (Huelva) en relació al benefici de l'argent i també a Ríotinto en època romana. Tècnicament sembla, doncs, que es tractava d'elements amb una forma adaptada a procediments metal·lúrgics molt concrets relacionats amb l'oxidació. Totes aquestes constatacions ens fan arribar a la conclusió que hauria estat possible una coincidència entre dos tipus d'atuells molt similars morfològicament però de destinació diversa. Atès que els exemplars de l'Illa corresponen als exemplars perforats no hi hauria cap raó en contra per suposar que tindrien una relació amb el fet metal·lúrgic, encara que no podem determinar-ne el lligam concret.

El sector on es troba el FR-80 pot definir-se com una àrea de treball especialitzat en funció de la seva presència, però també per la d'altres petites estructures secundàries de combustió (les llars LL-79 i LL-86) i la fossa FS-84 que es trobava reomplerta de material de rebuig com petits fragments metàl·lics, carbons i terres rubefaents. En general aquest Sector 4 sembla doncs que pogué estar destinat des de final del s. V fins a mitjan segle IV aC a unes activitats artesanes relacionades amb la transformació del metall.

Valorar quins eren els recursos metal·logenètics utilitzats per aquests artesans és extremadament difícil, per tant ens hem referit al potencial de les poblacions protohistòriques no sols de l'Illa sinó de l'Empordà, basant-nos en dades geològiques actuals recolzades per informacions sobre les explotacions dels s. XVIII i XIX, ja que al davant de l'escassetat de fons per conèixer la mineria i metal·lúrgia antigues, contribueixen a emplaçar mineralitzacions que podien haver estat explotades en èpoques anteriors quan les premisses bàsiques eren l'accessibilitat i la facilitat i no la magnitud del volum.

No pretenem afirmar que el potencial metal·logenètic d'aquesta àrea fos extraordinari, però sí suficient per proveir les necessitats d'aquests grups sense haver de recórrer a productes foranis (quant als minerals de coure i ferro, plom i argent, els quals es troben prop del jaciment, especialment concentrats als massissos de Begur i les Gavarres, i per tant dins del seu radi territorial), encara que els intercanvis fossin imprescindibles per aportar els recursos deficitaris o inexistents com l'estany. És a dir, l'Empordà no seria una àrea marginal ni carent de possibilitats, sinó que aquestes entren dins de la normalitat i no descartem que fossin aprofitades per altres pobles tal com pot indicar la presència del fenomen colonitzador a les seves terres.

D'altra banda, tradicionalment s'ha plantejat la introducció de la metal·lúrgia del ferro a partir d'estímuls exercits pels grups extrapeninsulars. A l'Illa apareixen alguns primers fragments informes de ferro des de l'inici del seu establiment quan les úniques ceràmiques forànies són les àmfores feno-púniques; quasi simultàniament amb les primeres importacions gregues de copa jònica B2, ceràmica gris *à marli* i d'àmfora etrusca (575 550-450 aC), aquest metall s'aplica a activitats quotidianes. Paral·lelament les primeres restes d'escòria i per tant de manufactura *in situ* queden associades a materials datats entre l'últim

quart del s. VI aC i principi del s. V aC, constatant que la ràpida adopció d'aquest metall no només pel que fa a l'ús, sinó per la pròpia producció, qualsevol que en fos l'origen i encara que pogués estar impulsada per les innovacions derivades de la relació comercial amb altres pobles, havia de recolzar-se en un substrat tècnic indígena que ja estaria preparat per assumir-la gràcies a l'experiència en la manufactura del bronze.

Els materials fèrrics no es generalitzen, però, fins al s. IV aC. Les tipologies són molt reduïdes i difícils d'interpretar per la gran degradació patida, així la fragmentació i una intensa corrosió i concreció afecten la majoria de les peces. De tota manera podem dir que predomina clarament la troballa d'elements d'ús quotidià com els claus i que esporàdicament es complementarien amb eines emprades en el treball de la terra, la fusta i la pedra i també amb els extrems d'armes ofensives llencívoles o d'estoc.

Tots ells es podien fabricar *in situ* mitjançant la tècnica de la forja que combina el martelleig amb el doblegat i estirat en longitud i amplada com a procediments mecànics bàsics; l'autosoldadura i el reblat serien els mètodes de subjecció emprats. Desconeixem si n'eren aplicats altres de caire termoquímic com la cimentació, el tremp o el revingut. De tota manera la presència restringida del ferro ens fa deduir que igual que en altres casos entorn a la mateixa època coneguts a Europa, correspondria a un domini encara limitat de la siderúrgia que produeix peces de ferro dolç o poc acerades (i de manera heterogènia); mentre que el seu ús hauria superat ja un estadi caracteritzat per la seva significació com a element de prestigi per passar a formar part de les activitats productives i de l'àmbit domèstic, que valoraven les seves qualitats intrínseques de resistència i baix cost.

Malauradament poc podem dir sobre les estructures on es portava a terme la reducció de les menes (probablement òxids o hidròxids), ja que només podem identificar-les a partir dels fragments de terra cuita i ceràmica escorificada que apareixen barrejades o unides a les escòries fèrriques, i que inicialment reblien alguns nivells de la zona 7 de l'últim quart del s. VI aC. Pensem que correspondrien a fosses excavades a terra, revestides interiorment amb argila i que potser estarien cobertes per una superestructura del mateix material. Respecte a la posterior forja, era possible portar-la a terme a les llars.

En definitiva a l'Illa d'en Reixac s'ha pogut documentar de manera exhaustiva l'existència tant de productes metàl·lics (bàsicament coure, bronze ferro i plom) des de ben aviat, la manufactura del bronze i la reducció del ferro poc després i l'increment d'uns i altres al llarg del temps. Per situar aquestes troballes en relació a la seqüència estratigràfica (López et al.; inèdit) podem resumir-ho de la següent manera:

Fase I, subdividida en Ia (600 - 575/570 aC) i Ib (575/570 - 550/540 aC): és un moment de presència molt esporàdica de fragments de bronze, ferro i alguna escòria, coincidint amb els primers contactes amb grups foranis.

Fase II (550/540 - 525 aC) La influència dels pobles mediterranis es manifesta sobre l'urbanisme i les importacions ceràmiques en aquests inicis de la iberització. El metall continua present d'una manera molt limitada mentre que la producció del bronze es documenta encavalcada entre aquesta fase i la següent gràcies a la troballa d'un conjunt de fragments d'atuells de reducció, mineral, escòria, i el primer rebuig de fosa derivat de l'ús dels motlles de barnilles amb cap que implica alhora el coneixement d'aliatges ternaris entre els anys 500 i 475 aC.

Fase III (525 - 450 aC) S'aprecia un increment significatiu de troballes tant pel que fa a peces com a desferres de l'elaboració del bronze (gresols, escòria, restes de mineral i primers nòduls de fosa) i productes semimanufacturats. Com a novetat tenim les fíbules de peu alt acabades en un botó, i les de disc, una producció autòctona i de difusió únicament local, parcialment realitzada en sèrie a motlle (element que també es documenta en la fase següent) i que poden estar enriquides amb l'aplicació de decoracions com la incrustació de corall, seguint la tendència iniciada a l'Europa Central i que arriba també ara fins aquí.

Paral·lelament trobem també per primera vegada escòries de ferro que poden anar associades a restes d'estructures. Tots aquests materials estan acompanyats per un gran nombre de ceràmica a mà, fina importada (àtiques, pseudojòniques i grises d'occident), indígena a torn pintada, àmfores ibero-púniques i rarament feno-púniques o massaliotes.

Fase IV (450 - 325 aC) Aquest període d'ocupació subdividit en dues subfases (450-380 i 380-325 aC) és el millor conegut del jaciment i que per tant també aporta el major nombre de restes associades a la metal·lúrgia: recipients on es portava a terme, minerals semitransformats, i bronze en forma bruta o manufacturada mitjançant el martelleig de tiges en fred o calent i la recuita com a procediments bàsics, i que gràcies al doblegat, enrotllat, tallat, reblat i retorçat es convertien en objectes (plaques, cadenetes, peces de cirurgia o higiene, agulles, fíbules, etc.).

En aquest interval es localitza per primera vegada l'existència d'estructures de reducció i transformació dels metalls i per tant d'una àrea de treball especialitzada. Les boques de manxa de tipologia grega ratifiquen la impressió que és un moment d'intenses relacions comercials a través d'Empúries tal com es manifesta en l'abundància ceràmica importada. També es manifesta la generalització de l'ús del ferro dins de la limitació que el caracteritza.

Fase V (325-225 aC) El període final de l'Illa és encara poc conegut. Trobem tot tipus de materials metàl·lics usats anteriorment, sobretot en nivells superficials o afectats encara per les activitats recents, junt amb àmfores de la costa catalana, púniques, greco-itàliques i massaliotes, ceràmica local a mà o a torn oxidada, proto-campanianes de vernís negre, petites estampilles i produccions del taller de Roses.

Així presentem l'evolució de les manifestacions metal·lúrgiques a l'Illa bàsicament des del punt de vista qualitatiu, però també amb certes apreciacions sobre la seva dimensió quantitativa que cal interpretar de manera flexible perquè l'estimació estadística d'aquests materials s'ha revelat molt difícil a causa del seu deficient estat de conservació, l'arbitrarietat en la recollida durant les excavacions antigues i el fet que alguns materials identificats per via analítica només representen una part del volum real ja que no és possible efectuar exàmens sistemàtics. No podem oblidar tampoc que la vàlua dels materials metàl·lics

exigia un reaprofitament constant que els transformava i en reduïa les evidències. Les limitacions imposades per la desigualtat de la representació de les diferents fases cronològiques en el registre arqueològic general afegeixen un altre inconvenient ja que en pocs casos s'ha arribat als nivells més antics i existeixen buits en el coneixement de certs moments. Per totes aquestes raons pot ser arriscat intentar estimar amb exactitud el volum del metall en cada moment i comparar-ho sincrònicament o diacrònica, tasca que caldrà fer més endavant quan comptem amb una informació més uniforme.

Podem dir que a l'Illa les activitats lligades al bronze i el ferro, un cop generalitzades no es concentren de manera exclusiva en cap espai concret fins al s. IV aC; però habitualment els materials solen aparèixer formant part dels reompliments de diversos moments i zones, desconnectats de l'àmbit que els és propi. D'altra banda queda clara la utilització selectiva dels diversos metalls en funció de les seves qualitats i el cost. En el bronze es desenvolupen procediments tècnics caracteritzats per la pervivència de velles fórmules de treball que no funcionen amb paràmetres òptims sinó que evidencien una irregularitat i malgasten esforços. Hi ha també una adaptació a la demanda creixent de metall que provoca la multiplicació i estandardització de la producció dels aliatges del coure i la prompta adopció del ferro; i que segurament també impulsa la progressiva dedicació i la coordinació del grup al llarg del seu decurs.

En definitiva, s'ha intentat realitzar l'estudi globalitzador d'un conjunt heterogeni de dades i materials que formen part del fet metal·lúrgic. Des del punt de vista tècnic arribem a la conclusió que el jaciment participa d'una tradició tecnològica mediterrània d'origen calcolític arrelada a Catalunya a partir del final de l'edat del bronze i que a l'Empordà és encara mal coneguda; influència que també es manifesta en els corrents estètics, enriquits amb altres tendències continentals del període següent. D'altra banda, l'assimilació de l'ús i la producció del ferro també pot respondre als estímuls exteriors, recolzant-se sobre el substrat de l'experiència autòctona; així doncs, en conjunt, són aspectes representatius del desenvolupament d'una comunitat integrada en la cultura ibèrica.

M. Carme Rovira

Parcerisas, 8
Barcelona 08014

Nota. Agraïm les orientacions dels doctors M. A. Rincón (Universitat de Barcelona) i E. Junyent (Universitat de Lleida) per a l'elaboració d'aquest treball, així com les facilitats aportades per l'equip d'excavació de l'Illa d'en Reixac, el Centre d'Investigacions Arqueològiques de Girona i la seva directora, la senyora A. Martín, a més de la col·laboració dels senyors J. B. López (Universitat de Lleida), S. Rovira (Museo de América), J. Solans, M. Vendrell i M. T. García (Universitat de Barcelona).

Bibliografia

ALMAGRO 1945
M. Almagro, "Ampurias. Últimos hallazgos y resultados", *Archivo Español de Arqueología*, XVIII, núm. 18, pp. 59-75.

ALMAGRO 1949
M. Almagro, "Cerámica griega de los s. VI y V aC en Ampurias", *Rivista di Studi Liguri*, núm. 15, pp. 61-122.

ALMAGRO 1951
M. Almagro, *Ampurias. Historia de la ciudad y guía de las excavaciones*, Barcelona.

ALMAGRO 1953-1955
M. Almagro, *Las necrópolis de Ampurias*, 2 vols., Barcelona.

ALMAGRO GORBEA 1979
M. Almagro Gorbea, "Problems of the origin of metallurgy in the Iberian Peninsula", *Proceedings of the Fifth Atantic Colloquium The Origins of Metallurgy in Atlantic Europe*, Dublín, pp. 1-6.

ANDRIEUX 1980
Ph. Andrieux, "Couler le bronze comme il y a 4000 ans", *Dossiers de l'Archéologie*, núm. 46, pp. 72-77.

ANDRIEUX 1988
Ph. Andrieux, "Experimenter la terre et le feu", *Dossiers Histoire et Archéologie*, núm. 126, pp. 76-86.

ARES 1981
ARES, "Comunicació d'un nou poblat ibèric al Baix Llobregat: Can Miano", Sant Feliu de Llobregat.

ARRIBAS 1976
A. Arribas, *Los Iberos*, Ed. Aymà S.A., Barcelona.

ARRIBAS, MOLINA 1979
A. Arribas, F. Molina, "Nuevas aportaciones al inicio de la metalurgia en la Península Ibèrica. El poblado de los Castillejos de Montefrío (Granada)", *Proceedings of the Fifth Atantic Colloquium The Origins of Metallurgy in Atlantic Europe*, Dublín, pp. 7-34.

ARRIBAS et al. 1981
"Excavaciones en Los Millares (Santa Fe de Mondújar, Almería). Campaña de 1981", *Cuadernos de Prehistòria de la Universidad de Granada*, núm. 6, pp. 91-121.

ARTEAGA, PADRÓ, SANMARTÍ 1978
O. Arteaga, J. Padró, E. Sanmartí, "El factor fenici a les costes catalanes i del Golf de Lleó", *2n. Col·loqui d'Arqueologia de Puigcerdà Els pobles Pre-romans del Pirineu*, Institut d'Estudis Ceretans, Puigcerdà, pp. 129-135.

ARTEAGA, PADRÓ, SANMARTÍ 1986
O. Arteaga, J. Padró, E. Sanmartí, "La expansión fenicia por las costas de Cataluña y del Languedoc", R. del OLMO, M. E. AUBET, *Los fenicios en la Península Ibérica*, Ed. Ausa, Sabadell, II, pp. 303-314.

BADIA I HOMS 1982
J. Badia i Homs, *Gran Geografia Comarcal de Catalunya*, vol. IV (l'Empordà), Barcelona.

BACHAMANN 1980
H. G. Bachamann, "Early copper smelting techniques in Sinai and the Negev as deduced from slag investigations", P. T. CRADDOK (ed.) *Scientific Studies in Early Minig and Extractive Metallurgy*, British Museum Research Laboratory, Occasional Paper núm. 20, London, pp. 103-134.

BAILEY 1968
A. R. Bailey, *Introducción a la metalografía práctica*, Metallurgical Services Laboratories Ltd., Betchworth.

BALLBÉ et al. 1986
Ballbé et al., "Distribución del espacio en el poblado ibérico de la Penya del Moro en Sant Just Desvern (Baix Llobregat)", *Arqueología espacial*, núm. 9, Teruel, pp. 303-320.

BARBAZA, 1988
Y. Barbaza, *El paisatge humà de la Costa Brava*, Edicions 62, 2 vols., Barcelona (1a ed. 1966).

BARBERÀ 1968
J. Barberà, "La necrópolis ibérica de Cabrera de Mar (Col. Rubió de la Serna)", *Ampurias*, XXX, Barcelona, pp. 97-150.

BARBERÀ 1969-1970
J. Barberà, "La necròpolis ibèrica de Cabrera de Mar (excavació 1968-1969)", *Ampurias*, XXXI-XXXII, Barcelona, pp. 169-189.

BARBERÀ et al. 1960-1961
"El poblado prerromano del Turó de Can Olivé de Cerdanyola (Barcelona)", *Ampurias*, XXII-XXIII, pp. 183-210.

BARBERÀ, MORRAL, SANMARTÍ 1979
J. Barberà, E. Morral, E. Sanmartí, "La Penya del Moro de Sant Just Desvern (Barcelona)", *Quaderns de Treball*, núm. 1, Barcelona, p. 61.

BARRANDON 1980
J. N. Barrandon, "Apport des méthodes physiques à l'étude des mines et métaux antiques", *Mines et fonderies antiques de la Gaule*, CNRS, París, pp. 281-291.

BAUZÀ 1874
F. Bauzà, "Breve reseña geológica de la provincia de Gerona", *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, I, pp. 1-7, Madrid.

BELTRÁN 1959
A. Beltrán, "Notas sobre los moldes para fundir bronces de Cabezo de Monleón", *VI Congreso Nacional de Arqueología*, Oviedo, pp. 149-151.

BENOIT 1948
F. Benoit, "Soufflets de forge antiques", *Revue d'Etudes Anciennes*, Annales de la Faculté des Lettres de Bordeaux, L, pp. 305-308.

BENOIT 1965
F. Benoit, "Recherches sur l'hellénisation du Midi de la Gaule", *Annales de la Faculté des Lettres d'Aix-en-Provence*, Nouvelle Série, vol. 43, Ophys Ed., Aix-en-Provence.

BLANCH 1865
N. Blanch, *Crónica de la provincia de Gerona*, Crónica General de España, Ronchi-Vitturi-Grilo eds., Madrid.

BLANCO ET AL. 1970
A. Blanco et al., "Excavaciones arqueológicas en el Cerro Salomón - Ríotinto, Huelva"; *Anales de la Universidad Hispalense*, Serie Filosofía y Letras, núm. 4, Publicaciones de la Universidad de Sevilla.

BOARDMANN 1978
J. Boardmann, *Athenian Black Figure Vases*, The World of Art Library, Thames & Hudson, Norwich.

BOSCH GIMPERA 1915-1920
P. Bosch Gimpera, "La cultura ibèrica", *Anuari de l'Institut d'Estudis Catalans*, VI, Barcelona, pp. 593-693.

BOSCH GIMPERA 1932
P. Bosch Gimpera, *Etnologia de la Península Ibèrica*, Ed. Alpha, Barcelona.

BROTHWELL, HIGGS 1980 (Comp.)
D. Brothwell, E. Higgs, *Ciencia en arqueología*, Fondo de Cultura Económica, Madrid.

BUXÓ, ET AL. 1992
R. Buxó, "L'Illa d'en Reixac (Ullastret): mètode d'excavació i sistema informàtic de registre", I. G. TROCOLI, R. SOSPEDRA (eds.) *Harris Matrix: sistemes de registre en arqueologia*, 2 vols., Publicacions de l'Estudi General de Lleida, col. El fil d'Ariadna - Història, 9, Pagès Editors, Lleida, pp. 133-183.

BURILLO 1980
F. Burillo, *El Valle Medio del Ebro en Época Ibérica (Contribución a su estudio en los ríos Huerva y Jiloca Medio)*, Institución "Fernando el Católico", núm. 751, Zaragoza.

CALDERÓN 1910
S. Calderón, *Los minerales de España*, 2 volums, Madrid.

CALVO 1972
F. A. Calvo, *Metalografía práctica*, Ed. Alhambra S.A., Madrid.

CAPASSO 1986
L. Capasso, "La medicina nell'Antiquità", *Archeo-Dossier*, núm. 13, Istituto Geografico Agostini, Novara, pp. 22-27.

CARANDELL 1942
J. Carandell, "El Bajo Ampurdán", *Boletín de la Universidad de Granada*, núm. 71, pp. 375 ss.

CASAS, SANMARTÍ 1980
J. Casas, E. Sanmartí, "El camí d'Empúries. Aproximació a la xarxa viària de l'Empordà", *Informació Arqueològica*, núm. 33-34, pp. 59-63.

CAVALHEIRO 1989
J. Cavalheiro, "O ferro na antiguidade", *Arqueologia*, núm. 19, pp. 124-132.

CLAUSTRES 1951
G. Claustres, "Stratigraphie de Ruscino", *Etudes Roussillonnaises*, pp. 135-196.

COGHLAN 1960
H. H. Coghlan, "Prehistorical working of bronze and arsenical copper", *Sibrium*, V, pp. 145-152.

COGHLAN 1975
H. H. Coghlan, "Notes on the Prehistoric metallurgy of copper and bronze in the Old World", *Occasional Papers on Technology*, núm. 4, Pitt Rivers Museum-University of Oxford, Penniman & Blackwood eds., Oxford (1a ed. 1951).

COJA, DUPONT 1979
M. Coja, M. Dupont, *Histria V. Atéliers Céramiques*, CNRS, París.

COLES 1981
J. Coles, *Archeologia Sperimentale*, Longanesi & Co., Milà.

COLOMINAS 1945-1946
J. Colominas, "El poblado ibérico del Turó de la Rovira", *Ampurias*, VII-VIII, Barcelona, pp. 184-209.

COLLIS 1990
J. Collis, *La Edad del Hierro en Europa*, ed. Labor, Barcelona.

CORRAL 1986
M. Corral, "Actividades comunitarias y privadas durante las edades del Metal. Un ejemplo: la metalurgia", *Arqueología Espacial*, núm. 8, Teruel.

COURBY 1922
F. Courby, *Les vases grecs à reliefs*, Boccard Ed., París.

CRADDOCK, HUGHES (eds.) 1985
P. T. Craddock, M. J. Hughes, *Furnaces and smelting technology in Antiquity*, British Museum Research Laboratory, Occasional Paper, núm. 48, Londres.

CRADDOCK, MEEKS 1987
P. T. Craddock, N. D. Meeks, "Iron in ancient copper", *Archaeometry*, núm. 29-2, pp. 187-204.

CRADDOCK, MEEKS 1988
P. T. Craddock, N. D. Meeks, "Iron in copper", G. SPERL (ed.) *The first iron in the Mediterranean*, Populonia-Piombino, 1983, PACT, núm. 21, Estrasburg, pp. 119-130.

CUADRADO 1963
E. Cuadrado, "Precedentes y prototipos de la fíbula anular hispànica", *Trabajos de Prehistoria*, VII.

CUESTA, RAMADA 1987
F. Cuesta, F. X. Ramada, "L'assentament ibèric de la Bigorra, Sant Quirze del Vallès (Vallès Occidental). Avanç de resultats", *Arraona*, núm. 1, pp. 9-14.

CURA 1976-1978
M. Cura, "Aportaciones al conocimiento del proceso de iberización en el interior de Catalunya", *Ampurias (Simposi Internacional Els orígens del Món Ibèric)*, XXXVIII-XL, Barcelona, pp. 331-342.

DAREMBERG, SAGLIO 1875
Daremberg, Saglio, *Dictionnaire des antiquités grecques et romaines*, 8 vols., Hachette et fils eds., París.

DAUGAS, TIXIER 1976
J. P. Daugas, L. Tixier, "Essai de technologie et de typologie des fibules annulaires ibériques", *Cypsela*, II, pp. 121-143.

DD.AA. 1970
DD.AA., *Himera I (Campagne di scavo 1963-1965)*, Istituto di Archeologia - Università di Palermo, Roma.

DD.AA. 1975
DD.AA., *Le Languedoc au premier Age du Fer (Journées d'Etudes de Sète)*, Fédération Archéologique de l'Hérault, Seta.

DD.AA. 1976
DD.AA., *Actes VIème Colloque International sur les Bronzes Antiques*, Annales de l'Université Jean Moulin, Lió.

DD.AA. 1977
DD.AA, *Actes du XLIX Congrès de la Fédération Historique du Languedoc méditerranéen et du Roussillon (Mines et mineurs en Languedoc - Roussillon et régions voisines de l'antiquité à nos jours)*, Montpeller.

DD.AA. 1982
DD.AA., *Les excavacions arqueològiques a Catalunya en els darrers anys*, Generalitat de Catalunya, Excavacions Arqueològiques a Catalunya, núm. 1, Barcelona.

DD.AA. 1983
DD.AA., *Arqueologia a Catalunya, dades per una síntesi*, Generalitat de Catalunya, Barcelona.

DD.AA. 1985 (FOLCH, R. dir.)
DD.AA., *Història Natural dels Països Catalans*, Enciclopèdia Catalana, S A, Barcelona.

DD.AA. 1985a
DD.AA., "Arqueología del País Valenciano: panorama y perspectivas (Actas de las 1as Jornadas de Arqueología de la Universidad de Alicante)", *Lucentum*, Universidad de Alicante.

DD.AA. 1987
DD.AA., *Plumbum Nigrum. Producción y comercio del plomo en Hispania, Museo Nacional de Arqueología Marítima y Centro Nacional de Investigaciones Arqueológicas Submarinas*, Ministerio de Cultura, Cartagena.

DD.AA. 1988
DD.AA., *Memòries arqueològiques a la Comunitat Valenciana 1984-1985*, Generalitat Valenciana, Conselleria de Cultura, Educació i Ciència, València.

DD.AA. 1988a
DD.AA., *Memòria d'activitats 1982-1988 del Centre de Conservació i Restauració de Béns Culturals Mobles de la Generalitat de Catalunya*, Generalitat de Catalunya, Barcelona.

DD.AA. 1989
DD.AA., *Minería y metalurgia en las antiguas civilizaciones mediterráneas y europeas*, 2 vols., Ministerio de Cultura, Madrid.

DD.AA. 1989b
DD.AA., Actes du Colloque International de Nemours

Nature et Fonction des Foyers Préhistoriques, *Mémoires du Musée de Préhistoire d'Ile de France*, 1987, Nemours.

DD.AA. 1989c
DD.AA., *Pré-actes du Colloque International Habitats et structures domestiques en Méditerranée Occidentale durant la Protohistoire*, Arles-sur-Rhône, 19-21 oct.

DD.AA. (mecanografiat)
DD.AA.,Metal·lúrgia del ferro: arqueologia, tecnologia i difusió, PACT/Museu de l'Hospitalet, 1989.

DECHELETTE 1910-1914
J. Dechelette, *Manuel d'archéologie Préhistorique, Celtique et Gallo-romaine*, 2 vols., Picard et fils Ed., París.

DELIBES et al. 1989
G. Delibes et al., "Almizaraque (Almería): minería y metalurgia calcolíticas en el sureste de la Península Ibérica", *Minería y metalurgia en las antiguas civilizaciones mediterráneas y europeas*, Madrid 1985, ICRBC / Ministerio de Cultura, Madrid, pp. 81-95.

DIRECCIÓN GENERAL DE MINAS Y COMBUSTIBLES 1946
Dirección General de minas y combustibles, *Bibliografía minera española*, Bolaños y Aguilar S. L., Madrid, pp. 101-105.

DOMERGUE 1987
C. Domergue, *Catalogue des mines et des fonderies antiques de la Péninsule Ibérique*, Publications de la Casa de Velázquez, Série Archéologie - VIII, Diffusion Boccard, 2 vols., Madrid.

DURAN, HUNTINGFORD, DÍEZ 1987
M. Duran, E. Huntingford, J. J. Díez, *Montcada i el seu entorn: Guia Històrico-Artística*, Estudis Monogràfics del Museu de Montcada, núm. 1, ed. Museu "Les Maleses" de Montcada i Reixac, Barcelona.

EHRENCHEICH 1985
R. M. Ehrencheich, "Trade, technology and the ironworking community in the Iron Age of Southern Britain", *BAR*, British Series, Oxford.

EIROA 1981
J. J. Eiroa, "Moldes de arcilla para fundir metales procedentes del Castro Hallstáttico de El Royo (Soria)", *Zephyrus*, Universidad de Salamanca, XXXII-XXXIII, pp. 181-193.

FAIVRE 1956
R. Faivre, "Les méthodes modernes d'analyse physico-chimique du fer et des alliages ferreux", *Annales de l'Université de Nancy Colloque International Le Fer à Travers les Ages*, Nancy, 1955, Hommes et Techniques, Nancy, pp. 567-582.

FLETCHER 1968
D. Fletcher, "Esquema general sobre la economía del pueblo íbero", *Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia (Iª Reunión de Historia de la Economía Antigua de la Península Ibérica)*, núm. 5.

FONT-ALTABA 1988
M. Font-Altaba, *Atlas de Mineralogía*, ed. Jover, Barcelona.

FORBES 1950
M. J. Forbes, *Metallurgy in Antiquity*, Brill, Leiden.

FORBES 1964
R. J. Forbes, *Studies in ancient technology*, Brill, Leiden.

FRANCAIX, HURTEL 1980
J. Francaix, L. Hurtel, "L'analyse des objects métalliques anciens (par spectroscopie d'émission dans l'ultraviolet)", *Dossiers de l'Archéologie*, núm. 42, pp. 8-12.

FRONTINI, et al. 1989
P. Frontini, *La metallurgia dalle origini all'Età del Ferro*, Comune di Milano, Milà.

GALE, et al. 1985
N. H. Gale, "Copper sources and copper metallurgy in the Aegean Bronze Age", CRADDOCK, P. T., HUGHES, M. J. (eds.) *Furnaces and smelting technology in Antiquity*, British Museum Research Laboratory, Occasional Paper, núm. 48, Londres, pp. 81-101.

GALLART 1991
J. Gallart, *El dipòsit de bronzes de Llavorsí, Pallars Sobirà*, Excavacions Arqueològiques a Catalunya, 10, Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya, Barcelona.

GALLART, JUNYENT 1989
J. Gallart, E. Junyent, *Un nou tall estratigràfic a la Pedrera, Vallfogona de Balaguer, Térmens*, la Noguera, Lleida, Quaderns del Departament de Geografia i Història de l'Estudi General de Lleida, núm. 3, Espai/Temps, Lleida.

GALLART, ROVIRA LLORENS 1990
J. Gallart, S. Rovira Llorens, "Llavorsí, estudio arqueometalúrgico de un depósito de la Edad del Bronce", *Revista de Arqueología*, núm. 108, eds. Zugarto, Madrid, pp. 8-15.

GARCÍA CARCEDO 1984
F. García Carcedo, "El análisis de estructuras y la arqueología", *Primeras Jornadas de Metodología de Investigación Prehistórica*, Soria, 1981, Ministerio de Cultura, pp. 325-339.

GASULL, et al. 1986
P. Gasull, "Resultat de les excavacions arqueològiques portades a terme a Castellruf (Martorelles, Vallès Oriental)", *Tribuna d'Arqueologia 1984-1985*, Generalitat de Catalunya, Barcelona, pp. 53-62.

GENÍS (inèdit)
M. T. Genís, *Els objectes lítics ibèrics*, tesi de llicenciatura, Universitat Autònoma de Barcelona.

GENÍS 1984
M. T. Genís, "Estudio técnico de los objetos líticos en

el mundo ibérico basado en los poblados de Puig de Sant Andreu (Ullastret) y Puig Castellet (Lloret de Mar), provincia de Gerona", *Primeras Jornadas de Metodología de Investigación Prehistórica*, Soria, 1981, Ministerio de Cultura, Madrid.

GENÍS 1985
M. T. Genís, "Els objectes lítics ibèrics d'Ullastret i Puig Castellet", *Cypsela*, V, pp. 107-123.

GENÍS 1986
M. T. Genís, "Cap a una tipologia dels molins d'època ibèrica a Ullastret", *Faventia*, núm. 8/2, Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona, 1986.

GIL 1973
M. Gil, "Restos funerarios ibéricos en las provincias de Castellón y Valencia", *Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia*, núm. 9, València, pp. 29-47.

GIL ROMO 1888
D. Gil Romo, *Reseña histórica de las minas de la comarca ampurdanesa, su estado actual y medios de fomentar su explotacion a gran escala*, Imprenta y Encuadernación de Manuel Llach, Girona.

GONZÁLEZ PRATS 1982
A. González Prats, "La Peña Negra IV. Excavaciones en el Sector VII de la ciudad orientalizante 1980-1981", *Noticiario Arqueológico Hispánico*, núm. 13, Madrid, pp. 305-418.

GOSSE 1942
G. Gosse, "Las minas y el arte minero en España", *Ampurias*, IV, pp. 58-68.

GRACIA 1981-1982
F. Gracia, "Estudio espectroscópico de objetos de bronce procedentes de la sección estratigráfica del corte J (Campo Alto Vicente Sagrera. Ullastret)", *Pyrenae*, núm. 17-18, pp. 303-314.

GRACIA (inèdit)
F. Gracia, *Mobiliario metálico en bronce ibèrico del Puig de Sant Andreu, Ullastret*, tesi de llicenciatura, Universitat de Barcelona.

GRANDJEAN 1985
Y. Grandjean, "Tuyères ou supports?", *Bulletin de Correspondance Hellénique*, núm. 109, pp. 265-279.

GREAVES, HWRIGTON 1979
R. H. Greaves, H. Hwrigton, *Metalografía microscópica práctica*, ed. Urmo, Bilbao.

GRENIER 1934-1985
A. Grenier, *Manuel d'Archéologie Gallo-romaine*, vol. II, Grands Manuels Picard (1a ed. 1934).

HARRISON, 1989
R. J. Harrison, *España en los albores de la historia (Iberos fenicios y griegos)*, Ed. Nerea S.A., Madrid.

HARRISON, PRIEGO, QUERO 1975
R. J. Harrison, M. Priego, S. Quero, "New evidence for bell beaker copper metallurgy in Spain", *Antiquity*, XLIX, Londres, pp. 273-278.

HARRISON, CRADDOCK, HUGHES 1981
R. J. Harrison, P. T. Craddock, M. Hughes, "A study of the Bronze Age metalwork from the Iberian Peninsula in the British Museum", *Ampurias*, XLIII, pp. 113-179.

HARTWIN 1896
P. Hartwin, "Une Gigantomachie sur un canthare de l'Acropole d'Athènes", *Bulletin de Correspondance Hellénique*, núm. 20, pp. 364-373 i pl. VII.

HODGES 1958-1959
H. H. Hodges, "The Bronze Age moulds of the British Isles I", *Sibrium*, IV, pp. 129-137.

HODGES 1960
H. H. Hodges, "The Bronze Age moulds of the British Isles II", *Sibrium*, V, pp. 153-162.

HUGHES, COWELL, CRADDOCK 1976
M. J. Hughes, M. R. Cowell, P. T. Craddock, "Atomic absorption techniques in archaeology", *Archaeometry*, núm. 18-1, Londres.

IGME 1972
IGME, *Mapa Previsor de Mineralizaciones de Cobre*, Mapas Metalogenéticos de España, E. 1:1.500.000, Madrid.

IGME 1972
IGME, *Mapa Previsor de Mineralizaciones de Estaño*, Mapas Metalogenéticos de España, E. 1:1.500.000, Madrid.

IGME 1972
IGME, *Mapa Previsor de Mineralizaciones de Hierro*, Mapas Metalogenéticos de España, E. 1:1.500.000, Madrid.

IGME 1972
IGME, *Mapa Previsor de Mineralizaciones de Plomo - Zinc*, Mapas Metalogenéticos de España, E. 1:1.500.000, Madrid.

IGME 1983
IGME, *Mapa geológico de España (E. 1:50.000; Full 296-Torroella de Montgrí)*, Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía, Madrid.

JONES (trad.) 1988
H. J. Jones, *The Geography of Strabo (III-V)*, Loeb Classical Library, núm. 50, Cambridge, Londres (1a ed. 1923).

JOVANOVIC 1985
B. Jovanovic, "Smelting of copper in the Eneolithic period of the Balkans", CRADDOCK, P. T., HUGHES, M. J. (eds.) *Furnaces and smelting technology in Antiquity*, British Museum Research Laboratory, Occasional Paper, núm. 48, Londres, pp. 117-121.

JULLY 1968
J. J. Jully, "Le marché du métal en Méditerranée Occidentale au premier Age du fer: sémites et étrusques", *Opuscula Romana*, núm. 6, pp. 27-55.

JULLY 1979
J. J. Jully, "Koiné commerciale et culturelle phénico-punique et ibero-languedocienne en Méditerranée Occidentale à l'Age du Fer", *Archivo Español de Arqueología*, núm. 48, CSIC - IEA, Madrid, pp. 22-90.

JUNYENT 1978
E. Junyent, "Problemática general de la Iberización en la Cataluña Interior", *Ampurias, Simposi Internacional Els Orígens del Món Ibèric*, XXXVIII-XL, Barcelona, pp. 177-185.

JUNYENT, BALDELLOU 1972
E. Junyent, V. Baldellou, "Estudio de una casa ibérica en el Poblado de Mas Boscà", *Príncipe de Viana*, núm. 126-127, Pamplona, pp. 5-68.

KEESMANN, NIEMEYER 1989
I. Keesmann, H. G. Niemeyer, "Un centro primitivo de la elaboración de hierro en la factoría fenicia de Toscanos", *Minería y metalurgia en las antiguas civilizaciones mediterráneas y europeas*, ICRBC- Ministerio de Cultura, Madrid 1985, 1989, pp. 99-108.

LACQUINI, LANGERON 1985
M. Lacquini, M. Langeron, *Manual de Microscopia*, ed. Labor, Madrid.

LALTEN 1982 (dir.)
S. Lalten, *Byrsa II (Rapports préliminaires des fouilles 1977-1978. Niveaux et vestiges puniques)*, Ecole Française de Rome, París-Roma.

LASHERAS, SÁNCHEZ 1969
J. M. Lasheras, J. M. Sánchez, *Conocimiento de materiales*, eds. Cerel, Barcelona.

LEONI 1984
M. Leoni, *Elementi di metallurgia applicata al restauro delle opere d'arte*, Ministero per i Beni Culturali e Ambientali/ Opificio delle Pietre Dure e Laboratori di Ristauro, Opus Libri, Florència.

LÓPEZ et al. 1989
J. B. López et al., "L'Illa d'en Reixac (Ullastret) - Resultats provisionals de les campanyes d'excavació 1987-1988", *Tribuna d'Arqueologia 1988-1989*, Generalitat de Catalunya, Barcelona, pp. 89-97.

LÓPEZ et al. (inèdit)
J. B. López, *L'Illa d'en Reixac, Ullastret. Memòria d'excavacions 1987-1989*, 3 vols.

LÓPEZ et al. (inèdit a)
J. B. López, *L'Illa d'en Reixac. Informe campanya setembre 1987*.

LÓPEZ et al. (inèdit b)
J. B. López, *L'Illa d'en Reixac 1988. Informe campanya setembre-octubre*.

LÓPEZ et al. (en premsa)
J. B. López, "Illa d'en Reixac-Ullastret: campanyes d'excavació 1987 i 1988", *Empúries*, núm. 50, Barcelona.

LLANOS 1978
A. Llanos, "El Bronce Final y la Edad del Hierro en Alava, Guipúzcoa i Vizcaya", *2n. Col·loqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà Els Pobles Pre-romans del Pirineu*, Institut d'Estudis Ceretans, Puigcerdà, pp. 119-128.

LULL 1983
V. Lull, *La cultura de El Argar. Un modelo para el estudio de las formaciones económico-sociales prehistóricas*, ed. Akal, Madrid.

MADDIN, MUHUY, WHEELER 1977
R. Maddin, J. D. Muhuy, T. S. Wheeler,"Cómo empezó la Edad del Hierro", *Investigación y Ciencia*, núm. 15, Madrid, pp. 92-99.

MALTESE 1985
C. Maltese, *Las técnicas artísticas*, Manuales Arte Cátedra, eds. Cátedra, Madrid.

MALUQUER 1945-1946
J. Maluquer, "Las culturas hallstátticas en Cataluña", *Ampurias*, VII-VIII, Barcelona, pp. 164-177.

MALUQUER DE MOTES 1954-1958
J. Maluquer de Motes, "El yacimiento hallstáttico de Cortes de Navarra. Estudio Crítico I", Diputación Foral de Navarra, Príncipe de Viana, *Excavaciones en Navarra*, Pamplona.

MALUQUER, MUÑOZ, BLASCO 1960
J. Maluquer, A. M. Muñoz, F. Blasco, *Cata estratigràfica en el poblado de la Pedrera, en Vallfogona de Balaguer, Lérida*, UB-Instituto de Arqueología, Barcelona.

MALUQUER 1969
J. Maluquer, "Los fenicios en Catalunya", *V Symposium de Prehistoria Peninsular Tartessos y sus problemas*, Jerez de la Frontera, 1968, Barcelona, pp. 241-250.

MALUQUER 1972
J. Maluquer, *Proceso histórico-económico de la primitiva población peninsular*, UB-Instituto de Prehistoria y Arqueología, Barcelona.

MALUQUER et al. 1986
J. Maluquer et al., *Arquitectura i urbanisme ibèrics a Catalunya*, Institut d'Arqueologia i Prehistòria, Universitat de Barcelona.

MALUQUER 1987
J. Maluquer, *Història de Catalunya*, vol. I, ed. Gran Enciclopèdia Catalana, Barcelona.

MARÉCHAL 1957
J. R. Maréchal, "Histoire de la métallurgie", *OGAM*, t. IX, núm. 49.

MARÉCHAL 1969
J. R. Maréchal, "Fabrication du fer et de l'acier", *OGAM*, XXI, fascs. 1-6, pp. 275-291.

MARÉCHAL 1982
J. R. Maréchal, "Thermodynamique des scories gallo-romaines", *Mines et fonderies antiques de la Gaule*, Toulouse, 1980, París, pp. 305-318.

MARÉCHAL 1983
J. R. Maréchal, "La préhistoire de la métallurgie et ses prolongements", *Revue Archeologie Sites*, hors série núm. 14, Avinyó.

MARÉCHAL 1988
J. R. Maréchal, "Il passaggio della metallurgia del rame a quella del ferro", SPERL, G. (ed.) *The first iron in the Mediterranean*, Populonia-Piombino, 1983, *PACT*, núm. 21, Estrasburg, pp. 25-32.

MARTÍN COSTEA, RUIZ ZAPATERO 1980
A. Martín Costea, G. Ruiz Zapatero, "La metalurgia del hierro en el poblado protohistórico de Vallipón (Teruel)", *Revista de metalurgia*, núm. 1, CENIM.

MARTÍN 1976
M. A. Martín, "Ullastret", *IXème Congrès UISPP, Livret Guide*, Niça, pp. 281-293.

MARTÍN 1979
M. A. Martín, "El yacimiento indígena prerromano de Mas Castellà de Pontós (Girona)", *XV Congreso Nacional de Arqueología*, Saragossa, pp. 677-690.

MARTÍN 1983
M. A. Martín, "Darrers treballs a les excavacions d'Ullastret: la Necròpoli de Serra de Daró", *Ciència*, núm. 24, vol. III pp. 46-47.

MARTÍN 1984
M. A. Martín, "El Puig de Serra, a Serra de Daró: una necròpoli d'Ullastret", *Tribuna d'Arqueologia 1982-1983*, Generalitat de Catalunya, Barcelona, pp. 93-95.

MARTÍN 1985
M. A. Martín, *Ullastret (Poblat ibèric)*, Guies de jaciments arqueològics, Generalitat de Catalunya-Diputació de Girona, Barcelona.

MARTÍN 1986
M. A. Martín, "El poblamiento ibérico en el Empordà", *Iberos. Primeras Jornadas sobre el Mundo Ibérico*, Jaen, pp. 19-30.

MARTÍN 1989
M. A. Martín, "Los asentamientos durante la E. del Hierro en el Norte de Catalunya", *Pré-Actes du Colloque International Habitats et Structures domestiques en Méditerranée Occidentale pendant la Protohistoire*, Arles-sur-Rhône, pp. 106-109.

MARTÍN (inèdit)
M. A. Martín, *Memòria de les campanyes d'excavació de 1981 a 1983 a l'Illa d'en Reixac, Ullastret (Baix Empordà)*, inèdit.

MARTÍN (inèdit a)
M. A. Martín, *Memòria d'excavacions a la necròpolis de El Puig de Serra, Serra de Daró.*

MARTÍN, SANMARTÍ 1976-1978
M. A. Martín, E. Sanmartí, "Aportación de las excavaciones de la Illa d'en Reixac al conocimiento del fenómeno de la iberización en el Nte. Cataluña", *Ampurias, Symposium Internacional Els Orígens del Món Ibèric*, XXXVIII-XL, Barcelona, pp. 431-447.

MAS, PALLÍ, BACH 1989
J. Mas, L. Pallí, J. Bach, "Geologia de la Plana del Baix Empordà", *Estudis del Baix Empordà*, núm. 8, Institut d'Estudis del Baix Empordà, Sant Feliu de Guíxols, pp. 5-43.

MATA PERELLÓ 1990
J. M. Mata Perelló, *Els Minerals de Catalunya*, Institut d'Estudis Catalans, Barcelona.

MATAS 1986
J. Matas, Els estanys eixuts, *Quaderns de la Revista de Girona*, núm. 7, Sèrie: Guies, núm. 4, ed. Dip. Girona, Girona.

MATTUSCH 1977
C. C. Mattusch, "Bronze and ironworking in the Area of the Athenian Agora", *Hesperia*, núm. 46-4, Princeton, pp. 340-379.

MATTUSCH 1977
C. C. Mattusch, "Corinthian Metalworking: The Forum Area", *Hesperia*, núm. 46-4, Princeton, pp. 380-389.

MAYA, DÍEZ CORONEL, PUJOL 1975
J. L. Díez Coronel, A. Pujol, "La necrópolis tumular de incineración de Pedrós, Serós (Lérida)", *XIII Congreso Nacional de Arqueología*, Huelva, 1973, Saragossa, pp. 611-622.

MOESTA (en premsa)
H. Moesta, "Survey of the principles of working sulphidic copper ores", SPERL (dir.) *Archeologia e Metallurgia Storica del Rame*, Ravello.

MOHEN 1980
J. P. Mohen, *L'Age du Fer en Aquitanie (s. VIII-III aC)*, Mémoires de la Société Préhistorique Française, t. 14.

MOHEN 1990
J. P. Mohen, *Métallurgie préhistorique (Introduction à la paléométallurgie)*, col. Préhistoire, Masson, París.

MONTERO, CONSUEGRA, ROVIRA 1988
I. Montero, S. Consuegra, S. Rovira, "Arqueometalurgia. Fuente auxiliar de la Historia", *Revista de Arqueología*, núm. 85, eds. Zugarto, Madrid.

MORA 1985
J. R. Mora, "Un molde de escoplo y varilla de Záforas

(Caspe, Zaragoza)" *Bajo Aragón Prehistoria*, VI, Saragossa, pp. 147-194.

MORRIS 1985
S. P. Morris, "Lásana: a contribution to the ancient greek kitchen", *Hesperia*, núm. 54-4, pp. 393-409.

MOSCATI 1986
S. Moscati, "Le nuove fontiere dell'arqueologia (Analisi chimiche e fisiche)", *Archeo-Dossier*, núm. 18, Istituto Geografico Agostini, Novara.

MOSS 1924-1927
R. J. Moss, "A chemical examination of the crucibles in the collection of Irish antiquities of the Royal Irish Academy", *Proceedings of the Royal Irish Academy*, núm. 37, Dublín, pp. 175-193.

NAVARRO 1970
R. Navarro, *Las Fíbulas en Catalunya*, UB- Instituto de Prehistoria y Arqueología, Publicaciones Eventuales, núm. 16, Barcelona.

NIEMEYER 1982
H. J. Niemeyer, "Die phonizier niederlasung Toscanos: eine Zwischenbilanz", *Phönizier im Westen*, Mainz.

NOLLA, CASAS 1984
J. M. Nolla, J. Casas, *Carta Arqueològica de les comarques de Girona. El poblament d'època romana al NE de Catalunya*, CIAG, Diputació de Girona, Girona.

ODDY, SWADDLING 1985
W. A. Oddy, J. Swaddling, "Illustrations of metalworking furnaces on greek vases", CRADDOCK, P. T., HUGHES, M. J. (eds.) *Furnaces and Smelting Technology in Antiquity*, Occasional Paper, núm. 48, British Museum, Londres, pp. 43-57.

OLIVA 1949
M. Oliva, "Bronces de cirugía ampuritanos en el Museo de Gerona", *Annals de l'Institut d'Estudis Gironins*, IV, pp. 186-193.

OLIVA 1954
M. Oliva, "Actividades de la Comisaría Provincial de Excavaciones Arqueológicas de Gerona en 1954", *Anales del Instituto de Estudios Gerundenses*, IX, pp. 271-326.

OLIVA 1958
M. Oliva, "Actividades de la Delegación Provincial del Servicio Nacional de Excavaciones Arqueológicas de Gerona en 1957-1958", *Anales del Instituto de Estudios Gerundenses*, XII, pp. 319-337.

OLIVA 1967
M. Oliva, *Ullastret. Guía de las excavaciones y su museo*, Diputación Provincial de Gerona, Girona, 2a ed.

OLIVA 1968
M. Oliva, "Nuevo importante yacimiento prerromano en el Ampurdán: el poblado de Puig Castellar (Pontós, Gerona)", *Pyrenae*, 4, Barcelona, 1968, pp. 171-174.

OLIVA (inèdit)
M. Oliva, *Las excavaciones arqueológicas en el yacimiento prerromano de Ullastret, Bajo Ampurdán (Gerona)*, tesi doctoral UB, 1969.

OLIVA 1970
M. Oliva, *Ullastret. Guía de las excavaciones y su museo*, Diputación Provincial de Gerona, Girona (3a. ed. ampl.).

OLIVA 1971
M. Oliva, "XX Campañas de excavaciones en Ullastret (Gerona). La Illa d'en Reixac y exploraciones a extramuros de la ciudad", *Revista de Gerona*, núm. 54, Diputación Provincial de Gerona, pp. 77-87.

OLIVA 1976
M. Oliva, "Excavaciones arqueológicas en el yacimiento prerromano de Ullastret - Bajo Ampurdán (Gerona)", *Noticiario Arqueológico Hispánico*, Arqueología IV, Madrid, pp. 733-799.

PALOL 1958
P. de Palol, *La necrópolis hallstáttica de Agullana*, Bibliotheca Praehistorica Hispánica, núm. 1, Madrid.

PAUTREAU 1989
J. P. Pautreau, "The transition from Bronze Age to Iron Age in France: economic, cultural and spiritual change", STIG SORENSEN, M. L., THOMAS, R. (eds.) The Bronze Age-Iron Age Transition in Europe (aspects of continuity and change in European societies c. 1200 to 500 BC), *BAR*, International Series, 483, Oxford, pp. 204-262.

PELLA FORGAS 1883
Pella Forgas, *Historia del Ampurdán*, Luis Tasso y Serra Imp., Barcelona (2a ed. facsímil, Aubert Imp., Olot, 1980).

PENNIMAN, ALLEN, WOTTON 1958-1959
T. K. Penniman, I. M. Allen, A. Wotton, "Ancient metallurgical furnaces in Great Britain to the end of the Roman occupation", *Sibrium*, IV, pp. 97-127.

PERICOT et al. 1952
L. Pericot et al., "La labor de la Comisaría Provincial de Excavaciones Arqueológicas de Gerona (1942-1948)", *Informes y Memorias*, núm. 27, Madrid, pp. 88-156.

PLA BALLESTER 1968
Pla Ballester, "Instrumentos de trabajo ibéricos en la región valenciana", a DD.AA. *Estudios de economía antigua de la Península Ibérica*, ed. Vicens Vives, Barcelona 1968, pp. 143-190.

PLEINER 1980
R. Pleiner, "Early Iron metallurgy in Europe", WERTIME, TH. A., MUHLY, J. D. (eds.) *The Coming of the Age of Iron*, Yale University Press, New Haven-Londres, pp. 375-415.

PLEINER 1988
R. Pleiner, "Investigation into the quality of the earliest iron in Europe", SPERL, G. (ed.) *The first iron in the*

Mediterranean, Populonia-Piombino 1983, *PACT*, núm. 21, Estrasburg, pp. 33-36.

PLEINER (en premsa)
"La nascita della metallurgia e gli inizi dell'Età europea del Ferro", SPERL, G. (ed.) *Arqueologia e Metallurgia Storica del Ferro*, Ravello-Elba-Populonia, 1989.

PLINI EL VELL, *De Naturalis Historiae*, XXXIII.

PONS 1974
E. Pons, "Los inicios de la Edad del Hierro en el Alt Empordà i sus contactos", *Revista de Gerona*, núm. 67, pp. 41- 49.

PONS 1981-1982
E. Pons, "Procediments de fabricació dels primers objectes de ferro trobats a l'Empordà", *Pyrenae*, núm. 17-18, Barcelona, pp. 287-298.

PONS 1983
E. Pons, "Introducció aproximativa de la metal·lúrgia del ferro antic a Catalunya", *Annals de l'Institut d'Estudis Gironins (Homenatge a Carles Rahola)*, XXVI, pp. 45-61.

PONS 1984
E. Pons, *L'Empordà de l'Edat del Bronze a l'Edat del Ferro (1100-600 aC)*, CIAG, Sèrie Monogràfica núm. 4, Girona.

PONS 1986
E. Pons, "Origin of the villages. Iron metallurgy in l'Empordà (Girona, Spain)", *The social and economic contexts of technological change (The World Archaeological Congress)*, Allen & Unwin Eds., Southampton-Londres.

PONS 1986-1987
E. Pons, "El principio de la metalurgia del hierro en Catalunya", *Zephyrus*, XXXIX-XL, pp. 251-263.

PONS 1989
E. Pons, "The beginning of the First Iron Age in Catalonia, Spain", STING SORENSEN, M. L., THOMAS, R. (eds.) The Bronze Age-Iron transition in Europe (aspects of continuity and change in European societies c. 1200 to 500 B), *BAR*, International Series, 483, Oxford, pp. 112-136.

PONS, TOLEDO, LLORENS 1981
E. Pons, A. Toledo, J. M. Llorens, *El recinte fortificat ibèric de Puig Castellet*, Diputació Provincial de Girona, CIAG, Sèrie Monogràfica núm. 3, Girona.

PUIG I CADAFALCH 1915-1920
J. Puig i Cadafalch, "La colònia grega d'Empúries", *Anuari de l'Institut d'Estudis Catalans*, pp. 694-712.

PUJOL 1989
A. Pujol, *La población prerromana del extremo nordeste peninsular (Génesis y desarrollo de la cultura ibérica en las comarcas gerundenses)*, CSIC, publ. UAB, 2 vols., Bellaterra.

PY 1984
M. Py, La Liquière-Calvisson, Gard. Village du premier Age du Fer en Languedoc Oriental, *Revue Archéologique Narbonnaise, supp. 11*, CNRS, París.

RAMIN 1977
J. Ramin, "La technique minière et métallurgique des anciens", *Latomus*, núm. 153, Brussel·les.

RANCOULE 1988
G. Rancoule, "Remarques sur le sort du mobilier funeraire dans les sepultures de l'Age du Fer en Languedoc Occidental", *7è Col·loqui d'Arqueologia de Puigcerdà. Prehistòria i Arqueologia de la Conca del Segre (Homenatge a Maluquer)*, Puigcerdà, pp. 159-182.

RAURET 1976
A. M. Rauret, *La metalurgia del bronce en la Península Ibérica durante la Edad del Hierro*, UB-Instituto de Arqueología y Prehistoria, Publicaciones Eventuales, núm. 25, Barcelona.

RAURET 1985
A. M. Rauret, "L'espectroscòpia aplicada a l'arqueologia", *Tribuna d'Arqueologia 1983-1984*, Generalitat de Catalunya, Barcelona, pp. 19-25.

RIURÓ 1960-1961
F. Riuró, "El poblado de la Creueta", *Ampurias*, XXII-XXIII, pp. 117-131.

ROVIRA HORTALÀ, SOLÍAS 1991
M. C. Rovira Hortalà, J. M. Solías, "Iron minery and metallurgy in the lower course of the river Llobregat (NE Spain) during the Iberic and Roman Republican period", *Materialy Archeologiczne International Simposium on Archaeometallurgy*, Ameliowka, pp. 53-57.

ROVIRA LLORENS 1985
S. Rovira Llorens, "Métodos analíticos aplicados al estudio y conservación de materiales arqueológicos", *Revista de Arqueología*, núm. 47, eds. Zugarto, Madrid, pp. 13-19.

ROVIRA LLORENS 1987
S. Rovira Llorens, "Algunos aspectos de la tecnología metalúrgica en el Bronze Final y la Edad del Hierro", *Boletín de la Asociación Española de Amigos de la Arqueología*, núm. 23, Madrid, pp. 53-57.

ROVIRA LLORENS 1989
S. Rovira Llorens, "Arqueología y arqueometalurgia", *Boletín de la Asociación Española de Amigos de la Arqueología*, núm. 27, Madrid, pp. 45-50.

ROVIRA LLORENS 1989a
S. Rovira Llorens, "Arqueometalurgia", *A distancia*, UNED, Madrid, juny 1989, pp. 50-53.

ROVIRA LLORENS, 1989b
S. Rovira Llorens, "Examen de laboratorio de la Fuente del Gandul (Sevilla)", *Archivo Español de Arqueología*, núm. 62, pp. 219-224.

ROVIRA LLORENS et al. 1984
S. Rovira Llorens et al., "Análisis metalográfico de las piezas de bronze procedentes del Peñón de la Reina (Alboloduy, Almería)", *Primeras Jornadas de Metodología de Investigación Prehistórica*, Ministerio de Cultura, Soria 1981-1984, pp. 341-368.

ROVIRA LLORENS, CONSUEGRA, MONTERO 1987
S. Rovira Llorens, S. Consuegra, I. Montero, "Estudio arqueometalúrgico de materiales de Tejada la Vieja", *Huelva Arqueológica*, IX, Diputación Provincial de Huelva, pp. 223-234.

ROVIRA PORT, SANMARTÍ 1983
J. Rovira Port, E. Sanmartí, "Els orígens de l'Empúries precolonial i colonial", *Informació Arqueològica*, núm. 40, pp. 95-110.

ROTHEMBERG, BLANCO 1980
B. Rothemberg, "Ancient copper mining and smelting at Chinflon (Huelva, SW Spain)", P. T. CRADDOCK ed. *Scientific Studies in Early Minig and Extractive Metallurgy*, British Museum Research Laboratory, Occasional Paper, núm. 20, Londres, pp. 41-62.

ROTHEMBERG, ANDREWS, KEESMAN 1986
B. Rothemberg, Ph. Andrews, I. Keesman, "Monte Romero September 1986 - The discovery of a unique Phoenician silver smelting workshop in south-west Spain", *IAMS Newsletter*, núm. 9, Londres, pp. 1-4.

RUBIÓ DE LA SERNA 1888
J. Rubió de la Serna, "Noticia de una necrópolis anteromana", *Memorias de la Real Academia de la Historia*, XI, Imprenta y fundición M. Tello, Madrid.

RUIZ DE ARBULO 1984
J. Ruiz de Arbulo, "Emporion y Rhode. Dos asentamientos portuarios en el Golfo de Roses", *Arqueología Espacial*, núm. 4, Teruel, pp. 115-140.

RUIZ DE ARBULO 1989
J. Ruiz de Arbulo, "Soportes y toberas. Los ejemplares de Emporion", *Archivo Español de Arqueología*, núm. 62, pp. 315-324.

RUIZ ZAPATERO 1979
G. Ruiz Zapatero, "El Roquizal del Rullo: aproximación a la secuencia cultural y cronología de los Campos de Urnas del Bajo Aragón", *Trabajos de Prehistoria*, núm. 36, CSIC, Madrid, pp. 275-282.

RUIZ ZAPATERO 1985
G. Ruiz Zapatero, *Los Campos de Urnas del N.E. de la Península Ibérica*, Universidad Complutense, Madrid.

SANAHUJA 1971
M. E. Sanahuja, "Instrumental de hierro agrícola e industrial de la época íbero-romana en Cataluña", *Pyrenae*, VII, pp. 61-110.

SANMARTÍ, NOLLA, AQUILUÉ 1984
E. Sanmartí, J. M. Nolla, J. Aquilué, "Les excavacions a l'àrea del parking de la Neàpolis d'Empúries (informe preliminar)", *Empúries*, núm. XLV-XLVI, pp. 110-153.

SANMARTÍ, PADRÓ 1978
E. Sanmartí, J. Padró, "Ensayo de aproximación al fenómeno de la iberización en las comarcas meridionales de Cataluña", *Ampurias (Simposi Internacional Els Orígens del Món Ibèric)*, XXXVIII-XL, Barcelona, pp. 157-175.

SANMARTÍ et al. 1982
E. Sanmartí et al., "Les troballes funeràries d'Època Ibèrica Arcaica de la Granja Soley (Sta. Perpètua de Mogoda, Vallès Occidental - Barcelona)", *Ampurias*, XLIV, pp. 71-104.

SCHUBART 1985
H. Schubart, "El asentamiento fenicio del s. VIII aC en el Morro de Mezquitilla (Algarrobo, Màlaga)", *Aula Orientalis*, 3, pp. 59-83.

REIMANN (en premsa)
Reimann, "Mineralogical methods for the investigation of slags from ancient and medieval iron smelters", SPERL, G. (ed.) *Arqueologia e metallurgia storica del ferro*, Ravello-Elba-Populonia.

SERRA RÀFOLS 1924
J. de C. Serra Ràfols, "Els començos de la mineria i la metal·lúrgia del coure a la Península Ibèrica", *Butlletí de l'Associació Catalana d'Antropologia, Etnologia i Prehistòria*, vol. II, Barcelona, pp. 147-186.

SERRA RÀFOLS 1945-1946
J. de C. Serra Ràfols, "El poblado indiketa de Ullastret", *Ampurias*, VII-VIII, Barcelona, pp. 359-365.

SERRA RÀFOLS 1968
J. de C. Serra Ràfols, "Notes sobre la indústria del ferro a Catalunya abans de la romanització", *Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia (I.ª Reunión de Economía Antigua de la Península Ibérica)*, València, pp. 9-21.

SERRA RÀFOLS 1974
J. de C. Serra Ràfols, "Las relaciones comerciales entre Iberia y Grecia durante la Segunda Edad del Hierro", *Simposium Internacional de Colonizaciones*, Barcelona, pp. 24-221.

SERRA VILARÓ 1915-1920
J. Serra Vilaró, "Mina i fundició d'aram del primer període de l'Edat del Bronze de Riner", *Annals de l'Institut d'Estudis Catalans*, Barcelona, pp. 535-538.

SERRA VILARÓ 1935
J. Serra Vilaró, *Escornalbou prehistòrich*, Castell de St. Miquel d'Escornalbou.

SCHULTEN 1920
A. Schulten, *Hispania (Geografía, Etnología, Historia)*, Tipografía La Académica de Serra y Rusell, Barcelona.

SCHULTEN 1963
A. Schulten, *Geografía y etnografía antiguas de la*

Península Ibérica, vol. II, CSIC - Instituto Rodrigo Caro, Madrid.

SHEPHERD 1980
J. Shepherd, *Prehistoric mining and allied industries*, Londres.

SINGER, HOLMYARD, HALL 1967
Ch. Singer, E. Holmyard, A. R. Hall (eds.), *A history of tecnology*, vol. X, Oxford.

SIRET 1890
E. i L. Siret, *Las primeras edades del metal en el Sudeste de España*, Barcelona.

SNODGRASS 1980
Snodgrass, "Iron and early metallurgy in the Mediterranean", WERTIME, TH. A., MUHLY, J. D. (eds.) *The Coming of the Age of Iron*, Yale University Press, New Haven - Londres, pp. 335-374.

SOLANS 1990
J. Solans, "El beneficio de los metales en los tiempos históricos: técnicas metalúrgicas utilizadas", *V Jornades d'Arqueologia Medieval a Catalunya Noves Tendències en Arqueologia Medieval,* Universitat de Barcelona, pp. 59-63.

SPARKES, TALCOTT 1970
B. A. Sparkes, L. Talcott, *The Athenian Agora XII*, Black and plain pottery of the 6th. and 4 th. centuries BC, I, Princeton.

SPERL 1980
G. Sperl, "Metallografic examination of Bronze Age copper", *Metals Technology*, The Metals Society, Londres, pp. 212-217

SPERL 1988
G. Sperl (ed.), *The first iron in the Mediterranean, Populonia-Piombino, 1983*, PACT, núm. 21, Estrasburg.

SPERL (en premsa)
G. Sperl (ed.), *Archeologia e metallurgia storica del ferro*, Ravello-Elba-Populonia.

SPERL (en premsa)
G. Sperl, "The importance of trace elements in copper and its alloys", SPERL, G. (ed.) *Archeologia e metallurgia storica del rame*, Ravello.

SPERL, TYLECOTTE (en premsa)
G. Sperl, R. F. Tylecotte, "Fundamentals of copper metallurgy and the History of copper technology", *Archeologia e metallurgia storica del rame*, Ravello.

TAFFANEL, TAFFANEL 1978
O. Taffanel, J. Taffanel, "Les civilisations protohistoriques de la région Narbonnaise d'après les fouilles de Mailhac (Aude)", *2n. Col·loqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà (Els pobles pre-romans del Pirineu)*, Institut d'Estudis Ceretans, Puigcerdà, pp. 147-152.

TANELLI (en premsa)
G. Tannelli, "Minerali e giacimenti di ferro", SPERL, G. (ed.) *Archeologia e metallurgia storica del ferro*, Ravello-Elba-Populonia.

TANELLI, BENVENUTI (en premsa)
G. Tannelli, M. Benvenuti, "The copper ore deposits", *Archeologia e metallurgia storica del rame*, Ravello.

TARACENA, GIL 1951
B. Taracena, O. Gil, "Cortes de Navarra I", *Excavaciones en Navarra (separata de Príncipe de Viana)*, XLIV-XLV, Pamplona.

TARRADELL 1962
M. Tarradell, *Les arrels de Catalunya*, Vicens Vives, Barcelona.

TENDILLE 1978
C. Tendille, "Fibules protohistoriques de la région nîmoise", *Documents d'Archéologie Méridionale*, núm. 1, pp. 77-112.

TENDILLE 1980
C. Tendille, "Mobiliers métalliques protohistoriques de la région nîmoise: autres objets de parure et d'habillement (III)", *Documents d'Archéologie Méridionale*, núm. 3, pp. 95-124.

TENDILLE, 1981
C. Tendille, "Mobiliers métalliques protohistoriques de la région nîmoise: instruments de toilette et vaisselle (IV)", *Documents d'Archéologie Méridionale*, núm. 4, pp. 61-82.

TENDILLE 1982
C. Tendille, "Mobiliers métalliques protohistoriques de la région nîmoise: instruments et outils divers (V)", *Documents d'Archéologie Méridionale*, núm. 5, pp. 33-52.

TITE 1972
M. S. Tite, *Methods of Physical Examination in Archeology*, Seminar Press, Londres.

TYLECOTE 1962
R. F. Tylecote, *Metallurgy in Archaeology*, Edward Arnold Publishers Ltd., Londres.

TYLECOTE 1976
R. F. Tylecote, *A History of Metallurgy*, The Metals Society, Londres.

TYLECOTE 1987
R. F. Tylecote, *The early history of metallurgy in Europe*, Longman Inc., Nova York.

TYLECOTE, MERKEL 1985
R. F. Tylecote, J. F. Merkel, "Experimental smelting techniques: achivements and future", CRADDOCK, P. T., HUGHES, M. J. (eds.) *Furnaces and smelting technology in Antiquity*, British Museum Research Laboratory, Occasional Paper, núm. 48, Londres, pp. 3-20.

UGARTECHA et al. 1969
J. M. Ugartecha et al., "Castro de las Peñas de Oro (III Campaña de excavaciones - Agosto 1966)", *X Congreso Nacional de Arqueología*, Maó 1967, Saragossa, pp. 250-252.

VIDAL 1886
L. M. Vidal, *Reseña geológica y minera de la provincia de Gerona*, Imprenta y fundición de Manuel Tello, Madrid.

VILADEVALL 1979
M. Viladevall, "Estudio preliminar sobre las posibilidades metalogenéticas del ámbito catalán", *Acta Geológica Hispánica*, t. 14, pp. 113-116.

VILASECA 1943
S. Vilaseca, "El poblado y la necrópolis prehistóricos de Molà. Tarragona", *Acta Arqueológica Hispana*, vol. I, Madrid.

VILASECA, SERRA RÀFOLS, BRULL 1949
L. Vilaseca, J. de C. Serra Ràfols, L. Brull, Excavaciones del Plan Nacional en el Castellet de Bañolas-Tivisa (Tarragona), *Informes y Memorias*, núm. 20, Comisaría General de Excavaciones Arqueológicas/ Ministerio de Cultura, Madrid.

VILASECA, VILASECA 1957
S. Vilaseca, L. Vilaseca, "Una explotación minera prehistórica, La Solana del Bepo, Ulldemolins (Provincia de Tarragona)", *IV Congreso Nacional de Arqueología*, Burgos, 1955, Saragossa, pp. 135-139.

VILASECA 1973
S. Vilaseca, *Reus y su entorno en la prehistoria*, 2 vols., Asociación de Estudios Reusenses, Reus.

VILLARD 1960
F. Villard, *La céramique grecque de Marseille (VI-IV s.) (Essai d'Histoire économique)*, eds. Boccard, París.

VUAILLARD 1987
D. Vuaillard, *La paléométallurgie de la Franche-Comté. Age du Bronze et Age du Fer*, Annales Littéraires de l'Université de Besançon, Les Belles Lettres, París.

WALDBAUM 1978
J. Waldbaum, *From Bronze to Iron in the Eastern Mediterranean*, Studies in Mediterranean Archaeology, vol. LIV, Göteborg.

WATERBOLK, BUTLER 1965
H. T. Waterbolk, J. J. Butler, "Comments on the use of metallurgical analysis in prehistoric studies", *Helinium*, V, pp. 227-251.

WERTIME, MUHY 1980
Th. Wertime, J. D. Muhy (eds.), *The Coming of the Age of Iron*, Yale University Press, New Haven-Londres.

ZWICKDER et al. 1985
U. Zwickder et al., "Smelting, refining and alloying of copper and copper alloys in crucible furnaces during Prehistoric up to Roman times", CRADDOCK, P. T., HUGHES, M. J. (eds.) *Furnaces and smelting technology in Antiquity*, British Museum Research Laboratory, Occasional Paper, núm. 48, Londres, pp. 103-116.