

# ANÁLISIS DE PROCEDENCIAS DEL DEPÓSITO DE LLOSETA (MALLORCA) Y FENÓMENOS DE HIBRIDACIÓN EN EL BRONCE FINAL BALEAR

## *A Provenance Analysis in Lloseta Hoard (Mallorca) and Hybridization Phenomena in the Late Bronze Age*

Bartomeu LLULL ESTARELLAS, Laura PERELLÓ MATEO y Manuel CALVO TRIAS

*Dpto. de Ciencias Históricas y Teoría de las Artes. Univ. de las Islas Baleares. Ctra. de Valldemossa, km 7,5. Palma (Islas Baleares). Correo-e: [bartomeu.llull@uib.es](mailto:bartomeu.llull@uib.es); [l.perello@uib.es](mailto:l.perello@uib.es); [manuel.calvo@uib.es](mailto:manuel.calvo@uib.es). ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7328-4193>; <https://orcid.org/0000-0002-0590-0687>; <https://orcid.org/0000-0001-7792-7478>*

Recepción: 4/03/2022; Revisión: 5/10/2022; Aceptación: 6/11/2022

**RESUMEN:** En este trabajo se presentan los análisis de isótopos de plomo del depósito de Lloseta, Mallorca, y se estudian las posibles procedencias de la materia prima con la que fueron elaborados estos objetos. Este depósito del Bronce Final está considerado uno de los más importantes de las Islas Baleares, debido al marcado carácter local de los diseños de las piezas y, probablemente, uno de los más antiguos documentados. Los resultados de los análisis muestran una procedencia del metal mayoritariamente del archipiélago, con buenas coincidencias con los minerales de cobre de Menorca y los minerales de plomo de Mallorca. Aunque existe la posibilidad de algún caso elaborado a partir de metales foráneos, todo hace pensar que estos materiales no procederían de regiones geográficamente alejadas. El resultado del estudio nos muestra un conjunto de piezas en el que se ve reflejada la convivencia de praxis y tradiciones locales con nuevas ideas e innovaciones tecnológicas, siendo un buen ejemplo de hibridación.

*Palabras clave:* isótopos de plomo; estudios de procedencias; Arqueometalurgia; Mediterráneo Occidental; hibridación; conectividad.

**ABSTRACT:** This article presents lead isotope analyses from the Lloseta (Majorca) deposit and looks into the possible provenance of the raw material used in artifacts. Thanks to the marked local character of its artifact designs, as well as likely being one of the oldest documented finds, this Late Bronze Age site is deemed one of the most important in the Balearic Islands. The results of the analyses show that the raw material used mostly came from the archipelago, with good matches with the copper minerals of Menorca and the lead minerals of Mallorca. Although it is possible that some objects were made with metals not from the islands, the findings suggest that these materials did not come from distant geographic regions. The result of the study shows a set of pieces that reflects the coexistence of local practices and traditions with new ideas and technological innovations, thus being a good example of hybridization.

*Key words:* Lead Isotopes Analysis; Provenances Studies; Archaeometallurgy; Western Mediterranean; Hybridization; Connectivity.

## 1. Introducción<sup>1</sup>

A lo largo del Bronce Final –c. 1200-850 a. C., pero especialmente en su última fase, entre el 1000 y el 850 a. C.–, en las Islas Baleares se documenta un fenómeno muy significativo de deposiciones de objetos de bronce conformando conjuntos específicos (Guerrero *et al.*, 2007; Calvo *et al.*, 2013; Javaloyas *et al.*, 2015)<sup>2</sup>. La gran mayoría de los objetos vinculados a estos depósitos –49 %– aparecen en ámbitos domésticos como naviformes o estructuras arquitectónicas en poblados talayóticos; un 15 % en depósitos aislados, en muchos casos, con posibilidad de vincularlos a zonas de paso; un 7 % en contextos desconocidos; un 2 % en santuarios, y, únicamente, el 27 % se asocia a contextos funerarios (Calvo *et al.*, 2013).

Estas prácticas han sido objeto de diferentes interpretaciones: desde aquellas perspectivas que enfatizan el carácter funcionalista de la cultura material y las vinculan a estrategias de atesoramiento y ocultación en función del nivel de demanda de los metales (Lull *et al.*, 1999), hasta aquellas otras que los vinculan a cambios en las praxis sociales y, por tanto, con una pérdida del significado y del rol colectivo que estos objetos tuvieron dentro del conjunto de la comunidad (Calvo *et al.*, 2013; Javaloyas *et al.*, 2015). Finalmente, cabe comentar aquellas propuestas que vinculan estos artefactos a

una estética del poder centrada en determinados individuos (Guerrero *et al.*, 2007).

Sin embargo, más allá del significado y del rol de los objetos que conforman estos depósitos o del significado específico de estas praxis de deposición, lo cierto es que estos conjuntos ofrecen una oportunidad única para analizar aspectos esenciales vinculados a las prácticas metalúrgicas de la época. Entre ellas podríamos destacar: la procedencia y la captación de los recursos minerales, las diferentes estrategias y técnicas de fabricación, las aleaciones, así como el conjunto de tipos formales existentes y sus referentes tipológicos.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en el análisis isotópico de los objetos de bronce del depósito de Lloseta –Mallorca–. Estos datos permiten examinar este conjunto de bronce desde nuevos puntos de vista.

## 2. El depósito de bronce de Lloseta y el contexto de su hallazgo

Poco se sabe del contexto del depósito que analizamos en este trabajo. Colominas (1923: 88-89) informa de la noticia del hallazgo fortuito del lote de bronce por parte de unos payeses de Lloseta cuando, al parecer, estaban desmantelando un poblado prehistórico en el entorno de este municipio (Fig. 1). Parece ser que esto ocurrió en 1898 (Delibes y Fernández-Miranda, 1988: 36). Dichos payeses vendieron el conjunto a un herrero del mismo municipio, quien se lo llevó a un pariente suyo de Palma, P. Girart, que lo tuvo en venta durante un tiempo a un precio muy elevado. Según informó Colominas, quien se entrevistó con esta persona, el Sr. Girart conocía el lugar exacto del hallazgo, pero no quiso revelarlo a nadie, pues pretendía realizar excavaciones allí para buscar ‘tesoros’. Finalmente, el depósito fue adquirido por el Museo de Arqueología de Cataluña en 1941, donde se conserva hoy.

El lote de bronce está conformado por una espada, un machete, un pectoral, un espejo y dos objetos de difícil clasificación, pero que la

<sup>1</sup> Damos las gracias al Dr. J. Principal, conservador del Museu Arqueològic Nacional de Catalunya (MAC), por facilitarnos el estudio de los materiales arqueológicos. Agradecemos, igualmente, el apoyo técnico y humano de los Servicios Generales de Investigación de la UPV/EHU. Este trabajo ha sido financiado a través del Proyecto I + D *Movilidad y conectividad de las comunidades prehistóricas en el Mediterráneo occidental durante la Prehistoria Reciente: el caso de las Islas Baleares* (PID2019-108692GB-I00), financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad. Así mismo, también ha recibido ayuda del I + D *La construcció dels paisatges culturals a l'edat del bronze a les Illes Balears* (PRD2018-19), financiado por la Direcció General d'Innovació i Recerca (CAIB) a través de los fondos procedentes del ITS 2017-006.

<sup>2</sup> Salvà, B.: *Arqueometal·lúrgia com a reflex de l'estratificació social a les Illes Balears*, pp. 258-259. Tesis doctoral inédita presentada en 2013 en la Univ. de Barcelona.

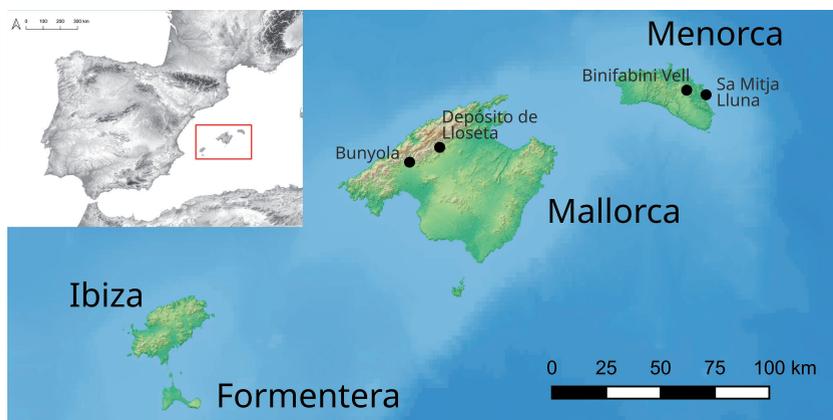


FIG. 1. Situación del lugar del hallazgo y mineralizaciones locales con las que se hallan coincidencias isotópicas (a partir del mapa Web Map Service de ©OpenStreetMap; disponible bajo licencia ODbL en <https://www.openstreetmap.org/copyright/en>).

tradición de la literatura arqueológica local ha venido denominando ‘cinturón’ y ‘brida’ (Delibes y Fernández-Miranda, 1988). Todos estos elementos están considerados como típicos del Bronce Final en Mallorca.

Las piezas de este conjunto de bronce fueron analizadas por S. Rovira mediante espectrometría de fluorescencia de rayos X –ED-XRF– dentro del proyecto *Arqueometalurgia de la Península Ibérica* (Rovira y Montero, 2018) y las composiciones elementales de los objetos fueron publicadas en la obra de referencia *Armas y utensilios de bronce en la Prehistoria de las Islas Baleares* (Delibes y Fernández-Miranda, 1988). Las técnicas analíticas actuales permiten completar la información ya existente con datos nuevos, de manera que es posible realizar un análisis de procedencias que antes era inviable o poco efectivo. En este trabajo presentamos análisis de isótopos de plomo de estos objetos y se consideran los posibles orígenes para la materia prima con la que fueron elaborados.

### 3. Los materiales estudiados

Los objetos que conforman este depósito son seis, sumando un peso total de 5,320 kg. A continuación, describimos las piezas del conjunto:

#### 3.1. Pectoral de varillas de bronce –n.º inv. 15638–

Se denomina así a ciertos objetos de bronce elaborados a base de varillas curvas, macizas, de forma cilíndrica, cuya sección se estrecha en los extremos. En este punto aparecen unidas y embutidas en un cuerpo de tendencia triangular con perforaciones para su suspensión (Fig. 2). Estos pectorales se encuentran principalmente en Mallorca, en el depósito de Lloseta, de Son Pizá –Palma–, de Son Foradat –Sant Llorenç des Cardassar– y de Petra<sup>3</sup>, aunque también se conoce un único ejemplar en Menorca, en el Mercadal (Delibes y Fernández-Miranda, 1988). Se desconocen paralelos en las áreas geográficas cercanas al archipiélago balear, por lo que se han interpretado como objetos de tradición típicamente local. Algunos autores han visto en estos objetos una posible inspiración en tipos del N de Europa, en los conocidos como *halskragen*, y en las lúnulas de Reino Unido (Delibes y Fernández-Miranda, 1988: 123), aunque otros han señalado similitudes con artefactos egipcios (Guerrero *et al.*, 2007). En cualquier caso, hay acuerdo entre investigadores en que estos objetos son producciones locales y diseños específicamente indígenas (Delibes y Fernández-Miranda, 1988; Guerrero *et al.*, 2007)<sup>4</sup>. El pectoral que nos ocupa consta de doce varillas macizas que presentan gran cantidad de defectos de fundición, como burbujas o vacuolas. Según las observaciones de Delibes y Fernández-Miranda (1988: 140), estas varillas debieron ser fundidas cada una de forma independiente y posteriormente fueron dobladas hasta darles una forma de media luna. Los remates de los extremos fueron realizados mediante la técnica de *casting-on*.

<sup>3</sup> Salvà, *op. cit.* n. 2.

<sup>4</sup> Salvà, *op. cit.* n. 2.

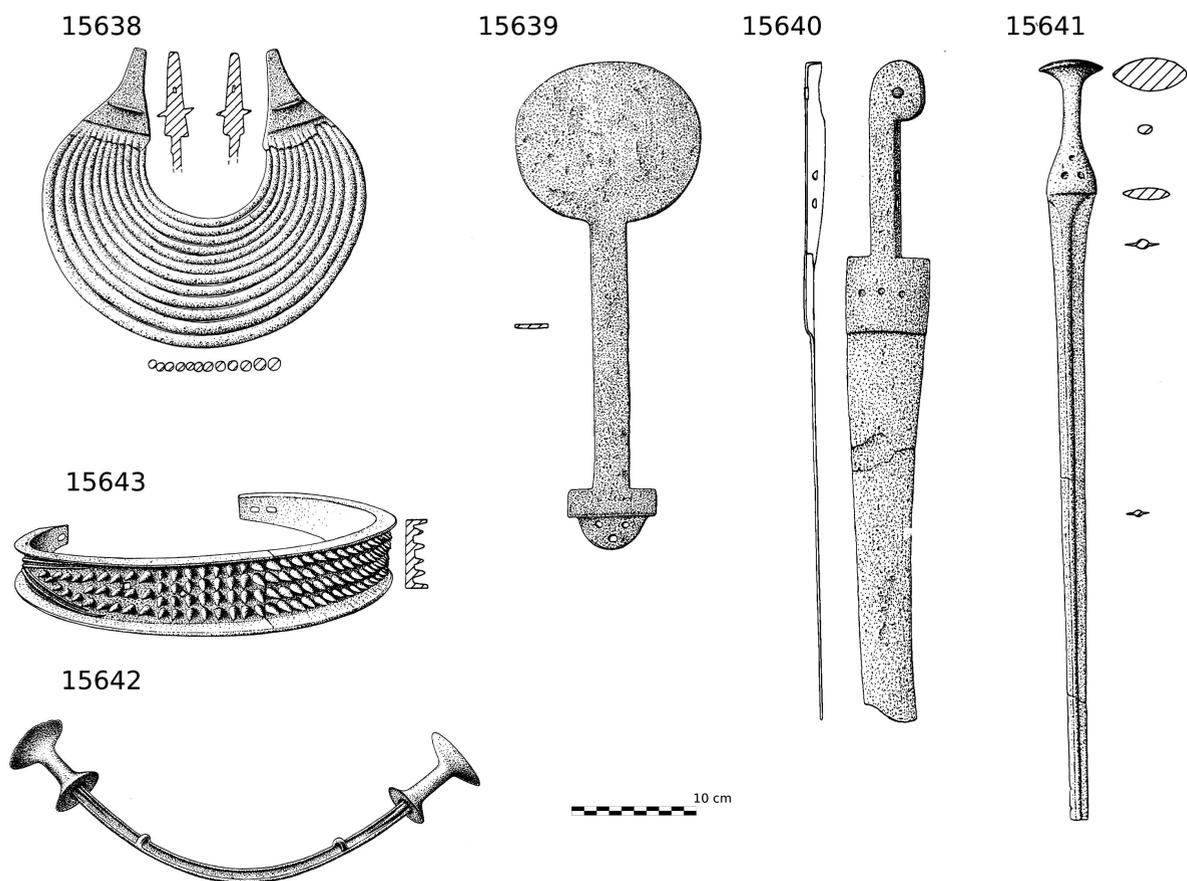


FIG. 2. Piezas del depósito de Lloseta (según Delibes y Fernández-Miranda, 1988: 38, 40).

### 3.2. Espejo de bronce –n.º inv. 15639–

Se conocen cuatro ejemplares de espejos en las islas: el de Lloseta y Son Julià –Llucmajor– en Mallorca, y el de Barranc d’Algendar y Cova des Mussol –Ciutadella– en Menorca. Delibes y Fernández-Miranda destacan que estos objetos en las Islas Baleares tienen un enmague y un sistema de sujeción particular, sin paralelos exógenos (1988: 129). Estos autores sugieren la posibilidad de que no tuvieran exactamente la función de espejos, si bien reconocen la similitud con los espejos que se pueden encontrar en todo el Mediterráneo y, con base en esto, dan una cronología para estas piezas de principios del primer milenio a. C. Un contexto más fiable nos lo ofrece el espejo de Cova des Mussol, con una cronología

cercana al cambio de milenio II-I a. C. (Lull *et al.*, 1999). En cualquier caso, parece que los espejos de las Baleares serían producciones locales. El espejo del depósito de Lloseta puede describirse como una lámina fina de tendencia ovalada. En un extremo sobresale un largo brazo estrecho y plano rematado en un rectángulo del que sobresale un semicírculo con tres orificios (Fig. 2). Probablemente, esto último permitiera su sujeción a alguna pieza de madera (Delibes y Fernández-Miranda 1988: 129).

### 3.3. Machete de bronce –n.º inv. 15640–

El machete de este depósito representa un tipo de objeto muy específico para el cual solo contamos

con este individuo, un molde y una miniatura de bronce, los dos últimos hallados en Hospitalet Vell –Manacor– (Rosselló, 1987). Fuera de Mallorca no se encuentran paralelos, por lo que se acepta que se trata de una tipología estrictamente local. La empuñadura y la hoja fueron fundidas en una misma pieza. La hoja es ligeramente curva, presenta filo en ambos bordes y le falta la parte distal. La guarda está simulada en relieve en el anverso, mientras que en el reverso está hueca, así como el resto de la empuñadura (Fig. 2). Además, la guarda conserva restos de tres remaches y en el puño dos orificios paralelos en los lados. Es posible que mediante este sistema se sostuvieran unas cachas, quizás de madera, hoy desaparecidas. También se ha contemplado la posibilidad de que esta pieza se ensamblara a otra mitad gemela para formar un objeto de sección simétrica (Brandherm, 2007: 101).

Es difícil saber si este machete fue un objeto funcional, aunque este tipo de manufactura la hace poco operativa para su uso como arma o como herramienta, y no presenta marcas atribuibles al mismo. La posibilidad de que este objeto fuera un arma de parada es algo que también señaló Brandherm (2007: 103), así como Delibes y Fernández-Miranda (1988: 99). Estos últimos autores sugirieron, incluso, que se pudo tratar de un mero aplique. Por otra parte, las versiones del machete en miniatura apuntan a la existencia de armas u objetos con un valor ligado a significados que no tienen nada que ver con su uso práctico en combate.

El hallazgo del molde en Hospitalet Vell para fabricar una miniatura de este tipo de objeto proporciona una fecha de referencia *ante quem* para su elaboración, ya que el molde se había reutilizado para la construcción del hogar de la Naveta 1 (Rosselló, 1987: 147). Tenemos tres dataciones realizadas sobre carbones de dicho hogar –UBAR-388: 3070 ± 50, UBAR-389:

3110 ± 50, UBAR-390: 3140 ± 60– (Pons 1999), que nos darían información sobre el último uso de la naveta, situándolo aproximadamente entre 1450 y 1250 cal AC (Ramis y Salas, 2014: 379-381). Por lo tanto, es posible que el machete de Lloseta sea la pieza más antigua del conjunto, aunque la deposición sea muy posterior.

#### 3.4. Espada de bronce de empuñadura maciza –n.º inv. 15641–

Se trata de un tipo típicamente balear. Su hoja es estrecha y esbelta, con un fuerte nervio central (Fig. 2). La empuñadura se fija a la hoja mediante tres remaches y tiene un gran parecido a la empuñadura de la espada corta del depósito de Es Mitjà Gran –Ses Salines, Mallorca– (Brandherm, 2007: 104). Su uso es estrecho y el pomo es discoide. Una de las particularidades deducidas del estudio de esta espada es que su hoja nunca fue afilada, ya que aún conserva las rebabas del molde en los filos (Fig. 3), por lo que difícilmente sería un arma funcional. Delibes y Fernández-Miranda destacan la mala calidad de la colada de esta pieza, la cual presenta defectos como poros y grietas (1988: 139-140), que seguramente comprometerían su utilidad como arma de haber sido este su uso. De hecho, tiene dos roturas y le



FIG. 3. Detalle del filo de la espada de Lloseta.

falta la punta. Las fracturas fueron tratadas en época reciente con una soldadura plomo-estaño, aunque los mismos autores sugirieron que la que se encuentra más próxima a la empuñadura podría ser antigua (Delibes y Fernández-Miranda, 1988: 140).

### 3.5. *Cinta de bronce con remates –n.º inv. 15642–*

Se trata de un objeto en forma de cinta arqueada, con remates en los extremos de forma bicónica (Fig. 2). Además de la que se analiza en este trabajo, se conocen otras piezas de esta tipología en los depósitos de Es Corralàs y de Son Vaquer d'en Ribera –Manacor–, todas ellas en Mallorca. Tradicionalmente se conoce a estos artefactos como 'bridas', aunque no tengan nada que ver con estos elementos. La denominación de 'brida' la propuso por primera vez J. Colominas (1923), que debió de encontrar algún parecido en este objeto con los bocados de caballos. Sin duda, estos artefactos son demasiado grandes y frágiles para darles este uso, y así lo recalcan Delibes y Fernández-Miranda (1988: 130), aunque se desconoce completamente cuál habría sido su función. Salvà los denomina 'cintas de cabeza bitroncocónica'<sup>5</sup>. El ejemplar de Lloseta se conserva entero. En el interior de la curvatura presenta unos ojales o armellas que probablemente facilitaban ser colgados o usar alguna sujeción (Delibes y Fernández-Miranda, 1988: 131). Por lo que se deduce de las radiografías (Delibes y Fernández-Miranda, 1988: 204) y la observación directa de la pieza, la cinta se inserta en el remate a través de un orificio mediante la prolongación de los extremos en forma de espiga. Una vez más, estos objetos son exclusivos de la isla de Mallorca.

### 3.6. *Cinta circular con bandas de púas –n.º inv. 15643–*

A estos objetos se les ha identificado tradicionalmente con cinturones (Rosselló, 1979; Delibes

y Fernández-Miranda, 1988), si bien otros autores sugirieron la posibilidad de que fueran alguna suerte de diademas (Guerrero *et al.*, 2007), aunque las dimensiones no parecen adecuadas para ninguna de estas funciones. Tampoco se encuentran paralelos fuera de Mallorca para este tipo de objetos, por lo que también se consideran diseños indígenas. Tan solo se conocen unos pocos ejemplares: uno de Lloseta, tres piezas fragmentadas de Son Vaquer d'en Rivera y un ejemplar del depósito de Petra<sup>6</sup>. El de Lloseta puede describirse como una cinta maciza de bronce, curvada y con fuertes rebordes. En los extremos se estrecha y se aprecian orificios, seguramente para facilitar una sujeción o atadura. En la parte exterior, tiene una decoración dentada o de púas conformes (Fig. 2). Delibes y Fernández-Miranda (1988: 128) refirieron la similitud de la decoración de púas a la tradición artesanal de los brazaletes tipo Villena-Estremoz. Recientemente se ha recuperado esta idea y se ha sugerido que este concepto decorativo llegara a las islas con nuevos conocimientos técnicos como la cera perdida. Este planteamiento se ve reforzado por la idea de que esta es la técnica más probable para su elaboración. En otros "cinturones" pueden verse trazas de modelado a cera y seguramente estos serían unos de los primeros tipos de objetos en las islas realizados de esta manera (Perelló *et al.*, 2022).

El 'cinturón' de Lloseta presenta una reparación o añadido que solo ha podido elaborarse mediante *casting-on*. Este debió realizarse con restos de la colada original, puesto que las composiciones elementales del metal utilizado en el añadido y el cuerpo de la pieza son prácticamente iguales (Fig. 4). Con este trabajo se alargó la pieza unos centímetros, y es difícil saber si esto se hizo con esta intención o si se pretendía solucionar algún defecto de fundición causado por un mal cálculo en la cantidad de metal necesaria.

Por otra parte, el cuerpo del objeto presenta cinco orificios realizados entre los conos o púas con una simetría apreciable. Creemos que el objetivo de estos pudo estar relacionado con la adaptación

<sup>5</sup> Salvà, *op. cit.* n. 2, pp. 59-60.

<sup>6</sup> Salvà, *op. cit.* n. 2, pp. 258-259.

a algún sistema de sujeción para el que no fue pensado inicialmente en el momento de elaboración. Esto podría evidenciar que el objeto tuvo un uso prolongado en el tiempo.

#### 4. Metodología analítica

##### 4.1. Espectrometría de fluorescencia de rayos X –ED-XRF–

Las piezas de este conjunto fueron analizadas mediante ED-XRF por S. Rovira dentro del Proyecto *Arqueometalurgia de la Península Ibérica* (Rovira y Montero, 2018). Los resultados de las composiciones fueron publicados en Delibes y Fernández-Miranda (1988) (Fig. 4).

Las características del equipo utilizado aparecen detalladas en Rovira y Montero (2018: 225). Se trataba del espectrómetro *KeveX*, modelo 7000, instalado en el Instituto de Conservación y Restauración de obras de Arte –ICROA– de la Dirección General de Bellas Artes y Archivos del Ministerio de Cultura. Los límites de detección del equipo se establecieron

del siguiente modo: Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Pb, Bi y Sn en el 0,01 %; Ag y Sb en el 0,001 % (Delibes y Fernández-Miranda, 1988: 162).

##### 4.2. Análisis de isótopos de plomo

Las muestras analizadas se extrajeron mediante limaduras a partir de metal sano. Las proporciones de isótopos de Pb de los metales arqueológicos fueron medidas en el Servicio General de Geocronología y Geoquímica Isotópica –IBERCROA– de la Univ. del País Vasco, mediante un espectrómetro de masas con fuente de plasma acoplado inductivamente de alta resolución y multicolección –MC-ICP-MS Neptune–. Tras un lavado superficial con HNO<sub>3</sub> 7N durante 15 minutos y desechar la solución, las muestras se disolvieron parcialmente con HNO<sub>3</sub> 7N durante unos minutos, obteniéndose Pb en suficiente cantidad y pureza para el análisis. El método de análisis mediante MC-ICP-MS viene detallado en Rodríguez *et al.* (2020). Los resultados obtenidos de los análisis pueden consultarse en la Fig. 5.

ID	DESCRIPCIÓN	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Ag	Sn	Sb	Pb	N.º ANÁLISIS
15641	espada; hoja	ind.	0,01	ind.	0,02	85,50	ind.	ind.	0,015	12,09	ind.	1,91	1409/A
15641	espada; puño	ind.	0,01	ind.	0,02	71,58	ind.	ind.	0,036	14,18	ind.	8,22	1409/B
15640	machete	ind.	tr.	ind.	0,03	85,17	ind.	ind.	0,018	10,59	ind.	3,34	1409/C
15639	espejo; cara convexa	ind.	tr.	ind.	0,01	79,53	ind.	0,19	0,035	19,93	0,022	0,12	1418/A
15639	espejo; cara cóncava	ind.	tr.	ind.	0,02	80,22	ind.	ind.	0,042	18,91	0,019	0,16	1418/B
15639	espejo; pie	ind.	0,01	ind.	0,02	79,70	ind.	0,18	0,055	18,63	0,023	0,62	1418/C
15638	pectoral; tubo mayor	ind.	0,01	ind.	0,01	84,92	ind.	ind.	0,018	14,63	ind.	0,48	1410/A
15638	pectoral; zona media	ind.	0,01	ind.	0,02	84,55	ind.	ind.	0,018	14,63	ind.	0,47	1410/B
15638	pectoral; suspensión	ind.	0,01	ind.	0,04	83,71	ind.	ind.	0,038	14,54	ind.	0,83	1410/C
15643	cinturón/diadema; placa central	ind.	0,04	tr.	0,01	84,51	ind.	0,86	0,030	13,65	0,093	0,71	1413/A
15643	cinturón/diadema; reparación de extremo	ind.	0,04	tr.	0,01	84,60	ind.	0,96	0,058	13,29	0,10	0,52	1413/B
15642	brida/varilla; cinta	ind.	0,10	ind.	0,04	82,27	2,40	ind.	0,025	15,07	0,022	0,50	1411/A
15642	brida/varilla; remate	ind.	0,13	ind.	0,04	84,49	ind.	0,36	0,025	14,55	ind.	0,13	1411/B

FIG. 4. Análisis de composiciones elementales realizados mediante fluorescencia de rayos X –XRF– publicados en Delibes y Fernández-Miranda (1988: 163); los resultados se expresan en % en peso. Abreviaturas: Ind. = elementos indeterminables en las condiciones analíticas; Tr. = elementos presentes como trazas.

SIGLA	206Pb/204Pb	ERROR (2SE)	207Pb/204Pb	ERROR (2SE)	208Pb/204Pb	ERROR (2SE)	208Pb/206Pb	ERROR (2SE)	207Pb/206Pb	ERROR (2SE)
15643	18,4383	0,0011	15,6881	0,0010	38,6407	0,0027	2,09567	0,00005	0,85084	0,00001
15642	18,4641	0,0011	15,6924	0,0010	38,6420	0,0026	2,09282	0,00005	0,84989	0,00001
15640	18,3162	0,0009	15,6819	0,0008	38,5163	0,0022	2,10286	0,00005	0,85617	0,00001
15641	18,3209	0,0009	15,6830	0,0008	38,5213	0,0021	2,10259	0,00005	0,85602	0,00002
15639	18,4289	0,0013	15,6867	0,0012	38,5929	0,0031	2,09415	0,00005	0,85120	0,00002
	<b>206Pb/204Pb</b>	<b>2 SD</b>	<b>207Pb/204Pb</b>	<b>2 SD</b>	<b>208Pb/204Pb</b>	<b>2 SD</b>	<b>208Pb/206Pb</b>	<b>2 SD</b>	<b>207Pb/206Pb</b>	<b>2 SD</b>
NBS981	16,9456	0,0016	15,5021	0,0015	36,7337	0,0034	2,16774	0,00003	0,91482	0,00001

FIG. 5. Resultados de los análisis de isótopos de plomo de los objetos de bronce del depósito de Lloseta.

Para identificar el origen de la materia prima con la que se fabricaron los objetos arqueológicos, comparamos los resultados isotópicos con los de los minerales. Primero, determinamos la distancia euclidiana para ver cuáles son los vecinos más cercanos. Para ello, se ha optado por utilizar el método descrito en Birch *et al.* (2020). Además de esto, los resultados han sido evaluados siguiendo la metodología descrita por Ceuster y Degryse (2020), basado en la aplicación de cálculos de densidad kernel y porcentajes de probabilidad relativa para las relaciones isotópicas  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  y  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ . Debido a la naturaleza heterogénea de los valores isotópicos de muestras de una misma región, en muchos casos estos cálculos no permiten discriminaciones. Se toman como resultados significativos aquellos que en las tres ratios superan el 10% de coincidencia. Sin embargo, hay que señalar que ninguno de los dos métodos descritos permite evaluar completamente los resultados analíticos en la curva de evolución isotópica de los minerales, por este motivo, la estimación gráfica y visual de los datos con gráficos bivariantes sigue siendo fundamental para realizar discriminaciones.

## 5. Los datos analíticos y su interpretación

### 5.1. Composición elemental

Los únicos objetos con contenidos significativos de Pb son la espada y el machete (Fig. 4). En el

caso de la espada, la hoja y la empuñadura tienen distinto contenido, 1,91 % y 8,22 % en peso respectivamente, mientras que el machete contiene un 3,34 % de este elemento. Podría pensarse que en piezas como espadas, puñales u otros objetos donde suele intervenir la forja se usan más habitualmente aleaciones Cu-Sn (Rovira, 1993: 47). Sin embargo, cabe recordar que se ha dudado del uso práctico de estas piezas de Lloseta (Delibes y Fernández-Miranda, 1988) y, por otra parte, no es extraño que en espadas atlánticas se detecten pequeñas cantidades de Pb en el metal muy similares a las que aquí barajamos. No obstante, sí que son contados los casos en los que se encuentra Pb en las espadas ibéricas (Rovira, 2007: 158). En este sentido, tampoco es descartable la posibilidad de que los contenidos en Pb de la hoja de la espada y el machete de Lloseta sean el resultado de una aportación involuntaria de este elemento y que se deba a la utilización de minerales de paragénesis Cu-Pb. Por el contrario, para la empuñadura de la espada, con contenidos de en torno al 8 % de Pb, debería valorarse como una aleación ternaria deliberada. En todos estos casos, la señal isotópica la estará proporcionando el Pb y no el Cu.

El estaño es siempre un metal foráneo en las Islas Baleares, ya que este recurso no existe en el archipiélago. La media de Sn en el depósito es bastante alta, del 14,976 %  $-\sigma = 2,689$ -. El objeto con las cantidades más altas de Sn es el espejo en los distintos puntos analizados, detectando entre el 18,63 % y el 19,93 % en peso, siendo esta la pieza que

más influye en la elevada media del conjunto. Esta característica avalaría la función de reflejar imágenes para este objeto, ya que este tipo de aleación sería dura y relativamente frágil, pero permitiría un buen pulido, además de tener una tonalidad dorada (Fang y McDonnell, 2011: 54).

En cuanto a los otros elementos minoritarios o trazas presentes en los metales, debemos tener en cuenta aquellos que pueden aportar pistas sobre la materia prima utilizada, así como a los aspectos tecnológicos involucrados en el proceso de elaboración.

La presencia de As en el metal, especialmente si los niveles son altos, se debe a las características del mineral de cobre utilizado como materia prima. Cuando se detecta esta impureza, puede estar indicando que estamos ante una colada de primera fundición, ya que la alta volatilidad del As hace que este elemento se vaya eliminando del metal con cada operación pirometalúrgica. El objeto del conjunto con cantidades más elevadas de este elemento es la cinta con bandas de púas –15643–, que, sin ser excesivamente altas, destacan por superar el 0,86 % en peso.

Otra particularidad que debemos comentar en este apartado son los elevados valores de Zn –2,40 % en peso– detectados en la ‘brida’ –15642–. Este elemento no se detecta en las demás piezas y, de existir, estaría por debajo del límite de detección del equipo utilizado –0,01 % en peso–. Resulta difícil explicar estos niveles de Zn en un objeto tan antiguo, puesto que se trata de un elemento muy volátil que no es posible alear con el cobre en estado líquido o fundido, lo que requeriría el uso de crisoles cerrados (Montero, 2010: 177). De hecho, de los 4.500 objetos analizados en el Proyecto de Arqueometalurgia de la Península Ibérica, la única excepción con contenido en Zn superior al 1 % fue precisamente esta pieza de Lloseta (Montero y Perea, 2007). La adición intencionada de Zn no empieza a documentarse claramente hasta época helenística en contextos griegos (Pernicka, 1999: 165), si bien parece ser que, en el Mediterráneo Oriental, los latones son conocidos desde antiguo y se han identificado algunos latones naturales en Anatolia datados en el II milenio a. C. Por tanto,

en este caso, difícilmente podemos pensar en una aleación intencional. La presencia de este elemento puede responder a unas condiciones específicas en el proceso de obtener el metal. Así, es posible que se realizara una reducción de minerales de paragénesis Cu-Zn, y una posterior fundición en un ambiente altamente reductor que no permitiría escapar el Zn en estado gaseoso, todo ello aplicando una temperatura más bien baja (Craddock y Eckstein, 2003: 217). Sin embargo, también es posible que estas altas cantidades de zinc puedan proceder de una antigua limpieza electroquímica, utilizando zinc en solución de sosa cáustica. Esta técnica de restauración fue implementada en España en las décadas de los años 60 y 70 del s. XX, utilizándose de forma masiva en objetos de hierro, aunque, menos frecuentemente, también en piezas de bronce (Barrio *et al.*, 2009). De todas formas, de ser así, sería extraño que se hubiera utilizado esta técnica de restauración en una sola pieza del conjunto.

Sobre la Ag, según Delibes y Fernández-Miranda (1988: 139), podemos suponer que las cantidades detectadas en la empuñadura de la espada están vinculadas al Pb. Si bien es cierto que viendo las proporciones esto es lo que se puede deducir, también observamos que en otros objetos sin Pb las concentraciones de Ag son similares, siendo la media aritmética del conjunto de bronce del 0,032% – $\sigma = 0,014$ –. De este modo, la correlación entre el Pb y la Ag no está clara, debiendo tener presente que la Ag también podría provenir de los minerales de cobre.

Por otra parte, en tres de los seis objetos no se detecta Sb. Estos son la espada, el machete y el pectoral. En la ‘brida’, este elemento se detecta únicamente en el cuerpo o cinta, mientras que en el análisis del remate no aparece. Este hecho, junto a lo observado con otros elementos como el Zn o el As, hace suponer que las piezas que componen este objeto están hechas a partir de una materia prima distinta o, al menos, que para su fabricación se han realizado procesos diferentes que han afectado a la composición final del metal.

En conjunto, no observamos correlación entre los niveles de Sb y Ag. El objeto donde más

cantidades de Sb se detecta es en el “cinturón”, siendo los valores de en torno al 0,09 % y 0,1 % en peso. En este caso, sí parece existir cierta correlación entre los niveles de Sb y As que, como hemos comentado más arriba, también se detecta en cantidades significativas en esta pieza, siendo próximas al 1 % en peso. La media aritmética de Sb para el conjunto de bronce es del 0,0215 %  $-\sigma = 0,035-$ .

En cuanto a los valores de Fe, podemos observar que estos son relativamente bajos si los comparamos con las medias aritméticas de objetos del Bronce Final y de la Edad del Hierro peninsular  $-0,18 \%$  y  $0,29 \%$  en peso respectivamente— (Rovira 1993: 53). En el caso de este conjunto tenemos una media aritmética del  $0,028 \%$   $-\sigma = 0,041-$  y un recorrido del  $0,01 \%$  al  $0,13 \%$  en peso, lo que posiblemente estaría indicando una tradición tecnológica anterior al uso de hornos de alto rendimiento térmico (Rovira, 1993). Otra explicación de los bajos niveles de Fe podría estar relacionada con una práctica de refundición, ya que en este caso existirían pérdidas de Fe con cada operación (Pernicka, 2014: 254).

## 5.2. Isótopos de plomo

De las seis piezas que conforman este depósito de bronce, una de ellas no ha podido ser analizada isotópicamente, pues no fue posible extraer una muestra en las condiciones adecuadas. Se trata de la pieza número 15638, el pectoral de varillas.

Se han comparado los resultados de los cinco objetos restantes con los datos isotópicos de las islas del archipiélago (Ramon *et al.*, 2011; Hermanns, 2015; Perelló y Llull, 2019; Llull *et al.*, 2021), así como con otras regiones del entorno mediterráneo. De este modo, una vez determinada la distancia euclidiana para definir cuáles son los vecinos más cercanos, se ha concretado la búsqueda, utilizando para el s peninsular los datos de Graeser y Friedrich (1970); Dayton y Dayton (1986); Arribas y Tosdal (1994); Stos-Gale *et al.* (1995); Santos *et al.* (2004); Tornos y Chiaradia (2004); Klein *et al.* (2009); Hunt *et al.* (2011). Para el análisis comparativo con el NE de la Península Ibérica se han manejado los datos de Romer y Soler (1995); Cardellach *et al.*

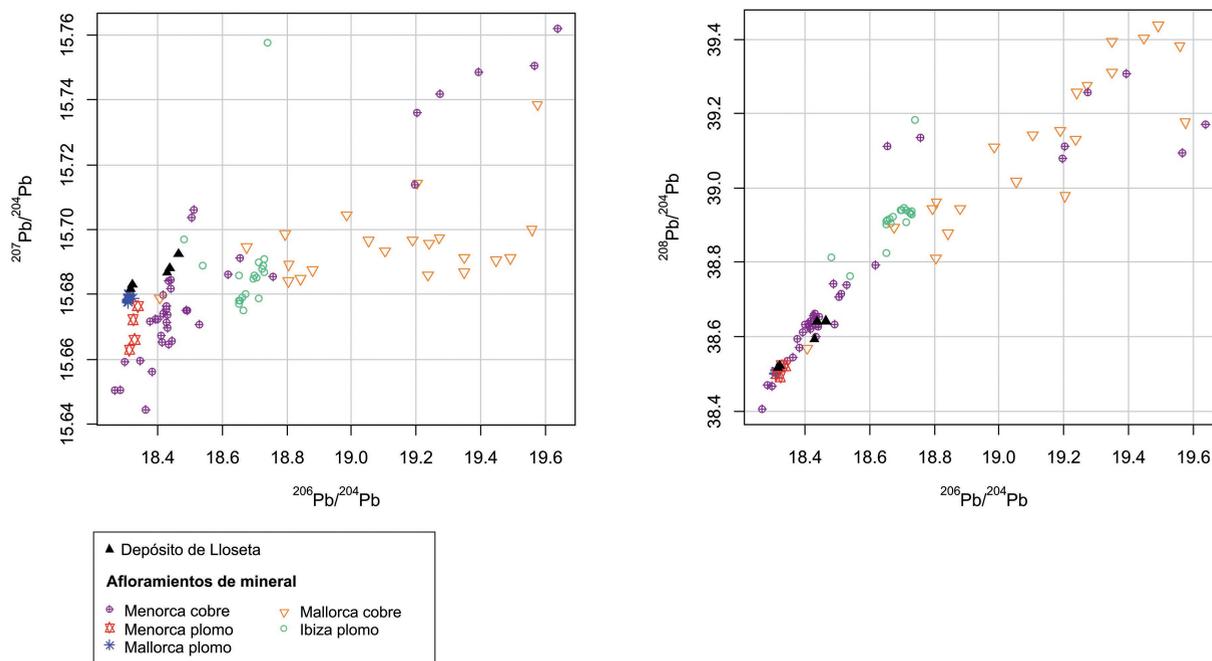


FIG. 6. Gráficas comparativas de las mineralizaciones de las Islas Baleares con el depósito de Lloseta.

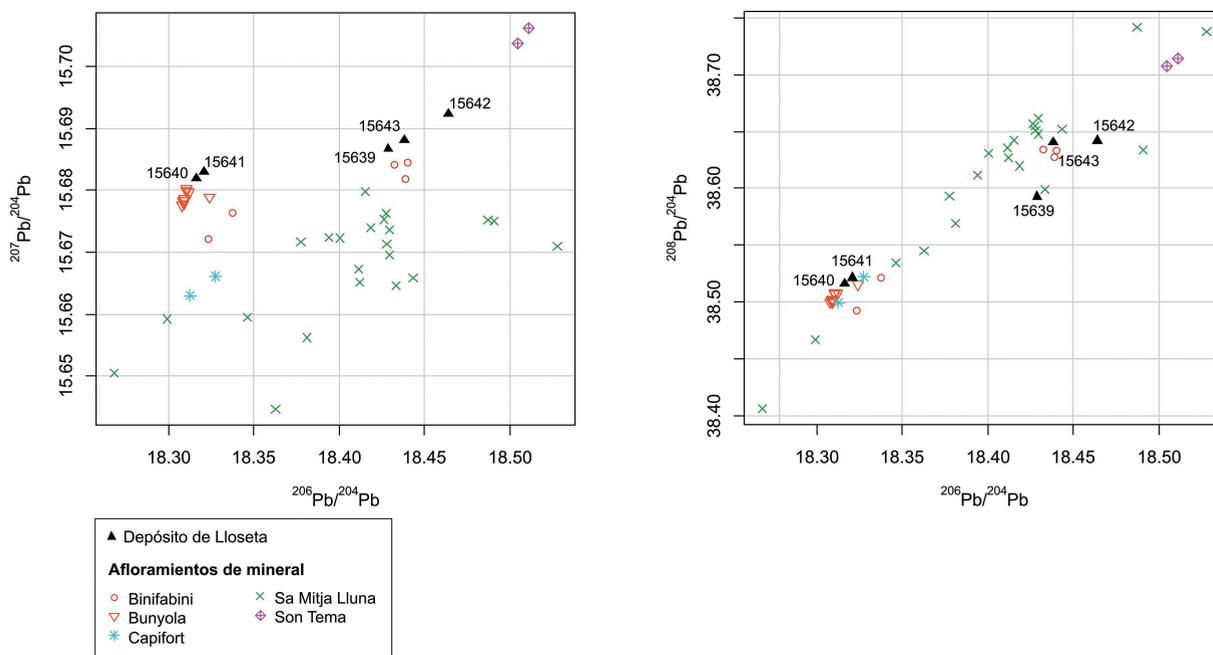


FIG. 7. Gráficas comparativas de las mineralizaciones de Menorca y de Bunyola –Mallorca– con el depósito de Lloseta.

(1996); Canals y Cardellach (1997); Montero *et al.* (2008); Rovira-Hortalà *et al.* (2015); Subias *et al.* (2015); Montero (2017). Por otro lado, también por cercanía euclidiana y semejanza isotópica, se han comparado los datos de los metales con los de Francia procedentes de Brevart *et al.* (1982); Le Guen *et al.* (1991); Sinclair *et al.* (1993); Prange y Ambert (2005); Baron *et al.* (2006); y los de los Alpes italianos procedentes de Nimis *et al.* (2012); Artioli *et al.* (2016).

Sobre los cinco objetos del depósito de Lloseta analizados, hay dos grandes peculiaridades que debemos destacar. En primer lugar, siguiendo la misma tendencia observada en otros estudios sobre metales prehistóricos mallorquines (Llull *et al.*, 2021, 2022)<sup>7</sup>, no parece que exista ninguna de las piezas elaboradas a partir de mineral de cobre de Mallorca (Fig. 6).

<sup>7</sup> Perelló, L.: *Tecnología metalúrgica del cobre y del bronce durante el periodo postalayótico en Mallorca* (c. s. VI a. C.-s. I a. C.). Tesis doctoral inédita presentada en 2017 en la Univ. de les Illes Balears.

En segundo lugar, los análisis muestran un lote de bronce bastante homogéneo isotópicamente y agrupados en las gráficas de dispersión, principalmente, en torno a los minerales menorquines y mallorquines, aunque en este último caso solo tendríamos coincidencias con galenas (Fig. 6). Este aspecto debemos matizarlo, ya que existen algunos problemas de solapamientos de estas regiones con mineralizaciones de otras áreas. Concretamente, existen solapamientos parciales entre el cobre de Menorca, Tarragona, algunas zonas de Alpes y s de Francia (Llull *et al.*, 2021). Sobre esta última zona, hay que decir que la discriminación es posible en algunas gráficas y que los minerales que muestran más solapamientos son minerales de plomo y los *falbores* de la zona de la región de Cabrières –Hérault– (Prange y Ambert, 2005). En general también presentan dificultades de discriminación las galenas del NE peninsular, principalmente de la Cordillera Litoral Catalana, con las galenas de Mallorca y Menorca (Perelló y Llull, 2019; Perelló *et al.*, 2021).

Así pues, el análisis y la discriminación la realizamos poniendo el foco en cada pieza:

15640 y 15641: son el machete y la hoja de la espada, los dos únicos objetos analizados mediante isótopos de plomo con cantidades de Pb significativas –3,34 % y 1,91 % en peso respectivamente–, lo suficientemente altas como para valorar que su señal isotópica podría estar indicando la procedencia

de este elemento y no la del cobre. Ambas piezas muestran valores isotópicos muy próximos entre sí y, a su vez, a las galenas de Bunyola –Mallorca– (Perelló y Llull, 2019), agrupándose junto a estas en todas las combinaciones (Figs. 7-9), de manera que la procedencia más probable para el Pb contenido

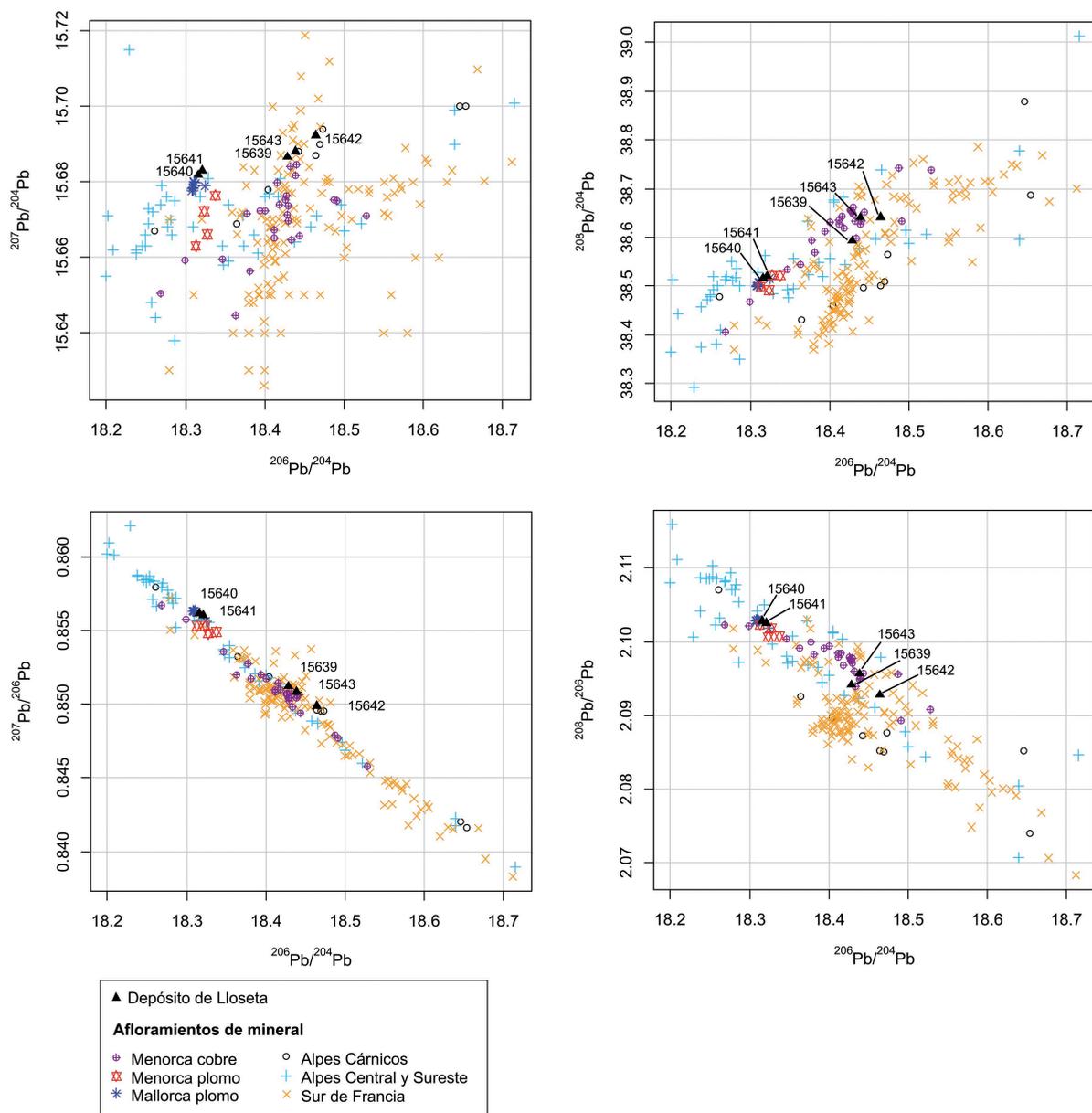


FIG. 8. Gráficas comparativas de las mineralizaciones de las Islas Baleares con el depósito de Lloseta, junto a los minerales de Alpes y s de Francia.

en estas piezas sea local. Evaluando los resultados con las gráficas de porcentajes de probabilidad relativa (Fig. 10), vemos que también existe un alto grado de proximidad con galenas del NE peninsular (Canals y Cardellach, 1997; Montero *et al.*, 2008), Gador (Dayton y Dayton, 1986; Arribas y Tosdal,

1994; Hunt, 2003) y Binifabini –Menorca– (Perelló y Llull, 2019), aunque la mejor coincidencia sigue siendo con Bunyola.

15643: se trata de la cinta circular con bandas de púas o ‘cinturón’. Esta pieza coincide bien con los minerales de cobre de Binifabini Vell

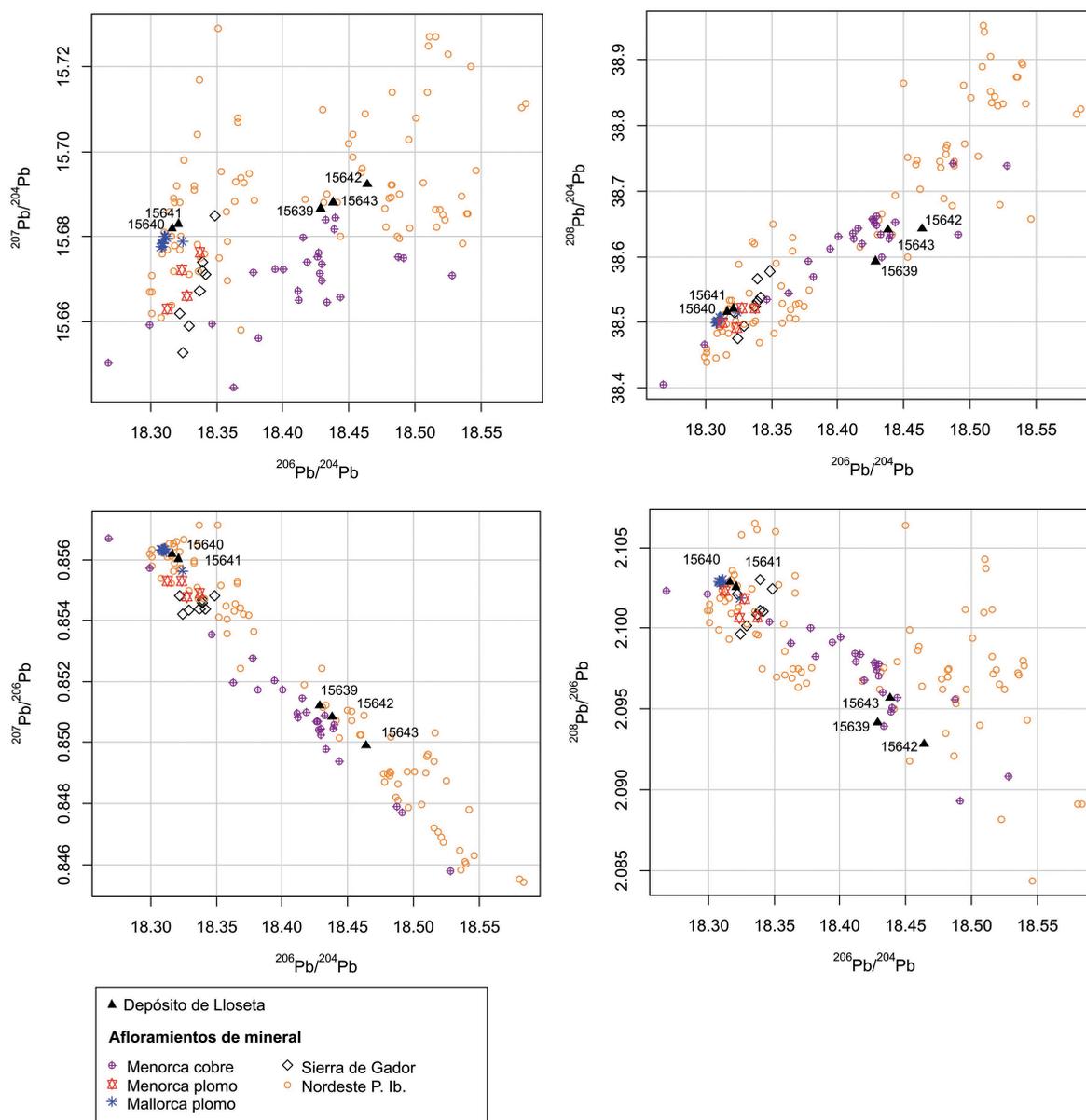


FIG. 9. Gráficas comparativas de las mineralizaciones de las Islas Baleares con el depósito de Lloseta, junto a los minerales de la Península Ibérica que muestran valores isotópicos parecidos a los de los metales arqueológicos.

–Menorca– (Fig. 7), tanto isotópicamente como por composición elemental. En las comparaciones de las ratios isotópicas  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  vs  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  se aprecian similitudes también con algunas muestras del NE peninsular (Fig. 9) (Canals y Cardellach, 1997; Rovira-Hortalà *et al.*, 2015; Montero, 2017), si bien la coherencia de este objeto con los minerales de cobre de Binifabini Vell se observa igualmente en el resto de las combinaciones. Esta circunstancia también se aprecia cuando se evalúan los resultados con las gráficas de porcentajes

de probabilidad relativa (Fig. 10), situándose en segundo lugar de proximidad el cobre de Sa Mitja Lluna. Esta es la única pieza con cantidades de As que rozan el 1 % en peso. En Binifabini se detectan cantidades de hasta el 2,5 % en peso de As (Llull *et al.*, 2021). Por todo ello, podemos decir con un alto grado de seguridad que, si el metal utilizado para su elaboración no es exactamente el de Binifabini Vell, es muy posible que se trate de una mineralización menorquina con unas características geocronológicas similares.

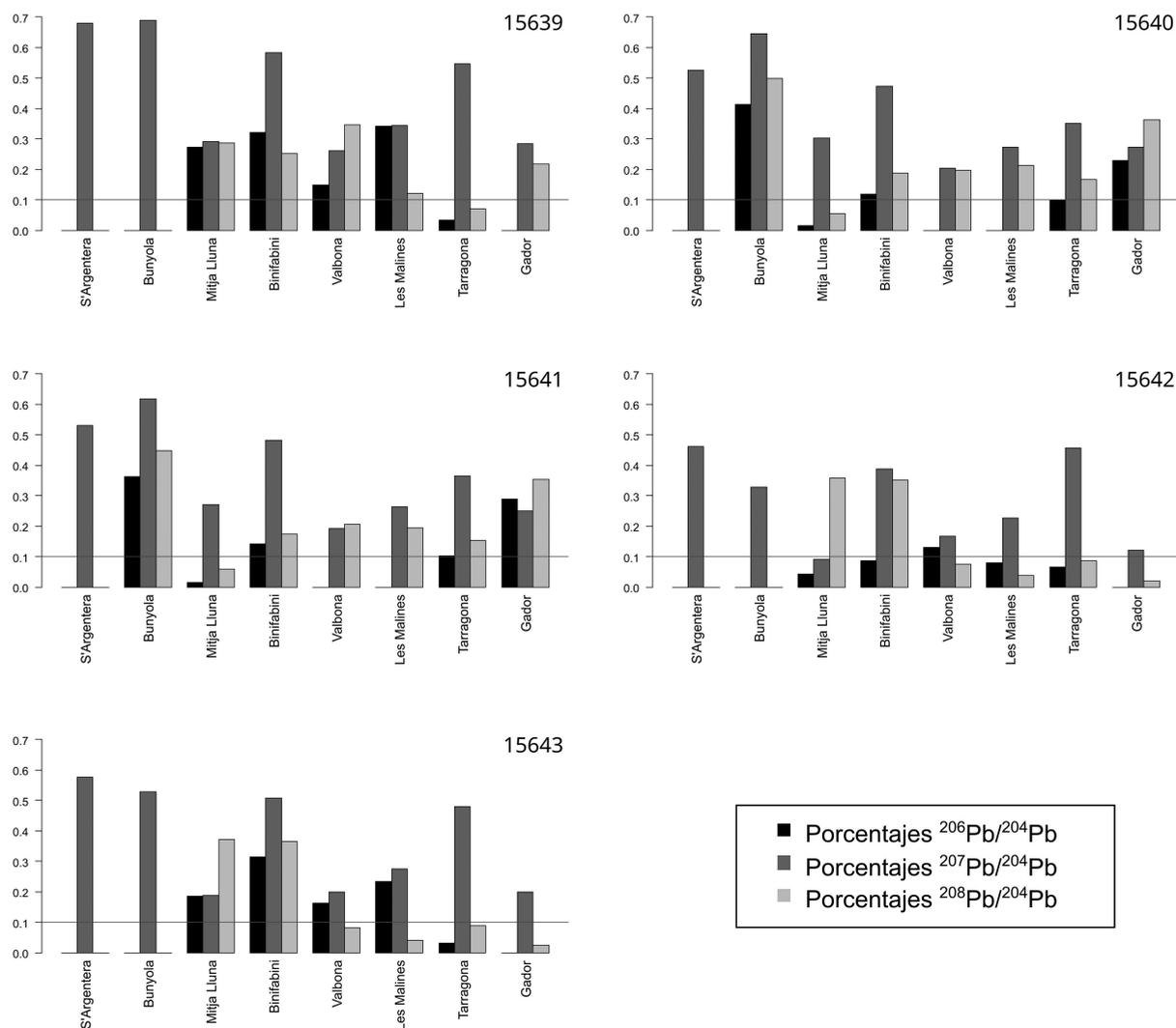


FIG. 10. Cálculos de densidad kernel y porcentajes de probabilidad relativa combinada para las relaciones isotópicas  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  y  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ , comparando los metales del depósito de Lloseta con distintas regiones geográficas.

15639 y 15642: son el espejo y la cinta de bronce o 'brida', respectivamente. Estas son las piezas que presentan mayor ambigüedad, pudiendo integrarse en los campos isotópicos de Menorca, Cataluña o Sur de Francia (Fig. 8). En este sentido, las gráficas de porcentajes de probabilidad relativa pueden aportar una perspectiva que permite inclinarse por una región u otra. Así, por ejemplo, con esta herramienta estadística, la pieza 15639 parece tener las mejores coincidencias con Binifabini Vell y Sa Mitja Lluna, ambas mineralizaciones de Menorca (Fig. 10). Por otra parte, la pieza 15642 parece tener sus mejores coincidencias con el Sur de Francia, si bien este caso es algo más incierto. La segunda opción con valores isotópicos más parecidos es de nuevo Binifabini Vell, aunque no llega al 10 % de coincidencia en la relación  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ . Debemos recordar que la 'brida' –15642– tiene valores significativos de Zn –el 2,40 % en peso– y que, como se ha argumentado más arriba, la presencia de este elemento podría ser el resultado de haber utilizado minerales polimetálicos. En Menorca existen depósitos de tipo Mississippi-Valley –Cu-Pb-Zn–, como es el caso de Binifabini Vell. Aunque no consideramos este hecho una pista determinante, es importante tenerlo en cuenta.

## 6. Discusión

Del análisis isotópico deducimos que estamos ante un depósito bastante homogéneo. Los metales se habrían elaborado mayormente a partir de minerales de regiones próximas como Menorca y, de forma más dudosa, Sur de Francia. Por otra parte, habría que valorar el significado de las coincidencias con las galenas de Mallorca. Las piezas que parecen mostrar esta relación son precisamente las que en los análisis elementales se detectaron contenidos de Pb significativos. Hasta ahora, ninguno de los estudios realizados ha permitido constatar que existiera un beneficio de los recursos minerales de cobre de Mallorca (Llull *et al.*, 2021, 2022)<sup>8</sup>. Sin embargo,

los datos que apuntan a una posible explotación de las minas de Bunyola en períodos posteriores (Perelló y Llull, 2019; Perelló *et al.*, 2021) invitan a contemplar la posibilidad de un beneficio esporádico en estas o en otros filones de esta isla en cronologías del Bronce Final-Hierro. Tampoco podemos descartar que existan afloramientos mallorquines de cobre con una geocronología similar a las de las minas de Bunyola que todavía no hayan sido documentados.

En todos los conjuntos de metales del Bronce Final balear estudiados hasta ahora pueden observarse piezas cuya materia prima procede del Sur peninsular (Llull *et al.*, 2019, 2022; Sureda, 2020; Sureda *et al.*, 2021). Sin embargo, en este lote de objetos de Lloseta, ninguna de las marcas isotópicas es coherente con minerales de esta zona geográfica. Aunque es un conjunto pequeño, es posible que esta característica sea una señal de que las dinámicas de intercambios en el occidente mediterráneo todavía no habían sufrido cambios significativos cuando se elaboraron estas piezas. Así, el depósito de Lloseta estaría mostrando una utilización de recursos cercanos geográficamente y vinculados estrictamente al ámbito balear, siendo este un comportamiento casi opuesto al documentado en otros depósitos analizados como el de Es Mitjà Gran (Llull *et al.*, 2022), que destaca por la diversidad de procedencias de los recursos cupríferos utilizados, muchos de ellos de fuera del contexto insular.

En relación con esto, los datos que tenemos para barajar una cronología aproximada del depósito de Lloseta son varios. Por una parte, hemos mencionado las dataciones radiocarbónicas relacionadas con el molde amortizado de Hospitalet Vell. Este molde habría servido para realizar machetes como el de Lloseta, aunque en tamaño más reducido. Las dataciones marcarían una fecha *ante quem* aproximada de entre 1450 y 1250 cal AC (Ramis y Salas, 2014: 379-381). Aunque la amortización del depósito con toda seguridad es posterior, a juzgar por los otros indicadores de las piezas que acompañan al machete, es posible que este sea el depósito de Mallorca con materiales más antiguos que se tiene documentado. Quizás el localismo de las piezas, referente tanto en su diseño como a la materia prima

<sup>8</sup> Perelló, *op. cit.* n. 7.

utilizada, sean rasgos que vinculan este depósito a dinámicas tradicionales de la Edad del Bronce Medio y Final. Sin embargo, estas peculiaridades conviven con otras que son claramente novedosas. Ciertamente, los diseños son locales, pero los tipos son nuevos. Objetos como la espada, el cinturón o la brida no parecen ser la evolución de otros modelos de objetos más antiguos conocidos en las islas. También observamos novedades a nivel técnico. La más importante es quizás la posibilidad de que algunas de estas piezas estén fabricadas mediante la técnica de la cera perdida. Esta técnica aparece bien documentada en el yacimiento de Cova des Pas, en Menorca (Llull *et al.*, 2019) –cal 900 AC–, aunque su introducción en la isla podría ser anterior (Perelló *et al.*, 2022).

Otro rasgo que podría ser una novedad es la presencia de aleaciones ternarias. Sabemos que los bronce plomados aparecen de forma aleatoria en el occidente europeo hacia el Bronce Medio (Armada *et al.*, 2008: 493; Montero, 2010: 175), aunque se hacen más frecuentes en los momentos más tardíos del Bronce Final en la Península Ibérica. En el conjunto de bronce de Lloseta hay dos piezas que podrían considerarse aleaciones ternarias: el machete y la espada –15640 y 15641, respectivamente–, si bien, es posible que la presencia de plomo en la hoja de la espada se deba al uso de minerales polimetálicos o con impurezas, ya que las cantidades de este elemento no son muy elevadas y su adición podría no ser intencionada.

Por otra parte, en las Islas Baleares no se observan objetos fabricados a partir de coladas tan voluminosas antes del Bronce Final. El espejo tiene un peso de 850 g y el cinturón de 1150 g, siendo piezas macizas fabricadas de una sola fundición. En el caso del cinturón, es una pieza compleja con muchos detalles, y el molde tendría muchos recovecos difíciles de rellenar sin una colada muy fluida. Lo esperable para realizar una pieza de este tipo sería haber utilizado un bronce ternario –Cu-Sn-Pb– a fin de hacer la colada más manejable. Sin embargo, en este caso, se trata de un bronce binario –Cu-Sn–. Esto significa que se deberían haber alcanzado altas temperaturas, sobrepasando la de fusión, para manejar una

colada de estas características. Sin duda, estamos ante objetos fabricados por artesanos experimentados. También es en este momento cuando aparecen piezas compuestas más complejas como los pectorales, cintas con remate o espadas con empuñadura metálica.

Por todo ello, creemos que este depósito nos proporciona una fotografía de un momento en el que las dinámicas tradicionales de aprovisionamiento e intercambios de materias primas no han cambiado demasiado respecto a periodos anteriores, pero en el que, sin embargo, aparecen nuevas ideas y nuevos conocimientos que se ven reflejados en la elaboración de las piezas.

## 7. Conclusiones

Podemos decir que el depósito de Lloseta es una amortización realizada durante el Bronce Final, aunque el conjunto estaría formado por objetos de distintas cronologías, siendo quizás el machete el objeto más antiguo de todo el conjunto. En cualquier caso, podríamos aventurar una fecha aproximada para la amortización del depósito de entre el 1200-1000 a. C.

Las tipologías de objetos recogidas en este depósito lo definen como un grupo de piezas con un marcado carácter indígena, ya que no existen paralelos claros para los mismos fuera de las islas. Esto, junto a los análisis isotópicos, están sugiriendo la existencia de artesanos locales con una gran pericia técnica y que utilizarían cobre foráneo para Mallorca, pero procedente de áreas geográficas próximas con las que las comunidades locales tendrían vínculos estrechos.

Los objetos del depósito de Lloseta están reflejando un tipo de conectividad y movilidad que coincide con las principales dinámicas documentadas en el Bronce Medio y Final de las Islas Baleares. En ellas destaca el alto nivel de interconectividad entre Mallorca y Menorca, articulada a partir de una navegación de cabotaje con continuas referencias visuales a la costa y a asentamientos costeros que dan soporte a dicha movilidad (Guerrero, 2006; Calvo

et al., 2011). Sin embargo, estos objetos también evidencian la presencia de contactos con regiones ajenas al archipiélago balear. Esto queda constatado con la presencia de nuevas ideas en relación a los tipos –espada y espejo– e innovaciones tecnológicas desconocidas hasta el momento en las Islas Baleares, como pueden ser los bronce ternarios o la técnica de la cera perdida. Estas innovaciones tecnológicas y formales convivieron con las praxis tecnológicas locales y prototipos formales de tradición estrictamente insular. Por todo ello, el depósito de Lloseta es un buen ejemplo de hibridación donde convive lo foráneo reinterpretándose y adaptándose a las prácticas y exigencias insulares.

## Bibliografía

- ARMADA, X. L.; RAFEL, N. y MONTERO, I. (2008): “Contactos precoloniales, actividad metalúrgica y biografías de objetos de bronce en la Península Ibérica”. En CELESTINO, S.; RAFAEL, N. y ARMADA, X. L. (eds.): *Contacto cultural entre el Mediterráneo y el Atlántico (siglos XII-VIII a.n.e.)*. La precolonización a debate. Madrid: CSIC-EEHAR, pp. 465-508.
- ARRIBAS, A. y TOSDAL, R. M. (1994): “Isotopic Composition of Pb in Ore Deposits of the Betic Cordillera, Spain; Origin and Relationship to Other European Deposits”, *Economic Geology*, 89(5), pp. 1074-1093. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.89.5.1074>
- ARTIOLI, G.; ANGELINI, I.; NIMIS, P. y VILLA, I. M. (2016): “A Lead-Isotope Database of Copper Ores from the Southeastern Alps: A Tool for the Investigation of Prehistoric Copper Metallurgy”, *Journal of Archaeological Science*, 75, pp. 27-39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jas.2016.09.005>
- BARON, S.; CARIGNAN, J.; LAURENT, S. y PLOQUIN, A. (2006): “Medieval Lead Making on Mont-Lozère Massif (Cévennes-France): Tracing Ore Sources Using Pb Isotopes”, *Applied Geochemistry*, 21(2), pp. 241-252. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2005.09.005>
- BARRIO, J.; CHAMÓN, J.; PARDO, A. I. y ARROYO, M. (2009): “Electrochemical techniques applied to the conservation of archaeological metals from Spain: a historical review”, *Journal of Solid State Electrochem*, 13, pp. 1767-1776. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10008-009-0876-4>
- BIRCH, T.; WESTNER, K. J.; KEMMERS, F.; KLEIN, S.; HÖFER, H. E. y SEITZ, H. M. (2020): “Retracing Magna Graecia’s Silver: Coupling Lead Isotopes with a Multi-Standard Trace Element Procedure”, *Archaeometry*, 62(1), pp. 81-108. DOI: <https://doi.org/10.1111/arcm.12499>
- BRANDHERM, D. (2007): *Las Espadas del Bronce Final en la Península Ibérica y Baleares*. Prähistorische Bronzefunde, IV, 16. Stuttgart: Franz Steiner.
- BREVART, O.; DUPRE, B. y ALLEGRE, C. J. (1982): “Metallogenic Provinces and the Remobilization Process Studied by Lead Isotopes; Lead-Zinc Ore Deposits from the Southern Massif Central, France”, *Economic Geology*, 77(3), pp. 564-75. DOI: <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.77.3.564>
- CALVO, M.; ALBERO, D.; GARCÍA, J.; JAVALOYAS, D. y GUERRERO, V. (2013): “Re-thinking social hierarchisation and stratification in the Bronze Age of the Balearic Islands”. En CRUZ, M.; GARCÍA, L. y GILMAN, A. (coords.): *The Prehistory of Iberia: Debating Early Social Stratification and the State*. New York: Routledge, pp. 170-202.
- CALVO, M.; JAVALOYAS, D.; ALBERO, D.; GARCÍA, J. y GUERRERO, V. (2011): “The ways people move: mobility and seascapes in the Balearic Islands during the late Bronze Age (c. 1400-850/800 BC)”, *World Archaeology*, 43(3), pp. 345-363.
- CANALS, A. y CARDELLACH, E. (1997): “Ore Lead and Sulphur Isotope Pattern from the Low-Temperature Veins of the Catalan Coastal Ranges (NE Spain)”, *Mineralium Deposita*, 32(3), pp. 243-249. DOI: <https://doi.org/10.1007/s001260050089>
- CARDELLACH, E.; CANALS, A. y PUJALS, I. (1996): “La composición isotópica del azufre y del plomo en las mineralizaciones de Zn-Pb del Valle de Arán (Pirineo central) y su significado metalogenético”, *Estudios Geológicos*, 52(5-6), pp. 189-195. DOI: <https://doi.org/10.3989/egol.96525-6265>
- CEUSTER, S. y DEGRYSE, P. (2020): “A ‘match–No Match’ Numerical and Graphical Kernel Density Approach to Interpreting Lead Isotope Signatures of Ancient Artefacts”, *Archaeometry*, 62 (Suppl. 1), pp. 107-116. DOI: <https://doi.org/10.1111/arcm.12552>
- COLOMINAS, J. (1923): “Els bronzes de la cultura dels talaiots de l’illa de Mallorca”, *Butlletí de l’Associació Catalana d’Antropologia, Etnologia i Prehistòria*, 1, pp. 88-98.
- CRADDOCK, P. T. y ECKSTEIN, K. (2003): “Production of Bras in Antiquity by Direct Reduction”. En CRADDOCK, P. y LANG, J. (eds.): *Mining and Metal*

- Production through the Ages*. London: The Trustees of the British Museum, pp. 216-230.
- DAYTON, J. E. y DAYTON, A. (1986): "Uses and Limitations of Lead Isotopes in Archaeology". En OLIN, J. S. y BLACKMANN, M. J. (eds.): *Proceedings of the 24th International Archaeometry Symposium*. Washington: Smithsonian Institution Press, pp. 13-41.
- DELIBES, G. y FERNÁNDEZ-MIRANDA, M. (1988): *Armas y utensilios de bronce en la Prehistoria de Baleares*. Valladolid: Univ. de Valladolid.
- FANG, J. L. y McDONNELL, G. (2011): "The colour of copper alloys", *Historical Metallurgy*, 45(1), pp. 52-61.
- GRAESER, S. y FRIEDRICH, G. (1970): "Zur Frage der Altersstellung und Genese der Blei-Zink-Vorkommen der Sierra de Cartagena in Spanien", *Mineralium Deposita*, 5(4), pp. 365-374. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00206733>
- GUERRERO, V. (2006): "Nautas baleáricas durante la Prehistoria (parte I). Condiciones meteomarinas y navegación de cabotaje", *Pyrenae*, 37(1), pp. 87-129.
- GUERRERO, V.; CALVO, M.; GARCÍA, J. y GORNÉS, S. (2007): *Prehistory of the Balearic Islands. Archaeological Record and Social Evolution before the Iron Age*. BAR Intern. Ser., 1690. Oxford: Archaeopress.
- HERMANN, M. (2015): "Las minas de S'Argentera: explotación de galena de época prerromana en Ibiza". En LÓPEZ, J. M. (coord.): *PHICARIA III. Minería y metalurgia en el Mediterráneo y su periferia oceánica*. Mazarrón: Univ. de Mazarrón, pp. 265-278.
- HUNT, M. A. (2003): *Prehistoric mining and metallurgy in South-West Iberian Peninsula*. BAR Intern. Ser., 1188. Oxford: Archaeopress.
- HUNT, M. A.; CONTRERAS, F. y ARBOLEDAS, L. (2011): "La procedencia de los recursos minerales metálicos en el poblado de la Edad de Bronce de Peñalosa (Baños de la Encina, Jaén). Resultados de análisis de isótopos de plomo". En MATA-PERELLÓ, J. M.; TORRÓ, L. y FUENTES, M. N. (eds.): *Actas del Quinto Congreso Internacional sobre Minería y Metalurgia Históricas en el Suroeste Europeo (León-2008)*. Libro en homenaje a C. Domergue. Lleida: SEDPGYM, pp. 197-208.
- JAVALOYAS, D.; GARCIA, J.; ALBERO, D. y CALVO, M. (2015): "Swords without Warriors: A New Reading of Bronze Age Artefacts in the Balearic Middle and Late Bronze Age (c. 1600/1550-850 cal BC)". En SUCHOWSKA-DUCKE, P.; SCOTT, S. y VANDKILDE, H. (eds.): *Forging Identities. The Mobility of Culture in Bronze Age Europe*. BAR Intern. Ser., 2772. Oxford: Archaeopress, pp. 63-71.
- KLEIN, S.; DOMERGUE, C.; LAHAYE, Y.; BREY, G. P. y VON KAENEL, H. M. (2009): "The Lead and Copper Isotopic Composition of Copper Ores from the Sierra Morena (Spain)", *Journal of Iberian Geology: An International Publication of Earth Sciences*, 35(1), pp. 59-68.
- LE GUEN, M.; ORGEVAL, J. J. y LANCELOT, J. (1991): "Lead Isotope Behaviour in a Polyphased Pb-Zn Ore Deposit: Les Malines (Cévennes, France)", *Mineralium Deposita*, 26(3), pp. 180-188. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00209256>
- LLULL, B.; PERELLÓ, L. y CALVO, M. (2021): "A Geochemical Characterization of Copper Ore Deposits in the Balearic Islands: An Isotope Database for Archaeometallurgical Studies in Western Mediterranean Prehistory", *Archaeological and Anthropological Sciences*, 13, 118. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12520-021-01370-9>
- LLULL, B.; PERELLÓ, L. y CALVO, M. (2022): "Maritime connections in the western Mediterranean and access to copper resources in the Balearic Islands during the Late Bronze Age. Isotopic characterization of the bronze deposit at Es Mitjà Gran, Mallorca", *Archaeometry*, 64(4), pp. 898-915. DOI: <https://doi.org/10.1111/arcm.12755>
- LLULL, B.; PERELLÓ, L.; GUERRERO, V.; FULLOLA, J.; PETIT, M. A. y CALVO, M. (2019): "Caracterización isotópica y elemental de los metales de Cova des Pas (Ferreries, Menorca). Una necrópolis de transición del Bronce Final al Hierro", *Trabajos de Prehistoria*, 76(1), pp. 102-119. DOI: <https://doi.org/10.3989/tp.2019.12228>
- LULL, V.; MICÓ, R.; RIHUETE, C. y RISCH, R. (1999): *Ideología y sociedad en la prehistoria de Menorca. La Cova des Càrritx y la Cova des Mussol*. Barcelona: Consell Insular de Menorca, Ajuntament de Ciutadella, Fundació Rubió Tudurí Andrómaco.
- MONTERO, I. (2010): "Tecnología de la metalurgia de base de cobre". En MONTERO, I. (ed.): *Manual de arqueometalurgia, Cursos de Formación Permanente para Arqueólogos*. Madrid: Museo Arqueológico Regional, Colegio Oficial de Doctores y Licenciados en Filosofía y Letras y en Ciencias, Sección de Arqueología, pp. 159-188.
- MONTERO, I. (2017): "La Solana Del Bepo from an Archaeometallurgical Perspective", *Revista d'Arqueologia de Ponent*, 2, pp. 65-79.

- 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'Arqueologia de Ponent*, 18, pp. 292-316.
- MONTERO, I. y PEREA, A. (2007): "Brasses in the Early Metallurgy of the Iberian Peninsula". En LA NIECE, S.; HOOK, D. y CRADDOCK, P. (eds.): *Metals and Mines. Studies in Archaeometallurgy*. London: Archetype Publications, pp. 136-139.
- NIMIS, P.; OMENETTO, P.; GIUNTI, I.; ARTIOLI, G. y ANGELINI, I. (2012): "Lead Isotope Systematics in Hydrothermal Sulphide Deposits from the Central-Eastern Southalpine (Northern Italy)", *European Journal of Mineralogy*, 24(1), pp. 23-37. <https://doi.org/10.1127/0935-1221/2012/0024-2163>
- PERELLÓ, L. y LLULL, B. (2019): "Circulación y consumo de plomo en las Islas Baleares durante la Edad del Hierro. Nuevos datos isotópicos de galenas y metales arqueológicos", *Zephyrus*, 84, pp. 89-113. DOI: <https://doi.org/10.14201/zephyrus20198489113>
- PERELLÓ, L.; LLULL, B. y CALVO, M. (2022): "Hibridación y transferencia tecnológica durante el Bronce Final en el Mediterráneo occidental. Primeros casos de cera perdida en las praxis metalúrgicas de las Islas Baleares", *Trabajos de Prehistoria*, 79(2).
- PERELLÓ, L.; LLULL, B. y DEYÀ, J. (2021): "Las placas decoradas de plomo del postalayótico mallorquín. Estudio de procedencias y producciones a partir de los metales de las necrópolis de Ses Copis y S'Alova (Sóller, Mallorca)", *Complutum*, 32(1), pp. 117-140. DOI: <https://doi.org/10.5209/cmpl.76451>
- PERNICKA, E. (1999): "Trace element fingerprinting of ancient Copper: A guide to technology or provenance?". En YOUNG, S. M. M.; POLLARD, A. M.; BUDD, P. e IXER, R. A. (eds.): *Metals in antiquity*. BAR Intern. Ser., 792. Oxford: Archaeopress, pp. 163-171.
- PERNICKA, E. (2014): "Provenance Determination of Archaeological Metal Objects". En ROBERTS, B. W. y THORNTON, C. P. (eds.): *Archaeometallurgy in Global Perspective*. Springer, pp. 239-268.
- PONS, G. (1999): *Anàlisi espacial del poblament al Pretalayòtic Final i al Talaiòtic I de Mallorca*. Palma: Consell Insular de Mallorca.
- PRANGE, M. y AMBERT, P. (2005): "Caractérisation géochimique et isotopique des Minerais et des métaux base cuivre de Cabrières (Hérault)". En AMBERT, P. y VAQUER, J. (eds.): *La première métallurgie en France et dans les pays limitrophes. Carcassonne, 2002. Actes Colloque International*. Mémoire de la Société Préhistorique Française, xxxvii. SPF, pp. 71-81.
- RAMIS, D. y SALAS, M. (2014): "Chronology of the S'Hospitalet Vell Naveta Village: An Example of Bronze Age Settlement in the Balearic Islands", *Radiocarbon*, 56(2), pp. 375-385. DOI: <https://doi.org/10.2458/56.17019>
- RAMON, J.; RAFEL, N.; MONTERO, I.; SANTOS, M.; RENZI, M.; HUNT, M. A. y ARMADA, X. L. (2011): "Comercio protohistórico: el registro del Nordeste peninsular y circulación de mineral de plomo en Ibiza y el Bajo Priorato (Tarragona)", *Saguntum*, 43, pp. 55-81.
- RODRÍGUEZ, J.; MONTERO, I.; HUNT, M. y GARCÍA, E. (2020): "Cinnabar Provenance of Chalcolithic Red Pigments in the Iberian Peninsula: A Lead Isotope Study", *Geoarchaeology*, 35(6), pp. 871-882. DOI: <https://doi.org/doi:10.1002/gea.21810>
- ROMER, R. L. y SOLER, A. (1995): "U-Pb Age and Lead Isotopic Characterization of Au-Bearing Skarn Related to the Andorra Granite (Central Pyrenees, Spain)", *Mineralium Deposita*, 30(5), pp. 374-383. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00202280>
- ROSSELLÓ, G. (1979): *La cultura talayòtica en Mallorca. Bases para el estudio de sus fases iniciales*. Palma: Ediciones Cort.
- ROSSELLÓ, G. (1987): "Metalurgia en el pretalayótico final de Mallorca", *Archivo de Prehistoria Levantina*, 17(1), pp. 147-155.
- ROVIRA, S. (1993): "La metalurgia de la Edad del Hierro en la Península Ibérica: una síntesis introductoria". En ARANA, R.; MUÑOZ, A. M.; RAMALLO, S. y ROS, M. (eds.): *Metalurgia en la Península Ibérica durante el primer milenio a. C. Estado actual de la investigación*. Murcia: Univ. de Murcia, pp. 45-70.
- ROVIRA, S. (2007): "Las Espadas del Bronce Final en la Península Ibérica: Estudio arqueometalúrgico". En BRANDHERM, D. (ed.): *Las Espadas del Bronce Final en la Península Ibérica y Baleares*. Stuttgart: Prähistorische Bronzefunde, iv, 16. Franz Steiner, pp. 155-175.
- ROVIRA, S. y MONTERO, I. (2018): "Proyecto 'Arqueometalurgia de la Península Ibérica' (1982-2017)", *Trabajos de Prehistoria*, 75(2), pp. 223-247. DOI: <https://doi.org/10.3989/tp.2018.12213>
- ROVIRA-HORTALÀ, C.; MONTERO, I.; RAFEL, N.; HUNT, M. A.; SORIANO, I.; MURILLO-BARROSO, M. y RENZI, M. (2015): "Copper ores in the Montsant area (Tarragona, Spain) and their use during the Bronze

- Age”. Poster en: *19th Annual Meeting of European Association of Archaeologists, 2013*. Pilsen.
- SANTOS, J. F.; GARCÍA, S.; GIL, J. I. y PALERO, F. (2004): “A lead isotope database: The Los Pedroches-Alcudia area (Spain); Implications for archaeometallurgical connections across southwestern and southeastern Iberia”, *Archaeometry*, 46, pp. 625-634. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2004.00178.x>
- SINCLAIR, A. J.; MACQUAR, J. C. y ROUVIER, H. (1993): “Re-Evaluation of Lead Isotopic Data, Southern Massif Central, France”, *Mineralium Deposita*, 28(2), pp. 122-128. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00196336>
- STOS-GALE, Z.; GALE, N. H.; HOUGHTON, J. y SPEAKMAN, R. (1995): “Lead Isotope Data from the Isotope Laboratory, Oxford: Archaeometry Data Base 1, Ores from the Western Mediterranean”, *Archaeometry*, 37(2), pp. 407-415. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.1995.tb00753.x>
- SUBÍAS, I.; FANLO, I. y BILLSTRÖM, K. (2015): “Ore-Forming Timing of Polymetallic-Fluorite Low Temperature Veins from Central Pyrenees: A Pb, Nd and Sr Isotope Perspective”, *Ore Geology Reviews*, 70, pp. 241-251. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.04.013>
- SUREDA, P. (2020): “Metallic encounters in the Balearic Islands: An approach to Western Mediterranean trade dynamics in the ‘global’ Late Bronze Age”, *Quaternary International*, 550, pp. 130-146. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.04.001>
- SUREDA, P.; DEYÀ, J.; GALERA, P.; MURILLO-BARROSO, M. y SALVÀ-SIMONET, B. (2021): “Emblematic objects for societies in transition. An archaeological and archaeometric study of the sword of Serral de ses Abelles (Puigpunyent, Mallorca)”, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 40, Part A, 103201. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2021.103201>
- TORNOS, F. y CHIARADIA, M. (2004): “Plumbotectonic Evolution of the Ossa Morena Zone, Iberian Peninsula: Tracing the Influence of Mantle-Crust Interaction in Ore-Forming Processes”, *Economic Geology*, 99(5), pp. 965-985. DOI: <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.99.5.965>