

El coure balear: explotació a la prehistòria?

Laura Perelló
Bartomeu Llull
Bartomeu Salvà

Mayurqa (2009-2010), 33:
63-75

EL COURE BALEAR: EXPLOTACIÓ A LA PREHISTÒRIA?*

Laura Perelló Mateo**
Bartomeu Llull Estarellas**
Bartomeu Salvà Simonet***

RESUM: En aquest article s'ofereixen els resultats preliminars d'una sèrie de prospeccions geològiques destinades a localitzar mineralitzacions de coure a les Illes Balears i s'hi exposen les primeres analítiques. Els resultats obren una línia de recerca que en un futur permetrà respondre a la pregunta de si el coure de les Balears es va explotar o no dins la prehistòria.

PARAULES CLAU: arqueometal·lúrgia, mineral de coure, Illes Balears, reducció, escòria, vas-form, calcolític, edat del bronze.

ABSTRACT: This article offers the preliminary results of a series of geological digs conducted to locate copper mineralisations in the Balearic Islands and the first analyses. These results open up a future line of research that may provide answers to the questions of whether copper from the Balearic Islands was or was not exploited in prehistoric times.

KEY WORDS: Archaeometallurgy, copper ore, Balearic Islands, reduction, slag, crucible furnace, Chalcolithic, Bronze Age.

INTRODUCCIÓ

Encara que se suposa, de moment no està demostrat que el mineral de coure autòcton s'utilitzà per realitzar objectes de metall durant la prehistòria balear. I si hagués estat així, de quina manera i fins a quin punt es va utilitzar aquest recurs, o quines conseqüències va tenir la seva explotació, són preguntes que fins ara no s'han plantejat de manera sistemàtica dins un projecte amb continuïtat.

En aquest treball, es presenten uns primers resultats que serviran per marcar les línies a seguir en un futur projecte d'investigació. S'han realitzat una sèrie de prospeccions

* El present treball s'inscriu dins les línies de recerca del projecte I+D *Producing, Consuming, Exchanging. Exploitation of Resources and External Interaction of the Balearic Communities during the Late Prehistory* (HAR2008), del qual és investigador principal el Dr. Víctor Guerrero Ayuso, Departament de Ciències Històriques i Teoria de les Arts, Àrea de Prehistòria, Universitat de les Illes Balears.

** Universitat de les Illes Balears: <lauraperello@hotmail.com>; <b.llull@terra.es>.

*** Professor associat de la Universitat de les Illes Balears: <tomeusal@hotmail.com>. Departament de Ciències Històriques i Teoria de les Arts, Àrea de Prehistòria. Edifici Ramon Llull, carretera de Valldemossa km. 7.5, E-07071, Palma.

extensives que ja han començat a donar fruits prou interessants. En aquestes prospeccions s'han recollit mostres de minerals de coure de quinze punts diferents de Mallorca i de Menorca, amb la finalitat d'analitzar-les al laboratori. Els resultats obtinguts s'han comparat tant amb els d'analítiques d'escòries de reducció trobades a la serra de Tramuntana a Mallorca (Alcover [et al.] 2007; Ramis [et al.] 2005a, 2005b) com amb els de composició i amb metal·lografies de peces de metall de diversos jaciments prehistòrics.

METODOLOGIA

S'han realitzat una sèrie de prospeccions extensives per cercar, dins sòls del Triàsic, materials de fàcies Buntsandstein o fàcies Keuper; per a la seva localització ha estat clau la contínua consulta dels mapes metal·logenètics i geològics de l'IGME. Dins aquests sòls del secundari, s'han cercat mineralitzacions de coure, que pel color verd o blau dels carbonats superficials són fàcilment reconeixadors. Així mateix, per a aquestes prospeccions, s'ha tingut present en tot moment la proximitat de jaciments prehistòrics i s'ha utilitzat com a referència l'inventari arqueològic realitzat per Gabriel Pons (1999). Les fonts orals, els escrits dispersos i les publicacions de troballes arqueològiques que es poden relacionar amb la metal·lúrgia del coure, ja sigui en èpoques històriques com prehistòriques, també s'han tingut en compte. També s'han consultat amb assiduitat els treballs de Mascaró Pasarius (1962-1967, 1999) i s'han cercat connexions toponímiques amb activitats mineres o metal·lúrgiques.

Per als treballs de laboratori s'han fet servir les eines que la Universitat de les Illes Balears ha posat al nostre abast a les instal·lacions dels serveis científicotècnics. Concretament, hem utilitzat l'equip de microanàlisi R-X EDS Oxford Link ISIS,¹ amb el qual s'han efectuat les anàlisis de composició. Per realitzar les metal·lografies, s'ha utilitzat el microscopi electrònic de rastreig (SEM) Hitachi S530 i el microscopi òptic (MO) Olympus BX60. Les mostres de mineral s'embotiren dins motlles amb resina conductora de base de coure. Una vegada solidificada la resina, les mostres s'esmerilaren a fi d'aconseguir una superfície llisa i quedaren així llestes per al seu estudi.

Pel que fa als percentatges de coure, poden oscil·lar molt d'una mostra a una altra, i fins i tot dintre de la mateixa mostra, quan es tracta d'anàlisi de zones molt concretes. Per tant, els resultats s'han d'interpretar amb cura. És important tenir en compte que aquest estudi es dirigeix sobretot a examinar els minerals que acompanyen el coure dins la roca i no la quantitat d'aquest. La composició de la roca és la que donarà la informació per extreure conclusions sobre les facilitats o dificultats tecnològiques que existirien per separar el coure de la ganga. Igualment, seran aquests minerals que acompanyen el coure els que podran proporcionar la informació necessària per establir relacions entre la matèria primera, els productes i els subproductes.

¹ S'ha d'assenyalar que l'equip utilitzat per fer l'anàlisi de composició té dificultats per detectar elements minoritaris i es calcula que si la concentració d'un element és inferior a un 0,3% del seu pes total, aquest pot passar desapercbut. També hem d'aclarir que a l'espectre de composició global proporcionat per aquest equip, els valors del titani i del bari surten quasi superposats, cosa que fa difícil la seva identificació, a no ser que es faci un examen més acurat.

MINERALITZACIONS DE COURE A LES ILLES BALEARS

Encara que la serra de Llevant sembla una zona geològicament amb possibilitats, la majoria de les mostres foren recollides a la serra de Tramuntana entre materials del Keuper, exceptuant les del Port de Valldemossa i les de Banyalbufar, que són del Buntsandstein.

Abans de començar aquesta feina, ja teníem notícia de l'existència d'algunes de les mineralitzacions que aquí mencionam. Tal és el cas del mineral que es troba a les proximitats de la font Subauma, una de les zones més destacades, tant per la seva riquesa com per la gran quantitat de punts on aflora coure durant tot el camí dels Binis. La proximitat del poblat de navetes de Cals Reis fa que aquesta àrea sembli encara més interessant, ja que una futura intervenció arqueològica en aquest indret possiblement proporcionaria informació clau per resoldre molts dubtes relacionats amb la metal·lúrgia d'aquesta època. Al Port de Valldemossa (comunicació personal de Josep Ensenyat) també es coneixia l'existència de mineral de coure, així com al Clot de S'Aram, tal com el seu topònim suggereix. Per altra banda, en època contemporània es varen explotar certs indrets dels quals ens ha arribat informació escrita i oral, com les antigues mines de Sant Eloi a Mallorca i les del Toro i Alfurinet a Menorca (Crespí, Merino 1998). No obstant això, altres punts no estaven documentats, com Muleta, es Canyeret i Mortitx. Aquest darrer, al terme municipal d'Escorca, ha aportat dades interessants, ja que són d'aquí les escòries analitzades per altres equips (Alcover [et al.] 2007; Ramis [et al.] 2005a, 2005b) amb les quals s'han pogut establir una sèrie de relacions. Aquestes mineralitzacions es troben dins facies Keuper que van des de sa Caleta de Mortitx fins més enllà del torrent del mateix nom en direcció sud-oest, travessant el Rafal d'Ariant. El mineral de coure apareix de forma més o manco discontinua per tota la falla. En aquesta zona es varen identificar quatre punts amb una concentració més alta i es varen recollir mostres de tots, de les quals se n'han analitzat dues (taula 1). En el cas de Muleta, hauríem d'aclarir que el mineral s'ha trobat dispers a una zona on s'observen moviments de terra realitzats per a la preparació del terreny amb la finalitat d'edificar. Malgrat això, no hi ha cap dubte que no ha estat transportat d'altre lloc, ja que la terra simplement va ser remoguda per obrir camí a les màquines. Per tant, les coordenades que proporcionam (taula 2) no corresponen a la situació primària del mineral i queda pendent de concretar el lloc exacte d'origen.

Totes les mostres analitzades en aquest treball tenen en comú que són silicats o, en quantitat més petita, roques calcàries. En el cas de Mallorca, trobam coures carbonatats, mentre que a Menorca són sulfurs. Aquest fet es pot explicar fàcilment si es té en compte que les mostres de Menorca varen ser recollides a mines on s'explotaven, fins fa relativament poc, els sulfurs situats per davall del nivell hidrostàtic. El coure recollit a Mallorca procedeix de la superfície, on predominen els processos d'oxidació, hidroxidació i carbonatació. En el cas de les mines de Sant Eloi (Banyalbufar, Mallorca), es va recollir mineral en forma d'aturita i malaquita procedent dels nivells superiors.

Un altre tret que tenen en comú totes les mostres analitzades és la baixa quantitat de ferro, que arriba a un valor al voltant del 21% del pes en el cas més alt. Aquesta qüestió planteja importants preguntes d'índole tecnològica que es comentaran més endavant. També s'ha de destacar que a l'estudi detallat de les mostres es troba sovint la presència de baritina (sulfat de bari). Això explica l'aparició de petites quantitats de sofre i bari a les anàlisis globals (taula 1).

PRIMERES CONCLUSIONS

Les evidències arqueològiques demostren que la utilització del vas-forn² per a la reducció d'òxids de coure estava molt generalitzada durant el calcolític i l'edat del bronze a la península Ibèrica i al sud de França. Aquest consistia en una peça ceràmica de forma còncava on s'anava col·locant el mineral triturat mesclat amb carbó.³ A Mallorca hi ha evidències de la seva utilització a època calcolítica a Son Matge (Hoffman 1991, 1995; Waldren 1979, 1982) i al Velar d'Aprop (Calvo, Guerrero 2002; Carreras, Covas 1984), tot i els dubtes que presenten els contextos d'ambdós jaciments (Salvà inèdit). Per altra banda, durant l'edat del bronze, a alguns poblats o navetes aïllades com Hospitalet Vell (comunicació personal de Magdalena Salas i Damià Ramis), Closos de Can Gaià (Fornés [et al.] en premsa), Son Ferrandell-Olesa (Hoffman 1995), Son Mercer de Baix (Plantamor 1991) o Cala Blanca (Juan, Plantamor 1997) es duïen a terme activitats metal·lúrgiques. Prova d'això són les escòries o restes ceràmiques amb escorificacions, encara que en aquests moments no queda clar si tenen el seu origen en la reducció de mineral o en la fosa de metall.⁴

Per a la formació de coure metàl·lic, s'havia d'arribar a temperatures al voltant dels 850-900° C.⁵ Això no es cap problema dins forns del calcolític, on s'assolien temperatures relativament altes. Ho demostra, per exemple, l'existència d'alguns cristalls de delafossita a escòries prehistòriques (Rovira 2004). Aquests cristalls es formen a temperatures superiors als 1.100° C, dins un ambient oxidant. Segurament, aquestes temperatures devien ser puntuals i fluctuants i devien coincidir amb els moments en què s'aviven els calius mitjançant l'aportació d'oxigen, malgrat que no es devien mantenir d'una manera suficientment constant per fer baixar significativament la viscositat de l'escòria. A experiments recents de reducció de minerals de coure a forns oberts s'ha demostrat que és possible arribar puntualment a temperatures màximes al voltant dels 1.300° C (Hunt [et al.] 2001; Rovira [et al.] 2005). De tota manera, aquestes no són suficientment altes ni constants per obtenir una fluidificació de la ganga, a no ser que s'hi afegeixin fundents o que la ganga mateixa tingui elements que compleixin aquesta funció. Tot pareix apuntar que en aquests primers moments de la metal·lúrgia es feia una selecció molt acurada dels minerals i es perdia tal vegada més temps en la preparació d'aquest que en èpoques posteriors, quan la tecnologia de reducció ja era més avançada. L'escòria que es devia aconseguir amb aquest sistema devia ser poca i amb pèrdues altes de coure a causa de l'alta viscositat de la ganga, que devia dificultar la seva separació. Probablement, aquestes escòries es tornaven a utilitzar en una reducció següent, en què es trituraven i s'aprofitava el coure que contenien (Montero 1994, 229-230). En conseqüència, els subproductes relacionats amb les activitats

² La paraula composta vas-forn prové de la traducció directa del mot *vasija-horno*, àmpliament difós dins la terminologia castellana i que va utilitzar per primera vegada Salvador Rovira en el marc del *XIX Congreso Nacional de Arqueología* a Castelló l'any 1987 (Rovira 1989). A la bibliografia anglosaxona, normalment apareix amb el nom *crucible furnace*. Es diferencia del gresol emprat per a la fusió de metall en el fet que aquest és molt més obert, de mida més gran, i en el fet que la part interna de la peça ha suportat temperatures més altes que l'externa.

³ A alguns poblats calcolítics com Almizaraque (Almeria) o Las Angosturas (Granada) s'han trobat concentracions d'aquesta mescla dins d'un context d'activitats metal·lúrgiques (Rovira, Ambert 2002, 97).

⁴ És per això que és molt convenient la familiarització dels arqueòlegs amb els minerals de coure, ja que la recuperació de mineral en un d'aquests contextos ens podria aportar informació valuosa.

⁵ Ens referim a la reducció dels òxids, no a la temperatura de fusió del coure (1.083° C).

metal·lúrgiques d'aquesta època devien ser pocs i, a més, en haver-se triturat, difícils de recuperar. Aquest fet contrasta amb les grans quantitats d'escòries vítries localitzades a diversos llocs de la serra de Tramuntana.

Els treballs publicats anteriorment, en què es presentaven analítiques d'escòries de la zona de Mortitx (Alcover [et al.] 2007; Ramis [et al.] 2005a, 2005b), han servit per fer les primeres comparacions amb el mineral trobat per nosaltres a la mateixa zona i han donat uns resultats coincidents pel que fa a les composicions qualitatives. Un dels fets més significatius observat a les analítiques de minerals i d'escòries és el baix contingut en ferro. El FeO, normalment en quantitats al voltant del 45-70% (Gómez 1999, 67), actua com a fundent de la ganga a la reducció, tant si aquest forma part dels components que conformen la roca com si és afegit. Així s'aconsegueix una escòria faialítica de baixa viscositat i alta densitat a temperatures pròximes als 1.100-1.200° C. Amb el contingut tan baix en ferro detectat a les roques analitzades, no pareix possible aconseguir una escòria amb una viscositat suficientment baixa per separar el coure de la ganga amb efectivitat, a no ser que s'arribi a temperatures considerablement altes que segurament haurien de superar de molt els 1.300° C. De fet, aplicant el diagrama de fases ternari SiO₂-CaO-FeO a les escòries analitzades, aquestes cauen a regions de temperatures extremadament elevades, fins i tot superiors als 1.500° C. Però, si bé aquests diagrames són útils, s'han d'aplicar en compte sobre escòries arqueològiques, ja que les temperatures teòriques de fusió poden ser superiors a les reals (Gómez 1999, 42). Per tant, aquest és un tema pendent que no es pot aclarir fins que no es contrasti amb arqueologia experimental i proves de fusió d'escòries al laboratori. Ara per ara, el fet és que les escòries localitzades a la serra de Tramuntana que s'han analitzat tenen un baix contingut en ferro i en coure. Si a tot això hi afegim el seu aspecte vidriós i la seva homogeneïtat, tot pareix indicar que es va aconseguir una ganga en estat de fusió de baixa viscositat i d'alta densitat, de manera que es formà un silicat d'alt punt de fusió que difícilment s'hauria pogut assolir a un forn de reducció d'època calcolítica o de l'edat del bronze. Per tots aquests motius, no tenim del tot clar que aquestes escòries siguin calcolítiques (Ramis [et al.] 2005b, 44-45), encara que en cap moment es pot descartar aquesta possibilitat. Tal vegada les excavacions que es duen a terme al coval Simó i les futures analítiques de materials trobats en un context precís aclariran aquests dubtes.

A pesar de les evidents dificultats tecnològiques que suposa la reducció del mineral autòcton sense la utilització de fundents addicionals o infraestructures més o manco complexes, les dades que han aportat les analítiques de minerals fan pensar que tal vegada aquesta explotació sí que es va poder dur a terme durant el calcolític i l'edat del bronze balear. El fet és que, com ja s'ha dit abans, es troben petites quantitats de baritina a algunes de les mineralitzacions de Mallorca (fig. 1.1). Es té coneixement de continguts d'aquest element dins mineralitzacions de coure, per exemple a Gorny (Kargali, Rússia) (Rovira 1999). De tota manera, s'ha de dir que el sulfat de bari no és un element que es trobi normalment a les mineralitzacions de coure; per tant, aquest s'ha de tenir en compte a l'hora d'analitzar subproductes de reducció i metalls mallorquins. Precisament, la baritina podria explicar les característiques inclusions de sulfurs de coure (fig. 1.2) que es troben a moltes de les metal·lografies fetes a peces prehistòriques de Mallorca (Salvà inèdit). Aquestes inclusions obscures de forma arrodonida serien el resultat de la descomposició de la baritina; així, el sofre es deslligaria del bari i passaria a formar part tant de les escòries com del metall, tal com proposa Salvador Rovira (1999: 98-99) per a les inclusions de sulfur de coure en les escòries de Gorny.

Un altre fet a destacar és l'absència d'arsènic a totes les mostres de minerals que hem analitzat fins ara. Així i tot, no es pot extreure cap conclusió fins que no s'hagin loca-

litzat i analitzat més minerals de coure. Si aquest element no es trobàs en quantitats significatives, hauríem de reflexionar sobre la procedència de les peces de coure arsenicat i sobre totes les implicacions socials i econòmiques que podria representar el fet de la seva localització a les Illes.

OBJECTIUS FUTURS

Les dades fins ara presentades són el resultat actual d'un treball d'investigació a la seva fase inicial. Aquesta nova línia de recerca permetrà, a llarg termini, conèixer una part de la prehistòria balear fins ara poc estudiada. El que es pretén amb aquest projecte és arribar a aconseguir prou dades per assegurar, en primer lloc, si realment hi va haver, o no, una metal·lúrgia prehistòrica amb coure autòcton a les Balears. Això ens porta a intentar determinar amb seguretat la cronologia de les escòries localitzades fins ara a la serra de Tramuntana. Un altre punt que es pretén abastar, i també lligat a l'anterior, és arribar a conèixer el grau tecnològic assolit a totes les cadenes operatives relacionades amb les activitats metal·lúrgiques del coure durant les distintes fases de la prehistòria balear. En quart lloc, es pretén concretar si aquestes activitats varen poder suposar un impacte ecològic significatiu o no. I per acabar, pretenem avaluar les implicacions econòmiques, socials i ideològiques que va poder tenir la metal·lúrgia a les societats prehistòriques de les Illes.

Les vies d'actuació per aconseguir els objectius abans esmentats s'han de basar en el registre arqueològic, les analítiques fetes al laboratori i l'arqueologia experimental. En conseqüència, s'ha de seguir amb les prospeccions per tal de localitzar el màxim de vetes possibles de coure i recollir mostres de cada una d'aquestes mineralitzacions. Aquestes prospeccions també haurien de servir per a la localització i la consegüent excavació arqueològica d'indrets amb evidències d'activitats mineres o metal·lúrgiques prehistòriques. Les analítiques de composició dels distintes materials (minerals, subproductes de processos de reducció o fosa i objectes prehistòrics de metall) permetran establir relacions entre aquests. Si a aquestes hi afegim les anàlisis d'isòtops de plom, els resultats permetran identificar, amb un alt grau de seguretat, si una determinada peça de metall va ser elaborada amb materials d'una mineralització de coure autòctona concreta o, al contrari, si va ser fabricada amb matèria primera forana. Pel que fa a l'arqueologia experimental, les analítiques de tots els subproductes resultants d'aquesta aportarà una completa base de dades, la qual es podrà utilitzar per fer comparacions amb els materials arqueològics i permetrà veure si les deduccions fetes són correctes. Aquesta aproximació experimental a les tècniques utilitzades en totes les cadenes operatives segur que servirà per extreure profitoses conclusions.

AGRAÏMENTS

Volem expressar el nostre més sincer agraïment al Dr. Salvador Rovira Llorens i al Dr. Ferran Hierro Riu, per la seva ajuda i per la seva sempre constant disponibilitat envers nosaltres. També donam les gràcies a Jaume Deyà Miró, David Javaloyas Molina i Bartomeu Plomer per haver participat en algunes de les prospeccions.

BIBLIOGRAFIA

- ALCOVER, J. A.; TRIAS, M.; ROVIRA, S. (2007): «Noves balmes metal·lúrgiques a les muntanyes d'Escorca i de Pollença». *Endins* 31: 161-178.
- CALVO, M.; GUERRERO, V. M. (2002): *Los inicios de la metalurgia en Baleares. El Calcolítico (c. 2500-1700 cal. BC)*. El Tall, Palma de Mallorca.
- CARRERAS, J.; COVAS, J. (1984): «La ceràmica incisa a Santany. Avenç per a l'estudi dels seus jaciments: L'hàbitat d'es Velar (d'Aprop)». *Bolletí de la Societat Arqueològica Lul·liana* XL: 3-38.
- CRESPÍ, D.; MERINO, A. (1998): «Contribució al coneixement de les mines de coure situades en el Permo-Trias de Menorca». *Endins* 22: 119-123.
- FORNÉS, J.; MATAS, F.; SERVERA, G.; JAVALOYAS, D.; BELENGUER, C.; OLIVER, L.; SALVÀ, B. (en premsa): «Más que una casa. Los navetiformes de la Edad del Bronce balear». A: *IV Reunió internacional d'arqueologia de Calafell. L'espai domèstic i l'organització de la societat a la protohistòria de la Mediterrània occidental (Ier mil·lenni a. C.)*. Calafell, 6 - 10, març 2007. Calafell.
- GALE, N. H.; PAPASTAMATAKI, A.; STOS-GALE, Z. A.; LEONIS, K. (1985): Copper sources and copper metallurgy in the Aegean Bronze Age. A: CRADDOCK, P. T.; HUGHES, M. J. (ed.): *Furnaces and Smelting Technology in Antiquity*. British Museum, Occasional Paper, 48: 81-101.
- GÓMEZ, P. (1999): *Obtención de metales en la Prehistoria de la Península Ibérica*. BAR International Series 753, Archaeopress, Oxford.
- HOFFMAN, C. R. (1991): «The metals of Son Matge, Mallorca, Spain. Technology as cultural activity and behaviour». A: WALDREN, W. H.; ENSENYAT, J.; KENNARD, R. (ed.): *IInd Deya Conference of Prehistory. Archaeological Techniques, Technology and Theory*. BAR International Series 574, British Archaeological Reports, Oxford: 169-187.
- HOFFMAN, C. R. (1995): «The Making of Material Culture. The Roles of Metal Technology in Late Prehistoric Iberia». A: LILLIOS, K. T. (ed.): *The Origins of Complex Societies in Late Prehistoric Iberia*. Archeological Series 8, International Monographs in Prehistory, Michigan: 20-31.
- HUNT, M.; HURTADO, V.; GALLARDO, J. M.; POLVORINOS, A. (2001): «El valor de los ensayos experimentales para la interpretación de los restos arqueológicos prehistóricos». A: GÓMEZ, B.; RESPALDIZA, M. A.; PARDO, M. L. (ed.): *Actas del III Congreso Nacional de Arqueometría (Sevilla, Diciembre de 1999)*. Universidad de Sevilla, Sevilla: 533-542.
- IGC (1963): *Mapa Topográfico Nacional de España. Cala En Brut y Alaior. 645bis, 646*. 1:50.000. Instituto Geográfico y Catastral, Madrid.
- IGC (1965): *Mapa Topográfico Nacional de España. Cabo Menorca y Ciudadela. 617bis, 618*. 1:50.000. Instituto Geográfico y Catastral, Madrid.
- IGN (1985a): *Mapa Topográfico Nacional de España. Esporles. 670 III*. 1:25.000. Dirección General del Instituto Geográfico Nacional, Madrid.
- IGN (1985b): *Mapa Topográfico Nacional de España. Sóller. 670 II*. 1:25.000. Dirección General del Instituto Geográfico Nacional, Madrid.
- IGN (1985c): *Mapa Topográfico Nacional de España. Son Marc. 644 III*. 1:25.000. Dirección General del Instituto Geográfico Nacional, Madrid.
- IGME (1972): *Mapa Metalogenético de España. Mapa predictor de mineralizaciones de cobre*. 1:1.500.000. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- IGME (1974): *Mapa Metalogenético de España. Menorca, Ibiza-Formentera, 49-65*. 1:200.000. Servicio de Publicaciones, Ministerio de Industria, Madrid.
- IGME (1975): *Mapa Metalogenético de España. Mallorca-Cabrera, 57-66*. 1:200.000. Servicio de Publicaciones, Ministerio de Industria, Madrid.
- ITGE (1990a): *Mapa Geológico de España. Cala En Brut y Alayor. 646 42-25*. 1:25.000. Instituto Tecnológico GeoMinero de España, Madrid.

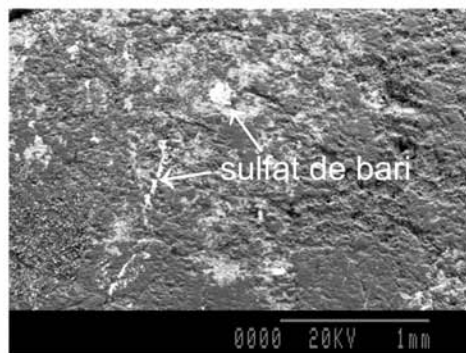
- ITGE (1990b): *Mapa Geológico de España. Cap Menorca y Ciutadella (Ciutadella)*. 617bis/618 III/III. 1:25.000. Instituto Tecnológico GeoMinero de España, Madrid.
- ITGE (1992a): *Mapa Geológico de España. Inca*. 671 39-26. 1:50.000. Instituto Tecnológico GeoMinero de España, Madrid.
- ITGE (1992b): *Mapa Geológico de España. Sóller*. 670 38-26. 1:50.000. Instituto Tecnológico GeoMinero de España, Madrid.
- ITGE (1992c): *Mapa Geológico de España. Sa Calobra, Pollensa, Cabo Formentor*. 743 38-25, 644 39-25, 645 40-25. 1:50.000. Instituto Tecnológico GeoMinero de España, Madrid.
- JUAN, G.; PLANTALAMOR, L. (1997): *Memòria de les excavacions a la naveta de Cala Blanca 1986-1993*. Treballs del Museu de Menorca, 21. Rao: Conselleria d'Educació, Cultura i Esports, Govern Balear.
- MASCARÓ, J. (1962-67): *Corpus de Toponimia de Mallorca: relación alfabética de los topónimos registrados en el Mapa General de Mallorca, Escala 1:31.250, Palma, 1952-1962*. Palma: Gráficas Miramar.
- MASCARÓ, J. (1999): *Mapa general de Mallorca*. 1:31.250. Palma: V. Colom.
- MONTERO, I. (1994): *El Origen de la Metalurgia en el Sureste Peninsular*. Almería: Instituto de Estudios Almerienses.
- PLANTALAMOR, L. (1991): *Larquitectura Prehistòrica i Protohistòrica de Menorca i el seu marc cultural*. Treballs del Museu de Menorca, 12. Raó: Conselleria d'Educació, Cultura i Esports, Govern Balear.
- PONS, G. (1999): *Anàlisi espacial del poblament al Pretalaiòtic Final i al Talaiòtic I de Mallorca*. Col·lecció la Deixa 2. Consell de Mallorca.
- RAMIS, D.; HAUPTMANN, A.; COLL, J. (2005a): «Réduction du minerai de cuivre dans la préhistoire de Majorque». A: AMBERT, P.; VAQUER, J. (ed.): *La première métallurgie en France et dans les pays limitrophes. Actes du colloque international, Carcassonne, 28-30 de septembre 2002*. Pôle éditorial archéologique de l'Ouest, Rennes: 217-224.
- RAMIS, D.; TRIAS, M.; HAUPTMANN, A.; ALCOVER, J. A. (2005b): «Metal·lúrgia prehistòrica del coure a les muntanyes d'Escorca-Pollença (Mallorca)». *Endins* 27: 19-46.
- ROVIRA, S. (1989): «Recientes aportaciones para el conocimiento de la metalurgia primitiva en la provincia de Madrid: un yacimiento Campaniforme en Perales del Río (Getafe, Madrid)». *Actas del XIX Congreso Nacional de Arqueología (Castellón 1987)*, vol. I. Saragossa: Universitat de Saragossa, 355-366.
- ROVIRA, S. (1999): «Una propuesta metodológica para el estudio de la metalurgia prehistórica: el caso de Gorny en la región de Kargaly (Orenburg, Rusia)». *Trabajos de Prehistoria* 56 (2): 85-113.
- ROVIRA, S. (2004): «Tecnología metalúrgica y cambio cultural en la Prehistoria de la Península Ibérica». *Norba. Revista de Historia* 17: 9-40.
- ROVIRA, S. (2005): «Utilisation expérimentale d'un four primitif pour fondre du minerai de cuivre». A: AMBERT, P.; VAQUER, J. (ed.): *La première métallurgie en France et dans les pays limitrophes. Actes du colloque international, Carcassonne, 28-30 de septembre 2002*. Pôle éditorial archéologique de l'Ouest, Rennes: 241-246.
- ROVIRA, S.; AMBERT, P. (2002): «Vasijas cerámicas para reducir minerales de cobre en la Península Ibérica y en la Francia Meridional». *Trabajos de Prehistoria* 59 (1): 89-105.
- SALVÀ, B. (inèdit): *Arqueometal·lúrgia prehistòrica a les Illes Balears. Repercussions socioeconòmiques*. Projecte de tesi, Universitat de Barcelona.
- WALDREN, W. (1979): «A Beaker Workshop area in the rock shelter of Son Matge, Mallorca». *World Archaeology* 11 (1): 43-67.
- WALDREN, W. (1982): *Balearic Prehistoric Ecology and Culture*. BAR International Series 149, British Archaeological Reports, Oxford.

LOCALITZACIÓ	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti/Ba	Fe	Cu
RAFAL D'ARIANT (ESCORÇA, MALLORCA) 6A	2,9	3,2	17,4	nd	3,5	57,3	1,3	1,9	12,5
RAFAL D'ARIANT (ESCORÇA, MALLORCA) 6A'	1,6	1,6	12,4	nd	1,8	60,9	1	1,7	19,1
COLL DE SA CALETA D'ARIANT (ESCORÇA, MALLORCA) 2C	6,6	13,1	56,7	nd	2	0,9	1,5	17,3	1,8
COLL DE SA CALETA D'ARIANT (ESCORÇA, MALLORCA) 2C'	5,5	12,3	50,1	nd	1,7	0,6	2	19,6	8,4
FONT SUBAUMA (ESCORÇA, MALLORCA) 2A	1,2	3,6	32	3,8	4	0,7	1,5	2,9	50,1
FONT SUBAUMA (ESCORÇA, MALLORCA) 2A'	1	2,5	24,5	16,5	3	0,4	3,1	8,1	40,6
CAMI DES BINIS (ESCORÇA, MALLORCA) 1B	0,9	7,8	39	6	6,7	2	3,7	1,9	32,1
CAMI DES BINIS (ESCORÇA, MALLORCA) 1B	1,1	8,1	40,4	5,2	7,2	2	5,5	2,3	28,2
CALS REIS (ESCORÇA, MALLORCA) 4A	1,4	1,3	81,4	0,8	1,4	1,1	1,1	0,9	10,9
CALS REIS (ESCORÇA, MALLORCA) 4A	1	7	76,3	0,4	2,3	2,4	2,2	0,5	7,8
MINA DE SANT ELOI (BANYALBUFAR, MALLORCA) 5A	5	7,5	84,8	nd	3,4	2,6	nd	0,6	0,6
MINA DE SANT ELOI (BANYALBUFAR, MALLORCA) 5A"	0,7	9,4	72,3	nd	1,3	3,5	nd	4,9	7,6
ES CANYARET 1 (SOLLER, MALLORCA) 1A	4,8	9,5	36,4	nd	1,2	1,7	2,7	10,9	32,7
ES CANYARET 1 (SOLLER, MALLORCA) 1A	5	11,8	48,7	nd	1,6	1,8	2,7	15,1	13,1
ES CANYARET 2 (SOLLER, MALLORCA) 5B	9,1	13	48,2	2,6	7,5	8,5	2,8	3,1	5,2
PORT DE VALLDEMOSSA (VALLDEMOSSA, MALLORCA) 4B	0,7	0,9	30	2,3	3	51,1	nd	1,8	9,5
PORT DE VALLDEMOSSA (VALLDEMOSSA, MALLORCA) 4B	1,1	0,4	47,8	1,4	0,6	40,5	nd	3,8	4,3
S'ARAM 1 (ESCORÇA, MALLORCA) 3B	6,5	8,2	57,8	nd	7,8	0,6	2,4	8,3	8,3
S'ARAM 1 (ESCORÇA, MALLORCA) 3B'	5,9	7,7	62,2	nd	6,9	0,8	2,3	7,1	7,2
S'ARAM 2 (ESCORÇA, MALLORCA) 3A	1,9	10,1	35,2	nd	9,6	0,5	3	11,7	27,9
S'ARAM 2 (ESCORÇA, MALLORCA) 3A'	1,4	4	41	nd	2,7	0,1	1,2	2,1	28,5
MULETA 1 (SOLLER, MALLORCA) 6B	4	1,4	36	nd	0,5	51,2	0,2	2,1	4,6
MINA DE SES COSTES DEL TORO (ES MERCADAL, MENORCA) 2B	2,5	0,6	1,8	31,1	1	9,3	0,5	0,5	52,7

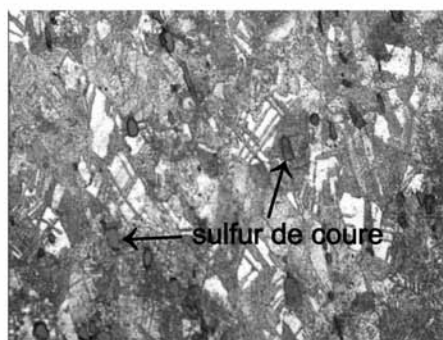
Taula 1

Localització	Mostra	Fus	X	Y	Anàlisi
ES CANYARET 1 (SOLLER, MALLORCA)	1A	31S	471361	4402885	sí
ES CANYARET 2 (SOLLER, MALLORCA)	5B	31S	471367	4402961	sí
RAFAL D'ARIANT (ESCORÇA, MALLORCA)	6A	31S	493060	4416407	sí
COLL DE SA CALETA D'ARIANT (ESCORÇA, MALLORCA)	2C	31S	493367	4416629	sí
SA CALETA D'ARIANT (ESCORÇA, MALLORCA)	—	31S	493502	4416733	no
SA CALETA D'ARIANT (ESCORÇA, MALLORCA)	—	31S	493574	4416787	no
MULETA 1 (SOLLER, MALLORCA)	6B	31S	472475	4404270	sí
MULETA 2 (SOLLER, MALLORCA)	—	31S	472464	4404222	no
CALS REIS (ESCORÇA, MALLORCA)	4A	31S	483843	4408381	sí
CAMI DES BINIS (ESCORÇA, MALLORCA)	—	31S	482395	4408085	no
CAMI DES BINIS (ESCORÇA, MALLORCA)	1B	31S	483639	4408386	sí
FONT SUBAUMA (ESCORÇA, MALLORCA)	2A	31S	482583	4408091	sí
PORT DE VALLDEMOSSA (VALLDEMOSSA, MALLORCA)	4B	31S	464894	4396840	sí
MINA DE SANT ELOI (BANYALBUFAR, MALLORCA)	5B	31S	456196	4391587	sí
S'ARAM 1 (ESCORÇA, MALLORCA)	3B	—	—	—	sí
S'ARAM 2 (ESCORÇA, MALLORCA)	3A	—	—	—	sí
MINA DE SES COSTES DEL TORO (ES MERCADAL, MENORCA)	2B	—	—	—	sí
PLA DE MAR (CIUTADELLA, MENORCA)	—	31T	582890	4434272	no

Taula 2



1



2

Taula 1. Anàlitzes de minerals. Valors expressats en % en pes d'elements (nd = no detectat).

Taula 2. Coordenades dels punts de recollida de mostres (Datum europeu de 1950).

Figura 1. (1) Imatge obtinguda per microscòpia electrònica de rastreig (SEM). En aquesta mostra de mineral recollida a la zona de Cals Reis (Escorca, Mallorca), podem observar el sulfat de bari.

(2) Imatge obtinguda per microscòpia òptica (x500). Petites inclusions de sulfur de coure visibles a la metal·lografia d'un punxó de bronze procedent de Son Matge (Valldemossa, Mallorca). Font: Projecte de tesi de Bartomeu Salvà

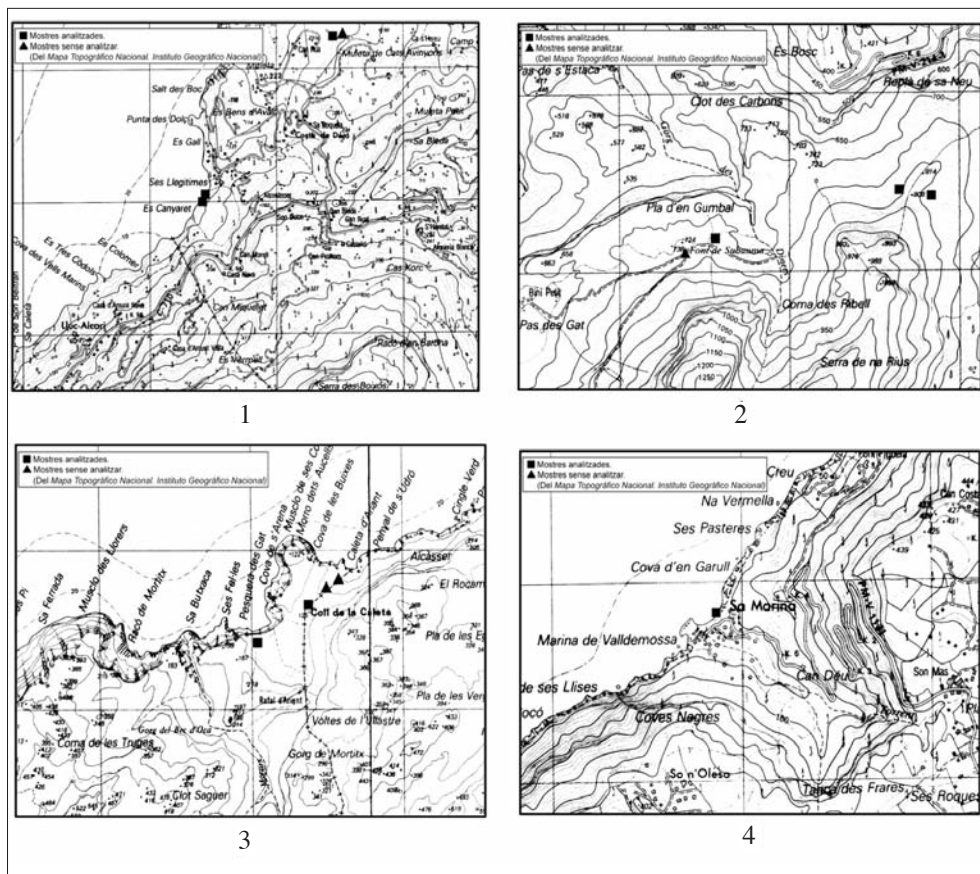


Figura 2. (1) Punts de recollida de mostres al terme municipal de Sóller (Mallorca). (2) Punts de recollida de mostres al terme municipal d'Escorca (Mallorca). (3) Punts de recollida de mostres al terme municipal d'Escorca (Mallorca). (4) Punts de recollida de mostres al terme municipal de Valldemossa (Mallorca).

