

Estudio arqueometalúrgico del punzón de Cova de la Pesseta (Torrelles de Foix, Barcelona). Datos composicionales, metalográficos, isotópicos y funcionales

Ignacio Soriano (*), Jorge Chamón Fernández ()**

* Grupo de Investigación Arqueológica del Nordeste Peninsular – GRANEP y Dpto. de Prehistoria de la Universidad Autónoma de Barcelona, Edificio B, 08193 Bellaterra
nachsoriano@hotmail.com

** Grupo de Tecnología Mecánica y Arqueometalurgia, Dpto. de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Complutense de Madrid, Av. Complutense s/n, 28040 Madrid.
chamon.jorge1@gmail.com

Resumen

El presente trabajo aporta datos arqueometalúrgicos de un punzón de cobre recuperado en la Cova de la Pesseta, cavidad funeraria de Torrelles de Foix (Alt Penedès, Barcelona). El útil se localizó en un nivel funerario múltiple adscrito al Neolítico Final (grupo Véraza) aunque tampoco puede descartarse que pertenezca a un uso mortuorio posterior durante el Bronce Inicial. Ambos usos cuentan con fechas radiocarbónicas AMS. El estudio aborda cuestiones vinculadas al proceso de producción del objeto, a través de su análisis composicional (ED-XRF) y metalográfico. El origen de la materia prima se propone a partir de los datos de isótopos de plomo y su comparación con los existentes en otras áreas peninsulares y europeas. Cabe remarcar que se trata de la pieza metálica más antigua de todo el nordeste de la Península Ibérica con datos isotópicos. Finalmente se plantea una hipótesis en relación a su funcionalidad, a partir de las características del propio útil y del estudio mediante lupa binocular.

Palabras clave

Arqueometalurgia; punzón; ED-XRF; isótopos de plomo; metalografía; funcionalidad; Prehistoria Reciente; Nordeste de la Península Ibérica; Mediterráneo Occidental.

Abstract

This paper provides archaeometallurgical data of a copper awl from Cova de la Pesseta, a funerary cave located in Torrelles de Foix (Alt Penedès, Barcelona). The tool was located in a multiple burial level attached to the Late Neolithic (Véraza Group) although we can not ruled out that it belongs to a later mortuary use during the Early Bronze Age. Both uses have radiocarbon AMS dates. The study deals with issues relating to the process of production of the object, through its compositional (ED-XRF) and metalographic analysis. The origin of raw material is suggested from lead isotopes data and its comparison with similar data existing elsewhere in Iberian Peninsula and Europe. It should be noted that it is the oldest metal object of the Northeastern Iberian Peninsula with isotopic data. Finally we propose a hypothesis in relation to its functionality through the characteristics of the tool and binocular magnifier study.

Keywords

Archaeometallurgy; awl; ED-XRF; lead isotopes; metalographic data; functionality; Late Prehistory; Northeastern Iberian Peninsula; Western Mediterranean.

LA COVA DE LA PESSETA. DATOS GENERALES⁽¹⁾

(1) Toda la información relativa al yacimiento puede ampliarse en Balaguer *et al.*, 2011a y GRANEP, 2010.

La Cova de la Pesseta se localiza en el término municipal de Torrelles de Foix, en el sector montañoso de la comarca del Alt Penedès (Barcelona) y dentro del ámbito de la cuenca del río Foix y sus afluentes

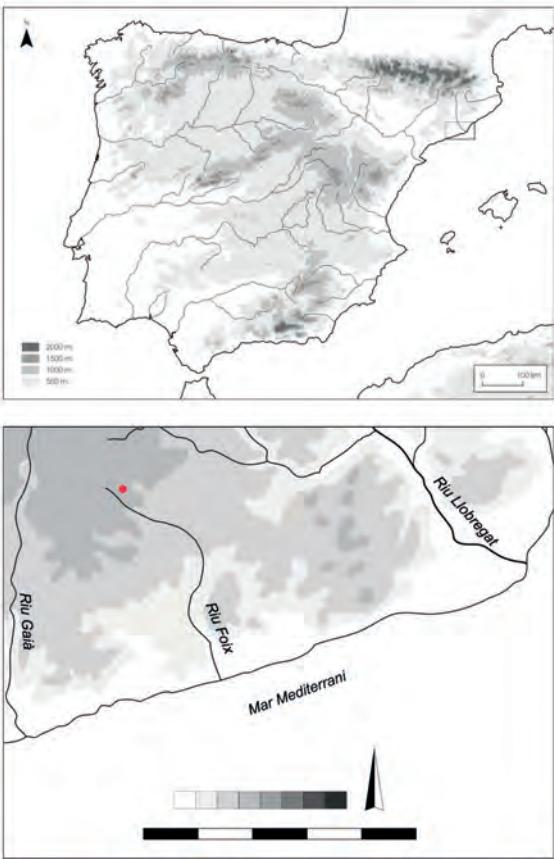


Figura 1. Localización geográfica de Cova de la Pesseta (Torrelles de Foix, Alt Penedès, Barcelona) (punto rojo).

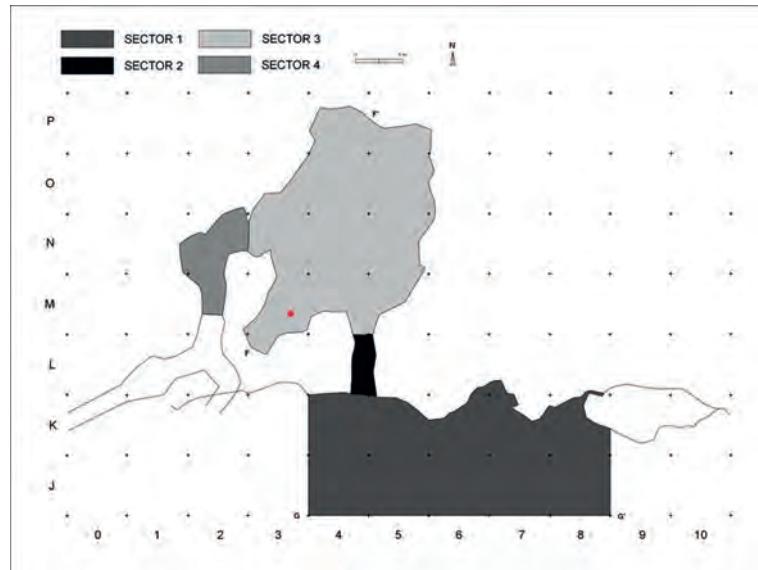


Figura 2. Planta de Cova de la Pesseta con indicación de los sectores delimitados y ubicación aproximada del punzón (punto rojo).

(Figura 1). Esta pequeña cavidad, de poco más de 9 m², fue excavada en 1979 por la Asociación de Estudios Científicos y Culturales de Mediona, sin emplear metodología arqueológica. Aunque los resultados de esta intervención nunca se publicaron, es muy posible que el área excavada se limitara al exterior de la cavidad, donde se recuperaron algunos materiales cerámicos y restos humanos. Por otro lado, en un momento indeterminado se llevó a cabo un sondeo de exploración en el centro de la cámara principal de la cueva que afectó a gran parte de su estratigrafía y cuyos resultados nos son desconocidos. Finalmente, y ya a inicios del año 2007, el yacimiento fue excavado de nuevo en el marco de un proyecto de investigación llevado a cabo por el Grupo de Investigación Arqueológica del Nordeste Peninsular - GRANEP⁽²⁾. El objetivo principal de dicha intervención, dentro de la cual se recuperó el punzón de cobre estudiado, fue identificar y caracterizar los diferentes momentos de uso del yacimiento. Éste fue dividido en cuatro sectores: exterior (sector 1), pasillo de acceso (sector 2), cámara principal (sector 3) y galería este (sector 4) (Figura 2). La cavidad fue vaciada en su totalidad y se llevó a cabo una cata de 2x5 m en el exterior alrededor de la entrada, hasta alcanzar el nivel natural. A partir de la dinámica estratigráfica, estudio de los materiales y dataciones absolutas realizadas se pudieron distinguir tres momentos de uso correspondientes al Neolítico Antiguo – Medio, Neolítico Final (grupo Véraza) y Bronce Inicial (Tabla 1).

La fase más antigua únicamente se documenta en el exterior de la cavidad y no tiene asociada ningún elemento estructural. Los materiales arqueológicos son escasos y se limitan a cerámica decorada vinculada a la facies Molinot, algunos ejemplares de cuentas líticas discoidales de reducidas dimensiones (< 3 mm) e industria lítica tallada. Dentro de esta última existen tanto productos acabados (láminas, trapecios) como núcleos y restos de talla. La interpretación de esta fase es la de frecuentación esporádica del abrigo como área de producción o reparación de artefactos líticos. No es posible precisar más a nivel cronológico dado que la datación realizada (LTL-3894A) proviene, probablemente, del estrato superficial. Sin embargo a partir de las dataciones existentes en el resto del Nordeste peninsular podemos situar este momento entre c. 4800 – 3600 cal ANE.

Durante el Neolítico Final (grupo Véraza) la cavidad es empleada como lugar de enterramiento aunque la mayoría de los materiales se han recuperado en el exterior de la cueva. Éstos son el resultado del vaciado del depósito funerario durante el Bronce Inicial, con el objetivo de usarlo de nuevo con fines

(2) Esta intervención contó con el apoyo del Departamento de Prehistoria de la Universidad Autónoma de Barcelona y el VINSEUM – Museu de les Cultures del Vi de Catalunya. Así como con la ayuda económica proporcionada por el Àrea de Coneixement i Recerca del Departament de Cultura y por el D.U.R.S.I., ambos de la Generalitat de Catalunya.



Figura 3. Punzón de Cova de la Pesseta.

CÓDIGO LABORATORIO	CONTEXTO	MUESTRA	VALOR BP	VALOR CAL ANE (1 SIGMA)	$\delta^{13}\text{C}$ (%)
LTL-3893A	1-IIA2-J8	Hueso humano	4249 ± 45	2912 - 2762	$-19,4 \pm 0,2$
LTL-3892A	1-IIA2-K8	Hueso humano	4090 ± 40	2849 - 2573	$-19,8 \pm 0,2$
LTL-3895A	3-IIIA1-N4	Hueso humano	3846 ± 45	2436 - 2207	$-16,1 \pm 0,2$
LTL-3897A	3-IIIA2-O3	Hueso humano	3741 ± 45	2204 - 2041	$-20,1 \pm 0,5$
LTL-3898A	3-IIIA3-05	Hueso humano	3617 ± 50	2034 - 1905	$-29,5 \pm 0,2$
LTL-3896A	3-IIIA2-N2	Hueso humano	3298 ± 40	1619 - 1523	$-19,0 \pm 0,3$
LTL-3894A	1-IIIA1-K5	Carbón	127 ± 40	1671 - 1942 DNE	$-24,9 \pm 0,2$

mortuorios. A pesar de ello esta limpieza no fue exhaustiva, tal y como demuestra la documentación de materiales antiguos en el interior de la cueva. El ritual funerario de este momento es de tipo múltiple sucesivo: se in huma de forma consecutiva a más de un individuo dentro del mismo sepulcro. El carácter múltiple del ritual no implica necesariamente que éste sea de tipo colectivo. Socialmente puede existir la intencionalidad de aislar individuos dentro de un enterramiento múltiple, separándolos espacialmente de forma estable del resto y/o depositando ajuar individualizado (enterramiento múltiple *individualizado*). Contextos de este tipo son conocidos en el Nordeste asociados a cerámica campaniforme: Cova del Calvari, Cova de la Ventosa, Reguers de Seró, Torrent de Sant Oleguer (Esteve, 1966; López *et al.*, 2010; Llongueras *et al.*, 1981; Cuesta 1985). Sin embargo, en los enterramientos con cerámica Véraza y sin campaniforme tanto los restos humanos como los materiales se encuentran reiteradamente mezclados (enterramiento múltiple *colectivo*), con las implicaciones sociales e ideológicas que ello comporta (Soriano, 2010, 54-55).

En relación a los materiales recuperados, el estudio antropológico ha detectado un número mínimo de individuos (NMI) de siete, dentro de los cuales se encuentran tanto adultos como infantiles de sexo indeterminado. El resto de artefactos son: cerámica de estilo Véraza; elementos de tipo ornamental tanto en soporte lítico (cuenta lenticular de mármol) como malacológico (cuentas de *Columbella rustica* y *Glycymeris*); una punta de flecha foliácea de sílex con retoque bifacial; y, quizás, el punzón de cobre estudiado (véase *infra*). Todos estos materiales son recurrentes en otros yacimientos contemporáneos del Nordeste (Martín, 2003; Martín, Petit y Maya, 2002). Contamos con tres dataciones asociadas a este momento: dos son seguras y provienen del exterior de la cueva (LTL-3892A y 3893A), mientras que la última, del interior, es solo probable dado que su resultado podría igualmente corresponder al Bronce Inicial (LTL-3895A). De cualquier modo, el lapso temporal de uso de la cavidad en este periodo es amplio, de entre 300 y 650 años (c. 2900 – 2250 cal ANE).

Durante el Bronce Inicial tenemos constancia de un nuevo uso funerario de la cavidad, tras el vaciado de la mayor parte del depósito antiguo. Por desgracia la información que se pudo extraer se vio limitada por la presencia del sondeo o cata de expolio situado en el centro mismo de la cámara. El ritual funerario es igualmente de tipo múltiple sucesivo, aunque desconocemos si colectivo o individualizado. El NMI es de seis correspondiendo nuevamente a individuos de diferentes categorías de edad y sin haber podido determinar el sexo. Los artefactos documentados no son diagnósticos de este periodo y podrían igualmente corresponder al momento precedente: dos fragmentos de cerámica lisa y restos de talla de sílex. Sin embargo, las cuatro fechas absolutas obtenidas demuestran, sin ninguna, duda la inhumación a lo largo

Tabla 1. Dataciones absolutas realizadas en Cova de la Pesseta (programa empleado Calib 5.0, Reimer *et al.*, 2004).

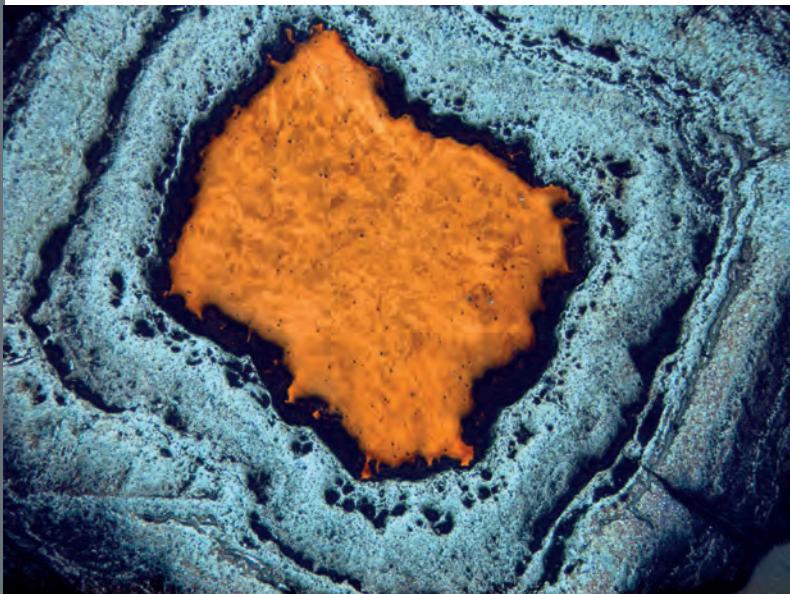


Figura 4. Metalografía del punzón de Cova de la Pesseta. Detalle del escaso núcleo metálico conservado y del avance de la corrosión. 50X.

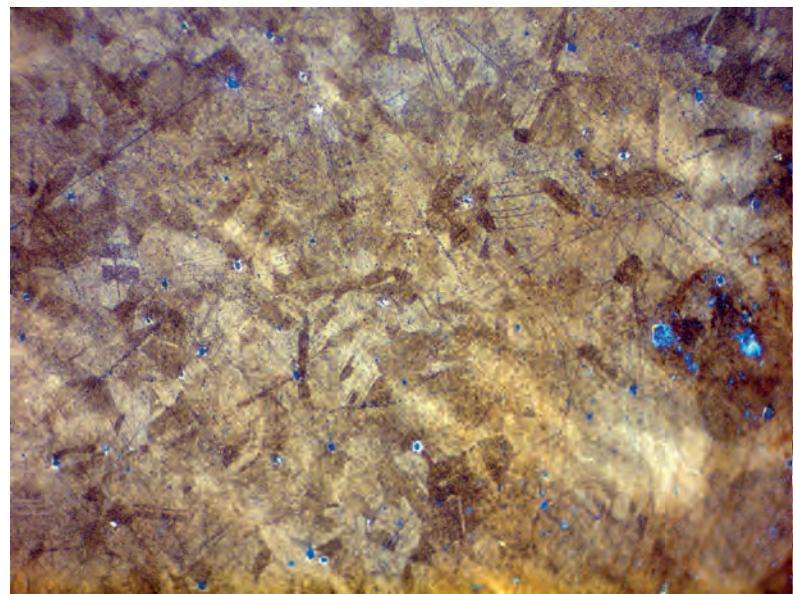


Figura 5. Metalografía del punzón de Cova de la Pesseta. Microestructura de granos poligonales de bordes difusos con maclas orientadas de forma heterogénea (FF+R). 200X.

de todo el Bronce Inicial (c. 2350 – 1500 cal ANE). Por último cabe citar la documentación en el exterior de la cueva de un posible nivel de frequentación sobre tierra batida. Éste podría, quizás, ser el resultado de un acceso reiterado a la misma en este momento. La acción de agentes bióticos sobre el sedimento no permitió corroborar esta afirmación a través del análisis micromorfológico.

EL PUNZÓN. DESCRIPCIÓN, CARACTERÍSTICAS Y CONTEXTO DE HALLAZGO

El artefacto estudiado se define como un punzón, es decir, un útil formado por una varilla con uno o dos de sus extremos acabados en punta, que se emplea mediante un movimiento de presión o rotación para agujerear, horadar o taladrar. Preferimos emplear este término más genérico por encima de otros como *aguja* o *lezna*, los cuales llevan implícita una funcionalidad concreta. El punzón está conservado en su totalidad. Presenta una morfología fusiforme, cuerpo simétrico, tiene una única punta y su sección transversal es cuadrangular (Figura 3). Sus dimensiones son (en mm): 76 de longitud, 3,9 de anchura, 3,7 de espesor y 4,5 g de peso. La pieza se encuentra depositada en el VINSEUM – Museu de les Cultures del Vi de Catalunya (nº de inventario CP07/S3/IIIA1/1).

El análisis morfométrico del conjunto de punzones metálicos documentados en el Nordeste ha permitido constatar, como cabía esperar, la reducida variabilidad existente en estos útiles. Se han podido distinguir dos grandes grupos con variantes internas. El grupo 1 es el más abundante y se caracteriza por presentar una escasa anchura (cerca de 4 mm); un índice de esbeltez (longitud máxima / anchura máxima) situado entre 8,5 y 34,5; y una sección transversal variable (cuadrangular; cilíndrica; cuadrangular y cilíndrica). Dentro del mismo la mayoría de casos son de cuerpo simétrico (variante 1A) mientras que un grupo reducido son asimétricos, concentrando la anchura máxima en el tercio proximal de la pieza (variante 1B). En este grupo se encuentran conjuntamente ejemplares de diversa cronología. El restante conjunto de punzones (grupo 2) presenta más de 4 mm de anchura, concentrada en el centro de la pieza, y/o un grado de esbeltez bajo (5,4 – 8,2). Denominados por otros investigadores como punzones losángicos o “punzones brújula”, presentan también variantes internas y su cronología se sitúa dentro del Bronce Inicial (Soriano, 2010, 413-416). El punzón estudiado, con un valor de 19,5 en el índice de esbeltez, se incluye dentro de la variante 1A como se ha visto la más común de las existentes.

En relación a su contexto de hallazgo, esta pieza fue localizada en la cámara principal de la cueva (sector 3), en la superficie del estrato IIIA1. Dicho estrato se encontraba aislado en un pequeño recodo del suroeste de la cámara (cuadros L3, M2 y M3), aunque es muy posible que inicialmente se extendiera

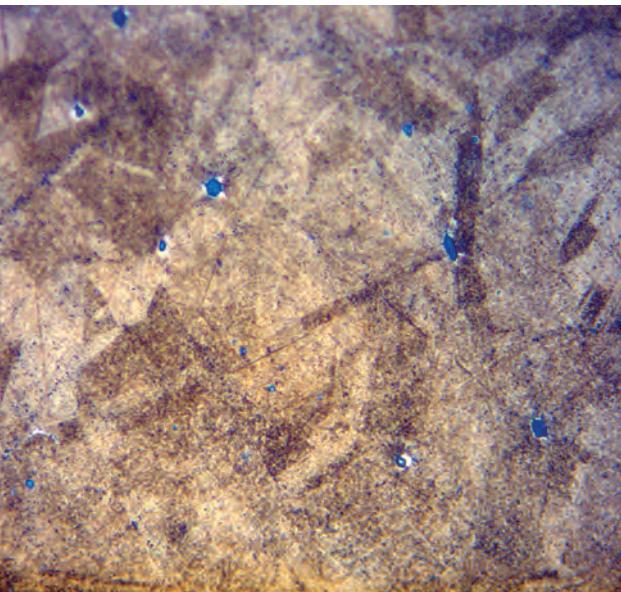


Figura 6. Metalografía del punzón de Cova de la Pesseta. Detalle de inclusiones de sulfuro de cobre (color azulado), de morfología alentejada como resultado del intenso martilleado (FF+R). 500X.

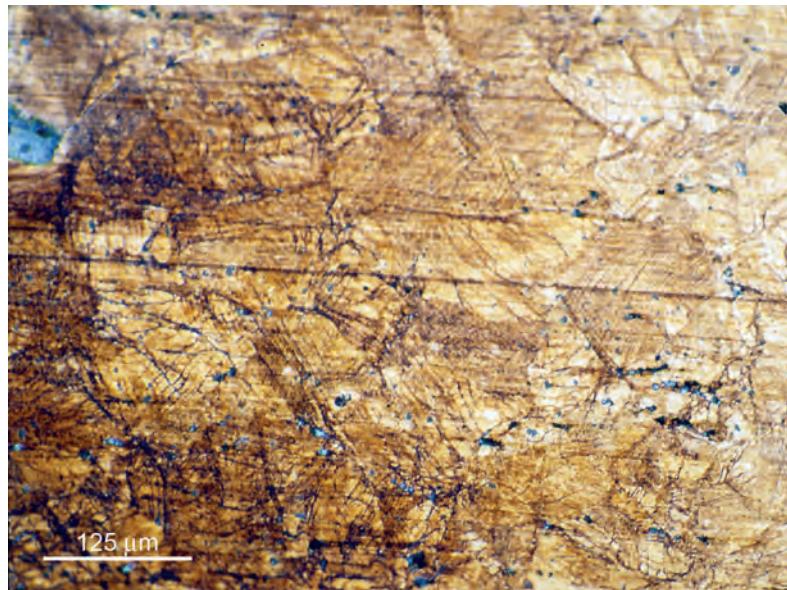


Figura 7. Metalografía del punzón de las Maiolas. Microestructura de granos poligonales deformados, con abundantes líneas de desplazamiento del metal y masas residuales. Las impurezas son visibles como puntos negros (FF+R+FF). 200X (Rovira y Gómez Ramos, 2003, 59).

a gran parte de ella. Como resultado de la ya citada cata de explotación, éste y otros estratos se vieron gravemente afectados y aislados entre sí. El estrato contenía restos humanos y de talla de sílex y por encima del mismo únicamente se documenta el nivel superficial. Los datos estratigráficos, por lo tanto, no permiten distinguir entre la asociación del punzón con el Neolítico Final o con el Bronce Inicial. A pesar de ello debe remarcarse que otros artefactos inequívocamente adscritos al grupo Véraza fueron localizados dentro de la cavidad.

ESTUDIO TECNOLÓGICO Y PROCESO DE PRODUCCIÓN

El punzón fue analizado a nivel composicional mediante espectrometría de fluorescencia de rayos X (ED-XRF) en el laboratorio del Centro de Ciencias Sociales y Humanas (CSIC, Madrid), empleando un espectrómetro Metorex X-MET 920. Los límites de detección se sitúan entre 0,1 – 0,01% y el error estimado oscila entre $\pm 5\%$ para los elementos mayoritarios, $\pm 50\%$ para los minoritarios y $\pm 200\%$ para los traza. Una gran parte de los análisis realizados en la Península Ibérica han empleado la misma técnica aunque usando un equipo diferente (espectrómetro Kevex Mod. 7000) (Rovira, Montero y Consuegra, 1997, 6-7). La compatibilidad de resultados entre ambos equipos está perfectamente corroborada. Únicamente en el caso de piezas de cobre y cobre con elevada proporción de arsénico se detecta una actual sobrevaloración del 0,5% en dicho elemento. Este incremento supone un resultado más ajustado a la composición real de las muestras (Montero, 2008, 449).

El punzón está compuesto por cobre con un contenido elevado de arsénico (Tabla 2). Dentro del resto de elementos detectados únicamente destaca la presencia minoritaria de plomo. Tanto éste como los demás elementos deben interpretarse como impurezas presentes en las menas minerales reducidas, no pudiendo considerarse su adición como intencionada. Esta afirmación es también aplicable para el arsénico, que se encuentra en una elevada proporción. La tesis que defendía la posible intencionalidad de los "cobre arsenicados" ha recibido en los últimos años un gran número de críticas que la han puesto seriamente en entredicho (Rovira, 1998, 110-111; 2003-2004, 157-159; 2004, 16-26; Rovira y Delibes, 2005, 496-500). Entre ellas cabe destacar: la constatación en la Península Ibérica de mineralizaciones polimetálicas que agrupan cobre y arsénico, entre otros elementos, de forma natural; el escaso control en la proporción de arsénico conseguida durante el proceso de reducción, dado que gran parte de éste sublima en forma de gas, de alta toxicidad; y, por último, la presencia mayoritaria de artefactos con arsénico por debajo del 2%, proporción mínima necesaria para ver incrementadas las propiedades

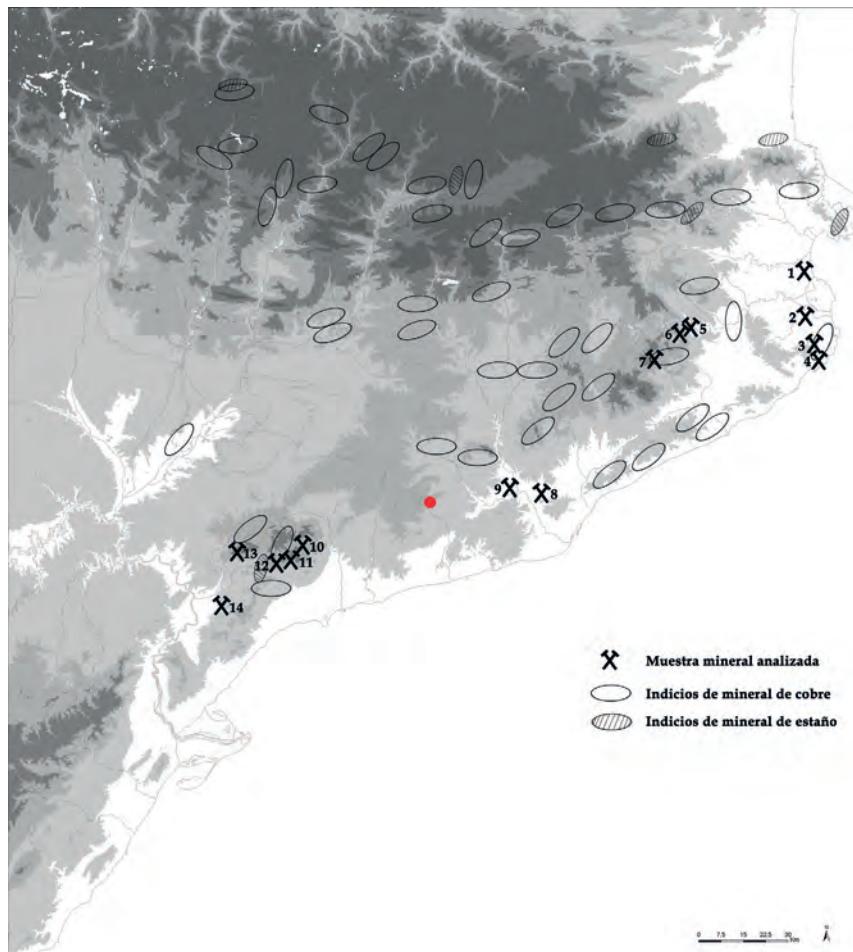
Tabla 2. Resultados de los análisis de composición (ED-XRF) del punzón de Cova de la Pesseta así como del resto de objetos prehistóricos de cobre del Nordeste con presencia de arsénico. Los realizados con el nuevo espectrómetro Metorex X-MET 920 se han señalado con una almohadilla (#).

Nº ANÁLISIS	ARTEFACTO	YACIMIENTO	MUNICIPIO / PROVINCIA	FE	NI
PA13024#	Punzón	Cova de la Pesseta	Torrelles de Foix, Barcelona	0.37	nd
PA7866	Puñal remaches	Cova del Toll	Moià, Barcelona	0.09	0.16
PA7837	Palmela	Esquerda de les Roques del Pany	Torrelles de Foix, Barcelona	0.07	nd
PA7660	Puñal lengüeta	Travès	Clariana de Cardener, Lleida	0.12	nd
PA12596#	Alabarda (hoja)	Carrer Maragall nº 26	Girona	nd	nd
PA7846	Punta flecha	Camp Cinzano I	Vilafranca del Penedès, Barcelona	0.13	0.22
PA7869	Aguja cabeza discoïdal	Cova del Toll	Moià, Barcelona	0.23	nd
PA7879	Puñal lengüeta	Plana de Vic	Plana de Vic, Barcelona	0.05	nd
PA7880	Punta flecha	Vall de Ribes o Ribes de Freser	Girona	0.26	nd
PA12531A#	Hacha plana	Roc d'en Sardinyà	Vilassar de Dalt, Barcelona	0.04	nd
PA12530#	Hacha plana	Cova M del Cingle Blanc (5008)	Arbolí, Tarragona	0.04	nd
PA6864	Punzón	Maioles	Rubió, Barcelona	MPI	0.26
PA7673	Punzón losángico	Tarter del Tossal del Jovell	Montan de Tost, Lleida	0.16	nd
PA7849	Hacha plana	Cova del Frare	St. Llorenç del Munt, Barcelona	0.07	0.60
PA7672	Punzón losángico	Coll de Creus II	Coll de Nargó, Lleida	0.09	nd
PA7860	Puñal indet (frag.)	Cova d'en Pau	Serinyà, Girona	0.11	0.08
PA7670	Punzón	Tarter del Tossal del Jovell	Montan de Tost, Lleida	0.25	0.18
PA7859	Punta flecha (frag.)	Cova del Reclau Viver	Serinyà, Girona	0.08	nd
PA7604	Puñal lengüeta	Rocallaura	Vallbona de les Monges, Lleida	nd	nd
PA12532#	Hacha plana	Cova M del Cingle Blanc (5009)	Arbolí, Tarragona	0.03	nd
PA7654	Puñal lengüeta	Collet de les Forques	Espunyola, Barcelona	0.01	nd
PA5257	Hacha plana	Alfarràs	Alfarràs, Lleida	0.07	nd
PA7628	Punzón	Cova de l'Heura	Ulldemolins, Tarragona	0.05	tr
PA7857	Punta flecha	Cova del Reclau Viver	Serinyà, Girona	0.14	0.10
PA7605	Hacha plana	Cova Josefina?	Escornalbou, Tarragona	0.09	nd
PA7836	Hacha plana	Esquerda de les Roques del Pany	Torrelles de Foix, Barcelona	0.14	nd
PA7835	Hacha rebordes	Plana d'Ancosa	Querol, Tarragona	0.05	0.12
PA7631	Punta flecha	Marçà	Marçà, Tarragona	0.03	nd
PA7875	Puñal remaches	Cova de les Grioteres	Vilanova de Sau, Barcelona	0.13	nd
PA7862	Punzón	Túmul I de la Serra Clarena	Castellfollit del Boix, Barcelona	0.14	0.18
PA7658	Punta flecha	Recó dels Espartells	Maials, Lleida	0.29	nd
PA7858	Puñal lengüeta	Cova de les Encantades de Martís	Esponellà, Girona	0.07	0.09
PA7625	Puñal lengüeta	Cova del Calvari (sep I)	Amposta, Tarragona	0.06	0.10
PA7864	Punta flecha	Cobertera	Calafell, Tarragona	0.06	nd
PA7671	Punzón	Collet de les Forques	Espunyola, Barcelona	0.18	nd
PA7865	Puñal remaches	Cova d'en Merla	Roda de Barà, Tarragona	0.06	nd
PA11646#	Palmela	Dolmen d'Ardenya	Begues, Barcelona	nd	nd
PA7863	Punta flecha	Cova de Montnàs o Monàs	Olivella, Barcelona	nd	nd
PA7624	Puñal lengüeta	Cova del Calvari (sep V)	Amposta, Tarragona	0.04	nd
PA7657	Puñal remaches	Cova d'Aigües Vives	Olius, Lleida	0.20	nd
PA7608	Puñal lengüeta	Cova de l'Arbonès	Pradell, Tarragona	0.10	nd
PA2933	Palmela	Forat de l'Espluga Negra	Vilanova de Meià, Lleida	0.01	0.11
PA6913	Puñal remaches (frag.)	Minferri	Juneda, Lleida	0.14	nd

Valores expresados en % en peso. nd = no detectado. -- = no incluido en el análisis. det = detectado no cuantificable. tr = trazas

CU	ZN	AS	AG	SN	SB	AU	PB	BI	REFERENCIA
95.6	nd	3.5	0.03	0.02	0.010	--	0.4	nd	Balaguer <i>et al.</i> , 2011a
85.6	nd	2.20	0.298	11.6	0.101	--	nd	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
97.8	nd	2.04	0.010	nd	0.030	--	nd	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
98.4	nd	1.50	0.003	nd	0.004	--	nd	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
98.52	nd	1.28	0.02	nd	nd	--	0.18	nd	GRANEP, 2008
96.2	nd	1.21	1.90	nd	0.025	--	0.35	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
85.3	nd	1.20	0.045	13.0	0.216	--	nd	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
98.8	nd	1.09	0.039	nd	0.004	--	nd	nd	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
86.5	nd	1.04	0.071	12.0	0.172	--	nd	nd	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
98.6	nd	0.95	0.048	0.06	0.130	--	0.15	nd	Balaguer <i>et al.</i> , 2011b
98.9	nd	0.92	0.025	0.11	nd	--	nd	nd	Balaguer <i>et al.</i> , 2011b
98.7	nd	0.88	nd	nd	0.095	--	nd	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
97.6	nd	0.87	1.08	0.059	0.187	--	nd	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
97.7	nd	0.74	0.562	nd	0.315	--	nd	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
99.1	nd	0.63	0.021	nd	0.098	--	nd	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
84.3	nd	0.56	0.354	12.4	1.70	--	0.51	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
85.2	nd	0.56	0.104	11.0	0.389	--	2.34	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
89.4	nd	0.55	0.010	8.07	1.86	--	nd	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
99.4	nd	0.54	0.037	0.022	0.011	--	nd	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
99.3	nd	0.53	0.078	0.09	0.006	--	nd	nd	Balaguer <i>et al.</i> , 2011b
99.5	nd	0.51	0.009	nd	0.007	--	nd	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
99.4	nd	0.45	0.006	nd	0.006	--	nd	nd	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
99.5	nd	0.44	0.008	nd	0.028	--	tr	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
87.8	nd	0.42	nd	10.5	1.07	--	nd	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
99.3	nd	0.42	0.011	nd	0.010	--	0.12	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
99.2	nd	0.41	0.136	nd	0.086	--	nd	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
89.2	nd	0.39	0.053	10.1	0.078	--	nd	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
99.4	nd	0.38	0.076	tr	0.070	--	nd	0.08	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
90.1	nd	0.37	0.006	8.76	0.594	--	nd	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
99.1	nd	0.36	0.034	nd	0.207	--	nd	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
99.3	nd	0.35	0.007	0.017	0.011	--	nd	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
91.0	nd	0.33	0.217	8.09	0.243	--	nd	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
99.3	nd	0.30	0.250	nd	0.017	--	nd	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
99.6	nd	0.28	0.008	0.006	0.003	--	nd	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
99.5	nd	0.26	0.020	nd	0.006	--	nd	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
89.6	nd	0.23	0.017	10.1	0.032	--	nd	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
99.5	nd	0.23	0.120	0.05	0.019	--	0.04	nd	Soriano, 2010
99.7	nd	0.22	0.051	tr	0.020	--	0.03	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
99.7	nd	0.21	0.006	0.014	0.004	--	nd	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
98.1	nd	0.19	0.008	0.141	0.003	--	1.32	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
99.4	nd	0.17	0.067	nd	0.212	--	0.08	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
99.6	nd	0.15	0.037	0.01	0.030	--	tr	nd	Rovira, Montero y Consuegra, 1997
89.3	nd	0.13	0.006	10.4	nd	--	nd	--	Rovira, Montero y Consuegra, 1997

Figura 8. Localización de las mineralizaciones analizadas isotópicamente, número de muestras examinadas y relación con las principales menas de cobre y estaño del Nordeste. 1. Empúries (Girona) (1 muestra); 2. Ullastret y Puig de Sant Andreu (Girona) (2 m); 3. Mina Pepito (Mont-ras, Girona) (2 m); 4. Puig Perals y Mina Castell (Palamós, Girona) (3 m); 5. Sant Julià del Llor (Anglès, Girona) (1 m); 6. Mina Leonor (Osor, Girona) (3 m); 7. Rigròs (Barcelona) (2 m); 8. Mina Berta (Sant Cugat del Vallès, Barcelona) (5 m); 9. Martorell (Barcelona) (5 m); 10. Mina Atrevida (Vimbodí, Tarragona) (6 m); 11. Argentera (Tarragona) (2 m); 12. Escornalbou (Riudecanyes, Tarragona) (1 m); 13. Bellmunt y El Calvari del Molar (Tarragona) (7 m); 14. Castellet de Banyoles (Tivissa, Tarragona) (1 m) (Soriano, 2010, 571).



de dureza y ductilidad del metal (Budd y Ottaway, 1991: 138-141). Los datos composicionales del resto de objetos del Nordeste, realizados en cobre y con presencia de arsénico, corroboran esta última afirmación (Tabla 2). La inmensa mayoría no superan el 2% de dicho elemento, aún teniendo en consideración el citado incremento del 0.5% según el equipo empleado (*véase supra*). El punzón analizado constituye el objeto que presenta la mayor proporción de arsénico de todo el territorio catalán hasta la fecha.

Con el objetivo de obtener datos sobre la microestructura del útil, se llevó a cabo un análisis metalográfico en el laboratorio del Museo Arqueológico Nacional (Madrid), empleando un microscopio metalográfico Reichert MEF3A (Rovira, 2009). La muestra se extrajo de la parte proximal o zona de enmangue. La cadena de tratamientos detectada ha sido forja en frío seguida de un recocido uniformizador (FF+R) (Figura 4 y 5). La pieza salida del molde fue martilleada de forma intensa para obtener la forma final, logrando una reducción de tamaño de hasta el 50% (Figura 6). Este proceso fue alternando diversos recocidos térmicos para recuperar la ductilidad del metal, los cuales sin embargo no lograron su completa recristalización. Este hecho es visible en la formación de granos poligonales de bordes difusos y tamaños heterogéneos. La pieza presenta también una pequeña cantidad de inclusiones de sulfuro cuproso de color azul. La forma de las inclusiones es alargada como resultado de la reducción de tamaño del objeto debido al martilleado.

Únicamente otro punzón del Nordeste cuenta con datos metalográficos. Se trata del ejemplar de la galería catalana de las Maioles (Rubió, Anoia, Barcelona). En este sepulcro megalítico se inhumaron un mínimo de quince individuos a mediados del Bronce Inicial, c. 1800 cal ANE⁽³⁾. El punzón, de cobre puro, fue igualmente metalografiado en su parte proximal y presenta una cadena de tratamientos más compleja: FF+R+FF (Figura 7). El conformado en frío se observa en los restos de maclas antiguas con diferentes orientaciones, localizadas en el interior de los granos poligonales. Esta microestructura regular, fruto del recocido, muestra deformaciones y roturas que evidencian la última forja en frío. Este útil incluye además numerosas impurezas resultado de la colada (Rovira y Gómez Ramos, 2003, 58-59).

(3) UBAR-558 = 3475-50 BP (individuo A), UBAR-559 = 3465-50 BP (individuo B) y UBAR-560 = 3495-50 BP (individuo E), en todos los casos sobre muestra de hueso humano (Clop y Faura, 2001, 170).

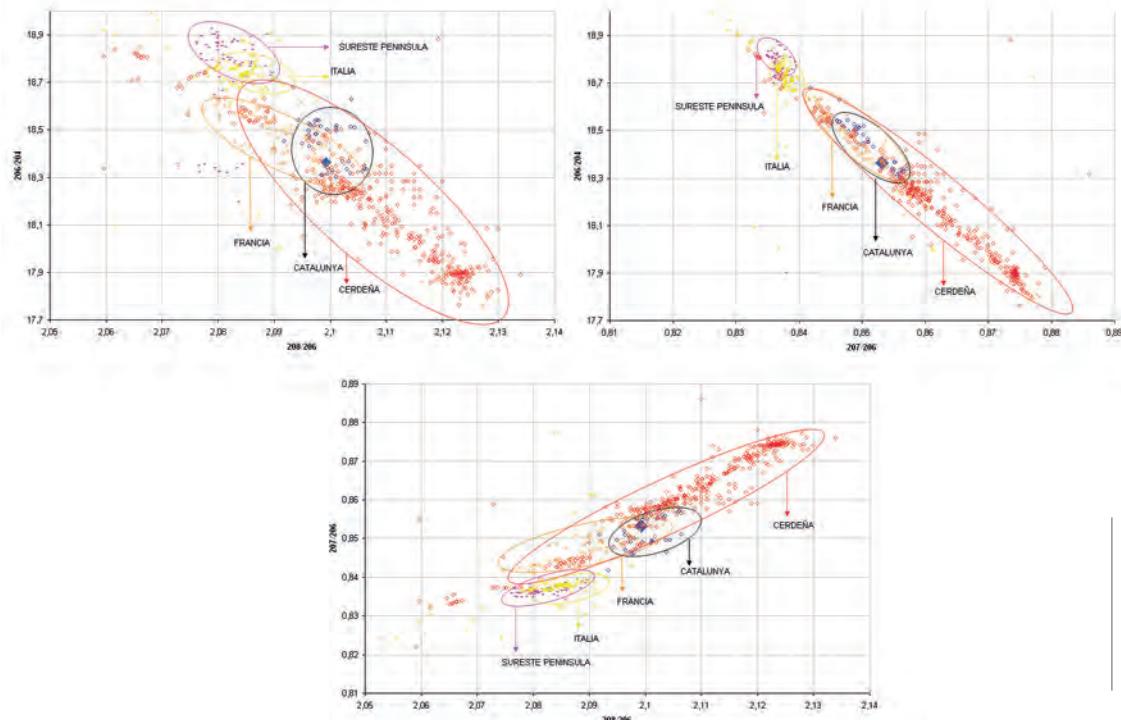


Figura 9. Comparación isotópica entre el punzón de Cova de la Pesseta y mineralizaciones europeas citadas en el texto. Nótese el solapamiento con las mineralizaciones de Catalunya.

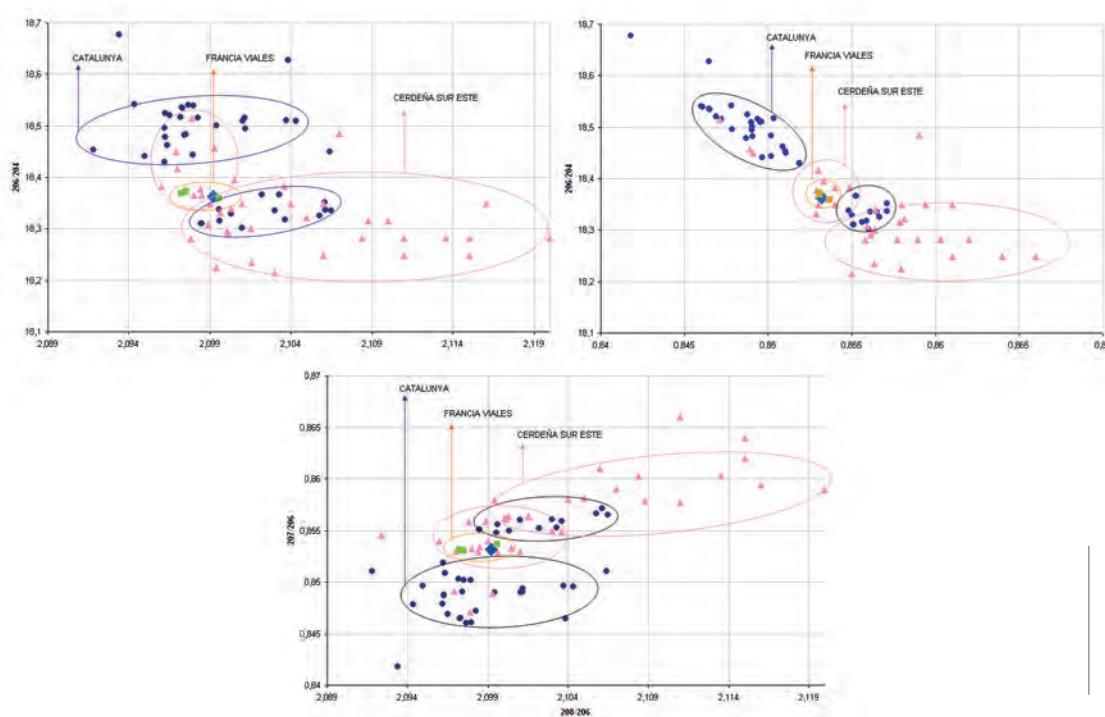


Figura 10. Comparación isotópica entre el punzón de Cova de la Pesseta y mineralizaciones de Catalunya, Macizo Central francés y sudeste de Cerdeña.

La combinación de tratamientos detectada en el punzón de Cova de la Pesseta es característica de los primeros momentos de la metalurgia peninsular. El recocido parcial e insuficiente podría indicar un conocimiento limitado de los efectos recuperadores de esta técnica. Por otra parte la constatación de una cadena más compleja en el punzón de las Maioles guardaría, quizás, relación con cierta evolución en los tratamientos postfundición. Un progreso de estas características ha sido constatado en el Nordeste a partir del estudio metalográfico de tres hachas planas (Balaguer *et al.*, 2011b; GRANEP, 2008). A pesar de ello esta afirmación, aplicada al punzón analizado, debe tomarse con cautela. En primer lugar por el

Figura 11. Detalle de la muesca de gran tamaño y muescas menores presentes en la parte proximal del punzón de Cova de la Pesseta. 5X.



ARTEFACTO	Nº ANÁLISIS	206PB/ 204PB	INC. (2Σ %)	207PB/ 204PB	INC. (2Σ %)	208PB/ 204PB	INC. (2Σ %)	207PB/ 206PB	INC. (2Σ %)	208PB/ 206PB	INC. (2Σ %)
Punzón Cova Pesseta	63	18,3622	0,010	15,6666	0,012	38,5474	0,031	0,853195	0,005	2,099220	0,011

Tabla 3. Resultado del análisis de isótopos de plomo mediante TIMS.

desconocimiento de la cronología de dicho útil. En segundo lugar debido a que la muestra metalografiada proviene de la parte proximal y no de la distal, la cual podría presentar una cadena de tratamientos más compleja. Los datos disponibles para el resto de la Península Ibérica indican que la parte activa de los útiles y armas (filos, ápices, punta) suele mostrar la combinación de tratamientos más completa. Asimismo, constatan que éstos no siempre coinciden con los obtenidos en otras zonas de la misma pieza (Hunt, 2003, 380-385; Rodríguez Bayona, 2008, 234-243; Rovira y Gómez Ramos, 2003, 161-170). Finalmente no debemos perder de vista que los datos metalográficos existentes en el área catalana son ciertamente reducidos. Ello imposibilita el establecimiento de generalizaciones de tipo cronológico respecto a la aplicación o introducción de determinadas combinaciones de tratamientos o "recetas" metalúrgicas.

DATOS ISOTÓPICOS Y ÁREAS DE CAPTACIÓN DE RECURSOS CUPRÍFEROS

El análisis de isótopos de plomo constituye el método más empleado para proponer áreas de aprovisionamiento de mineral metalífero. Esta técnica ha recibido importantes críticas en los últimos años que han suscitado cierto debate. A pesar de ello, la gran mayoría no han hecho más que resaltar las limitaciones inherentes al propio método (Montero y Hunt, 2006, 89-90). De forma sintética podemos afirmar que la ausencia de correspondencia entre los valores obtenidos en un objeto y las mineralizaciones analizadas es una prueba bastante clara de que el mineral empleado no se extrajo de ellas. Por lo menos, no todo el usado. Como contrapartida, la constatación de coincidencia no permite excluir la posibilidad de que existan otras minas con un campo isotópico similar; que ciertas menas no muestradas puedan mostrar idénticos valores; e incluso que el mineral provenga de una mineralización hoy agotada e imposible de caracterizar. En definitiva, la mayor utilidad de esta técnica reside en la eliminación de posibles zonas de abastecimiento, más que en plantear la hipotética mena de origen.

El punzón fue analizado en el Laboratorio de Geocronología y Geoquímica de la Universidad del País Vasco, empleando un espectrómetro de masas de ionización térmica (TIMS) modelo Finnigan Mat 262.

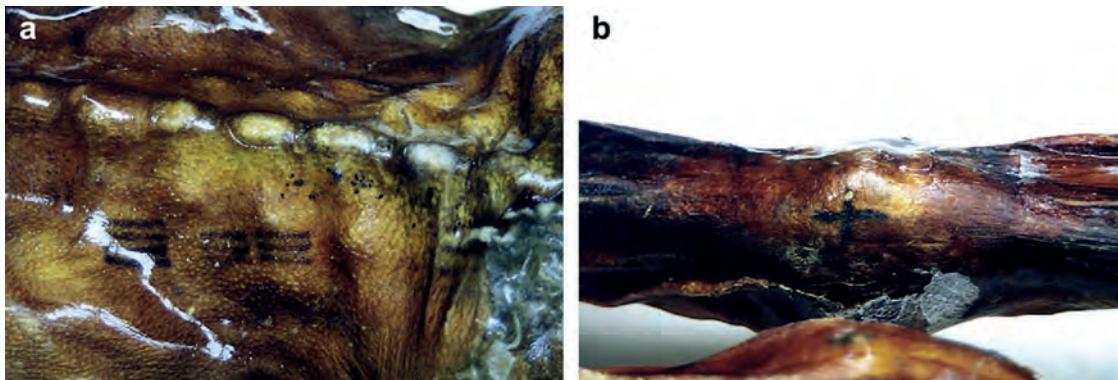


Figura 12. Tatuajes presentes en el "Hombre de los Hielos" (Ötztal, Tirol del Sur, Trentino): A. Líneas horizontales en la región lumbar izquierda; B. Cruciforme en la rodilla derecha (Pabst *et al.*, 2009, 2336).

Los valores obtenidos fueron corregidos de un posible fraccionamiento isotópico por comparación con el estándar Pb NBS-981 (Tabla 3). Los resultados del análisis se han comparado con un conjunto de mineralizaciones diversas. Por una parte con las actualmente analizadas en el Nordeste peninsular (Armada *et al.*, 2005; Canals y Cardellach, 1997; Montero *et al.*, 2008, 2009; Rovira Hortalà *et al.*, 2008). Éstas son todavía reducidas y se encuentran caracterizadas con un número excesivamente limitado de muestras. Además se concentran en determinadas zonas geográficas, no siempre coincidentes con los depósitos cupríferos, restando amplias áreas por muestrear (Figura 8). El otro grupo de mineralizaciones corresponde a aquellas geográficamente cercanas al Nordeste o ubicadas en áreas con las que, hipotéticamente, podría haber existido algún tipo de relación o interacción. En concreto hemos incluido el resto de la Península Ibérica, Francia, Italia y las islas del Mediterráneo Occidental (véase apartado bibliográfico). Creemos importante remarcar que el punzón de Cova de la Pesseta constituye, a día de hoy, la única pieza metálica anterior al Bronce Final en todo el Nordeste analizada mediante isótopos de plomo.

Las conclusiones más relevantes de este análisis se pueden sintetizar en tres puntos. En primer lugar, los campos isotópicos de las mineralizaciones catalanas se distinguen con claridad del resto de la Península Ibérica, Francia atlántica, Italia y Alpes occidentales. Como contrapartida, las menas del Macizo Central francés y de Cerdeña se solapan con las catalanas (Figura 9). En segundo lugar, las regiones que se confirman como posibles áreas de procedencia del mineral son, precisamente, estas últimas. De forma específica se trata de las zonas de Cévennes y Vialas en el sur del Macizo Central (Languedoc-Rousillon) y el sudeste de Cerdeña (Figura 10). Por último, el limitado número de muestras procedentes del Nordeste y la inexistencia de datos isotópicos circundantes al yacimiento condiciona en gran medida la interpretación de los datos. Estas conclusiones, por lo tanto, deben ser consideradas como preliminares, a la espera de una mejor caracterización isotópica del área de estudio.

DATOS FUNCIONALES

El punzón ha sido estudiado desde el punto de vista de su funcionalidad. El objetivo ha sido detectar huellas presentes en su superficie e intentar asociarlas con los diferentes procesos que han afectado a la vida del útil: producción y mantenimiento; uso; acciones postdepositacionales y tafonómicas (Gutiérrez y Soriano, 2008). Para ello se ha empleado una lupa binocular Leica tipo Wild MZ8 de la Universidad Autónoma de Madrid.

Los resultados han sido muy limitados. La fuerte pátina y el estado de conservación de la pieza han impedido observar huellas microscópicas. Únicamente se ha detectado una muesca macroscópica, de morfología semicircular, localizada en la parte proximal. Ésta va acompañada de otras muescas poco profundas a lo largo del eje de la pieza (Figura 11). Todas ellas constituyen deformaciones dentro del campo plástico del metal, que generan un desplazamiento de la materia pero no una pérdida de la misma. Su origen más probable debe relacionarse con el sistema de enmangue del útil. El mango, actualmente desaparecido, constituye el punto donde converge toda la presión ejercida durante el uso. Como resultado de ello, es común que la parte enmangada del punzón presente este tipo de deformaciones. Huellas muy similares han sido detectadas en otros punzones del Nordeste ubicados a lo largo del III y II milenio cal

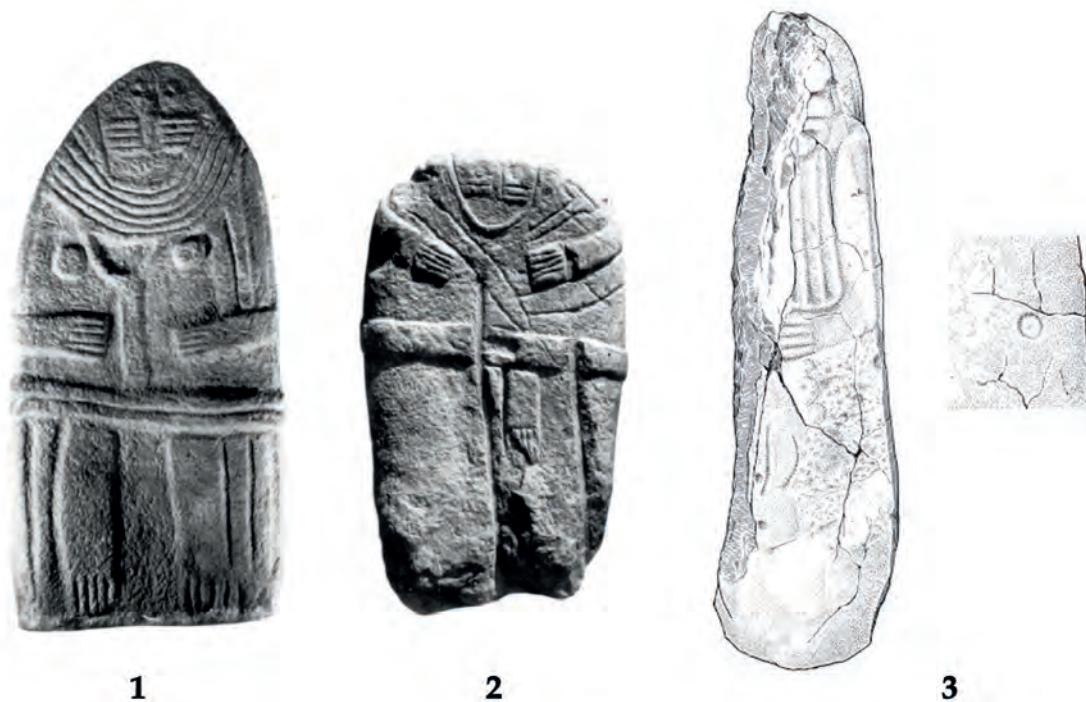


Figura 13. Estatuas-menhir con motivos interpretados como tatuajes o pinturas 1 y 2. Tatuajes faciales, Saint-Sernin y Les Vignalas (Grupo de Rouergue, Aveyron, Midi-Pyrénées); 3. Tatuaje facial y lateral (círculo) de Ca l'Estrada (Canovelles, Barcelona) (Fortó, Martínez y Muñoz, 2008, 150-151).

ANE. Son los casos de Balma de Cal Porta (Torà, Lleida), Llirians del Mas (Salàs de Pallàs, Lleida), Calle Riereta 37-37 bis (Barcelona) y el ya citado de las Maioles (Soriano, 2010, 415).

Ningún punzón metálico del Nordeste ha sido localizado con restos del mango. Los paralelos conocidos en el resto de la Península Ibérica y Francia muestran el uso mayoritario de soportes en hueso y madera (Pérez Arondo y López de Calle, 1986, 109-110; Simón, 1998, 28, 38, 136; Siret, 1890/2006, láminas 59, 63 y 77; Nicolardot y Gaucher, 1975, 127). Dada la frecuente conservación de la primera materia en los yacimientos arqueológicos, la no constatación de mangos de hueso en el registro catalán aboga por el uso habitual de la madera. La morfología del mango nos es, sin embargo, desconocida. Por otra parte, la sección cuadrangular del punzón estudiado puede ir asociada a su empleo a baja velocidad, posiblemente mediante accionado manual,. En el caso de un uso a alta revolución, sería más adecuada una sección circular o mixta (cuadrangular – circular), constatada en otros ejemplares del Nordeste. En esos casos su accionado podría ser mecánico, quizás mediante un taladro de arco, y se emplearían para perforar o taladrar (Soriano, 2010, 414).

La hipótesis que creemos más plausible es que el punzón estudiado presentara originariamente un mango de madera y que su accionado pudiera ser: o bien manual, mediante un movimiento rotatorio interrumpido, o bien a través de ésta u otras partes del cuerpo (pie, región abdominal, región pectoral) mediante un movimiento por presión. La morfología de estos útiles, simple y escasamente modificada a lo largo del tiempo, apunta hacia su carácter multifuncional, con una gran variedad de usos. El más común podría ser el de horadar materias como madera, cuero, piel, hueso, concha, metal, etc. Algunos objetos de estos períodos, como los botones de perforación en "V", podrían haber sido taladrados empleando punzones metálicos enastados. Así lo atestiguan diversos estudios traceológicos y tecnológicos de diferentes áreas peninsulares, como el Sudeste (Mérida, 1997, 8), La Mancha (Barciela, 2006, 106-107), Levante (López Padilla, 2011, 338-339, 467) y las Islas Baleares (Lull *et al.*, 1999, 154; 2006). Otro posible uso es el de punta para la talla lítica por presión reforzada mediante sistema de palanca. Con este nuevo método, avalado mediante la experimentación, se obtuvieron algunas de las "grandes láminas" de sílex características de estos períodos. Los datos actuales indican que dicho sistema de empleó de forma regular en los inicios de la metalurgia en varias regiones, como el sur y oeste de la Península Ibérica, el norte de Italia o el Egeo (Morgado *et al.*, 2009, 94-95; Pearce, 2007, 49-50). De entre los punzones metálicos documentados en el Nordeste algunos presentan puntas completamente romas, que se ajustarían bien a esta función. Sin embargo hay que remarcar que otros muchos muestran ápices muy aguzados. De mo-

mento este uso únicamente se ha podido constatar en un caso, mediante el estudio de la industria lítica del Dolmen de Vinya del Rei (Vilajuïga, Girona), aunque ello supone ya un dato a tener muy en cuenta para el futuro (Gibaja *et al.*, 2009, 67).

Finalmente tampoco pueden excluirse otros usos menos evidentes como, por ejemplo, la realización de tatuajes corporales, según la propuesta de Déchelette (1910/1971, 341-343). Éstos han sido efectivamente constatados en el caso del conocido "Hombre de los Hielos" (Ötztal, Tirol del Sur, Trentino), localizados en piernas y espalda y posiblemente vinculados con fines terapéuticos (Dorfer *et al.* 1999; Pabst *et al.* 2009) (Figura 12). Asimismo ciertas estatuas-menhir, ampliamente documentadas en el sur de Francia y recientemente también en el Nordeste, presentan motivos que se han interpretado como tatuajes o pinturas corporales (Figura 13). En algunos casos se trata de líneas paralelas restringidas al rostro y en otros círculos ubicados en lugares del cuerpo menos visibles (Serres, 1997, 57-58; d'Anna, 1977, 193-197; Fortó, Martínez y Muñoz, 2008). Aún teniendo en cuenta que nada impide que dichos motivos se realizaran empleando un punzón de hueso o madera, el uso de útiles metálicos constituye una posibilidad que no debe desdeñarse.

CONCLUSIONES

El punzón de Cova de la Pesseta está compuesto por cobre con una elevada proporción de arsénico (3.5%). Tanto éste como los demás elementos presentes no pueden considerarse resultado de una adición intencional sino que deben relacionarse con la mena explotada. El proceso de fabricación, documentado mediante metalografía, constata que el útil padeció un proceso de martilleado en frío y recocido (FF+R), lo que modificó sus propiedades físicas y mecánicas. Los resultados del análisis de isótopos de plomo no son concluyentes en cuanto a la posible área de captación del mineral de cobre. Sin embargo ha sido posible descartar como zonas de procedencia el resto de la Península Ibérica, la cornisa atlántica francesa, Italia, los Alpes occidentales y el centro – norte de Cerdeña. Asimismo, se han detectado coincidencias con el sur del Macizo Central francés y sudeste de Cerdeña. La falta de muestreo sistemático en las menas del área catalana abre una gran incertidumbre acerca de la identificación propuesta. Por último y en relación a su funcionalidad, tanto las huellas documentadas como las características de la pieza apuntan hacia el empleo manual a baja velocidad, posiblemente como útil multifuncional.

AGRADECIMIENTOS

Por su colaboración y soporte técnico a los siguientes investigadores: Ignacio Montero (Centro de Ciencias Humanas y Sociales – CSIC), Salvador Rovira (Museo Arqueológico Nacional), José Ignacio Gil Ibarguchi (Laboratorio de Geocronología y Geoquímica, Universidad del País Vasco); Ana Isabel Pardo (Laboratorio de Departamento de Prehistoria y Arqueología, Universidad Autónoma de Madrid). Al resto de miembros de Grupo de Investigación Arqueológica del Nordeste Peninsular – GRANEP, Paz Balaguer, Emiliano Hinojo y Camila Oliart por la revisión y comentarios a este artículo.

BIBLIOGRAFÍA

ARMADA, X.L., GARCIA, D., MONTERO, I., MORENO, I., RAFEL, N. y ROVIRA HORTALÀ, M.C. (2005): Minería y metalurgia durante la I Edad del Hierro. Procesos de cambio en el sur de Catalunya. *Revista d'Arqueologia de Ponent*, 15: 133-150.

BALAGUER, P., HINOJO, E., OLIART, C. y SORIANO, I. (2011a): Dinàmica d'ús de la Cova de la Pesseta (Torrelles de Foix, Alt Penedès) entre el V – II mil·lenni cal ANE. Primers resultats. En: BLASCO, A.,

- EDO, M. y VILLALBA, M^a J. (eds.): *La Cova de Can Sadurní i la prehistòria de Garraf. Recull de 30 anys d'investigació*, Milano, EDAR – Hugony: 359-365.
- BALAGUER, P., HINOJO, E., OLIART, C. y SORIANO, I. (2011b): Tecnología metalúrgica prehistórica en el noreste de la Península Ibérica: el caso de las "hachas planas". En: MATA-PERELO, J. M., TORRÓ i AMAT, L. y FUENTES PRIETO, M^a N. (eds.): *Actas del Quinto Congreso Internacional sobre Minería y Metallurgia Histórica en el Suroeste Europeo* (León, 2008). Libro en homenaje a Claude Domergue, SEDPGYM, La Pobla de Segur: 159-168.
- BARCIELA, V. (2005): *Los elementos de adorno de el Cerro de El Cuchillo (Almansa, Albacete) Estudio tecnológico y funcional*, Albacete: Instituto de Estudios Albacetenses.
- BUDD, P. y OTTAWAY, B. S. (1991): The properties of arsenical copper alloys: implications for the development of Eneolithic metallurgy. En: BUDD, P., CHAPMAN, C., JACKSON, C., JANAWAY, R. C. y OTTAWAY, B. S. (eds.): *Archaeological Sciences'89*, Oxford, Oxbow Books: 132-142.
- CANALS, A. y CARDELLACH, E. (1997): Ore lead and sulphur isotope pattern from the low-temperature veins of the Catalonian Coastal Ranges (NE Spain). *Mineralium Deposita*, 32: 243-249.
- CLOP, X. y 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.
- CUESTA, F. (1985): Estudio de los restos humanos procedentes del Torrente de Sant Oleguer en Sabadell (Vallés Occidental) y algunos problemas relacionados con el vaso campaniforme en Cataluña. *Estudios de la Antigüedad*, 2: 69-92.
- D'ANNA, A. (1977): *Les statues-menhirs et stèles anthropomorphes du midi méditerranéen*, París: Editions du CNRS.
- DÉCHELETTE, J. (1910/1971): *Manuel d'archéologie préhistorique celtique et gallo-romaine. Vol. II. Archéologie Celte ou Protohistorique. Première Partie: Age du Bronze*, Westmead: Gregg International Publishers.
- DORFER, L., MOSER, M., BAHR, F., SPINDLER, K., EGARTER-VIGL, E., GIULLÉN, S., DOHR, G. y KENNER, T. (1999): A medical report from the stone age?. *The Lancet*, 354 september 18: 1023-1025.
- ESTEVE, F. (1966): "La cueva sepulcral del Calvari d'Amposta". *Pyrenae*, 2: 25-50.
- FORTÓ, A., MARTÍNEZ, P. y MUÑOZ, V. (2008): La estatua-menhir de Ca l'Estrada (Canovelles, Barcelona). En: HERNÁNDEZ, M. S., SOLER, J. A. y LÓPEZ PADILLA, J. A. (eds.): *Actas del IV Congreso de Neolítico Peninsular, tomo II*, Alicante, MARQ: 149-153.
- GIBAJA, J.F., TERRADAS, X., PALOMO, A. y CLOP, X (2009): Las grandes láminas de sílex documentadas en contextos funerarios del Neolítico Final – Bronce Inicial en el noreste peninsular. En: GIBAJA, J.F., TERRADAS, X., PALOMO, A. y CLOP, X. (coords.): *Les gran fulles de sílex. Europa al final de la Prehistòria. Actes*, Barcelona, Museu d'Arqueologia de Catalunya, Monografías 13: 63-68.
- GRANEP – GRUP DE RECERCA ARQUEOLÒGICA DEL NORDEST PENINSULAR - (2008): Noves dades arqueometal·lúrgiques d'objectes de base coure dipositats al Museu d'Arqueologia de Barcelona – Girona. *Cypsela*, 17: 143-148.
- GRANEP – GRUP DE RECERCA ARQUEOLÒGICA DEL NORDEST PENINSULAR (2010): *Memòria de la intervenció arqueològica en el marc d'un projecte de recerca. La Cova de la Pesseta (Torrelles de Foix, Alt Penedès) entre el V – II mil·lenni cal ANE*, Barcelona: Servei d'Arqueologia i Paleontologia [inédito].
- GUTIÉRREZ, C. y SORIANO, I. (2008): La funcionalidad sobre material metálico. Bases y aplicaciones de estudio. En: ROVIRA, S., GARCÍA-HERAS, M, GENER, M. y MONTERO, I. (eds.): *Actas VII Congreso Ibérico de Arqueometría*. Madrid, 8-10 de octubre 2007, Madrid, CSIC: 432-447.
- HUNT, M. A. (2003): *Prehistoric mining and metallurgy in the SW Iberian Peninsula*, Oxford: BAR International Series, 1188.
- LLONGUERAS, M., FERRER, P., CAMPILLO, D. y MARTÍN, A. (1981): Enterramiento campaniforme a la Cova de la Ventosa (Piera, Anoia). *Ampurias*, 43: 97-111.
- LÓPEZ PADILLA, J. A. (2011): *Asta, hueso y marfil. Artefactos óseos de la Edad del Bronce en el Levante y Sureste de la Península Ibérica (c. 2500 – c. 1300 cal BC)*, Alicante: MARQ, Serie Mayor 9.

LÓPEZ, J. B., MOYA, A., ESCALA, O. y NIETO, A. (2010): La cista tumular amb esteles esculpides dels Reguers de Seró (Artesa de Segre, Lleida): una aportació insòlita dins de l'art megalític peninsular i europeu. *Tribuna d'Arqueologia*, 2008-2009: 87-125.

ULL, V., MICÓ, R., RIHUTE, C. y RISH, R. (1999): *Ideología y Sociedad en la Prehistoria de Menorca. La Cova des Càrritx y la Cova des Mussol*, Ciutadella: Consell Insular de Menorca.

ULL, V., MICÓ, R., RIHUTE, C. y RISH, R. (2006): "Los botones con perforación en "V" de Es Forat de Ses Aritges (Ciutadella, Menorca). Implicaciones productivas y sociales. En: FERREIRA BICHO, N. (ed.): *Animaos na Pré-historia e Arqueología da Península Ibérica: actas do IV Congresso Nacional de Arqueología Peninsular (Faro, 14 a 19 de Setembro de 2004)*, Faro, Promontoria Monográfica, 3, Universidade do Algarve: 57-67.

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., PETIT, M. A. y MAYA, J. L. (2002): "Cultura material, economía i intercanvis durant el III mil·lenni a Catalunya. En: *XIIº Col·loqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà*, Puigcerdà, Centre d'Estudis Ceretans: 295-321.

MÉRIDA, V. (1997): "Manufacturing process of V-perforated ivory buttons. En: HANNUS, L. A., ROS-SUM, L. y WINHAM, R. P. (eds.): *Proceedings of the 1993 Bone Modification Conference, Hot Springs, South Dakota*, Occasional Publication, 1, Archaeology Laboratory, Augustana College: 1-11.

MONTERO, I. (2008): Apéndice 1. Ajuares metálicos y aspectos tecnológicos en la metalurgia del Bronce Final – Hierro en el Sudeste de la Península Ibérica. En: LORRIO, A. J. *Qurénima. El Bronce Final del Sureste la Península Ibérica*, Madrid, Real Academia de la Historia y Universidad de Alicante, Bibliotheca Archaeologica Hispana, 27: 499-516.

MONTERO, I. y HUNT, M. A. (2006): Aplicació d'anàlisi d'isòtops en la investigació arqueometal-lúrgica. *Cota Zero*, 21: 87-95.

MONTERO, I., CASTANYER, P., GENER, M., HUNT, M., MATA, J. M., PONS, E., ROVIRA, S., ROVIRA HORTALÀ, C., RENZI, M., SANTOS, M. y SANTOS, J. F. (2009): Lead and silver metallurgy in Emporion (L'Escala, Girona, Spain). En: ASSOCIAZIONE ITALIANA DI METALLURGIA (eds.): *2nd International Conference Archaeometallurgy in Europe 2007. 17-21 June, 2007, Aquileia-Italy. Selected Papers*, Milano, AIM: 223-243.

MONTERO, I., GENER, M., HUNT, M., RENZI, M. y ROVIRA, S. (2008): Caracterización analítica de la producción metalúrgica protohistórica de plata en Cataluña. *Revista d'Arqueología de Ponent*, 18: 292-315.

MORGADO, A., PELEGREN, J., AUBRY, Th., LOZANO, J.A. (2009): La producción especializada de grandes láminas del sur y oeste de la Península Ibérica. En: GIBAJA, J.F., TERRADAS, X., PALOMO, A. y CLOP, X. (coords.): *Les gran fulles de sílex. Europa al final de la Prehistoria. Actes*, Barcelona, Museu d'Arqueologia de Catalunya, Monografías 13: 89-97.

NICOLARDOT, J-P. y GAUCHER, G. (1975): *Typologie des objets de l'Age du Bronze en France. Fascicule V. Outils*, París: Société Préhistorique Française.

PABST, M. A., LETOFSKY-PAPST, I., BOCK, E., MOSER, M., DORFER, L., EGARTER-VIGL, E. y HOFER, F. (2008): The tattoos of the Tyrolean Iceman: a light microscopical, ultrastructural and element analytical study. *Journal of Archaeological Science*, 36: 2335-2341.

PEARCE, M. (2007): *Bright Blades and Red Metal. Essays on north Italian prehistoric metalwork*, London: Accordia Research Institute, University of London, Accordia Specialist Studies on Italy 14.

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

REIMER, P. J., BAILIE, M.G.L., BARD, E., BAYLISS, A., BECK, J.W., BERTRAND, C., BLACKWELL, P.G., BUCK, C.E., BURR, G., CUTLER, K.B., DAMON, P.E., EDWARDS, R.L., FAIRBANKS, R.G., FRIEDRICH, M., GUILDERSON, T.P., HUGHEN, K.A., KROMER, B., MCCORMAC, F.G., MANNING, S., BRONK RAMSEY, C.,

- REIMER, R.W., REMMELE, S., SOUTHON, J.R., STUIVER, M., TALAMO, S., TAYLOR, F.W., VAN DER PLICHT, J. y WEYHENMEYER, C.E. (2004): IntCal04 terrestrial *radiocarbon* age calibration, 0-26 cal kyr BP. *Radio-carbon*, 46.3: 1029-1058.
- RODRÍGUEZ BAYONA, M. (2008): *La Investigación de la Actividad Metalúrgica Durante el III Milenio A.N.E. en el Suroeste de la Península Ibérica. la Arqueometalurgia y la Aplicación de Análisis Metalográficos y Composicionales en el Estudio de la Producción de Objetos de Metal*, Oxford: BAR International Series, 1769.
- ROVIRA HORTALÀ, M. C., HUNT, M., MONTERO, I., ROVIRA, S. y CACHERO, F. J. L. (2008): Caracterización elemental e isotópica de bronces de la necrópolis protohistórica Can Piteu-Can Roqueta (Sabadell, Barcelona). En: ROVIRA, S., GARCÍA-HERAS, M., GENER, M. y MONTERO, I. (eds.): *Actas VII Congreso Ibérico de Arqueometría. Madrid, 8-10 de octubre 2007*, Madrid, CSIC: 448-457.
- ROVIRA, S. (1998): Metalurgia campaniforme en España: resultados de quince años de investigación arqueometálica. En: FRERE-SAUTOT, M.-Ch. (dir.): *Paléometallurgie des cuivres. Actes du colloque de Bourg-en-Bresse et Beaune 17-18 octobre 1997*, Montagnac, Monographies Instrumentum, 5, Éditions Monique Mergoil: 109-125.
- (2003-2004): La metalurgia prehistórica en la Península Ibérica en los tiempos de las grandes sepulturas colectivas. *Boletín de la Asociación de Amigos de la Arqueología*, 43: 151-169.
- (2004): Tecnología metalúrgica y cambio cultural en la prehistoria de la Península Ibérica. *Norba. Revista de Historia*, 17: 9-40.
- (2009): Informe del estudio metalográfico de un punzón de la Cova de la Pesseta. En: GRANEP – GRUP DE RECERCA ARQUEOLÒGICA DEL NORDEST PENINSULAR (2010): *Memòria de la intervenció arqueològica en el marc d'un projecte de recerca. La Cova de la Pesseta (Torrelles de Foix, Alt Penedès) entre el V – II mil·lenni cal ANE*, Barcelona, Servei d'Arqueologia i Paleontologia: anexo 5 [inédito].
- ROVIRA, S. y DELIBES, G. (2005): Tecnología metalúrgica campaniforme en la Península Ibérica: coladas, moldeado y tratamientos postfundición. En: ROJO-GUERRA, M. A., GARRIDO-PENA, R., y GARCÍA-MARTÍNEZ, I. (coords.): *El campaniforme en la Península Ibérica y su contexto europeo*, Valladolid, Universidad de Valladolid: 495-512.
- ROVIRA, S. y GÓMEZ RAMOS, P. (2003): *Las Primeras Etapas Metalúrgicas en la Península Ibérica. III. Estudios metalográficos*, Madrid.
- ROVIRA, S., MONTERO, I. y CONSUEGRA, S. (1997): *Las primeras etapas metalúrgicas de la Península Ibérica. I. Análisis de materiales*, Madrid: Instituto Universitario Ortega y Gasset.
- SERRES, J.-P. (1997): *Les statues-menhirs du Groupe Rouergat*, Aveyron: Museu Archeologique de Montrozier, Guide d'archéologie 4.
- SIMÓN, J. L. (1998): *La metalurgia prehistórica valenciana*, Valencia: Servicio de Investigación Prehistórica, Serie de Trabajos Varios, 93.
- SIRET, E. y L. (1890/2006): *Las primeras edades del metal en el sudeste de España*, Murcia: Dirección General de Cultura, Museo Arqueológico de Murcia.
- SORIANO, I. (2010): *Producción metalúrgica prehistórica en el nordeste de la Península Ibérica (mediados del IV – II milenio cal ANE). Aportaciones cronoculturales, tecnológicas y funcionales*, Barcelona: Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona, 2 vol. + CD [inédito].

BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA EN LA BASE DE DATOS ISOTÓPICA

- ARRIBAS, A. y TOSDAL, R. (1991): Isotopic composition of Pb in ore deposits of the Betic Cordillera, Spain: Origin and relationship to other European deposits. *Economic Geology*, 89: 1074-1093.
- BARON, S., CARIGNAN, J., LAURENT, S. y PLOQUIN, A. (2006): Medieval lead making on Mont-Lozere

- Massif (Cevennes-France): Tracing ore sources using Pb isotopes. *Applied Geochemistry*, 21: 241-252.
- BEGEMANN, F., SCHMITT-STRECKER, S., PERNICKA, E. y LO SCHIAVO, F. (2001): Chemical composition and lead isotope and bronze from nuragic Sardinia. *European Journal of Archaeology*, 4: 43-85.
- HUNT, M. A. (2001): Análisis arqueometalúrgico del yacimiento calcólítico de La Pijotilla, Badajoz". En: PARDO, M. L., GÓMEZ, B. M.ª. y RESPALDIZA, M. A. (coords.): *III Congreso Nacional de Arqueometría*, Sevilla, Universidad de Sevilla, Fundación El Monte: 467-475.
- (2003): *Prehistoric mining and metallurgy in the SW Iberian Peninsula*, Oxford: BAR International Series, 1188.
- MARCOUX E. (1998): Lead isotopes systematics of the giant massive sulphide deposits in the Iberian Pyrite Belt. *Mineralium Deposita*, 33: 45-58.
- MARCOUX, E., PASCUAL, E. y ONEZIME, J. (2002): Hydrothermalisme ante-Hercynien en Sud-Iberie: apport de la géochimie isotopique du plomb. *Geoscience*, 334: 259-265.
- NEEDHAM, S. y GIARDINO, C. (2008): From Sicily to Salcombe: a Mediterranean Bronze Age object from British coastal waters. *Antiquity*, 82: 60-72.
- POMIES, C., COCHERIE, A., GUERROT, C., MARCOUX, E. y LANCELOT, J. (1998): Assessment of the precision and accuracy of lead isotope ratios measured by TIMS for geochemical applications example of massive sulphide deposits (Rio Tinto, Spain). *Chemical Geology*, 144: 137-149.
- SANTOS, J. F., SCHÄRER, U., GIL, J. I. y GIRARDEAU, J. (1996): Origin and evolution of the Paleozoic Cabo Ortegal ultramafic – mafic complex (NW Spain) U-Pb, Rb-Sr, and Pb-Pb isotope data. *Chemical Geology*, 129: 281-304.
- SOTS-GALE, Z., GALE, N. H. y ANNETTS, N. (1996): Lead isotope data from the isotrace laboratory Oxford: *Archaeometry* data base III, ores from the Aegean, part 1. *Archaeometry*, 38: 381-390.
- SOTS-GALE, Z., GALE, N. H., HOUGHTON, J. y SPEAKMAN, R. (1995): Lead isotope data from the iso-trace laboratory, Oxford: Archaeometrical data base I, ores from the western Mediterranean. *Archaeometry*, 37: 407-415.
- VALERA, R. G., VALERA, P. G. y RIVOLDINI, A. (2005): Sardinian ore deposit and metals in the Bronze Age. En: LO SCHIAVO, F., GIUMLIA-MAIR, A., SANNA A. y VALERA, R. (eds.): *Archaeometallurgy in Sardinia: From the origins to the beginning of Early Iron Age*, Montagnac: Monographies Instrumentum, 30: 47-87.