

NOVES DADES ARQUEOMETAL·LÚRGIQUES D'OBJECTES METÀL·LICS DE BASE COURE DISPOSITATS AL MUSEU D'ARQUEOLOGIA DE CATALUNYA-GIRONA

Arqueometal·lúrgia, anàlisi composicional, metal·lografia, destrala, alabarda, III-II mil·lenni cal ANE

Grup de Recerca Arqueològica del Nordest Peninsular – GRANEP¹

El presente estudio expone los resultados de los análisis espectrográficos (ED-XRF) y metalográficos realizados sobre un grupo de útiles y armas metálicas del III^{er} – II milenio cal ANE. A partir de los datos obtenidos y en conjugación con los existentes en el resto de la Península Ibérica y países vecinos, se incide en el conocimiento tecnológico metalúrgico de las comunidades prehistóricas.

Arqueometal·lúrgia, anàlisi composicional, metal·lografia, hacha, alabarda, III^{er} – II milenio cal ANE.

This study presents the results of spectrographic (ED-XRF) and metallographic analysis on a group of copper based metallic tools and weapons from IIIrd – IInd millennia cal ANE. Data obtained is related with the information of all Iberian Peninsula and neighbouring countries. Our main objective is to contribute technological knowledge of the prehistoric communities.

Archaeometallurgy, Compositional analysis, Metallography, axe, halberd, IIIrd – IInd millennia cal ANE

Cet étude présente les résultats des analyses spectrographiques (ED-XRF) et métallographiques effectuées sur un petit group d'outils et d'armes métalliques du III^e-II^e millénaire cal ANE. Les données obtenues sont mis en relation avec ce qui existe dans le reste de la Péninsule Ibérique et les pays voisins. L'objectif c'est incrémenter la connaissance autour la technologie des communautés préhistoriques.

Archéométablurgie, analyses compositionnels, métallographie, hache, hallebarde, III^e-II^e millénaire cal ANE

La finalitat d'aquest treball és presentar una part dels resultats obtinguts en la línia d'estudi arqueometal·lúrgic dins un projecte de recerca més ampli². Aquests es refereixen a un total de tres artefactes dipositats al Museu d'Arqueologia de Catalunya a Girona, tots ells de tipologies diferents: una destrala plana, una destrala de vorells i una alabarda. Els tres objectes provenen de troballes fortuïtes en la província de Girona. Els anàlisis que s'han realitzat han estat de dos tipus. En primer lloc, un anàlisi composicional per Espectro-

metria de Fluorescència de Raigs X (ED-XRF). Aquest l'ha dut a terme Ignacio Montero a l'Institut de Història del CSIC (Madrid) mitjançant un espectròmetre Metorex X-MET 920 per energia dispersa de raigs X³. En segon lloc només s'ha rebut l'autorització per a realitzar una metal·lografia a la zona del tall d'una de les peces (destrala plana del Pla de Girona). La mostra ha estat atacada amb clorur fèrric i àcid clorhídric en solució aquosa. Aquesta part ha anat a càrrec de Salvador Rovira del Museo Arqueològic Nacional (Madrid).

1.- GRANEP està integrat pels investigadors Paz Balaguer, Emiliano Hinojo, Camila Oliart i Ignacio Soriano

2.- "Periodització de l'Edat del Bronze al Vallès i zones limítrofes (finals del III^{er} - inicis del II^{er} mil·lenni cal ANE): aplicació de noves tècniques per la seva delimitació cronològica i caracterització socioeconòmica" subvencionat per la Fundació Caixa Sabadell i la Generalitat de Catalunya (2006-ACOM-00041).

3.- Els anàlisis realitzats amb el nou espectròmetre són comparables amb els realitzats dins el "Proyecto Arqueometal·lúrgia de la Península Ibérica" mitjançant un KeveX Mod. 7000. L'única diferència, detectada en peces de coure i coure arseniat, recau en una actual sobrevaloració de l'arsènic en un 0,5% (Montero/Rovira en premsa)

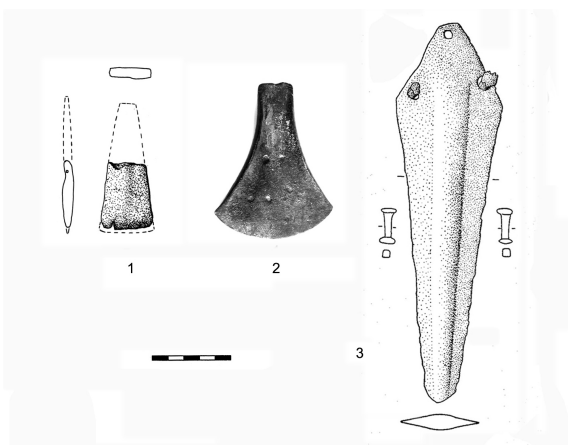


Figura 1. Artefactes metàl·lics analitzats. 1. Destral plana del Pla de Girona. 2. Destral de vorells de Puigcerdà. 3. Alabarda del Carrer Maragall n° 26 (Girona) (segons Monteagudo 1977, fig. 4 n° 76 i Brandherm 2003, fig. 96 n° 1376).

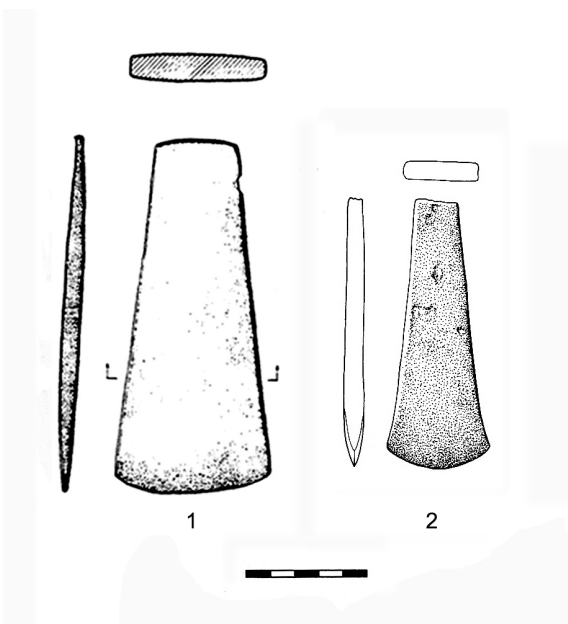


Figura 2. Destrals planes. 1. Cova Josefina d'Escornalbou (Riudecanyes, Baix Camp). 2. Castell d'Aro (Baix Empordà) (segons Martín *et al.* 1999, fig. 5 n° 1 i Monteagudo 1977, fig. 30 n° 566E)

DESTRAL PLANA (PA 12595)

Va ser localitzada de forma fortuïta al Pla de Girona i donada a conèixer per Lluís Pericot (1923: 58-59). Tot i trobar-se fragmentada en la seva part proximal és possible reconèixer la seva morfologia. Es tracta d'una destral de vores rectilínies i forma trapezoidal, molt similar a altres exemplars localitzats a jaciments catalans com Castell d'Aro (Baix Empordà) o a la Cova Josefina d'Escornalbou (Riudecanyes, Baix Camp) (Bosch Gimpera 1919, 162; Serra Vilaró 1925, 18-19) (Fig. 1 i 2). Va ser també inclosa en els estudis més amplis de Martí Jusmet (1969-1970, 117) i Monteagudo (1977, 31).

L'anàlisi espectrogràfic mostra com a element majoritari el coure amb presència destacable d'antimoni (1,5%), plata (2,45%) i plom (0,37%) (Fig. 3). Elements volàtils com l'antimoni poden veure reduïda la seva presència pels diferents processos tèrmics soferts pel metall (reducció, fosa, recuit). Però d'altres, com la plata i el plom, s'eliminen amb major dificultat. L'elevada presència de plata i, en menor mesura, de plom podrien doncs estar indicant el tipus de mena emprada per l'obtenció del metall. Actualment, no hi ha cap objecte metàl·lic prehistòric o resta associada al procés metal·lúrgic a Catalunya amb aquesta proporció de plata (Rovira/Montero/Consuegra, 1997). En canvi, sí existeixen semblances importants amb les composicions dels artefactes del sud de França, caracteritzats per la presència de plata, antimoni i plom, i originaris de la formació geològica Tardi-Herciniana. En concret, presenten major similitud amb els conjunts A3 de Cabrières (Hérault) del jaciment de Pioch Farrus 448 i amb el conjunt B de la zona d'Alès-Andouze als jaciments de Cambous (Hérault) i La Rouquette (Gard) (Ambert 1999, 206-208; Happ *et al.* 1994). Tot i que aquest grup metal·logènètic està caracteritzat per una gran quantitat d'anàlisis i treball experimental, no es pot descartar que el mineral emprat per la destral del Pla de Girona provingui d'altres mineralitzacions no analitzades. O, fins i tot, d'altres formacions geològiques contemporànies i, per tant, amb impureses similars (Carozza/Mille 2007, 159; Mille/Bourgarit 2000, 15).

La metal·lografia practicada sobre el tall mostra un tractament de forja en fred seguida d'un recuit uniformitzador. La microestructura de grans poligonals maclats és característica de l'aplicació de tractaments mecànics i poste-

Artefacte	N° anàl.	Jaciment	Localitat	N° inv.	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Ag	Sn	Sb	Pb	Bi
Destral de vorells	PA 12594		Puigcerdà (Cerdanya)	201.826	nd	nd	86.64	nd	nd	0.091	13.00	0.005	0.26	nd
Destral plana	PA 12595		Pla de Girona (Gironès)	469	nd	nd	95.67	nd	nd	2.451	nd	1.504	0.37	nd
Alabarda (tall)	PA 12596	C/ Maragall, 26	Girona (Gironès)	54	nd	nd	98.52	nd	1.28	0.02	nd	nd	0.18	nd
Alabarda (rebló)	PA 12597	C/ Maragall, 26	Girona (Gironès)	54	nd	nd	98.95	nd	nd	0.14	0.834	0.01	0.07	nd

Valors expressats en % en pes (nd= no detectat)

Figura 3. Resultats de l'anàlisi composicional (ED-XRF) realitzat a l'Institut de Historia del CSIC (Madrid)

riorment tèrmics (Fig. 4 i 5). L'alternança de sessions de forja en fred amb tractaments de recuit constitueixen la fórmula més adient per a produir instruments metàl·lics. Mentre que la forja en fred incrementa la duresa i, per tant, fragilitza el material (acritud), el recuit disminueix la seva duresa i torna el material més plàstic (treu acritud). Cronològicament les dades metal·logràfiques del conjunt de la Península Ibèrica semblen apuntar cap a una lenta introducció del recuit dins els tractaments post-fosa. Aquest únicament s'aplica de forma majoritària en els moments centrals de l'edat del bronze (Proto-Cogotas, Bronze de la Manxa, Argar) tot i que la forja en fred sense recuit segueix essent emprada (Rovira/Gómez 2003, 171-174). El punxó de coure del Dolmen de les Maioles (Rubió, Anoia), la única peça de cronologia similar metal·lografiada a Catalunya, mostra una combinació de tractaments més complexa: forja en fred, recuit i forja en fred final (op. cit., 58-59). Cronològicament es situa en la primera meitat del II mil·lenni cal ANE*. Tot i així, la mostra de destrals peninsulars metal·lografiades és molt reduïda de manera que les dades de l'exemplar del Pla de Girona cal prendre-les sobretot des del punt de vista tecnològic i no pas cronològic.

DESTRAL DE VORELLS (PA 12594)

La destral va ser trobada fora de context prop de Puigcerdà (Martí Jusmet 1969-1970, 137). Morfològicament té les vores còncaues, els vorells ocupen la major part del cos i el taló és molt estret en relació al tall (Fig. 1). S'han documentat destrals semblants a Oix (Montagut i Oix, Garrotxa) i Les Paules (Barbastro,

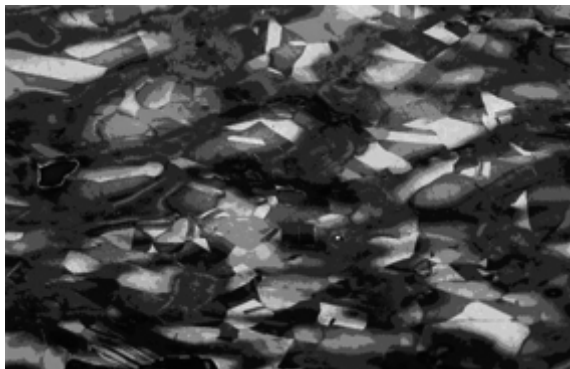


Figura 4. Metal·lografia de la destral del Pla de Girona. Microestructura de grans poligonals maclats típics d'una forja en fred seguida de recuit (200x).

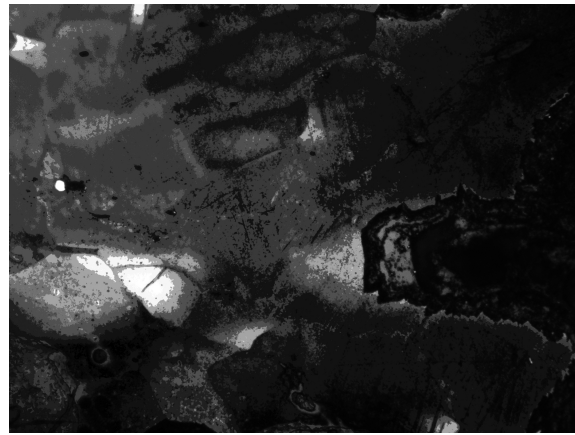


Figura 5. Metal·lografia de la destral del Pla de Girona. Detall de lleugeres línies de deformació en fred del metall (centre de la imatge). A l'esquerra es pot veure un nòdul de plata segregat (color blanc blavós) insoluble en el coure (500x).

Osca), aquesta darrera de mida molt superior (Bosch Gimpera 1915-1920; Beltran 1978, 51) (Fig. 6). Va ser estudiada juntament amb altres destrals de vorells per Barril (1982, 59).

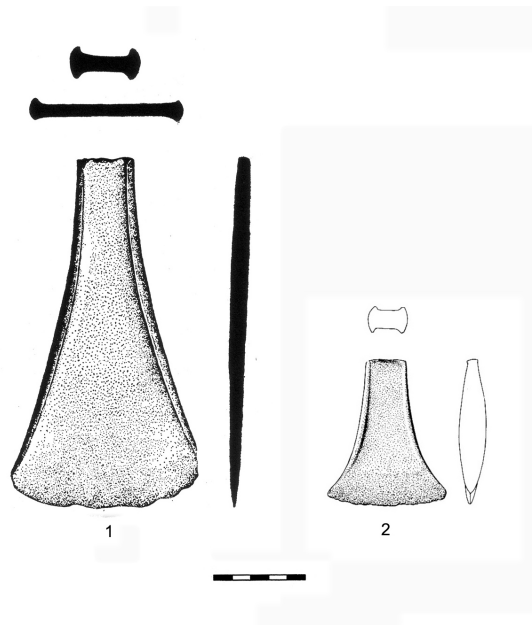


Figura 6. Destral de vorells. 1. Les Paules (Barbastro, Osca). 2. Oix (Montagut i Oix, Garrotxa) (segons Rovira/Montero/Consuegra 1997, fig. 18 i Monteagudo 1977, fig. 48 nº 795)

4.- UBAR 558 = 3475 ± 50 BP; UBAR 559 = 4465 ± 50 BP; UBAR 560 = 3495 ± 50 (Clop/Faura 2001, 170)

5.- Aquests, cinc en total, són els de la Plana d'Ancosa (Querol, Alt Camp), Cova dels Muricecs (Llimiana, Pallars Jussà), el Pui (Andorra), Les Paules (Barbastro, Osca) i Sierra de Carrodilla (Óvena, Osca).

La seva composició química mostra bronze amb una elevada proporció d'estany. Aquest resultat és l'esperat en una destal de vorells i es repeteix en la resta d'exemplars analitzats al nord-est peninsular⁵. Totes elles contenen entre un 10 i un 13% d'estany (Rovira/Montero/Consuegra 1997). En cap cas es supera el límit teòric del 13-14% més enllà del qual la quantitat d'estany inclosa en l'aliatge passa d'aportar duresa a incrementar la fragilitat de l'objecte (Mohen 1992, 102). Aquestes dades apunten cap a un control i coneixement acurat de les propietats mecàniques del metall així com a una funcionalitat com a útil o com a arma. Cal precisar que aquest objecte ja havia estat analitzat al Laboratori d'Antropologia de la Universitat de Rennes (Bourhis *et al* 1996, 28). Els resultats, però, difereixen notablement en el cas de l'estany, on l'anàlisi va donar un 8.3%. Aquestes i altres discrepàncies s'ha detectat en altres objectes analitzats pel mateix laboratori i no fan res més que remarcar el problema ja conegut de la comparació de resultats entre diferents laboratoris i tècniques d'anàlisi⁶.

ALABARDA DEL CARRER MARAGALL N°26 (GIRONA) (PA 12596 i 12597)

Constitueix l'únic exemplar d'alabarda documentat a tota la geografia catalana. Va ésser trobat a l'any 1930 quan es realitzaven les obres per construir una casa al carrer esmentat a Girona (Riuró 1943). Les circumstàncies de la troballa no es detallen ni tampoc si va aparèixer cap altre material associat (Fig. 1). Tot i que en un primer moment es va definir com un punyal (op. cit.) la disposició obliqua del reblons en relació a l'eix indica un sistema d'emmanegament perpendicular, en angle lleugerament inferior a 45 graus. Això el diferencia clarament del punyals tot i compartir algunes semblances formals. Els estudis dels darrers anys l'han relacionada morfològicament amb altres alabardes peninsulars, en concret amb el tipus Carrapatas i les seves variants, concentrades al nord de Portugal i amb exemplars aïllats a altres zones (Brandherm 2003, 370-378; Schuhmacher 2002, 267-270) (Fig. 7). Tot i així, existeixen altres exemplars europeus que comparteixen més trets de similitud amb l'exemplar de Girona. Les alabardes irlandeses del tipus 4 d'O'Riordain o tipus Carn de Harbison són igualment de coure (veure més endavant), mostren el mateix número i disposició dels reblons i el nervi central és igualment recte i de secció circular (Harbison 1969, 37-41) (Fig. 8). La zona d'emmanegament, però, és rodona mentre que a l'ex-

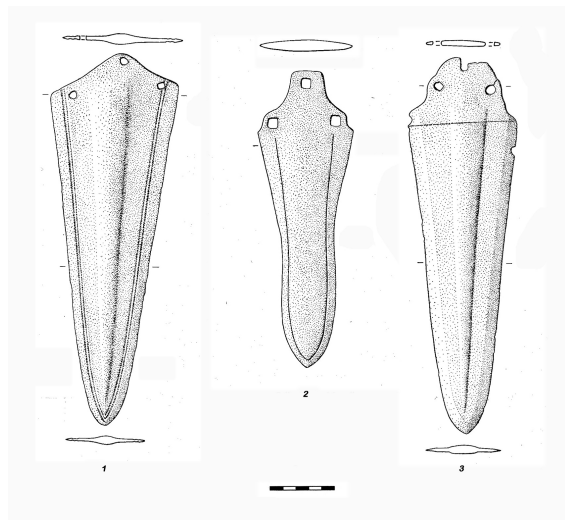


Figura 7. Alabardes peninsulars tipus Carrapatas. 1. Alto de Pereiras (Vimioso, Trás-os-Montes). 2. Ibi (Alcoi, Alacant). 3. Baútas (Amadura, Extremadura) (segons Brandherm 2003 Fig 92 n° 1361; fig. 96 n° 1377; fig. 97 n° 1380)

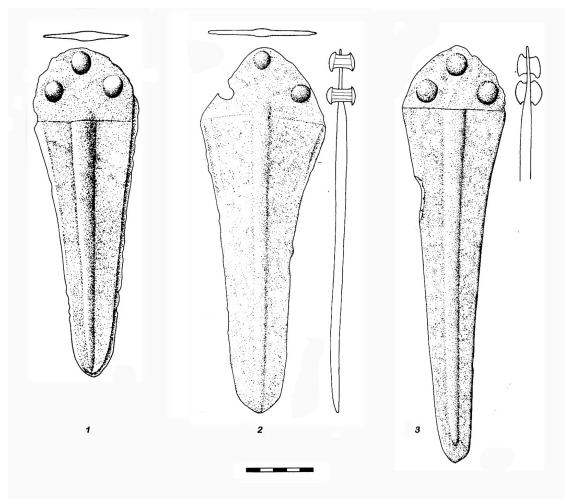


Figura 8. Alabardes irlandeses. 1. Carn (co. Mayo) (tipus Carn). 2. Origen desconegut (tipus Carn). 3. Riu Shannon (tipus Cotton) (segons Harbison 1969, fig. 8 n° 146; fig. 10 n° 170; fig. 16 n° 233)

emplar estudiat és triangular. El mateix es pot dir de les trobades a la França atlàntica (tipus Rouan), una de les quals localitzada a Rostrenen (Côtes-du-Nord) (de les que només es conserva un croquis) mostra una semblança destacada també en la zona d'emmanegament

6.- Per un major aprofundiment en aquesta problemàtica, vegi's Northover/Rychtner 1998.

(Briard 1965, 63-69; Briard/Mohen 1983, 72-73) (Fig. 9). Els primers estudis d'aquesta alabarda ja posaren de manifest la seva relació amb el món atlàntic, interpretació que considerem vàlida a partir dels paral·lels exposats (Harrison/Martí Jusmet/Giró 1974, 97-101; Martí Jusmet 1971-1972).

S'han analitzat tant la zona del tall com un dels reblons existents. La composició del tall mostra coure amb l'arsènic com element minoritari (1,28%), tal i com és característic en altres alabardes peninsulars (Rovira/Montero/Consuegra 1997). La composició presenta també traces de plata (0,02%) i de plom (0,18%). El rebló, essent igualment de coure, conté traces de plata (0,14%), antimoni (0,01%), estany (0,834%) i plom (0,07%). La diferència en els elements minoritaris del tall i del rebló és quelcom documentat en altres casos. Aquesta podria respondre a la producció diferenciada del tall per una banda i dels reblons per una altra, els quals podrien ser emprats en el moment que es considerés oportú per emmanegar aquesta o altres tipus de peça (p.e. punyal de reblons).

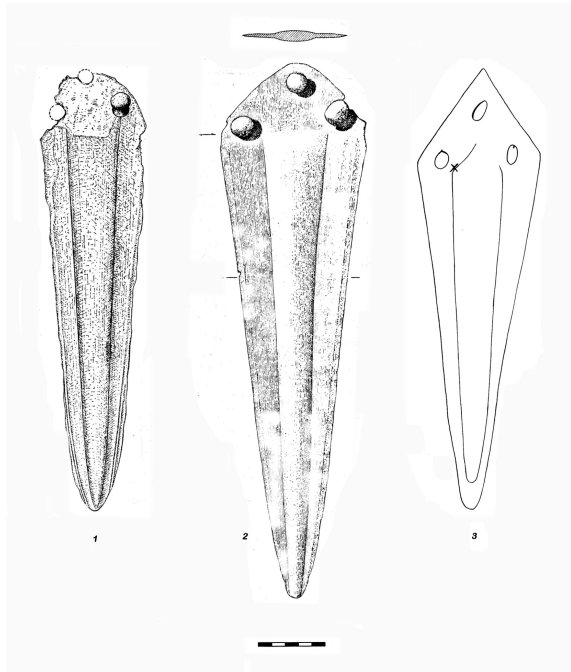


Figura 9. Alabardes franceses tipus Rouan. 1. Lanfains (Côte-d'Or, Bretanya) 2. Rostrenen (Côte-d'Or, Bretanya) 3. Saumur (Maine-et-Loire, Pays-de-la-Loire) (segons Briard 1965, fig 16 nº 1; Briard i Mohen 1983, 72; Briard 1965, fig 17 nº 1)

CONCLUSIONS

Els anàlisis composicionals i metal·logràfics realitzats han aportat dades significatives per completar el nostre coneixement de les comunitats prehistòriques del nord-est peninsular. En l'àmbit de la tecnologia metal·lúrgica, s'han mostrat per primera vegada a Catalunya els tractaments post-fosa aplicats sobre una destral, els quals segueixen la mateixa línia que la resta de destrals peninsulars. En un àmbit més ampli, la peculiar composició de la destral plana i la morfologia de l'alabarda de Girona semblen apuntar cap a l'existència de relacions amb l'àrea francesa. Aquestes, per tal de ser caracteritzades correctament, necessitaran d'un estudi més ampli de la materialitat arqueològica d'aquesta cronologia.

Actualment es disposa d'una àmplia quantitat d'anàlisis de composició a la Península Ibèrica però queden encara moltes peces per estudiar dipositades a diferents museus. De la mateixa manera les mostres metal·logràfiques són encara reduïdes, en gran part per tractar-se d'una tècnica de tipus destructiu, restant el seu potencial explicatiu infrautilitzat per la impossibilitat d'establir comparacions estadísticament significatives. Esperem que en el futur sigui possible anar avançant en el coneixement arqueometal·lúrgic de la prehistòria del nord-est peninsular per tal d'omplir els buits actualment existents.

AGRAÏMENTS

Volem expressar el nostre agraïment a Ignacio Montero i Salvador Rovira, per la seva dedicació, disponibilitat i col·laboració en les analítiques realitzades. A Vicente Lull pel seu ferm recolzament a la recerca, sent-nos constantment útil amb els seus comentaris i consells. A Carme Rovira per facilitar-nos el desenvolupament d'aquesta línia de recerca, i a Aurora Martín, directora del Museu d'Arqueologia de Catalunya – Girona, per possibilitar el present estudi. I finalment a la Fundació Caixa Sabadell i a la Generalitat de Catalunya per l'ajuda financera rebuda en la realització d'aquest projecte.

BIBLIOGRAFIA

AMBERT, P. 1999, Les minerais de cuivre et les objets métalliques en cuivre à antimoine-argent du sud de la France. Preuves d'une exploitation minière et métallurgie du début du III^e millénaire av. J.C., in Hauptmann, A. et al. (eds) *The Beginnings of Metallurgy*. Proceedings of the International Conference at Bochum, 1995. Der Anschnitt, Beiheft 9, 193-210.

BARRIL, M. 1982, Las hachas de rebordes del NE peninsular, in *VVAA IV Col·loqui Internacional*

- d'Arqueologia de Puigcerdà, Puigcerdà, Institut d'Estudis Ceretans, 157-168.
- BELTRÁN, A. 1978, *De Arqueología Aragonesa-1*, Zaragoza.
- BOSCH GIMPERA, P. 1915-20, Noves destrals de bronze de Catalunya, *Anuari de l'Institut d'Estudis Catalans* 6, 546-548.
- BOSCH GIMPERA, P. 1919, *Prehistòria catalana*, Enciclopèdia Catalana vol. XVI, Barcelona.
- BOURHIS, J. R. *et al.* 1996 Anàlisis d'objectes protohistòrics de coure i bronze del nord de Catalunya, *Cypsel* 11: 27-34.
- BRANDHERM, D. 2003, *Die Dolche und Stabdolche der Steinkupfer- und der älteren Bronzezeit auf der Iberische Halbinsel*, Stuttgart, Prähistorische Bronzefunde Abteilmung VI - Band 12.
- BRIARD, J. 1965, *Les dépôts bretons et l'Age du Bronze Atlantique*, Travaux du Laboratoire d'Anthropologie Préhistorique de la Faculté des Sciences de Rennes.
- BRIARD, J., MOHEN, J. P. 1983, *Typologie des objets de l'Age du Bronze en France. Fascicule II. Poignards, hallebardes, pointes de lance, pointes de flèche, armement défensif*, Paris, Société Préhistorique Française.
- CAROZZA, L., MILLE, B. 2007, Chalcolithique et complexification sociale: quelle place pour le métal dans la définition du processus de mutation des sociétés de la fin du Néolithique en France? in Guilaine, J. (ed) *Le Chalcolithique et la construction des inégalités. Le continent européen*. Séminaire du Collège de France, Paris, Errance, 151-189.
- CLOP, X., FAURA, J. M. 2001, El Sepulcre megalític de les Maioles (Rubió, Anoia). Pràctiques funeràries i societat a l'altiplà de Catalunya 2000-1600 cal ANE, *Estrat* 7.
- HAPP, J. *et al.* 1994, Premiers essais de métallurgie expérimentale a l'Archéodrome de Beaune a partir des minerais chalcolithiques de Cabrières (Hérault), *Bulletin de la Société Préhistorique Française* 91 (6), 429-434.
- HARBISON, P. 1969, *The Daggers and the Halberds of the Early Bronze Age in Ireland*, München, Prähistorische Bronzefunde Abteilmung VI - Band 1.
- HARRISON, R.J., MARTÍ JUSMET, F., GIRÓ, P. 1974, Faïence beads and atlantic bronzes in Catalonia, *Madriider Mitteilungen* 15, 95-107.
- MARTÍN, A. *et al.* 1999, Nordeste, in Delibes, G i Montero, I. (coords) *Las primeras etapas metalúrgicas de la Península Ibérica, II. Estudios regionales*, Madrid, Instituto Universitario Ortega y Gasset, 115-177.
- MARTÍ JUSMET, F. 1969-1970, Las hachas de bronce en Cataluña, *Ampurias* 31-32, 105-151.
- MARTÍ JUSMET, F. 1971-1972, Algunas observaciones sobre la alabarda de Gerona, *Ampurias*, XXXIII-XXXIV, 289-292.
- MILLE, B., BOURGARIT, D. 2000, L'analyse des alliages anciens á base de cuivre: état des connaissances et développement d'un protocole d'analyse par ICP-AES, *Revue d'Archéométrie* 24, 13-26.
- MOHEN, J. P. 1992, *Metalurgia prehistórica. Introducción a la paleometalurgia*, Barcelona, Masson.
- MONTEAGUDO, L. 1977, *Die Beile auf der Iberischen Halbinsel*, München, Prähistorische Bronzefunde Abteilmung IX - Band 6.
- MONTERO, I., ROVIRA, S. *en premsa* Compatibilidad de resultados: comparación entre los equipos de espectrometría empleados en el Proyecto de Arqueometalurgia de la Península Ibérica, *VII Congreso Ibérico de Arqueometría*, (Madrid, 8-10 d'octubre 2007).
- NORTHOVER, J. P., RYCHNER, V. 1998, Bronze analysis: experience of a comparative programme, in Mordant, C., Pernot, M., Rychner, V. (eds) *L'Atelier du bronzier en Europe du XX^e au VIII^e siècle avant notre ère*. Actes du colloque international Bronze'96, Neuchâtel et Dijon, vol. 1, Paris, CTHS, 19-40.
- PERICOT, LI. 1923, La col·lecció prehistòrica del Museu de Girona, *Butlletí del Centre Excursionista de Catalunya* 33, 51-61.
- RIURÓ, F. 1943, El puñal de Gerona y la expansión de las armas hispánicas por Europa, *Ampurias* V, 280-287.
- ROVIRA, S., GÓMEZ, P. 2003, *Las Primeras Etapas Metalúrgicas en la Península Ibérica. III. Estudios metalográficos*, Madrid.
- ROVIRA, S., MONTERO, I., CONSUEGRA, S. 1997, *Las Primeras Etapas Metalúrgicas en la Península Ibérica. I. Análisis de Materiales*, Madrid, Instituto Universitario Ortega y Gasset-MEC.
- SCHUHMACHER, T. X. 2002, Some remarks on the origin and chronology of halberds in Europe, *Oxford Journal of Archaeology* 21 (3), 263-288.
- SERRA VILARÓ, J. 1925, *Escornalbou Preistorich*. Escornalbou, Castell de Sant Miquel d'Escornalbou.