

## TECNOLOGÍA METALÚRGICA PREHISTÓRICA EN EL NORDESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA: EL CASO DE LAS “HACHAS PLANAS”<sup>1</sup>

Paz Balaguer<sup>2</sup>, Emiliano Hinojo<sup>2</sup>, Camila Oliart<sup>2</sup> e Ignacio Soriano<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Grup de Recerca Arqueològica del Nordest Peninsular – GRANEP

### RESUMEN

El trabajo presenta una visión sintética de los cambios acontecidos en la tecnología metalúrgica del nordeste peninsular entre el III<sup>er</sup> y el II milenio cal ANE. Para ello se estudian un conjunto de “hachas planas” mediante análisis espectrográficos (ED-XRF) y metalográficos. Los resultados muestran el empleo de técnicas metalúrgicas diferentes entre las comunidades prehistóricas del Calcolítico e inicios de la Edad del Bronce.

**Palabras clave:** Arqueometalurgia, análisis composicional, metalografía, hacha-azuela-azada, cobre, bronce, nordeste peninsular, III<sup>er</sup> – II milenio cal ANE.

### ABSTRACT

This study presents a synthetic view of metallurgical technology changes in North – East Iberian Peninsula from III<sup>rd</sup> to II<sup>nd</sup> millennia cal BC. We have studied a group of copper based “flat axes” with spectrographic (ED-XRF) and metallographic analysis. Data obtained show different metallurgical knowledge and techniques into Copper Age and Early Bronze Age prehistoric communities.

**Key Words:** Archaeometallurgy, compositional analysis, metallography, axe – adze – hoe, copper, bronze, North – East Iberian Peninsula, III<sup>rd</sup> – II<sup>nd</sup> millennia cal BC.

### METAL Y METALURGIA EN EL NORDESTE PENINSULAR

En los últimos años se han realizado importantes aportaciones a la metalurgia prehistórica del nordeste peninsular. Se han superado viejos axiomas enquistados en la disciplina, como son la inexistencia de recursos minerales metálicos o de áreas de trabajo metalúrgico (Martín *et alii*, 1999; 2005). Yacimientos como Minferri (Juneda, Segrià), la Balma del Serrat del Pont (Tortellà, Garrotxa) o Can Roqueta II (Sabadell, Vallès Occidental) han favorecido este avance en la investigación (Alcalde *et alii*, 1998; Equip Minferri, 1998; Bouso *et alii*, 2004; Rovira, 1998). En el ámbito tecnológico una parte significativa de los objetos metálicos ha sido, además de estudiada morfológicamente, analizada composicionalmente. Como resultado de ello actualmente se dispone de casi doscientos análisis publicados (Bourhis *et alii*, 1996; Rovira, Montero y Consuegra, 1997). Tal cantidad y calidad de datos, nada desdeñable, ha favorecido el surgimiento de nuevas propuestas interpretativas similares a las desarrolladas en otras zonas geográficas (Levante, Sudeste, Suroeste, Meseta), como es el caso del valor específico de la metalurgia en cada periodo cronológico (Rovira, 2006) o de la existencia de una metalurgia precampaniforme de tipo local (Martín, 2003).

<sup>1</sup> Este trabajo constituye una parte del proyecto de investigación “Periodització de l’Edat del Bronce al Vallès i zones limítrofes (finals del III<sup>er</sup> - inicis del II<sup>on</sup> mil·lenni cal ANE): aplicació de noves tècniques per la seva delimitació cronològica i caracterització socioeconòmica” subvencionado por la Fundació Caixa Sabadell y la Generalitat de Catalunya (2006-ACOM-00041).

El presente trabajo tiene como objetivo contribuir al conocimiento arqueometalúrgico actual aportando nuevos datos de tipo tecnológico. Para ello hemos optado por centrar nuestro estudio en una única morfología de objeto: las “hachas planas”. Las razones de esta elección son dos. Se trata de un objeto presente en una amplia cronología, haciéndolo especialmente útil para detectar cambios tecnológicos. En segundo lugar su propia cinemática de uso (por percusión) lo hace más propenso a recibir tratamientos post-fundición que otros artefactos como puñales, punzones o puntas de flecha.

### **HACHAS, AZUELAS, AZADAS... ¿PERO CUÁL DE ELLAS?**

Las “hachas planas” se distinguen del resto de “hachas” por presentar un filo transversal en una de sus extremidades y carecer de dispositivo en el talón para fijar el mango (Briard y Verron, 1976: 19). Debido a que rara vez se encuentran ejemplares enmangados, la tipología ha colocado tradicionalmente todo el peso en la morfología del cuerpo del “hacha” y no en el uso dado al objeto. Sin embargo es muy posible que morfologías similares respondan a usos diversos, especialmente en los momentos iniciales del empleo de los metales. ¿No podría ser que algunas de estas “hachas” hubieran sido usadas con otro fin? El ejemplar de la sepultura 121 del Castellón Alto (Galera, Granada), de cronología argárica, se encontró en un estado de conservación excepcional. Estaba enmangado con el filo perpendicular al mango, es decir, en forma de azuela o azada (Molina *et alii*, 2003: 157). Por otra parte, los hermanos Siret reprodujeron en sus láminas varios ejemplares procedentes de El Argar con improntas de haber sido enmangados como hachas, así como un mango perforado de madera empleado para tal fin (tumbas 572, 639, 654, 768 etc.) (Siret y Siret, 1890/2006). Tampoco son desconocidos los casos de “hachas planas” de pequeño tamaño que han sido recuperadas dentro de un mango tubular de hueso o asta y que podrían haberse empleado como cinceles, como el ejemplar de la cueva de Santimamiñe (Kortezubi, Vizcaya) (Monteagudo, 1977: 31). Por último algunos investigadores han propuesto en algunos casos un uso de estos artefactos como lingotes, debido a su pequeño tamaño, ausencia de filo o mal estado de conservación (Briard y Verron, 1976: 5).

Los ejemplos expuestos sugieren cierta cautela a la hora de asumir el empleo como hachas de unos objetos cuyo uso puede ser muy variable. La reciente aplicación de la traceología a los objetos metálicos todavía está dando sus primeros pasos (Gutiérrez, 2002; Gutiérrez y Soriano, 2008; Soriano y Gutiérrez, e.p.) por lo que habrá que esperar un poco más para contrastar empíricamente ésta y otras funciones otorgadas muy a menudo mecánicamente a los objetos metálicos.

La muestra seleccionada en este trabajo se compone de cinco ejemplares de diversos yacimientos estudiados previamente por otros investigadores (véase Monteagudo, 1977; Martí Jusmet, 1969-70). Todos ellos, de la misma manera que la mayoría de “hachas planas” recuperadas, son hallazgos casuales y carecen de contexto estratigráfico (Fig. 1 y 2):

- Cova M d'Arbolí (Baix Camp) (Vilaseca, 1941: 50): La primera “hacha” (nº 5008) tiene los bordes convexos mientras que la segunda (nº 5009) los tiene rectilíneos y con una ligera divergencia al llegar al filo.
- Pla de Girona (Gironès) (Pericot, 1923: 58-59): Fragmentada en su parte proximal, presenta bordes rectilíneos y carece de divergencia a la altura del filo.
- Roc d'en Sardinyà (Vilassar de Dalt, Maresme) (GAV, 1994: 17) y Balma dels Ossos (Sallent, Bages) (Cura, 1984): Presentan los bordes cóncavos.

## COMPOSICIONES, ALEACIONES Y TRATAMIENTOS

La composición de todas las “hachas” ha sido analizada por Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X (ED-XRF) empleando un espectrómetro Metorex X-Met 920 por energía dispersa de rayos X. Tres de los artefactos han sido además metalografiados en la zona del filo<sup>2</sup>.

Los resultados muestran objetos mayoritariamente de cobre puro<sup>3</sup> (Fig. 3). La única excepción es la Balma dels Ossos, con un bronce excesivamente rico (14,73% Sn). El valor de estaño se sitúa por encima del límite teórico del 12-13%, más allá del cual la cantidad de este elemento incluida en la aleación pasa de aportar dureza a incrementar la fragilidad (Latjín, 1973: 419-421). El resto de elementos solo aparecen a nivel de trazas (Ni, Ag, Sb, Pb), siendo el arsénico el que presenta valores más elevados, aunque nunca superando el 1%. Estas bajas proporciones, repartidas a la vez de forma heterogénea entre artefactos de diferentes zonas, apuntan hacia el tipo de mena empleada. El elevado polimetallismo de las menas peninsulares ha sido señalado por algunos investigadores (Rovira y Delibes, 2005: 496-501). El caso del Pla de Girona debe ser considerado aparte, debido a la destacada presencia de antimonio (1,5%), plata (2,45%) y, en menor medida, plomo (0,37%). Esta composición, ajena al resto de objetos catalanes, se asemeja considerablemente a las del sur de Francia especialmente a los artefactos de la zona de Cabrières y de Alès-Andouze (Hérault) (Ambert, 1999: 206-208)<sup>4</sup>.

Las metalografías muestran distintas combinaciones de tratamientos post-fundición. El ejemplar nº 5008 de la la Cova M d'Arbolí presenta el tratamiento más sencillo: forjado únicamente en frío (FF) (Fig. 4). Se observa una estructura de fibras convergentes hacia el filo así como poros o rechupes internos que se han deformado adoptando formas alenteadas por efecto de la deformación mecánica. El del Pla de Girona sufrió tras una forja en frío, un recocido uniformizador (FF+R). La microestructura de granos poligonales maclados es característica de la aplicación de tratamientos mecánicos y, posteriormente, térmicos (Fig. 5). Finalmente el ejemplar restante de la Cova M (nº 5009) tiene el tratamiento más completo: forja en frío seguida de recocido parcial y una nueva forja en frío (FF+R+FF). La estructura fibrosa, resultado de la forja inicial, muestra granos de cobre muy deformados surcados por numerosas líneas de deslizamiento del metal. La presencia de maclas residuales deformadas indica un recristalizado parcial antes de ser nuevamente forjado (Fig. 6)

## ESTRATEGIAS DISPARES, CAMBIOS TECNOLÓGICOS

La conjunción de los resultados analíticos con las características morfológicas de las “hachas” estudiadas permite plantear la existencia de cambios tecnológicos remarcables a lo largo del tiempo asociados a ciertas variaciones morfológicas.

Las “hachas planas” atribuidas al III<sup>er</sup> y II milenio cal ANE presentan en Catalunya una evolución morfológica similar a la documentada en otras áreas peninsulares (Pérez y López, 1986: 208; Siret y Siret, 1890/2006: 117). Ello permite delimitar tres grupos principales. Los ejemplares más antiguos tienen los bordes convexos, asemejándose a las hachas de piedra

<sup>2</sup> Los análisis composicionales han sido realizados por Ignacio Montero en el Instituto de Historia del CSIC. Las metalografías han ido a cargo de Salvador Rovira del Museo Arqueológico Nacional (Madrid).

<sup>3</sup> Tres de las “hachas planas” habían sido analizadas previamente por el “Proyecto Arqueometalurgia de la Península Ibérica” empleando un espectrómetro Kevex Mod 7000. La similitud de los resultados corrobora su compatibilidad, siendo la única diferencia detectada la sobrevaloración en un 0,5% del As en las piezas de cobre y cobre arsenicado (Rovira y Montero, e.p.)

<sup>4</sup> El análisis del ejemplar del Pla de Girona ha sido dado a conocer en otra publicación. Para más detalles puede consultarse GRANEP (2009)

pulimentada. A este grupo pertenece una de las “hachas” de la Cova M (nº 5008). Los de cronología intermedia tienen como característica principal los bordes rectilíneos, mostrando algunos una ligera divergencia al llegar al filo. Se incluyen en él el nº 5009 de la Cova M y el Pla de Girona. El último grupo, más tardío, tiene los bordes cóncavos y un filo con una longitud entre el doble y el triple que el talón. Incluye los dos ejemplares restantes: Roc d'en Sardinyà y Balma dels Ossos. Las variaciones formales coinciden con una tendencia a aprovechar cada vez más la materia prima e incrementar la superficie útil del “hacha” (filo), estrechando el talón y haciendo más convexos los bordes.

Los datos de composición química y microestructura metalográfica concuerdan con las distinciones cronológicas propuestas. Todos los ejemplares analizados en el área de estudio, pertenecientes al primer y segundo grupo, son de cobre casi puro (Martín *et alii*, 1999: 139). Las metalografías muestran para el grupo más antiguo un ejemplar con tratamiento de FF sin recocido (nº 5008 Cova M). En el grupo intermedio se sitúan el resto de ejemplares metalografiados, con combinaciones de FF+R (Pla de Girona) y FF+R+FF (nº 5008 Cova M). Los únicos casos de “hachas planas” de bronce corresponden al grupo más tardío: de los cuatro análisis efectuados, tres son de bronce, aunque no conocemos su valor aproximado de estaño<sup>5</sup>, y sólo uno es de cobre (Roc d'en Sardinyà). En el caso de la Balma dels Ossos, su elevada proporción de estaño (mayor que el de las “hachas de rebordes”) podría indicar, además de una cronología reciente, su carácter no utilitario. Su reducido tamaño y morfología es similar al de las “hachas-lingote” francesas consideradas reservas de metal para fundir (Briard y Verron, 1976)

El empleo de cobre puro en la “metalurgia plena” del II milenio cal ANE es un hecho común y nada extraño en el resto de la Península Ibérica (Delibes y Montero, 1999). La paulatina generalización del bronce es lenta, desigual y a menudo relacionada con tipos específicos de objetos. Los tratamientos post-fundición del metalurgo cuentan todavía con una muestra reducida de análisis, insuficiente para poder establecer una secuencia diacrónica de procesos. Sin embargo, sí se ha comprobado que la alternancia de sesiones de FF con tratamientos de R constituye la fórmula más completa para producir útiles metálicos. Mientras que la FF incrementa la dureza y, por tanto, fragiliza el material (acritud), el R disminuye su dureza y lo ablanda, volviéndolo más dúctil (quita acritud). Así, la FF seguida de un R reparador y un nuevo tratamiento final de FF constituyen la mejor combinación posible (Rovira y Gómez, 2003: 161). Cronológicamente los datos metalográficos del conjunto de la Península Ibérica parecen apuntar hacia una lenta introducción del R en los tratamientos aplicados. Éste únicamente se emplea de forma mayoritaria en los momentos centrales de la Edad del Bronce, a pesar de que la FF sin R sigue siendo utilizada (op. cit. 171-174). La única excepción parece documentarse en el suroeste peninsular, con una metalurgia inicial de gran envergadura y combinaciones complejas de tratamientos post-fundición (FF+R+FF) (Hunt, 2003: 380-385; Nocete *et alii*, 2008: 729-730).

<sup>5</sup> Los análisis corresponden a la Cova dels Canals (Pinyana, Alta Ribagorça), ejemplar actualmente perdido (Serra Ràfols, 1923: 79) y otra “hacha” de origen desconocido depositada en el Museu d'Arqueologia de Catalunya - Girona (nº 201.820) (Bourhis *et alii*, 1996). La antigüedad en un caso y la dificultad de comparar resultados de diferentes laboratorios en el otro evita conocer el valor de estaño de los resultados.

## CONCLUSIONES

Aun siendo conscientes del carácter reducido de la muestra, los resultados obtenidos en este trabajo permiten proponer la existencia de técnicas metalúrgicas diferenciadas en la prehistoria del nordeste peninsular para la fabricación de “hacha planas”. En una primera fase, el cobre puro se emplea como única materia prima, sobre la que se aplica la forja sin tratamientos térmicos.

En un segundo momento se introduce el recocido y se gestan diferentes combinaciones tendentes a incrementar la penetración, resistencia y durabilidad de los útiles. La última etapa supone la optimización del trabajo invertido en estos objetos: expansión del uso del bronce, incremento de la zona útil de las “hachas” y, quizás, generalización del ciclo completo de tratamientos post-fundición.

## AGRADECIMIENTOS

A Ignacio Montero (Instituto de Historia, CSIC) y Salvador Rovira (Museo Arqueológico Nacional) por la realización de los análisis y útiles comentarios de los mismos. A Jaume Massó del Museu d'Arqueologia Salvador Vilaseca (Reus), Francesc Vilà del Museu Comarcal de Manresa, Enric Ortega del Museu-Arxiu de Vilassar de Dalt y Aurora Martín del Museu d'Arqueologia de Catalunya – Girona por facilitarnos el estudio de los materiales. A Vicente Lull por su apoyo desinteresado al presente proyecto. Así como a la Fundació Caixa Sabadell, Generalitat de Catalunya y a la Fundación Juanelo Turriano por su financiación para la consecución de este estudio.

## REFERENCIAS

ALCALDE, G.; MOLIST, M.; MONTERO, I.; PLANAGUMÀ, LL.; SAÑA, M<sup>a</sup>; TOLEDO, A. (1998): Producciones metalúrgicas en el nordeste de la Península Ibérica durante el III milenio cal. AC: El taller de la Bauma del Serrat del Pont (Tortellà, Girona)”, *Trabajos de Prehistoria* 55.1, 81-100.

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<sup>e</sup> millénaire av. J.C., en A. Hauptmann, et al. (eds) *The Beginnings of Metallurgy*, Der Anschnitt, Beiheft, 9, 193-210.

BOURHIS, J. R.; BRIARD, J. MATARÓ, M.; PAUTRET, J. P.; TOLEDO, A. (1996): Anàlisi d'objectes protohistòrics de coure i bronze del nord de Catalunya, *Cypsela* 11, 27-34.

BOUSO, M.; ESTEVE, X.; FARRÉ, J.; FELIU, J. M<sup>a</sup>; MESTRES, J.; PALOMO, A.; RODRÍGUEZ, A.; SENABRE, R. M<sup>a</sup> (2004): Anàlisi comparatiu de dos assentaments del Bronze Inicial a la depressió prelitoral catalana: Can Roqueta II (Sabadell, Vallès Occidental) i Mas d'en Boixos-1 (Pacs del Penedès, Alt Penedès), *Cypsela* 15, 73-101.

BRIARD, J.; VERRON, G. (1976): *Typologie des objets de l'Age du Bronze en France. Fascicule III. Haches (I)*. Société Préhistorique Française, Paris.

CURA, M. (1984): La Balma dels Ossos de la Torre de Cornet (Sallent, Bages), *Informació Arqueològica* 42, 13-17.

DELIBES, G.; MONTERO, I. (coords) (1999): *Las primeras etapas metalúrgicas de la Península Ibérica, II. Estudios regionales*. Instituto Universitario Ortega y Gasset, Madrid.

GRUP DE RECERCA ARQUEOLÒGICA DEL NORDEST PENINSULAR – GRANEP (2009): Noves dades arqueometal·lúrgiques d'objectes de base coure diposats al Museu d'Arqueologia de Barcelona – Girona, *Cypsela* 17, 143-148.

GUTIÉRREZ, C. (2002): Traceología aplicada al material metálico: límites y posibilidades, en I. Clemente, R. Risch, J. F. Gibaja (eds) *Análisis Funcional. Su aplicación al estudio de las sociedades prehistóricas*, BAR International Series 1073, 261-271.

GUTIÉRREZ, C.; SORIANO, I. (2008): La funcionalidad sobre material metálico. Bases y aplicaciones de estudio, en S. Rovira, M. García-Heras, M. Gener, I. Montero (eds) *Actas VII Congreso Ibérico de Arqueometría. Madrid, 8-10 de octubre 2007*, CSIC, Madrid, 432-447.

HUNT, M. A. (2003): *Prehistoric mining and metallurgy in the SW Iberian Peninsula*. BAR International Series, 1188.

LATJIN, Y. M. (1973): *Metalografía y tratamiento térmico de los metales*. Mir, Moscú.

MARTÍ JUSMET, F. 1969-1970, Las hachas de bronce en Cataluña, *Ampurias* 31-32, 105-151.

MARTÍN, A. (2003): Els Grups del neolític final, calcolític i bronze antic. Els inicis de la metal·lúrgia *Cota Zero* 18, 76-105.

MARTÍN, A.; GALLART, J.; ROVIRA, M. C.; MATA-PERELLÓ, J. M. (1999): Nordeste, en G. Delibes, I. Montero (coords) *Las primeras etapas metalúrgicas de la Península Ibérica, II. Estudios regionales*, Madrid, Instituto Universitario Ortega y Gasset, 115-177.

MARTÍN, A.; MATA-PERELLÓ, J. M.; GALLART, J.; ROVIRA, M. C. (2005): Indices miniers et métallurgie ancienne dans la Catalogne sub-pyrénéenne, P. Ambert, J. Vaquer (eds) *La première métallurgie en France et dans les pays limitrophes*, Mémoire XXXVII de la Société Préhistorique Française, 211-216.

MOLINA, F.; RODRÍGUEZ-ARIZA, M<sup>a</sup> O.; JIMÉNEZ, S.; BOTELLA, M. (2003): La sepultura 121 del yacimiento argárico de el Castellón Alto (Galera, Granada), *Trabajos de Prehistoria* 60.1, 153-158.

MONTEAGUDO, L. (1977): *Die Beile auf der Iberischen Halbinsel. Prähistorische Bronzefunde Abteindung IX - Band 6*, München.

MONTERO, I.; ROVIRA, S. (en prensa): 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, octubre 2007.

MUSEU ARXIU DE VILASSAR DE DALT (2003): *Evolució dels enterraments al Maresme. De la prehistòria a l'època medieval*. Museo Arxiu de Vilassar de Dalt.

NOCETE, F.; QUEIPO, G.; SÁEZ, R.; NIETO, J. M.; INÁCIO, N.; BAYONA, M. R.; PERAMO, A.; VARGAS, J. M.; CRUZ-AUÑÓN, R.; GIL-IBARGUCHI, J.L.; SANTOS, J. F. (2008): The smelting quarter of Valencina de la Concepción (Seville, Spain): the specialised

copper industry in a political centre of the Guadalquivir Valley during the Third millennium BC (2750 – 2500 BC), *Journal of Archaeological Science* 35, 717-732.

PÉREZ ARRONDO, C. L.; LÓPEZ DE CALLE, C. (1986): *Aportaciones al estudio de las culturas eneolíticas en el Valle del Ebro. II: Los orígenes de la Metalurgia*, Instituto de Estudios Riojanos, Logroño.

PERICOT, LI. (1923): La col·lecció prehistòrica del Museu de Girona, *Butlletí del Centre Excursionista de Catalunya* 33, 51-61.

ROVIRA, M. C. (2006): El Bronze Inicial a Catalunya des de la perspectiva metal·lúrgica, *Cypsela* 16, 135-145.

ROVIRA, S.; DELIBES, G. (2005): Tecnología metalúrgica campaniforme en la Península Ibérica: coladas, moldeado y tratamientos postfundición, *M. A. Rojo-Guerra, R. Garrido-Pena, I. García-Martínez (coords) El campaniforme en la Península Ibérica y su contexto europeo*, Universidad de Valladolid, 495-512

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 y MEC.

SIRET, E. y L. (1890/2006): *Las primeras edades del metal en el sudeste de España*. Dirección General de Cultura, Museo Arqueológico de Murcia, Murcia.

SORIANO, I.; GUTIÉRREZ, C. (en prensa): Use-wear analysis on metal: the raw material and metallurgical work process influence, *2<sup>nd</sup> International Conference Archaeometallurgy in Europe 2007*, Associazione Italiana di Metallurgia, Aquileia

VILASECA, S. (1941): Más hallazgos prehistóricos en Arbolí (Provincia de Tarragona), *Ampurias* 3, 45-62.

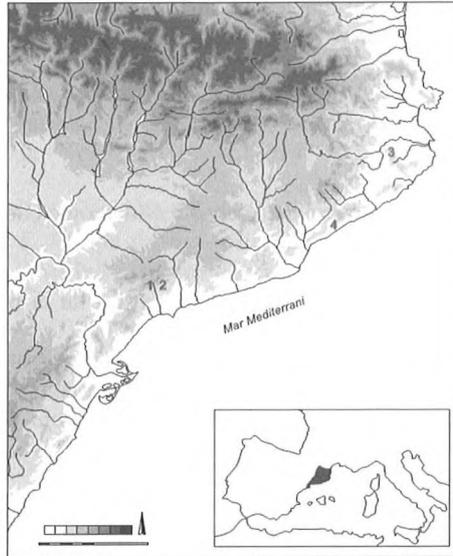


Fig. 1. Localización de los objetos analizados

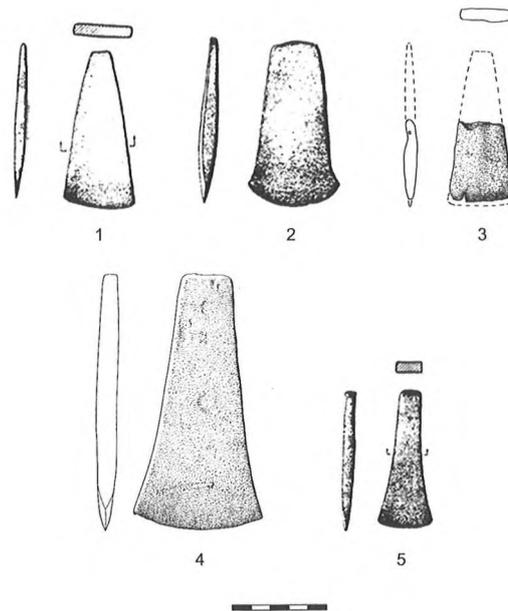


Fig. 2. Ilustraciones de los objetos analizados. 1. Cova M de Arbolí (nº 5009) 2. Cova M de Arbolí (nº 5008) 3. Pla de Girona 4. Roc d'en Sardinyà 5. Balma dels Ossos (1, 2 y 5 a partir de Martín *et alii*, 1999; 3 y 4 a partir de Monteagudo, 1977)

Nº anl.	Yacim.	Localidad	Nº inv.	Local. actual	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Ag	Sn	Sb	Pb	Bi
PA 12530	Cova M	Arbolí (Baix Camp)	5.008	M. Arq. Salvador Vilaseca	0.04	nd	98.9	nd	0.92	0.025	0.11	nd	nd	nd
PA 12531A	Roc d'en Sardinyà	Vilassar de Dalt (Mareme)	90	M. Arx. Vilassar de Dalt	0.04	nd	98.6	nd	0.95	0.048	0.06	0.130	0.15	nd
PA 12532	Cova M	Arbolí (Baix Camp)	5009	M. Arq. Salvador Vilaseca	0.03	nd	99.3	nd	0.53	0.078	0.09	0.006	nd	nd
PA 12533	Balma dels Ossos	Sallent (Bages)	4327	M. Com. Manresa	0.06	0.36	84.8	nd	nd	0.173	14.73	0.009	nd	nd
PA 12595		Pla de Girona (Gironès)	469	MAC Girona	nd	nd	95.67	nd	nd	2.451	nd	1.504	0.37	nd

Valores expresados en % en peso (nd = no detectado)

Fig. 3. Resultados de análisis espectrográfico (ED-XRF) de “hachas planas” del nordeste de la Península Ibérica.

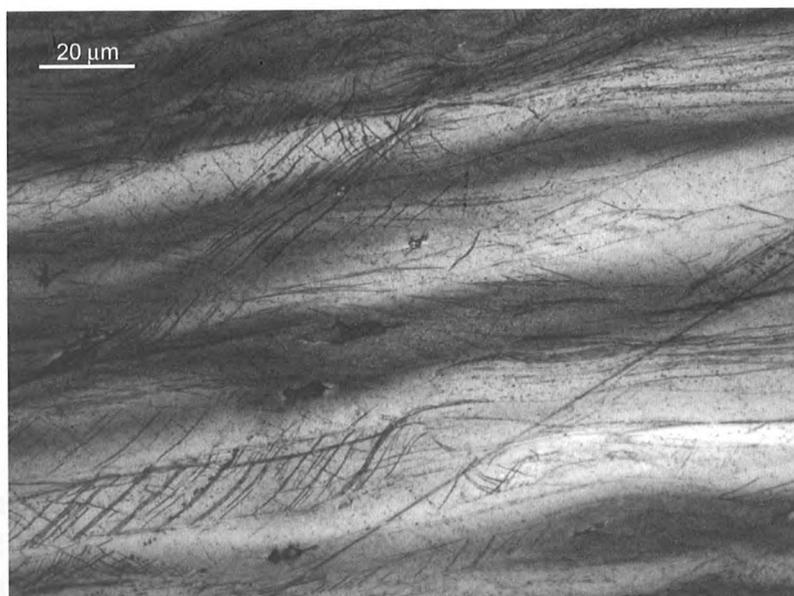


Fig. 4. Cova M d'Arbolí (nº 5008). Detalle de líneas de deformación en frío del metal. 500x.

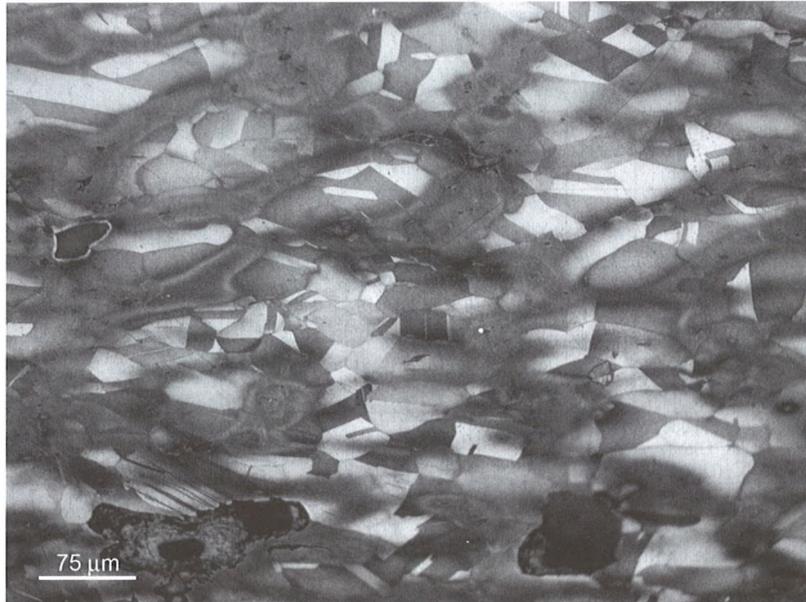


Fig. 5. Pla de Girona. Detalle de granos con presencia de maclas. 500x.

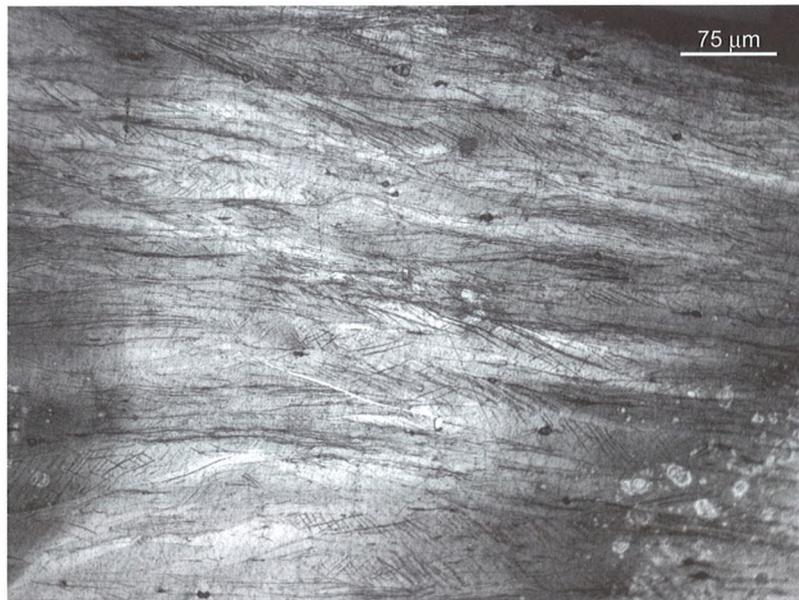


Fig. 6. Cova M d'Arbolí (nº 5009). Detalle mostrando granos maclados deformados. 500x.