

Aprovechamiento e intercambio de metal: datos analíticos de piezas metálicas de los yacimientos protohistóricos tarraconenses de El Calvari (El Molar), La Tosseta (Els Guiamets) y El Puig Roig (El Masroig)

Metal use and trade: Analytical data for metal objects from the protohistoric archaeological sites of El Calvari (El Molar), La Tosseta (Els Guiamets) and El Puig Roig (El Masroig) (Province of Tarragona)

NÚRIA RAFEL

Universitat de Lleida
C/ Balmes, 350, 4º 1ª, E-08006 Barcelona
nrafel@historia.udl.cat

IGNACIO MONTERO-RUIZ

Instituto de Historia (CSIC)
C/ Albasanz, 26-28, E-28037 Madrid
ignacio.montero@cchs.csic.es

XOSÉ-LOIS ARMADA

Instituto de Ciencias del Patrimonio (CSIC)
Avda. de Vigo, s/n, E-15705 Santiago de Compostela
xose-lois.armada@incipit.csic.es

MARGARIDA GENERA

UNED
C/ Villar, 34-36, entlo. 3ª, E-08041 Barcelona
margaridagenera9@gmail.com

Presentamos nuevos análisis de composición elemental y de isótopos de plomo de artefactos metálicos de los yacimientos de El Calvari, La Tosseta y El Puig Roig. Estos datos, junto a otros publicados con anterioridad y los actualmente disponibles para el área launaciense, permiten una mejor definición de la producción y circulación del metal en el nordeste peninsular durante la I Edad del Hierro. Aunque el cobre del área de Linares sigue siendo predominante, se documenta el aprovechamiento de cobre local y de recursos del sur de Francia, además del reciclaje de metal de diferentes procedencias.

PALABRAS CLAVE

ANÁLISIS DE ISÓTOPOS DE PLOMO, ARQUEOMETALURGIA, CIRCULACIÓN DE METAL, ÁREA MINERA MOLAR-BELLMUNT-FALSET, ÁREA MINERA DE LINARES, I EDAD DEL HIERRO

We present new elemental composition and lead isotope analyses of metal artefacts from the archaeological sites of El Calvari, La Tosseta and El Puig Roig. These data, together with others previously published and those currently available for the 'Launaciense' region, allow us to better define the production and circulation of metal in north-eastern Iberia during the Early Iron Age. Although copper from the region of Linares continues to predominate, we also document the exploitation of local copper and resources from the south of France, as well as recycled metal from different provenances.

KEY WORDS

LEAD ISOTOPE ANALYSIS, ARCHAEOMETALLURGY, CIRCULATION OF METALS, MOLAR-BELLMUNT-FALSET MINING DISTRICT, LINARES MINING DISTRICT, EARLY IRON AGE

1. Introducción

Desde el año 2000 se ha venido desarrollando un proyecto (*El jaciment protohistòric del Calvari del Molar i l'àrea minerometal·lúrgica Molar-Bellmunt-Falset*) que ha prestado una atención relevante al estudio analítico y contextual de la minería y la metalurgia protohistóricas de la cuenca minera del Baix Priorat (Tarragona). Tanto el conjunto arqueológico de El Calvari del Molar como el poblado de El Puig Roig del Masroig están ubicados en los dos extremos de lo que constituye el núcleo central de la rica zona minera de la parte meridional de la comarca del Priorat, mientras que el tercero de los yacimientos de donde proceden los materiales estudiados en la presente contribución, la necrópolis de La Tosseta, se ubica en la parte sur de la misma, próxima a los otros dos yacimientos. La cuenca minera de Molar-Bellmunt-Falset es conocida en época histórica ante todo por su abundancia en mineral de plomo. Las vetas mineralizadas se presentan en filones encajados en las pizarras carboníferas, rellenando fisuras cimentadas por carbonatos y en filones que rellenan las grietas abiertas en los pórfidos, con formación de brechas cimentadas por carbonatos, aunque también existen filones entre los materiales pizarrosos que contienen los pórfidos. Se trata de vetas principalmente de plomo, aunque también, con una presencia menos significativa, de cobre, zinc y plata (Canals y Cardellach, 1997; Melgarejo *et al.*, 2013).

Las investigaciones arqueológicas y arqueométricas realizadas hasta la fecha habían puesto de manifiesto que, si bien es muy posible que en los siglos x-ix a. n. e. los habitantes de la cuenca explotaran el cobre local (Armada *et al.*, 2013), a partir del siglo viii y, muy especialmente, durante los siglos vii y vi a. n. e. recibían cobre del sudeste peninsular y, sobre todo, de la cuenca minera de Linares (Jaén) (Montero-Ruiz *et al.*, 2012). Los datos analíticos obtenidos hasta ahora revelaban que los objetos de bronce están elaborados con cobre exógeno. En contraposición, en este período la actividad minera de las poblaciones de la zona se centra prioritariamente en la explotación de la galena, cuyas fuentes principales se hallan junto a los poblados de El Molar y El Puig Roig. Los análisis de isótopos de plomo han permitido apreciar que la galena beneficiada en estos momentos en la cuenca

minera del Baix Priorat se vehiculaba hacia el sur de la península ibérica, habiendo sido documentada en varios yacimientos tartesios (Rafel, 2012; Murillo-Barroso *et al.*, 2016), donde se usaba para la adición de plomo como elemento captador en el beneficio de la plata a partir de jarositas, junto con plomo procedente de otras áreas mineras (Hunt, 2005). Sin embargo, el plomo no tiene apenas valor de uso entre las comunidades locales. La explotación de la galena de esta cuenca minera está, pues, claramente orientada al intercambio y no al consumo interno. Si bien las evidencias arqueológicas de los asentamientos de la comarca ponen de manifiesto que la explotación de la galena se estructura y gestiona por las poblaciones locales, organizadas en torno a dos asentamientos principales, El Calvari del Molar y El Puig Roig del Masroig, no es menos cierto que también indican claramente que dicha actividad constituye una iniciativa impulsada por el contacto de los intermediarios comerciales con el mundo fenicio y su demanda asociada de plomo (Rafel, 2012; Rafel *et al.*, 2019).

La larga serie de analíticas realizadas sobre muestras minerales y arqueológicas no había podido incluir hasta la fecha materiales procedentes del poblado de El Puig Roig (El Masroig, Tarragona). El objeto de la presente contribución consiste en subsanar esta carencia y, a la vez, presentar nuevas analíticas de objetos de bronce de El Molar y La Tosseta. A ello se suma la reconsideración de análisis ya publicados en estudios previos (como Montero-Ruiz *et al.*, 2012), que pueden ser revisados a la luz de los nuevos datos obtenidos desde su publicación, y en especial del trabajo reciente sobre los depósitos luanacienses (Guilaine *et al.*, 2017), que aporta un marco comparativo más amplio para la comprensión de las relaciones culturales y comerciales de este período de la prehistoria reciente del NE peninsular.

2. Contextos: los yacimientos estudiados

2.1. La necrópolis y el poblado de El Calvari (El Molar, Tarragona)

La necrópolis de El Calvari fue excavada por Salvador Vilaseca en 1930 (Vilaseca, 1943). Se trata de una necrópolis de tipo campos de urnas, si bien algunos de los enterramientos tienen ligeras estructuras pétreas de cubrición y, sobre todo, de apuntalamiento que han sido interpretadas por algunos autores como tumulares (p. ej., Castro, 1994). El total de tumbas exhumadas por Vilaseca fue de 117, quien propuso este yacimiento como paradigma de su fase III de los campos de urnas catalanes. La cultura material ofrece un panorama de osarios cerámicos lisos o con decoración acanalada, objetos de bronce vinculados al adorno y la vestimenta y algunos cuchillos de hierro. Vilaseca (1943: 58) propuso inicialmente una datación de siglos VIII-VII a. n. e. para el conjunto, que luego modificó situando su período III en los siglos VII-VI a. n. e. (Vilaseca, 1954: 78). Volverá posteriormente sobre su primera

2.3. El poblado del Puig Roig (El Masroig, Tarragona)

Fue objeto de algunas investigaciones irregulares antes de que Margarida Genera desarrollara un programa de excavación que se inició en 1977 y finalizó en 2012 y durante el cual, además de excavar todo el poblado en extensión, se llevaron a cabo también labores de consolidación, restauración y adecuación a la visita. Se ha dado noticia de las investigaciones en diversas publicaciones (Genera, 1993, 1995, 2009, 2013) y ha sido fechado entre los siglos X y VI a. n. e. (Genera, 2010: 243-244).

Diversos datos sugieren que el asentamiento de la población en el cerro del Puig Roig es anterior a la erección del poblado en piedra y que el primer poblado quizás estuviera construido con materiales perecederos. El poblado en piedra que las excavaciones arqueológicas han exhumado tiene una fecha de fundación incierta, aunque los materiales muebles recuperados en la última fase de ocupación indican una cronología del siglo VII y la primera mitad del VI a. n. e. Se trata de un poblado característico de este momento en el nordeste peninsular, de calle central (orientada SO-NE), a la cual dan todas las casas. Estas están integradas por ámbitos construidos con zócalo de piedra y alzado de adobe y materiales orgánicos, y tienen una planta rectangular caracterizada por un pronunciado alargamiento y una o dos estancias, o bien una habitación con porche. El asentamiento tiene su parte sudeste destruida por actividades contemporáneas, lo que impide saber cómo cerraba el poblado por este lado; por el contrario, un muro de cierre-muralla actúa de contención del acusado desnivel del cerro por su parte noroeste, mejor conservada. El acceso natural al asentamiento se realizaba por el lado nordeste, orográficamente menos escarpado que el resto y, sin embargo, flanqueado por grandes bloques de gres que actúan como protección natural de la entrada. En el extremo contrario, el suroeste, se levanta lo que ha sido interpretado como una torre.

Los materiales de la fase del poblado en piedra presentan conjuntos cerámicos similares a los documentados en el vecino poblado del Molar, y, asimismo, igual que este, cuenta con importaciones fenicias, aunque en poca cantidad, así como vasos de imitación de producciones orientalizantes. Esta es la fase de ocupación a que nos hemos referido y que debe fecharse en el siglo VII y primera mitad del VI a. n. e. Aunque los hallazgos metálicos en el yacimiento han sido escasos, es de destacar, en relación al tema que nos ocupa, que la metalurgia está documentada en el asentamiento a través de dos moldes de fundición: uno de varillas y otro que ha sido interpretado como de hacha (Genera, 1995: 75-76, figs. 89-91).

3. Los datos analíticos

Los nuevos datos analíticos que se aportan en este estudio proceden de materiales de las necrópolis de El Molar y La Tosseta, con análisis de composición y de isótopos de plomo,

y de piezas de Puig Roig, principalmente con análisis de isótopos de plomo, aunque se han confirmado los resultados del estudio publicado por Genera (1995) a través del análisis con espectroscopia por energía dispersiva de rayos X (EDX) asociado a un microscopio electrónico de barrido (MEB-EDX). Además, presentamos varios análisis de composición de piezas de La Tosseta y El Puig Roig realizados en momentos anteriores al inicio del proyecto de El Calvari del Molar, que permanecían inéditos y que se encuentran entre los datos del Proyecto Arqueometalurgia de la Península Ibérica (Rovira Llorens y Montero Ruiz, 2018). El estudio de los metales del poblado de El Calvari cuenta con una larga historia que se inicia con la inclusión de dos piezas en el proyecto SAM (Junghans *et al.*, 1974); luego, en la década de 1990, se analizaron otros cuatro objetos de la necrópolis en el Proyecto de Arqueometalurgia de la Península Ibérica, para finalmente, en el marco de varios proyectos de investigación del Plan Nacional, estudiar los metales de las excavaciones de los años 2000-2012 del poblado y otros recuperados en 2006 en una calicata en la necrópolis que proporcionó materiales revueltos sin contexto sepulcral. Todos ellos fueron publicados en Montero-Ruiz *et al.* (2012).

Del poblado de Puig Roig, además del estudio de Genera (1995), fueron analizadas inicialmente en 1996 por fluorescencia de rayos X (XRF) tres piezas del Museu d'Arqueologia Salvador Vilaseca (Reus):

- Brazalete abierto (PA7643) (diámetro máximo 61 mm) de sección subrectangular (3 × 3 mm) que presenta restos de decoración incisa consistente en grupos de líneas inclinadas y lo que parecen grupos de aspas (Genera, 1995: 73; inv. 7987) (fig. 1).
- Botón (PA7644) plano con pequeñas roturas; el extremo del ala, ligeramente doblado, forma un suave resalte en el reverso, donde se inserta una anilla de sujeción. Diámetro 35 mm. Museu d'Arqueologia Salvador Vilaseca, Reus (inv. 7973) (fig. 1).
- Botón (PA7645) del mismo tipo y medidas que el anterior, completo y con un fragmento de hueso insertado en la anilla de sujeción (Genera, 1995: fig. 85, 1). Museu d'Arqueologia Salvador Vilaseca, Reus (inv. 7971) (fig. 1).

Este conjunto de análisis se completa con tres piezas de La Tosseta analizadas también en 1996:

- Fíbula completa de doble resorte (PA7597), con puente de sección circular (diámetro 3 mm) y seis espiras en ambos resortes (Vilaseca, 1956: lám. IV). Museu d'Arqueologia Salvador Vilaseca, Reus (inv. 5872) (fig. 2).
- Brazalete o torques completo (PA7598), abierto (83,5 mm de diámetro), de sección subcuadrangular (4 × 4 mm), con los extremos doblados y rematados en esferillas. Se aprecia con dificultad una decoración consistente en grupos de líneas incisas verticales perpendiculares al vástago y líneas quebradas en posición longitudinal a este (Vilaseca, 1956: lám. V, fig. 2). Museu d'Arqueologia Salvador Vilaseca, Reus (inv. 5866) (fig. 2).
- Brazalete abierto (PA7599) de sección rectangular (5,5 × 2,2 mm), al que le falta uno de los extremos. Decorado en toda su superficie con círculos y semicírculos



Figura 1. Piezas de El Puig Roig analizadas en 1996.

alternados, rodeados de punteado. Museu d'Arqueologia Salvador Vilaseca, Reus (inv. 5867) (fig. 2).

Además de estos análisis de Puig Roig y de La Tosseta, que estaban inéditos, se realizaron nuevos análisis elementales de materiales de El Calvari de El Molar, La Tosseta y Puig Roig que, a la vez, fueron muestreados para análisis de isótopos de plomo con el fin de indagar en la procedencia del metal. Corresponden a las piezas siguientes¹:

1. Necrópolis de El Calvari. Fíbula de pivote. Hallazgo superficial (Vilaseca, 1943: 23, fig. 14, lám. XVI, 4). Museu d'Arqueologia Salvador Vilaseca, Reus (inv. 5054).
 2. Necrópolis de El Calvari. Dos fragmentos de sendos brazaletes y una fíbula de doble resorte procedentes de la tumba 61 (Vilaseca, 1943: 28, láms. VII y XII, 3). Uno de los brazaletes es de sección cuadrangular, mientras que el otro es del tipo llamado de series. La fíbula analizada conserva un resorte, parte del puente filiforme y el inicio de la aguja. En la publicación de Vilaseca (1943: lám. XII, 3) se aprecia que se recuperaron también sendos fragmentos de la aguja y de la mortaja. El osario era una urna cerámica de perfil bicónico redondeado, cuello marcado, pie anular bajo y cinco pezones decorando la carena. La tumba 61 corresponde a la fase II de Ruiz Zapatero. Museu d'Arqueologia Salvador Vilaseca, Reus (inv. 4720).
 3. Necrópolis de El Calvari. Dos fíbulas de doble resorte (una entera y la otra incompleta), una punta de flecha (fig. 3) y un fragmento de brazalete de sección cuadrangular per-
1. Los análisis de las piezas de El Calvari y La Tosseta se llevaron a cabo en el marco del proyecto *Recursos minero-metalúrgicos, intercambio y comercio en la Prehistoria y la Protohistoria peninsular (Cataluña y el norte del País Valenciano)* (HAR2014-54012-P), mientras que los ítems de El Puig Roig han sido analizados en el marco del proyecto *Producción y deposición masiva de bronce plomados en la transición Bronce Final - Edad del Hierro de la Europa atlántica* (HAR2017-84142-R).

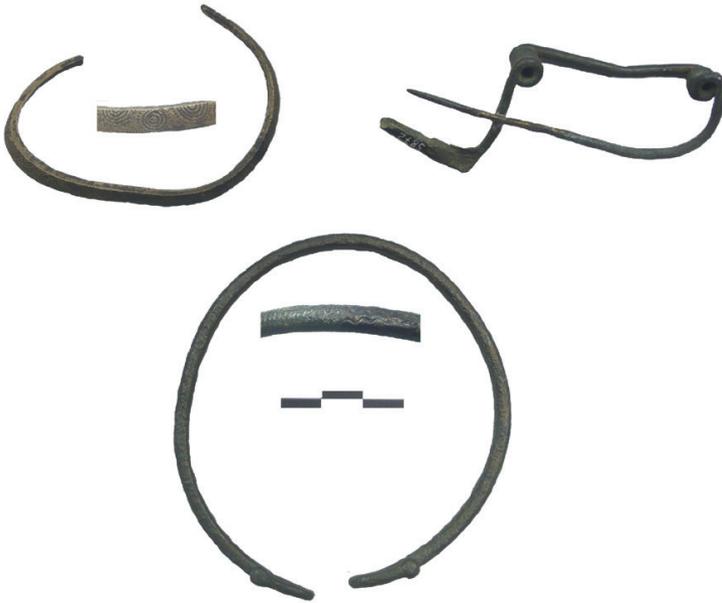


Figura 2. Piezas de La Tosseta analizadas en 1996.

tenecientes al ajuar de la tumba 65 (Vilaseca, 1943: 29, láms. VII y XIII; Castro, 1994, lám. VI, 8), que corresponde también a la fase II de Ruiz Zapatero. Osario cerámico sin decoración, de perfil bicónico, con carena redondeada, pie anular bajo y cuello marcado y desarrollado. Museu d'Arqueologia Salvador Vilaseca, Reus (inv. 4720).

4. Necrópolis de El Calvari. Brazaete casi entero de sección rectangular acintada y con decoración de acanaladuras en el extremo que conserva, el cual formaba parte del ajuar de la tumba número 67 (Vilaseca, 1943: 29, fig. 6, 4; Castro, 1994: 64), clasificable en la fase Ib de Ruiz Zapatero. Osario cerámico liso, bicónico, con carena redondeada, cuello marcado y base cóncavo-convexa. Museu d'Arqueologia Salvador Vilaseca, Reus (inv. 4720).
5. Necrópolis de El Calvari. Un fragmento de brazaete de sección cuadrangular, exhumado en la tumba número 78 (Vilaseca, 1943: 29, láms. VIII y XIV, 1). Osario bicónico de carena baja y pie anular muy bajo, al que le faltan el borde y el cuello. Fase Ib de Ruiz Zapatero. Museu d'Arqueologia Salvador Vilaseca, Reus (inv. 4720).
6. Necrópolis de El Calvari. Extremo de un brazaete abierto de sección plano-convexa que formaba parte del ajuar de la tumba número 164, asimismo correspondiente a la fase Ib de Ruiz Zapatero. El ajuar metálico de esta tumba consistía únicamente en brazaletes, de los tipos I y II de la tipología de Vilaseca para este yacimiento. Así se explicita en el texto de la publicación de la necrópolis (Vilaseca, 1943: 34); sin embargo, en la lámina XV, fig. 2 de dicha publicación se reproduce el ajuar metálico de la

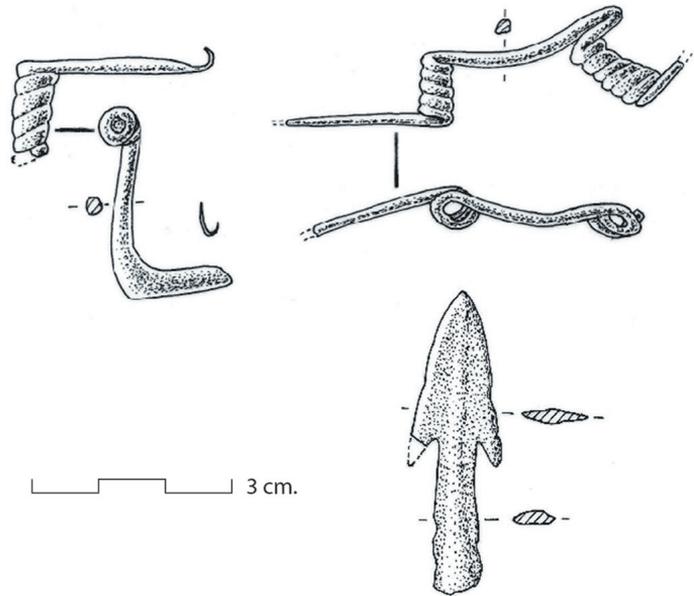


Figura 3. Fibulas y punta de flecha de la tumba 65 de la necrópolis de El Calvari del Molar (dibujo: A. Llussà y R. Graells).

tumba 165 con un pie de figura que lo atribuye, erróneamente, a la 164². El osario estaba mal conservado; sin embargo, según Vilaseca era del mismo tipo que el de la tumba 9, es decir, bicónico y de pie anular muy bajo. Presentaba restos de decoración de acanalados. Museu d'Arqueologia Salvador Vilaseca, Reus (inv. 4720).

7. Necrópolis de El Calvari. Fragmento de mineral de cobre. Sin contexto. Inédito. Museu d'Arqueologia Salvador Vilaseca, Reus (inv. 4720).
 8. Necrópolis de La Tosseta. Fíbula de doble resorte, que conserva el puente y los dos resortes (Vilaseca, 1956: lám. IV) (fig. 4). Museu d'Arqueologia Salvador Vilaseca, Reus (inv. 5129).
 9. Necrópolis de La Tosseta. Fíbula de doble resorte que conserva el puente y uno de los resortes (Vilaseca, 1956: lám. IV) (fig. 4). Museu d'Arqueologia Salvador Vilaseca, Reus (inv. 5129-2).
 10. Necrópolis de La Tosseta. Fragmento de brazaletes de sección rectangular acintada. Museu d'Arqueologia Salvador Vilaseca, Reus (inv. 5129).
 11. Poblado de El Puig Roig. Hacha de cubo de bronce con anilla lateral. Cubo de sección subcuadrangular con collar diferenciado, sin decoración y con dos protuberancias laterales en el hueco de empuñadura interior. Bordes cóncavos que se van abriendo en
2. Ello se comprueba, además de en el texto de la publicación, en las fichas de cada tumba que realizó Vilaseca y que se conservan en el archivo del Museu d'Arqueologia Salvador Vilaseca. Algunos autores, inducidos a error por la propia publicación de Vilaseca, perpetúan este malentendido (Castro, 1994: lám. VI-23, U. 164).



Figura 4. Las fibulas de La Tosseta analizadas.

la parte del filo, que es convexo. Longitud máxima: 106 mm; anchura máxima en el filo: 57 mm. Exhumada durante la campaña de 1981 en el ámbito O y publicada, con el análisis de composición correspondiente, por Margarida Genera (1995: 69-75, figs. 81-82) (fig. 5, 1). Museu d'Arqueologia Salvador Vilaseca, Reus (inv. 007980).

12. Poblado de El Puig Roig. Fíbula de bronce de doble resorte con puente rectangular, exhumada en la calicata IX durante la campaña de excavaciones de 1982 y también publicada y analizada (composición) por Margarida Genera (1995: 72-75, fig. 84) (fig. 5, 2). Museu d'Arqueologia Salvador Vilaseca, Reus (inv. 015474).
13. Poblado de El Puig Roig. Pequeño bloque de galena que mide 21 × 17 × 6 mm, exhumado en la intervención arqueológica de 1987 e inédito (fig. 5, 3). Museu d'Arqueologia Salvador Vilaseca, Reus (inv. 015475).
14. Poblado de El Puig Roig. Objeto de plomo, fragmentado, con un extremo aplanado, quizás una pequeña espátula, de 43 mm de longitud máxima, recuperada en la base del ámbito R, calicata XIII, campaña de 1982 (Genera, 1995: 73, fig. 88) (fig. 5, 4). Museu d'Arqueologia Salvador Vilaseca, Reus (inv. 015476).
15. Poblado de El Puig Roig. Anillas de plomo de sección circular soldadas entre sí (diámetro de las anillas 15 mm y del vástago 4 mm), recuperadas también en la campaña de excavación de 1982 en la calicata H (Genera, 1995: 73, fig. 88) (fig. 5, 5). Museu d'Arqueologia Salvador Vilaseca, Reus (inv. 015477).

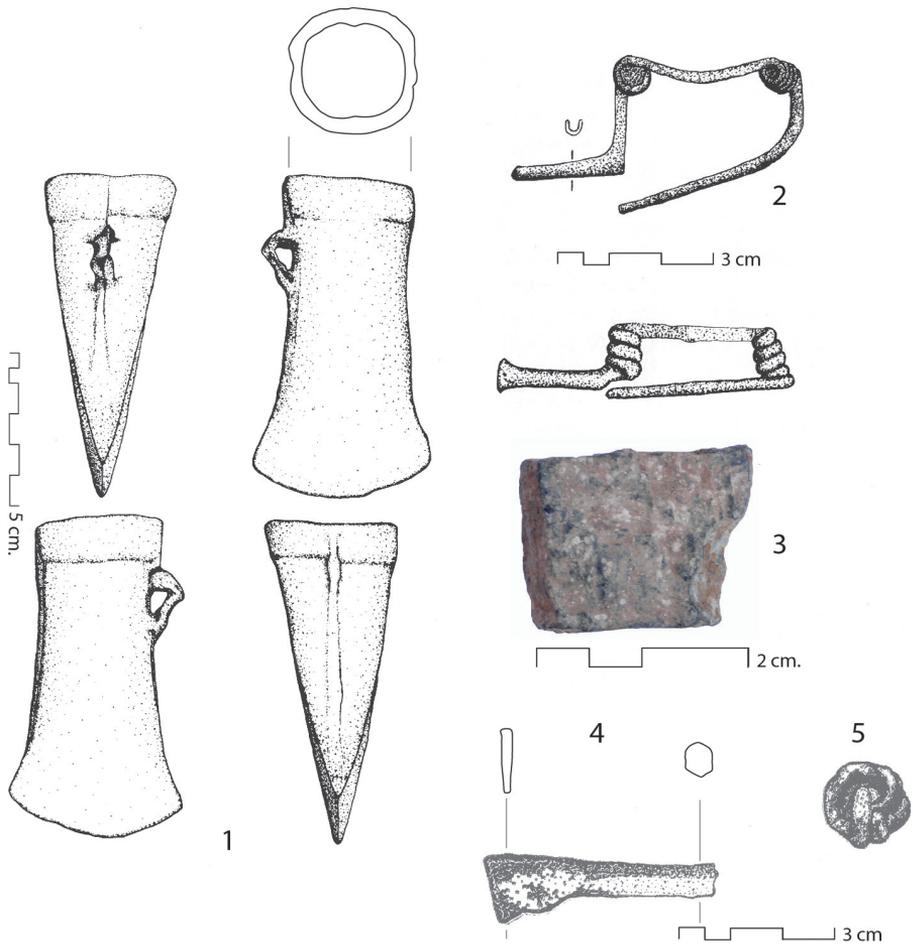


Figura 5. Piezas metálicas de El Puig Roig analizadas: 1. Hacha de bronce; 2. Fíbula de bronce; 3. Fragmento de galena; 4. Posible espátula de plomo; 5. Varilla de plomo anudada (números 1, 2, 4 y 5, según Genera, 1995: figs. 81, 84, 88, modificados).

La fíbula de pivote ha sido objeto de diversas propuestas de datación basadas en consideraciones tipológicas que, con el paso del tiempo y el hallazgo de algunos ejemplares peninsulares del mismo tipo asociados a dataciones radiocarbónicas, han tendido al alza. Así, Castro (1994: 140-141) y Carrasco *et al.* (2016: 139) la sitúan en el siglo x a. n. e., aunque otras fíbulas de pivote catalanas aparecen en contextos inequívocamente posteriores (Gomá, 2019: 84-85). El hacha de cubo de Puig Roig corresponde a un tipo asimilable, tanto por morfología como por dimensiones, a los ejemplares launacienses de hachas de cubo lisas con una anilla (Guilaine *et al.*, 2017: 188-193), si bien nuestro ejemplar presenta un collar de

perfil menos redondeado de lo que es habitual en estos. La cronología de las hachas de cubo se centra en los siglos VIII-VII a. n. e., aun cuando puede llegar al VI y aparecer en contextos aún mucho más tardíos. El ejemplar del Puig Roig puede asimilarse, asimismo, al tipo 43 de Monteagudo, junto con los moldes de Maçalió, Escodines Altes y Roquizal del Rullo, en el Bajo Aragón, y los ejemplares de Solsona, Pina (Algaida, Mallorca) o La Sabina (Formentera) (Rauret, 1976: 88-89; Monteagudo, 1977: láms. 121-122). En el entorno territorial más inmediato cabe citar el hallazgo de hachas de cubo en Aldovesta (Benifallet) (Mascort *et al.*, 1991: 32, lám. 43, 13), en Sant Jaume Mas d'en Serrà (Alcanar) (Armada *et al.*, 2005: fig. 16), el hacha miniaturizada de La Moleta del Remei (Alcanar) (Gracia *et al.*, 1988: 142) y el fragmento de molde de Capçanes (Monteagudo, 1977: lám. 121, n.º 1762). Las fíbulas de doble resorte constituyen un hallazgo relativamente frecuente en contextos del nordeste, especialmente funerarios. En su conjunto presentan una alta concentración en el siglo VII a. n. e. y perduraciones en el VI (Rafel *et al.*, 2008: 256); en el caso de las tres de la necrópolis de El Calvari cuyos análisis presentamos corresponden a tumbas de la fase II de la necrópolis, fechada entre mediados del siglo VII e inicios del VI a. n. e. En cuanto a los brazaletes, si bien cuentan con seriaciones tipocronológicas basadas en contextos funerarios (Rafel, 1991: 118-127), ofrecen un amplio margen temporal que no permite añadir precisiones a lo que constituye el horizonte cronológico general de los yacimientos de que se trata en la presente contribución.

3.1. Análisis elemental

Los nuevos análisis de composición (serie PA20000) se han centrado en las necrópolis de El Calvari y de La Tosseta y se realizaron limpiando la superficie exterior para eliminar los efectos de pátina. Se utilizó el espectrómetro portátil INNOV-X modelo Alpha del Museo Arqueológico Nacional, cuyas características y condiciones se encuentran descritas en Rovira Llorens y Montero Ruiz (2018). Los datos recogidos en la tabla 1 incluyen también los análisis anteriores realizados con distintos espectrómetros. Las características de estos equipamientos, así como la compatibilidad de resultados entre los espectrómetros empleados en el Proyecto de Arqueometalurgia de la Península Ibérica, se presentan en la citada publicación (Rovira Llorens y Montero Ruiz, 2018).

Desde el punto de vista tecnológico vamos a describir el conjunto de objetos de base cobre, actualizando los datos publicados en Montero-Ruiz *et al.* (2012). Sabemos que en el poblado de El Calvari se realizaron algunas actividades de fundición vinculadas al colado de piezas, pero no tenemos pruebas claras de que se produjera una reducción de mineral de cobre.

Contamos con datos de 34 piezas distintas procedentes de El Calvari, principalmente brazaletes (17) y fíbulas (7) (tabla 1). Todas son bronce, aunque varían en los contenidos de estaño y, especialmente, en el de plomo. La media de estaño es del 11,2 % para el conjunto completo, aunque si diferenciamos las piezas plomadas (>2 % Pb) de las no

Tabla 1. Recopilación de análisis de composición del poblado y la necrópolis de El Calvari de El Molar. Análisis realizados por espectrometría de fluorescencia de rayos X (ED-XRF), excepto los del proyecto SAM, realizados por espectrometría de emisión óptica (OES). Valores expresados en % en peso (nd= no detectado o por debajo del límite de detección). La letra N (= necrópolis) y la letra P (= poblado) identifican la zona de procedencia de cada objeto

Análisis	Objeto	Zona	Inventario	LIA	Fe	Ni	Cu	As	Ag	Sn	Sb	Pb	Grupo metal
PA7635	Punta aletas	N	4762		0,11	nd	79,2	nd	0,36	8,56	1,23	10,6	7
PA7637	Brazalete	N	4760		0,49	nd	85,2	nd	0,09	13,1	0,16	1,19	3
PA7646	Fíbula (frag.)	P	5054		0,36	0,25	82,9	nd	0,05	16,1	0,03	0,25	5
PA7647	Brazalete decorado	N	5052		0,15	nd	89,2	nd	0,01	10,7	nd	0,01	1
PA10907	Punta flecha	P	CVM02-54-8	X	0,08	nd	91,1	0,19	nd	8,18	0,06	0,4	2
PA12793	Aguja fíbula	N	CMV06-sup		0,74	nd	78,8	nd	0,06	11,3	0,03	9,1	1
PA12794	Cadena eslabones	N	CVM06-sup	X	0,68	nd	80,1	nd	0,03	13,8	nd	5,43	1
PA12929	Fíbula doble resorte	N	CVM06-sup		0,16	nd	88	nd	0,07	10,5	0,14	1,12	3
PA12930	Brazalete sogueado	N	CVM06-sup		0,08	nd	84,6	nd	0,06	7,71	0,05	7,5	1
PA12931	Brazalete de sec. rectangular	N	CVM06-sup		0,14	nd	80,3	nd	0,08	11,2	0,02	8,17	1
PA12932	Punta aletas	P	CUM06-209	X	0,11	nd	73,7	nd	0,07	11	0,09	15,1	1
PA12933	Fíbula (resorte)	N	CVM06-sup	X	0,24	nd	88,1	nd	0,11	10,6	0,07	0,88	4
PA13572	Botón	P	CMV08-310-44		0,36	nd	87,5	nd	0,11	10,5	0,22	1,29	7
PA13573	Brazalete sec. cuadrada roto	P	CMV08-310-16	X	0,64	nd	86,1	nd	0,23	10,9	0,21	1,81	7
PA13574	Brazalete sec. cuadrada	P	CMV08-310-17		0,31	nd	85,7	nd	0,31	10,9	0,20	2,51	7
PA13575	Brazalete sec. cuadrada	P	CMV08-310-18		0,4	nd	85	nd	0,34	11,3	0,33	2,66	7
PA13576	Brazalete sec. cuadrada	P	CMV08-310-19		0,43	nd	87,3	nd	0,26	9,55	0,20	2,24	7
PA13577	Brazalete sec. cuadrada	P	CMV08-310-43		0,37	nd	86,8	nd	0,26	10,3	0,21	2,03	7
PA13578	Brazalete sec. cuadrada	P	CMV08-310-42		0,49	nd	87,3	nd	0,28	9,45	0,30	2,19	7
PA13579	Frag. lámina con perforación	P	CMV08-310-45		0,53	nd	85,3	nd	0,14	13,8	nd	0,18	4
PA20267	Barra rect.	P	CVM10-412	X	0,56	0,11	52,4	nd	<0,15	14,3	<0,15	32,7	5
PA24785	Fíbula pivote	N	5054	X	nd	nd	86,7	0,08	<0,15	13,0	<0,15	0,21	1
PA24786	Brazalete sec. rect. (frag.)	N	4720 T61	X	nd	nd	85,1	0,04	<0,15	14,9	<0,15	0,01	1
PA24787	Fíbula (resorte)	N	4720 T61	X	0,28	nd	90,9	nd	<0,15	8,81	<0,15	0,06	1
PA24788	Brazalete de series	N	4720 T61	X	nd	nd	83,8	nd	<0,15	12,0	<0,15	4,17	1
PA24789	Punta de flecha	N	5051 T65	X	0,17	nd	85,8	nd	<0,15	11,4	<0,15	2,61	1
PA24796	Cinta laminar	N	4720 T78	X	nd	0,06	86,4	0,08	<0,15	13,2	<0,15	0,23	1
PA24797	Brazalete (frag.)	N	4720 T65	X	nd	0,19	88,1	0,14	<0,15	11,0	<0,15	0,56	11
PA24798	Fíbula (resorte)	N	4720 T65	X	0,15	nd	90,4	0,05	<0,15	9,46	<0,15	0,01	1
PA24799	Fíbula (puente)	N	4720 T65	X	0,11	nd	92,2	nd	<0,15	7,66	<0,15	0,01	1
PA24803	Brazalete sec. plano-convexa	N	4720 T164	X	nd	nd	86,3	nd	<0,15	13,1	<0,15	0,59	1
PA24804	Brazalete sec. rectangular	N	4720 T67	X	nd	nd	86,2	nd	<0,15	12,9	<0,15	0,84	1
SAM18189	Brazalete	N			tr	0,06	Resto	0,3	0,19	9,7	0,04	1,35	9
SAM18190	Brazalete	N			tr	0,07	Resto	0,28	0,23	10	0,04	2,1	9
PA24784	Mineral Cu	N	Necrópolis, sup.	X	2,77	0,07	44,5	0,22	0,15	nd	0,08	0,08	

plomadas apenas hay diferencias (media del 11,0 % frente al 11,3 %, respectivamente). Si calculamos la proporción Sn/Cu en ambos conjuntos para eliminar la influencia del plomo, el valor se acerca un poco más: las piezas plomadas tendrían una proporción del 11,6 %, frente al 11,5 % de las no plomadas. Se comprueba que la adición de plomo en la aleación no se realiza en detrimento del estaño sino del cobre, como se ha señalado en otras ocasiones.

Tabla 2. Análisis de los metales de La Tosseta realizados por espectrometría de fluorescencia de rayos X (ED-XRF), excepto los del proyecto SAM, realizados por espectrometría de emisión óptica (OES). Valores expresados en % en peso (nd= no detectado o por debajo del límite de detección)

Análisis	Objeto	Inventario	LIA	Fe	Ni	Cu	As	Ag	Sn	Sb	Pb	Grupo metal
PA24800B	Fíbula doble resorte	5129	X	1,28	nd	89,0	0,06	<0,15	9,54	<0,15	0,08	1
PA24801	Fragmento fíbula doble resorte	5129-2	X	0,28	nd	89,7	nd	<0,15	9,95	<0,15	0,08	1
PA24802	Brazaletes sec. rect. frag.	5129	X	nd	nd	88,2	nd	<0,15	11,5	<0,15	0,31	1
SAM18187	Brazaletes				0,04		0,03	0,07	9,2	0,02	0,29	1
SAM18188	Fragmento de hoja			tr	0,04		0,007	0,09	~10	0,02	0,22	1
PA7597	Fíbula doble resorte	5872		0,25	nd	85,8	tr	0,017	10,8	nd	3,21	1
PA7598	Brazaletes	5866		0,13	0,22	88,3	2,9	0,01	7,45	0,006	1,03	11
PA7599	Brazaletes decorado	5867		0,08	nd	85,8	nd	0,024	12,9	0,022	1,14	1

Dentro de las aleaciones plomadas tenemos dos piezas que entrarían en la categoría de muy plomadas al presentar proporciones que superan el 15 % Pb. Se trata de un fragmento de barra del poblado (PA20267/CVM10-412) y una punta de flecha de aletas también recuperada en el poblado (PA12932B/CVM06-209). Solo otras 6 piezas superan el 3 % Pb, todas ellas procedentes de la necrópolis. De estas solo una pertenece a una fíbula (aguja). La media de plomo, contando el valor extremo del fragmento de barra, sería del 7,3 %, pero si descartamos este valor tan elevado la media baja al 5,5 % Pb. Podemos considerar que esta metalurgia es poco plomada, ya que el promedio total de todos los bronce, excluido el valor extremo, es de apenas el 2,6 %, siendo la mediana de la serie del 1,29 %, con un ligero predominio de piezas que no alcanzan el 2 % Pb (56 %).

Desde el punto de vista de las impurezas, si aplicamos el método Oxford³ de clasificación en grupos (Bray *et al.*, 2015; Pollard *et al.*, 2018: 85-114), observamos que predomina el metal del grupo 1, con casi el 50 % de las piezas, es decir, sin impurezas significativas de otros elementos. El siguiente grupo más representado es el 7 (con Sb y Ag), que tiene cerca del 25 %, pero que está formado mayoritariamente por los brazaletes del depósito encontrado en el poblado, y una punta de flecha también del poblado que alcanza un valor inusualmente alto de antimonio (1,2 %).

Del yacimiento de La Tosseta se han analizado tres piezas —dos fíbulas y un brazaletes— con el mismo espectrómetro INNOV-X descrito para las piezas de El Calvari, y otras tres piezas con el espectrómetro KEVEX. Los datos se recogen en la tabla 2. El brazaletes (PA2800B) probablemente es la misma pieza que la analizada en el proyecto SAM (Junghans *et al.*, 1974: n.º 18187), cuyos datos reseñamos. Todos los objetos, salvo uno que es bronce plomado, son de bronce binario con contenidos medios de estaño (7-12 %)

3. La propuesta considera el límite del 0,1 % para determinar la presencia del elemento. Sin embargo, dado que los análisis del espectrómetro INNOV-X tienen un límite de detección del 0,15 % para Ag y Sb, en nuestro estudio aplicamos este nuevo límite para poder establecer una correcta clasificación de estos dos elementos.

Tabla 3. Análisis de las piezas de Puig Roig publicadas por Genera *et al.* (1985) empleando diferentes técnicas de análisis para diferentes elementos (Fe y Ni por OES; Sn, Ag y Zn por ICP-OES; Cu y Pb por AA) y análisis por XRF (PA) realizados con el espectrómetro KEVEX del Proyecto de Arqueometalurgia de la Península Ibérica. Valores expresados en % en peso.

Objeto	Fe	Ni	Sn	Ag	Zn	Cu	Pb	As	Sb	Total
Hacha (2.1)	0,12	0,03	4,66	0,067	0,015	93,6	2,17			100,5
Fíbula (3.1)	0,11	0,02	9,44	0,12	0,004	87,7	0,06			87,9
Anilla (4.2)	0,21	0,04	11,0	0,07	0,019	88	4,83			103,9
Plaquita (5.1)	0,41	0,01	7,95	0,043	0,004	71	0,19			79,2
Plaquita (5.2)	0,14	0,02	10,2	0,056	nd	77	0,54			87,8
Anilla (4.1)	0,19	0,04	8,92	0,007	0,007	71,2	0,04			80,1
Punta flecha		0,75	5,54	1,16	0,004	63,4	0,59	3,0		74,4
PA7643 Brazalete (7643)	0,3	0,27	15,5	0,023	nd	82,5	1,32	nd	0,09	
PA7644 Botón (7973)	0,18	nd	13,5	0,028	nd	85,7	0,49	nd	0,115	
PA7645 Botón (7971)	0,19	nd	8,95	nd	nd	88,9	0,7	nd	0,07	

y pequeñas impurezas de plomo y de otros elementos, y quedan englobados en el grupo 1 de la citada clasificación de Oxford. Solo un brazalete rompe esta uniformidad en los elementos minoritarios y cuenta con un valor alto de arsénico y níquel, quedando clasificado en el grupo de metal 11.

En los análisis de las piezas de bronce de El Puig Roig publicadas por Genera *et al.* (1985) se emplearon una combinación de técnicas, cada una de ellas con información parcial sobre los elementos cuantificados. En la tabla 3 sintetizamos esos resultados, pero no nos permiten una comparación directa con los grupos de metal obtenidos en El Calvari, ya que el antimonio (Sb) no fue un elemento buscado. Sin embargo, destaca la punta de flecha, con unas proporciones muy elevadas de arsénico, plata y níquel, que la separan del resto de materiales del poblado. Nosotros hemos medido en el microscopio electrónico de barrido (MEB-EDS) del Microlab del Instituto de Historia del CSIC los elementos mayoritarios del hacha a través de la viruta extraída; los límites de detección de la técnica impiden cuantificaciones fiables de los elementos en cantidades inferiores al 0,8-1 % y hemos obtenido unas proporciones del 4,5 % Sn, similares al análisis de Genera *et al.* (1985), pero con más plomo (10,7 % Pb). También se ha identificado con el MEB-EDS la naturaleza de otras muestras de Puig Roig: el fragmento con inventario 015475, que es una galena (PbS); y el fragmento con inventario 015476, elaborado con plomo metálico. Los análisis antiguos de fluorescencia de rayos X, también incorporados a la tabla 3, confirman el predominio de los bronce binarios con plomo inferior al 3 %.

En la figura 6 se comparan las proporciones de estaño (Sn) y plomo (Pb) de los tres yacimientos con los materiales launacienses del sur de Francia (Guilaine *et al.*, 2017). Las piezas de El Calvari presentan un agrupamiento entre los valores del 9-12 % Sn y proporciones >1 % Pb, mientras que las piezas launacienses tienden a ocupar valores hacia la izquierda del gráfico, con menos proporción de estaño, zona donde queda situada el hacha de Puig Roig, y con pocas piezas plomadas.

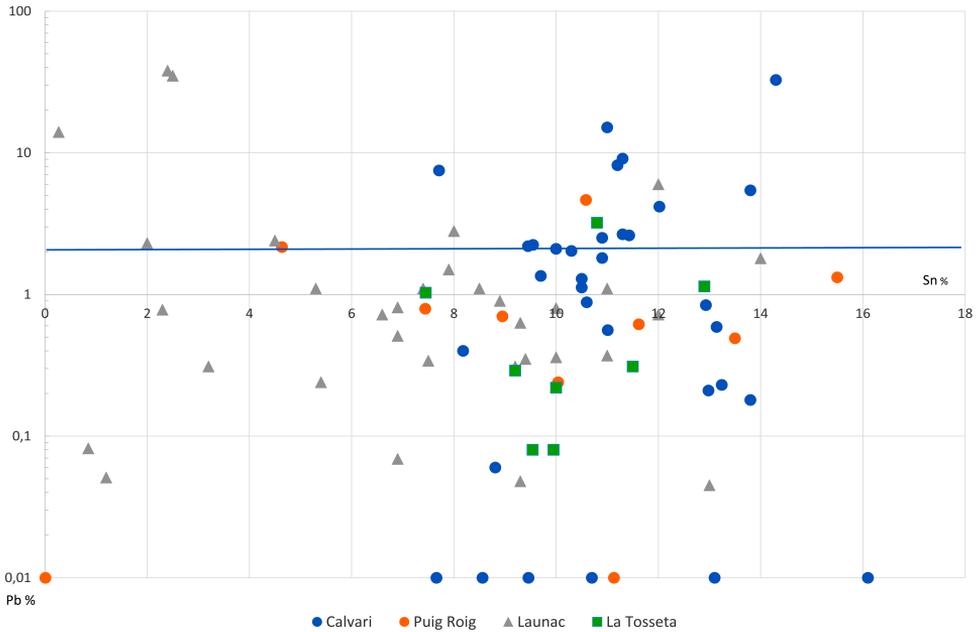


Figura 6. Distribución de los contenidos de estaño (Sn) y plomo (Pb) en los metales de El Calvari, La Tosseta y Puig Roig. Se marca la línea del 2 % Pb como límite de separación entre los bronzes binarios y los bronzes plomados. Aquellas piezas en las que no se detecta plomo se han marcado con un contenido de 0,01 para que sean representadas en el eje vertical, que se encuentra en escala logarítmica.

3.2. Análisis de isótopos de plomo

Tanto los 11 objetos de la necrópolis de El Calvari como los 3 objetos de La Tosseta y las 5 piezas de El Puig Roig han sido analizados en el Servicio de Geocronología de la Universidad del País Vasco (SGIker) mediante la técnica de espectrometría de masas con fuente de plasma y multicolector (MC-ICP-MS), siguiendo los protocolos de preparación de muestra y control del fraccionamiento isotópico habituales en el laboratorio (similares a los descritos en Chernyshev *et al.*, 2007).

Los resultados (tabla 4) de estos análisis nuevos de los tres yacimientos bajo estudio se presentan en las gráficas, donde se recogen también los análisis anteriores publicados en Montero-Ruiz *et al.* (2012) de El Calvari, tanto de objetos de base cobre como de plomo o relacionados con este metal.

Los objetos de plomo y la galena de El Puig Roig encajan en el área de distribución de los materiales vinculados al plomo de El Calvari y todos ellos se encuadran en el campo isotópico de Molar-Bellmunt-Falset (MBF). De esta procedencia sería también el mineral de cobre identificado entre los materiales de la necrópolis de El Calvari en el museo de Reus y la fíbula de bronce de El Puig Roig (fig. 7).

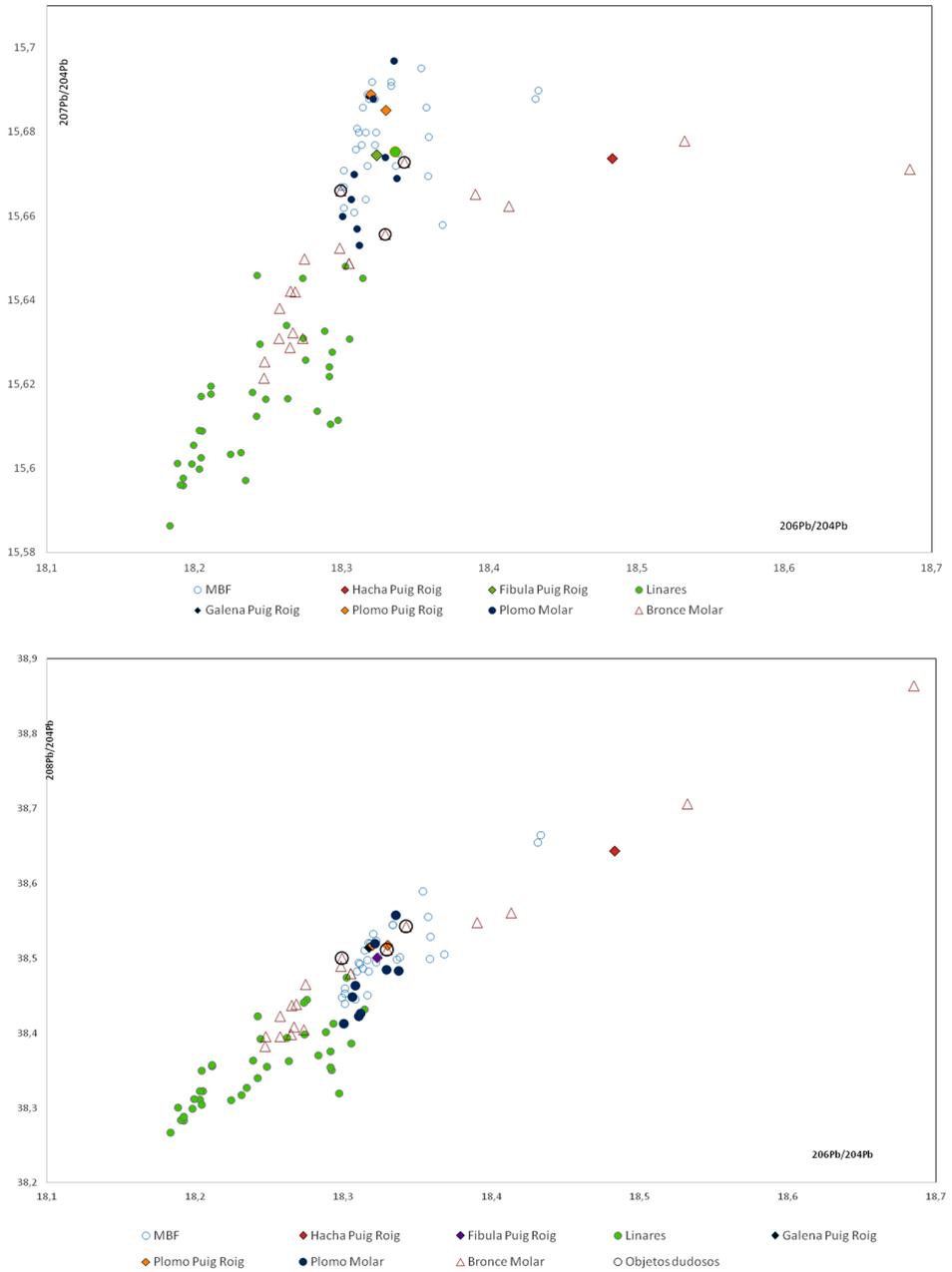


Figura 7. Gráficas con los resultados de los análisis de isótopos de plomo de la tabla 4.

Tabla 4. Recopilación de los resultados de los análisis de isótopos de plomo presentados en este trabajo.

Yacimiento	Objeto	Metal	Inventario	208/206	207/206	206/204	207/204	208/204	Procedencia	PA	Pb %
El Calvari poblado	Galena	Pb	UE 154	2,09845	0,85507	18,31	15,657	38,423	MBF	--	
El Calvari poblado	Escoria Pb	Pb	UE 149	2,09871	0,85453	18,337	15,669	38,484	MBF	PA11671	33
El Calvari poblado	Galena	Pb	CVM09-357-11	2,1001	0,8559	18,295	15,657	38,414	MBF	--	
El Calvari poblado	Plomo	Pb	CVM-170-17	2,1003	0,85568	18,306	15,664	38,449	MBF	--	99,8
El Calvari poblado	Punta flecha	Br	CVM02-ue54-8	2,1023	0,8557	18,265	15,629	38,399	Linares	PA10907	0,4
El Calvari poblado	Escoria	Pb	CVM05-177	2,10098	0,85595	18,308	15,67	38,464	MBF	PA11970	99,8
El Calvari poblado	Galena	Pb	CVM-177-13	2,10299	0,85612	18,335	15,697	38,558	MBF	PA11972	98,2
El Calvari poblado	Goterón Pb	Pb	CVM-170-16	2,10253	0,85629	18,321	15,688	38,52	MBF	PA11973	99,8
El Calvari necrópolis	Brazaletes sogeados	BrP	CVM06-sup	2,1016	0,8554	18,273	15,631	38,405	Linares	PA12792	6,04
El Calvari necrópolis	Aguja fibula?	BrP	CVM06-sup	2,1041	0,8563	18,247	15,625	38,396	Linares	PA12793	9,1
El Calvari necrópolis	Cadena eslabones	BrP	CVM06-sup	2,0800	0,8387	18,685	15,671	38,864	SE	PA12794	5,43
El Calvari poblado	Punta flecha	BrP	CVM06-UE209	2,1045	0,8566	18,257	15,638	38,423	Linares	PA12932	15,1
El Calvari poblado	Lámina Pb	Pb	CVM05-177	2,0985	0,8548	18,312	15,653	38,427	MBF	PA13182	99,7
El Calvari poblado	Resto fundición	BrP	CMV08-316-60	2,1034	0,8561	18,247	15,622	38,383	Linares	PA13568	4,07
El Calvari poblado	Brazaletes	Br	CMV08-310-16	2,1026	0,8558	18,267	15,632	38,409	Linares	PA13573	1,81
El Calvari poblado	Barrita bronce	BrP	CVM10-412	2,10310	0,85619	18,2570	15,6310	38,3960	Linares	PA20267	32,7
El Calvari poblado	Plomo	Pb	CVM10-398-edif1	2,09970	0,85516	18,3290	15,6740	38,4850	MBF	PA20268	99,9
El Calvari necrópolis	Mineral Cu	Cu	Necrópolis, sup.	2,10005	0,85490	18,3360	15,6754	38,5064	MBF	PA24784	0,08
El Calvari necrópolis	Fibula pivote	Br	5054	2,10110	0,85414	18,3293	15,6557	38,5116	MBF?-Mezcla	PA24785	0,21
El Calvari necrópolis	Brazaletes sec. rect.	Br	4720 T61	2,10220	0,85492	18,3046	15,6489	38,4799	Linares	PA24786	0
El Calvari necrópolis	Resorte fibula	Br	4720 T61	2,08862	0,84599	18,5321	15,6780	38,7065	Sur Francia	PA24787	0,06
El Calvari necrópolis	Brazaletes de series	BrP	4720 T61	2,10488	0,85638	18,2743	15,6499	38,4654	Linares	PA24788	4,17
El Calvari	Punta	BrP	5051, t. 65	2,10414	0,85625	18,2682	15,6420	38,4388	Linares	PA24789	2,61
El Calvari necrópolis	Brazaletes acintados	Br	4720 T78	2,10130	0,85447	18,3422	15,6728	38,5425	MBF?	PA24796	0,23
El Calvari necrópolis	Brazaletes (frag.)	Br	4720 T65	2,10397	0,85613	18,2988	15,6661	38,5001	MBF?-Mezcla	PA24797	0,56
El Calvari necrópolis	Resorte fibula	Br	4720 T65	2,09422	0,85061	18,4131	15,6624	38,5610	Sur Francia	PA24798	nd
El Calvari necrópolis	Puente fibula	Br	4720 T65	2,09614	0,85183	18,3901	15,6653	38,5483	Sur Francia	PA24799	nd
El Calvari necrópolis	Brazaletes sec. plano-convexa	Br	4720 T164	2,103467	0,8554079	18,29816	15,65239	38,48957	Linares	PA27803	0,59
El Calvari necrópolis	Brazaletes sec. rectangular	Br	4720 T67	2,104456	0,8564119	18,26478	15,64217	38,43742	Linares	PA27804	0,84
El Puig Roig	Fibula	Br	MR 015474	2,10119	0,85545	18,3232	15,6746	38,5005	MBF		0,06
El Puig Roig	Galena	Pb	MR 015475	2,10263	0,85649	18,3173	15,6886	38,5145	MBF		
El Puig Roig	Espátula?	Pb	MR 015476	2,10256	0,85642	18,3194	15,6891	38,5176	MBF		99
El Puig Roig	Anillas	Pb	MR 015477	2,10140	0,85573	18,3295	15,6852	38,5176	MBF		99
El Puig Roig	Hacha	BrP	MR 007980	2,09078	0,84801	18,4830	15,6738	38,6440	Sur Francia		2,17
La Tosseta	Fibula doble resorte	Br	5129	2,09799	0,85297	18,3582	15,6589	38,5151	MBF?-Mezcla	PA24800	0,08
La Tosseta	Frag. fibula doble resorte	Br	5129	2,09695	0,85230	18,3825	15,6675	38,5472	Sur Francia	PA24801	0,08
La Tosseta	Brazaletes sec. rect.	Br	5129	2,10105	0,85379	18,3377	15,6566	38,5284	MBF?-Mezcla	PA24802	0,31

Anteriormente no habíamos identificado ningún metal que pudiéramos vincular con una explotación local de cobre, y es de destacar que sea esta pieza sin apenas plomo y con alto contenido en plata la que se identifique con el campo MBF, ya que nos indica que la señal corresponde al cobre. Dos ideas surgen de esta identificación: 1) se produjo una explotación minoritaria de mineral de cobre y su reducción en una escala local; y 2) la utilización de metal reciclado es una práctica presente ya en la metalurgia de la I Edad del Hierro y que se discute en este trabajo, pero, sin embargo, esta fíbula demuestra que la elección de utilizar metal reciclado está condicionada por diversos factores sociales y económicos y no es necesariamente la accesibilidad a la materia prima el principal de ellos.

Entre los nuevos análisis de la necrópolis de El Calvari de El Molar hay algunas piezas que quedan incluidas en el campo MBF en la figura 7, como el fragmento de brazaletes de la T65 (PA24797), el brazaletes acintado de la T78 (PA24796) y la fíbula de pivote (PA24785), todas de bronce con contenidos de plomo que no superan el 0,6 % y que nos indican que la procedencia se refiere al cobre. Sin embargo, su posición fuera de la distribución de los plomos y del cobre de El Puig Roig en otras gráficas (fig. 7) hace necesaria una valoración más detallada por si existen explicaciones alternativas.

Con el distrito minero de Linares podemos vincular un grupo de 12 piezas, todas ellas con valores entre 15,65-15,62 en la ratio $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$. Son piezas que mayoritariamente contienen valores superiores al 2 % Pb y entre las cuales se encuentran las consideradas muy plomadas. De ellas solo la punta de flecha (PA10907) recuperada en el poblado y un brazaletes de la T61 (PA24786) tienen valores inferiores al 0,5 % Pb. Si el plomo de la aleación procede de fuera de la zona MBF, lo más probable es que sean piezas que lleguen ya manufacturadas a El Calvari o que se manufacturen a partir de lingotes de Cu-Pb que forman parte de este comercio (Montero-Ruiz *et al.*, 2010-2011). En el caso de la punta, también de tipo mailhaciense, igualmente exhumada en el poblado (PA12932), que por tipología debe considerarse producida en este ámbito regional del NE, su alta proporción de Pb (15 %) justificaría esa producción a partir de los lingotes Cu-Pb, que suelen llevar altas cantidades de plomo. El resto de fundición (PA13568) que permitía defender actividades de producción en el poblado podría ser un caso similar, aunque los valores más bajos de estaño y especialmente de plomo (4 %) podrían sugerir también la opción de que proceda de una operación con metal reciclado.

Estos bronzes vinculados con el distrito de Linares nos permiten un punto de referencia para explorar qué otros metales puedan derivarse de metal reciclado que mezcle firmas isotópicas. Esto podemos observarlo a través de alineamientos del material que sugieran la posición de esa segunda zona de procedencia. En el caso de mezclar cobre de Linares con el de la zona MBF, su proximidad en los valores y, en algunos casos, solapamiento parcial de los campos isotópicos deja un margen estrecho para una correcta interpretación. En la figura 8 se representa la zona de posible solapamiento del campo del MBF que podría coincidir con valores producidos por mezcla. La distribución de los metales y lingotes de los depósitos launacienses del sur de Francia (Guilaine *et al.*, 2017) nos ayudará a valorar las atribuciones y las posibles mezclas de metal (fig. 8).

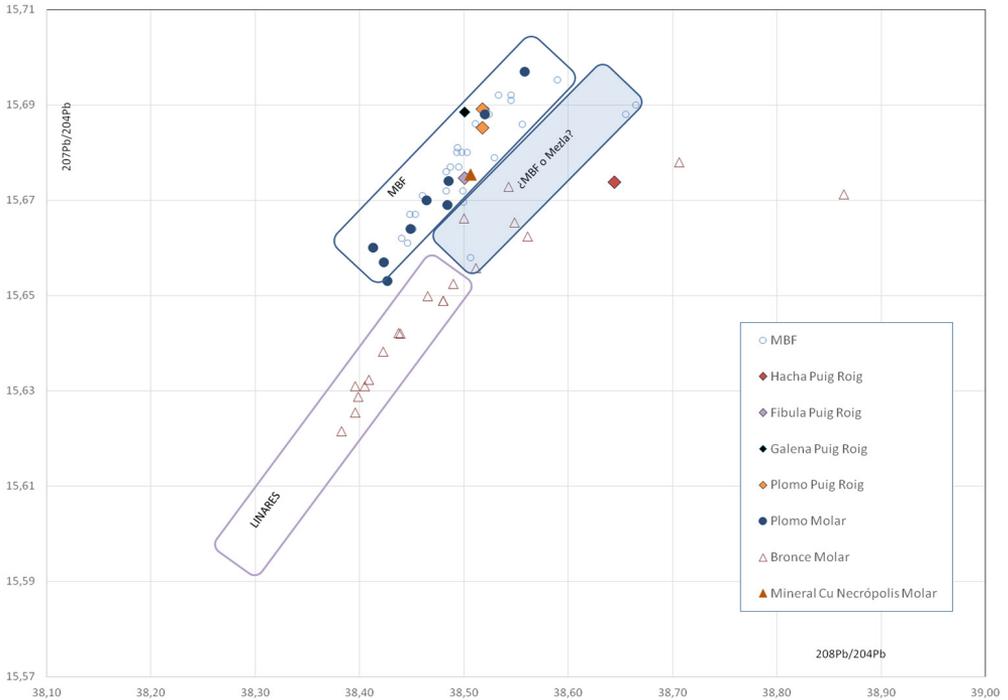


Figura 8. Distribución de los materiales entre los campos isotópicos de Linares y MBF y zona de posible solapamiento en caso de mezclas por reciclaje.

Lo primero que debemos destacar en esta comparación es la similitud que el hacha de cubo de El Puig Roig presenta con estos materiales franceses (fig. 9). Estos metales encajan en el área de distribución de las mineralizaciones del Macizo Central francés y, como se sugiere en su estudio, tienen esta procedencia de manera mayoritaria. Por otra parte, los lingotes de cobre launacienses no coinciden con la distribución de metales en los mismos depósitos, lo que sugiere que ese metal no es local y fue obtenido por comercio, aunque no parece que se empleara en la producción de objetos, pero sí en la deposición junto a metales producidos localmente. Ni el plomo ni el cobre de la zona MBF están presentes en los metales launacienses, salvo una posible excepción: el hacha de cubo de Roquecourbe, que es una pieza de bronce con un 0,9 % Pb. Hay cinco piezas launacienses que podrían vincularse al distrito de Linares, pero todas ellas se sitúan en posición diferente a las de El Calvari. Es de destacar que ninguno de los lingotes de los depósitos launacienses muestra una relación de procedencia clara con el distrito de Linares.

Podemos vincular con cierta seguridad tres objetos (fíbulas) de la necrópolis de El Calvari y una fíbula de La Tosseta (PA24801) al metal del sur de Francia, lo que marca

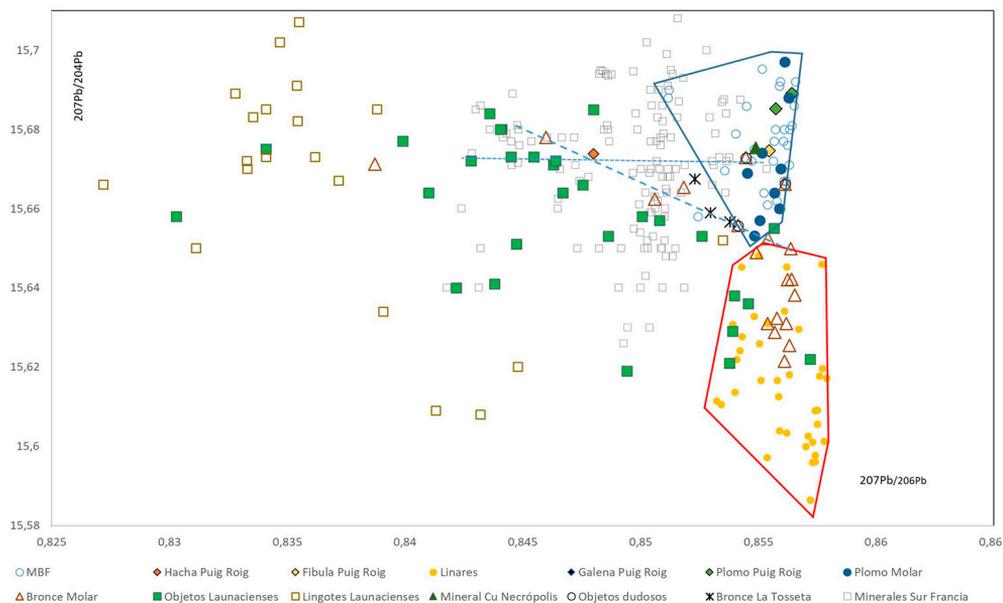


Figura 9. Isótopos de plomo de los materiales de Puig Roig, La Tosseta y El Calvari en comparación con minerales del sur de Francia y los metales de los depósitos launacienses (según Guilaine *et al.*, 2017). Se señalan posibles líneas de mezcla de algunos metales en los que no es posible precisar la procedencia, tomando como referencia el hacha de Puig Roig, de origen francés.

un cierto grado de relación comercial. Por otra parte, dos de las tres piezas dudosas en su adscripción al distrito MBF podrían justificar su posición desplazada como consecuencia de algo de mezcla de metal del sur de Francia. Esta misma situación puede atribuirse a las otras dos piezas de La Tosseta, que presentan un cierto alineamiento. Su proximidad tanto a Linares como a MBF posibilita que las mezclas puedan ser de cada una de ellas con el metal francés, o incluso que se produzca una mezcla entre los tres distritos mineros. La tercera pieza, el fragmento de brazalete de la T65 de El Calvari (PA24797), se desplaza hacia una zona diferente y queda fuera del campo isotópico en la figura 7, por lo que plantea dudas sobre su procedencia del área MBF y muestra una tendencia de mezcla diferente a la del resto de objetos comentados. Esta dispersión de datos demuestra dos modelos diferentes entre las piezas launacienses y las de El Calvari y otros yacimientos catalanes donde se ha identificado cobre de Linares (por ejemplo, Can Xac, Vilanera o Sebes).

Como síntesis, podemos interpretar que algunas piezas encontradas en los yacimientos catalanes como El Calvari y El Puig Roig pueden relacionarse con el sur de Francia, pero la producción mayoritaria sigue vinculada al sur de la península ibérica, especialmente al área de Linares. Se detecta también cierto aprovechamiento de cobre local, siendo la pieza más clara la fíbula de bronce sin plomo de El Puig Roig; y en esta

producción de bronce realizada a nivel local se pudo producir un reciclado de metal de las diversas procedencias comentadas: Francia, Linares y local del área MBF, e incluso de otras minas de la región, como se plantea para el metal de El Pontarró (Belarte *et al.*, 2017).

4. Para concluir

Los resultados analíticos obtenidos y presentados en esta contribución confirman los datos ya conocidos en lo que respecta al beneficio de la galena local de la cuenca minera del Baix Priorat, que vienen apoyados en las nuevas analíticas de El Calvari y en las de El Puig Roig, cuyos tres ítems de plomo analizados (un bloque de galena, un vástago con extremo aplanado y un grupo de eslabones) revelan una procedencia local. Por otra parte, contribuyen a contrastar las propuestas que en el aspecto del carácter de la explotación, uso y tráfico del metal y en el aspecto social hemos expresado en otras sedes (Rafel *et al.*, 2019).

Por cuanto respecta a los objetos de bronce, los nuevos datos revelan cuatro grupos distintos. El primero se compone de aquellos en los que se detecta la huella isotópica de la cuenca de Linares, ya documentada ampliamente con anterioridad (Montero-Ruiz *et al.*, 2012), y a los que ahora se suman el brazaletes de la tumba 61 y la punta de flecha de la tumba 65, ambas de la necrópolis de El Calvari, fechables en su fase II, así como los brazaletes de las tumbas 67 y 164 (PA24804 y PA24803) de la fase Ib de dicha necrópolis. Estos dos últimos ítems vienen a reforzar por su cronología antigua lo ya apuntado por el resto de fundición de cobre (CVM09-348-1, PA20012) documentado en niveles antiguos del ámbito 8 del poblado de El Calvari, que también coincide con la signatura del mineral de Linares (Montero-Ruiz *et al.*, 2012). Todos ellos plantean, como ya hemos expresado anteriormente (Rafel, 2012: 78), la cuestión de unos tráficos de mineral y metal anteriores al siglo VII a. n. e., fecha del *flourit* del comercio fenicio en el nordeste, y la posibilidad de que el comercio del cobre de Linares anteceda a la llegada de envases cerámicos fenicios.

Una mayor novedad implica la asignación a la cuenca MBF del mineral de la misma necrópolis y de la fíbula de bronce de El Puig Roig, ambos sin contexto arqueológico que permita precisar su cronología. Sin embargo, cabe resaltar la posible presencia de cobre local en el brazaletes de la tumba 78 de El Calvari (fase Ib), pues de confirmarse esta atribución significaría una datación de siglo VIII o primera mitad del VII a. n. e. Así, la confirmación del beneficio y uso del cobre local durante el período de ocupación del conjunto de El Calvari recibe ahora un respaldo definitivo. Además de la relativa abundancia —en términos de su beneficio en la prehistoria— del cobre como mineral asociado a la galena de la cuenca, especialmente en la concesión conocida como Linda Mariquita (El Molar), algunos datos apuntaban ya anteriormente en esta dirección: por una parte, el hallazgo en

el cercano poblado del Avenc del Primo (Bellmunt del Priorat), datable en los siglos x-ix a. n. e., de un fragmento de mineral de cobre asignable con claridad al campo isotópico de MBF (Armada *et al.*, 2013) y, por otra, el hecho de que el uso del cobre de la cuenca MBF se documenta ya claramente en el Calcolítico a través de la coincidencia con su signatura isotópica de una punta de Palmela del Tossal de les Venes⁴ (Montblanc) (Montero-Ruiz, 2017) y, posiblemente, de un punzón de cobre procedente del conjunto del Cingle Blanc (Arbolí). En el mismo sentido, hay que enmarcar los datos de la fíbula de pivote de la necrópolis de El Calvari, con un 13 % de estaño y un 0,2 % de plomo, cuya posible elaboración con cobre de la cuenca MBF reforzaría los datos que acabamos de significar, al tiempo que validaría su manufactura local.

Queda atestiguada, además, la presencia de mineral del sur de Francia en tres fíbulas (todas de doble resorte) exhumadas en las tumbas 61 y 65 de la necrópolis de El Calvari (atribuibles a su fase II), en una fíbula de doble resorte de La Tosseta y en el hacha de cubo de El Puig Roig, una pieza asimilable a las hachas launacienses de cubo y que indica la importación de la pieza ya manufacturada. Cabe también señalar que la presencia de mineral sudfrancés en el nordeste tiene permanencia en el tiempo —aunque ya en contextos culturales muy distintos al tratado aquí—, como ponen de manifiesto los hallazgos de yacimientos como El Castellet de Banyoles, en Tivissa, y Empúries (Montero-Ruiz *et al.*, 2008). Durante toda la Edad del Bronce se atestiguan en el nordeste relaciones culturales con el sur de Francia —y a través de ahí con otros territorios más lejanos de la misma Francia y del Mediterráneo—, por lo que no es de extrañar que estas actúen también a nivel de intercambio de metal. El depósito de bronzes de Llavorsí, en el Prepirineo de Lleida, constituye uno de los paradigmas de estas relaciones transpirenaicas y tiene la particularidad, además, de coincidir cronológicamente con los hallazgos antiguos de El Calvari que aquí presentamos (Gallart, 1991; Guilaine y Verger, 2008).

Capítulo aparte merecen otros ítems de atribución más compleja que, a partir de los datos que llevamos recabados a lo largo de nuestra investigación, pueden interpretarse como mezclas de metal en las que se barajan las tres posibles procedencias hasta ahora documentadas, es decir, MBF, Linares y sur de Francia. Caen en este apartado algunos materiales de la fase II de la necrópolis de El Calvari y un brazaletes y una de las fíbulas de La Tosseta.

4. Aunque el yacimiento fue dado a conocer por Vilaseca como Tossal de les Benes, y así ha venido siendo citado en la bibliografía arqueológica, la grafía correcta es, según el Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, Tossal de les Venes.

Bibliografía

- ALMAGRO-GORBEA, M., 1977, El Pic dels Corbs, de Sagunto, y los campos de urnas del NE de la Península Ibérica, *Saguntum* 12, 89-144.
- ARMADA, X.-L., GARCIA, D., MONTERO, I., MORENO, I., RAFEL, N. y ROVIRA, 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.
- ARMADA, X.-L., RAFEL, N., GRAELLS, R. y ROQUÉ, R., 2013, Orígenes del urbanismo y dinámicas sociales en el Bronce Final de Cataluña meridional: El Avenc del Primo (Bellmunt del Priorat, Tarragona), *Trabajos de Prehistoria* 70/2, 278-294.
- BELARTE, M. C., CANELA, J., EUBA, I., LÓPEZ, D. y VALENZUELA, S., 2017, ¿Depósito votivo o destrucción de necrópolis?: el silo protohistórico de El Pontarró (La Secuita, Tarragona), *Trabajos de Prehistoria* 74/2, 355-374.
- BRAY, P., CUÉNOD, A., GOSDEN, C., HOMMEL, P., LIU, R. y POLLARD, A. M., 2015, Form and flow: the 'karmic cycle' of copper, *Journal of Archaeological Science* 56, 202-209.
- 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.
- CARRASCO, J., PACHÓN, J. A. y GÁMIZ, J., 2016, Datos para el estudio de las fibulas de pivote en la Península Ibérica. El ejemplar del Cerro de la Mora (Moraleda de Zafayona, Granada), *Zephyrus* LXXVII, 119-145.
- CASTRO, P. V., 1994, *La sociedad de los Campos de Urnas del nordeste de la Península Ibérica. La necrópolis de El Calvari (El Molar, Priorat, Tarragona)*, BAR International Series 592, Tempus Reparatum, Oxford.
- CHERNYSHEV, I. V., CHUGAEV, A. V. y SHATAGIN, K. N., 2007, High-precision Pb isotope analysis by multicollector-ICP-mass spectrometry using $^{205}\text{Tl}/^{203}\text{Tl}$ normalization: Optimization and calibration of the method for the studies of Pb isotope variations, *Geochemistry International* 45/11, 1065-1076.
- GALLART, J., 1991, *El dipòsit de bronzes de Llavorsí. Pallars Sobirà*, Excavacions Arqueològiques a Catalunya 10, Diputació de Lleida - Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya, Barcelona.
- GENERA I MONELLS, M., 1993, *Protohistòria del Priorat. El poblat protohistòric del Puig Roig del Roget, el Masroig (el Priorat)*, Ajuntament del Masroig, El Masroig.
- GENERA I MONELLS, M., 1995, *El poblat protohistòric del Puig Roig del Roget. El Masroig, Priorat*, Memòries d'Intervencions Arqueològiques a Catalunya 17, Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya, Barcelona.
- GENERA I MONELLS, M., 2009, *L'establiment prehistòric del Puig Roig del Roget (el Masroig). Una aproximació a un hàbitat d'antics miners i metal·lúrgics de la conca del Priorat*, Ajuntament del Masroig - Generalitat de Catalunya - Diputació de Tarragona, Serra Indústria Gràfica SL, Ulldesona.
- GENERA I MONELLS, M., 2010, *L'establiment del Puig Roig del Roget, el Masroig (ss. x-vi aC): apunts sobre alimentació i dieta d'un grup d'antics miners i metal·lúrgics de la conca del Priorat*, en C. MATA, G. PÉREZ JORDÀ y J. VIVES-FERRÁNDIZ (eds.), *De la cuina a la taula. IV Reunió d'economia en el primer mil·lenni aC*, Saguntum Extra 9, Universitat de València, Valencia, 243-248.
- GENERA I MONELLS, M. (ed.), 2013, *La conca minera del Priorat. L'establiment del Puig Roig del Roget, el Masroig*, Vol. 1, Ajuntament del Masroig, Generalitat de Catalunya, Diputació de Tarragona.
- GENERA I MONELLS, M., BAUCELLS VILELLA, M., LACORT, G. y ROURA, M., 1985, *L'economia protohistòrica. Aspectes de la metal·lúrgia al Priorat i a la Ribera d'Ebre, Pyrenae* 21, 45-56.

GOMÁ RODRÍGUEZ, J. L., 2019, Origin and sequence of the earliest fibulae in the Iberian Peninsula, *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la UAM* 45, 69-112.

GRACIA, F., MUNILLA, G. y PALLARÉS, R., 1988, *La Moleta del Remei, Alcanar-Montsià. Campañas 1985-1986*, Publicacions de la Diputació de Tarragona, Tarragona.

GUILAINE, J., CAROZZA, L., GARCIA, D., GASCÓ, J., JANIN, Th. y MILLE, B., 2017, *Launac et le Launacien. Dépôts de bronzes protohistoriques du sud de la Gaule*, Presses Universitaires de la Méditerranée, Montpellier.

GUILAINE, J. y VERGER, S., 2008, La Gaule et la Méditerranée (13e-8e siècles avant notre ère), en S. CELESTINO, N. RAFEL y X.-L. ARMADA (eds.), *Contacto cultural entre el Mediterráneo y el Atlántico (siglos XII-VIII a.n.e.)*. La precolonización a debate, CSIC, Madrid, 219-237.

HUNT, M. A., 2005, Plata de Tartessos: producción y dispersión, en S. CELESTINO y J. JIMÉNEZ (eds.), *El periodo orientalizante. Protohistoria del Mediterráneo occidental. Actas del III Simposio Internacional de Arqueología de Mérida*, Vol. 2, Anejos de Archivo Español de Arqueología XXXV, CSIC, Mérida, 1241-1248.

JUNGHANS, S., SANGMEISTER, E. y SCHRÖDER, M., 1974, *Kupfer und Bronze in der frühen Metallzeit Europas. Katalog der Analysen Nr. 10041-22000*, Studien zu den Anfängen der Metallurgie, Römisch-Germanisches Zentralmuseum - Gebr. Mann Verlag, Berlin.

MASCORT, M. T., SANMARTÍ, J. y SANTACANA, J., 1991, *El jaciment protohistòric d'Aldovesta (Benifallet) i el comerç fenici arcaic a la Catalunya meridional*, Publicacions de la Diputació de Tarragona, Tarragona.

MELGAREJO, J. C., CANET, C., ALFONSO, P., PROENZA, J., CIRECA, C. y ESCUSA, A., 2013, Tipología dels dipòsits minerals, en M. GENERA I MONELLS (ed.), *La conca minera del Priorat. L'establiment del Puig Roig del Roget, el Masroig*, Vol. 1, Ajuntament del Masroig, Generalitat de Catalunya, Diputació de Tarragona.

MONTEAGUDO, L., 1977, *Die Beile auf der Iberischen Halbinsel*, Prähistorische Bronzefunde IX/6, C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, München.

MONTERO-RUIZ, I., 2017, La Solana del Bepo from an archaeometallurgical perspective, en N. RAFEL, I. SORIANO y S. DELGADO-RAACK (eds.), *A prehistoric copper mine in the North-East of the Iberian Peninsula: Solana del Bepo (Ulldemolins, Tarragona)*, Revista d'Arqueologia de Ponent, Extra 2, Universitat de Lleida, Lleida, 67-79.

MONTERO-RUIZ, I., GENER, M., HUNT, M. A., RENZI, M. y ROVIRA, S., 2008, Caracterización analítica de la producción metalúrgica protohistórica de plata en Cataluña, *Revista d'Arqueologia de Ponent* 18, 292-317.

MONTERO-RUIZ, I., RAFEL, N., ROVIRA, M. C., ARMADA, X.-L., GRAELLS, R., HUNT, M. A., MURILLO-BARROSO, M., RENZI, M. y SANTOS, M., 2012, El cobre de Linares (Jaén) como elemento vinculado al comercio fenicio en El Calvari de El Molar (Tarragona), *Menga* 3, 167-184.

MONTERO-RUIZ, I., SANTOS, M., ROVIRA, M. C., RENZI, M., MURILLO-BARROSO, M., HUNT, M. A., GENER, M. y CASTANYER, P., 2010-2011, Lingotes plano-convexos de cobre en la primera mitad del I milenio a. C. en la Península Ibérica, *Boletín de la Asociación Española de Amigos de la Arqueología* 46, 99-119.

MURILLO-BARROSO, M., MONTERO-RUIZ, I., RAFEL, N., HUNT, M. A. y ARMADA, X.-L., 2016, The macro-regional scale of silver production in Iberia during the first millennium BC in the context of Mediterranean contacts, *Oxford Journal of Archaeology* 35/1, 75-100.

POLLARD, A. M., BRAY, P., HOMMEL, P., LIU, R., POUNCETT, J., SANDERS, M., HOWARTH, P., CUÉNOD, A., HSU, Y.-K. y PERUCCHETTI, L., 2018, *Beyond provenance. New approaches to interpreting the chemistry of archaeological copper alloys*, Studies in Archaeological Sciences 6, Leuven University Press, Lovaina.

RAFEL, N., 1991, *La necrópolis del Coll del Moro de Gandesa. Els materials*, Publicacions de la Diputació de Tarragona, Tarragona.

- RAFEL, N., 2012, La cuenca minera del Baix Priorat (Tarragona): explotación y distribución en época colonial. Recursos locales *versus* recursos alóctonos, en M. E. AUBET y P. SUREDA (eds.), *Interacción social y comercio en la antesala del colonialismo. Actas del Seminario Internacional celebrado en la Universidad Pompeu Fabra el 28 y 29 de marzo de 2012*, Cuadernos de Arqueología Mediterránea 21, Edicions Bellaterra, Barcelona, 71-85.
- RAFEL, N. y ARMADA, X.-L., 2008, Sobre la cronología de la necrópolis del Calvari del Molar i l'horitzó funerari del bronze final - primera edat del ferro a l'Ebre. Noves datacions absolutes, *Cypsela* 17, 149-159.
- RAFEL, N., SORIANO, I., ARMADA, X.-L., HUNT, M. A. y MONTERO-RUIZ, I., 2019, Lead and copper mining in Priorat county (Tarragona, Spain): From cooperative exchange networks to colonial trade (2600-500 BC), en X.-L. ARMADA, M. MURILLO-BARROSO y M. CHARLTON (eds.), *Metals, minds and mobility: Integrating scientific data with archaeological theory*, Oxbow Books, Oxford, 147-158.
- RAFEL, N., VIVES-FERRÁNDIZ, J., ARMADA, X.-L. y GRAELLS, R., 2008, Las comunidades de la Edad del Bronce entre el Empordà y el Segura: espacio y tiempo de los intercambios, en S. CELESTINO, N. RAFEL y X.-L. ARMADA (eds.), *Contacto cultural entre el Mediterráneo y el Atlántico (siglos XII-VIII a.n.e.)*. La precolonización a debate, CSIC, Madrid, 239-271.
- RAURET, A. M., 1976, *La metalurgia del bronce durante la Edad del Hierro*, Publicaciones Eventuales 25, Institut d'Arqueologia i Prehistòria, Universitat de Barcelona, Barcelona.
- ROVIRA LLORENS, S. y MONTERO RUIZ, I., 2018, Proyecto «Arqueometalurgia de la Península Ibérica» (1982-2017), *Trabajos de Prehistoria* 75/2, 223-247.
- RUIZ ZAPATERO, G., 1985, *Los Campos de Urnas del NE de la Península Ibérica*, Tesis Doctorales de la Universidad Complutense, Madrid.
- SANMARTÍ, J. y SANTACANA, J., 1994, L'urbanisme protohistòric a la costa de Catalunya, *Cota Zero* 10, 27-37.
- VILASECA, S., 1943, *El poblado y necrópolis prehistòrics de Molá (Tarragona)*, Acta Arqueológica Hispánica I, Ministerio de Educación Nacional, Comisaría General de Excavaciones Arqueológicas, Madrid.
- VILASECA, S., 1954, *Nuevos yacimientos tarraconenses de cerámica acanalada*, Instituto de Estudios Tarraconenses «Ramón Berenguer IV», Reus.
- VILASECA, S., 1956, El campo de urnas de la Tosseta (Guiamets, prov. de Tarragona), *IV Congreso Internacional de Ciencias Prehistòricas y Protohistòricas (Madrid, 1954)*, Zaragoza, 841-856.
- VILASECA, S., SOLÉ, J. M. y MAÑÉ, R., 1963, *La necrópolis de Can Canyís (Banyeres, prov. de Tarragona)*, Trabajos de Prehistoria VIII, Madrid.