

Complutum

ISSN: 1131-6993

<https://dx.doi.org/cmpl.76451>EDICIONES
COMPLUTENSE

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)

Laura Perelló Mateo¹, Bartomeu Lull Estarellas², Jaume Deyà Miró³

Recibido: 17/02/2021 / Aceptado: 04/05/2021

Resumen. En este artículo se presentan los análisis de composición elemental e isotópicos de doce placas realizadas enteramente en plomo, procedentes de dos necrópolis de Sóller –Mallorca–: S'Alova y Ses Copis. Estas placas son producciones que pueden datarse a partir del siglo IV-III a. C., en época postalayótica. Para el origen del metal se barajan distintas regiones que van desde el ámbito local, hasta el Levante y Sur Peninsular y, de forma más incierta, en el Nordeste peninsular, Sur de Francia y Norte de África. La información obtenida en este trabajo, puesta en relación con los datos de otras investigaciones, permite consolidar los conocimientos que tenemos sobre cómo se integraban las Islas Baleares en las redes de intercambios en el contexto del Mediterráneo occidental durante estas cronologías. Por otra parte, el estudio aporta datos relacionados con la organización de estas producciones. La combinación de los análisis de isótopos de plomo, junto al estudio de la distribución de modelos, puede ser una excelente herramienta para comprender cómo funcionaba el consumo de plomo y las relaciones entre las comunidades postalayóticas de la isla.

Palabras clave: Metalurgia del plomo; Arqueometalurgia; Isótopos de Plomo; Conectividad; Islas Baleares; Mediterráneo.

[en] Decorated lead plaques from Mallorca's post-Talayotic period. A study of their origins and manufacture, based on metals from Ses Copis and S'Alova necropolises (Sóller, Mallorca)

Abstract. This paper presents an elemental and isotopic analysis of twelve plaques made entirely of lead from two necropolises in Sóller –Mallorca–, S'Alova and Ses Copis. The manufacture of the said plaques can be dated from the 4th to the 3rd centuries B.C. during the post-Talayotic period. As for the origin of the metal, different regions have been taken into consideration, from the east and south of mainland Spain Levante and South Peninsular and, in a more uncertain way, in the Northeast of the peninsula, south of France and northern of Africa. By relating the data obtained in this study to that of other research studies, better knowledge can be built up on how the Balearic Islands were integrated in trade networks in the western Mediterranean during this period. Data from the study also sheds light on the organization of these manufactured goods. The combination of lead isotope analyses and a study of the distribution of different models could be a highly useful way of gaining an insight into how the consumption of lead worked and into relations among the island's post-Talayotic communities.

Keywords: Lead metallurgy; Archaeometallurgy; Lead isotopes; Connectivity; Balearic Islands; Mediterranean.

Sumario: 1. Introducción. 2. Los contextos. 2.1. S'Alova. 2.2. Ses Copis. 3. Metodología y técnicas de análisis. 3.1. ICP-MS. 3.2. Isótopos de Plomo. 4. Caracterización elemental e isotópica de los metales de S'Alova i Ses Copis.

¹ Dpto. de Ciencias Históricas y Teoría de las Artes. Universidad de las Islas Baleares. Ctra. de Valldemossa, km 7,5. Palma (Islas Baleares).

E-mail: l.perello@uib.es

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0590-0687>

² Dpto. de Ciencias Históricas y Teoría de las Artes. Universidad de las Islas Baleares. Ctra. de Valldemossa, km 7,5. Palma (Islas Baleares).

E-mail: bartomeu.llull@uib.es

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7328-4193>

³ Jaume Deyà Miró. Director de la fundación DAMARC (Deya Archaeological Museum And Research Center)

E-mail: jaume_deya@hotmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3869-5915>

4.1. Composición elemental de los metales analizados. 4.2. Propuesta de procedencias según las composiciones isotópicas de las piezas. 5. Discusión. 5.1. El origen de la materia prima en el contexto del Mediterráneo occidental. 5.2. Reflexiones sobre las producciones de plomo de época postalayótica en Mallorca. 6. Conclusiones. Agradecimientos. Bibliografía.

Cómo citar: Perelló Mateo, L.; Llull Estarellas, B.; Deyà Miró, 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): 117-140.

1. Introducción

Las llamadas placas o plaquitas de plomo en la literatura arqueológica de las Islas Baleares, aparecen en un momento tardío de la Prehistoria y se suele atribuir para su aparición una cronología relativa de entre el siglo IV y III a. C. (Coll 1989; Hernández-Gasch 1998; Balaguer 2005). En Menorca se atestigua su perduración en contextos datados a mediados del siglo I d. C., como en Es Rafal d'es Capità –Ciutadella– o en Sa Cova de Sa Mola –Alaior–, asociadas, este último, a monedas de Augusto, Domiciano y Calígula (Nicolás 1988).

Este tipo de objetos se caracterizan por estar fabricados en plomo y por sus dibujos geométricos en el anverso consistentes en círculos concéntricos, rectas y cenefas. En el reverso, puede contar con dos protuberancias a modo de armellas u ojales, para facilitar su sujeción, aunque no siempre es así, ya que, como veremos, algunos tipos tienen el reverso completamente liso. En estos casos, las placas suelen presentar orificios en los extremos. Se desconoce cuál sería la función exacta de estos objetos, ya que hasta ahora, en las necrópolis, no se han podido vincular a individuos concretos debido a que la mayoría provienen de excavaciones antiguas o expolios.

Las necrópolis de las que provienen las placas analizadas en este artículo fueron excavadas por Bartolomé Enseñat y Estrany, quien fue Comisario Provincial de Excavaciones Arqueológicas de las Baleares entre los años 1951 y 1956. En primer lugar, realizó una intervención en el yacimiento de Ses Copis, entre los años 1946-47, y posteriormente en S'Alova en el año 1952. Sin embargo, sabemos que colaboradores y aficionados locales siguieron practicando intervenciones en ambos yacimientos bajo su supervisión. Enseñat fue un importante promotor en la creación del Museo de Sóller, donde hoy se conservan los materiales de ambos yacimientos y también gran parte

de la colección particular que consiguió reunir durante su vida (Javaloyas 2011).

2. Los contextos

Las piezas de plomo analizadas en el presente artículo proceden de las necrópolis postalayóticas mallorquinas de S'Alova y Ses Copis, ambas situadas en el municipio de Sóller –Mallorca– (Fig. 1). Podemos situar el inicio del Postalayótico hacia el 550 a. C., aunque algunos procesos que caracterizan esta época empezarían con anterioridad (Calvo y Guerrero 2011a). Por otro lado, el final del Postalayótico, tradicionalmente se ha situado en el 123 a. C., año de la conquista de las Baleares por Cecilio Metelo, aunque el registro arqueológico nos muestra un fin progresivo a medida que se incrementa la romanización (Calvo y Guerrero 2011a: 146).

Tal vez uno de los contextos mejor datados, para las placas de plomo, sea el del santuario de Son Mas –Valldemossa–, donde al parecer se halló un taller de producción de estos objetos. En los restos mal conservados de edificios adyacentes, se recuperaron moldes, restos de fundición, lingotes y posibles desechos de placas defectuosas o a medio fundir (Waldren y Grimalt 1995: 18). Van Strydonck (1997) hizo una revisión de las dataciones de este santuario, llegando a la conclusión, a partir de un estudio bayesiano, de que el contexto arqueológico relacionado con la producción de estas placas tendría una cronología que iría del 320 al 160 cal. BC. Existen otras dos dataciones para otras placas del yacimiento de Son Matge –Valldemossa– asociada a carbones: QL-9: $2200 \pm 100\text{BP}$ y QL-1A: $2240 \pm 70\text{BP}$ (Van Strydonck *et al.* 1997: 746), con fechas que nos sitúan entre el 411 cal BC y el 57 cal BC con un 95,4% de probabilidad –fechas calibradas con el software OxCal versión 4.4 (Bronk Ramsey 2009) usando la función R_Combine

y la curva de calibración IntCal20 (Reimer *et al.* 2020)–.

Parece ser que estos objetos estarían fabricados a partir de moldes con tapa o bivalvos, como lo demuestran los ejemplares documentados tanto en Mallorca (Enseñat 1975) como en Menorca (Nicolás 1988). Los moldes hallados en Mallorca generalmente son de arenisca fina y los hallados en Menorca, normalmente están fabricados en pizarra –en las Islas Baleares, sólo se encuentra este último tipo de rocas en Menorca–. La sistematización tipológica más completa realizada hasta la fecha para estos objetos es la que hizo Catalina Enseñat (1975).

Los contextos de fabricación, al menos en el caso de Mallorca, parecen vinculados a santuarios indígenas (Deyà 2015, 2020). W. Waldren observó esta posible relación por primera vez en las excavaciones de Son Mas –Valldemossa– (Waldren y Grimalt 1995). Otro ejemplo que hace pensar en esta idea es el caso de de Son Espases –Palma–, donde se instaló un campamento romano en las inmediaciones de un poblado indígena. En este lugar también se documentó lo que podría ser un taller de fundición de plomo en las cercanías de un santuario. Los directores de la excavación interpretaron que los mismos romanos podrían haber estado refundiendo estos materiales indígenas para su reutilización (Estarellas *et al.* 2014). Al existir un santuario en el entorno del poblado, pensamos que podría ser un caso similar al de Son Mas. En el santuario de Almallutx –Escorca– también se encontraron restos de fundición de plomo testimoniales y que quizás respondan al mismo fenómeno (Fernández-Miranda *et al.*, 1971, p. 121).

En cuanto a los contextos de amortización, en el caso de Mallorca, estos objetos se hallan mayoritariamente en enterramientos, mientras que en Menorca hay muchos más casos de placas encontradas en lugares de hábitat que en necrópolis (Nicolás 1988: 49).

Otro aspecto interesante que podemos destacar respecto a estos objetos, es que posiblemente permiten rastrear conexiones entre las comunidades de la isla de Mallorca a partir del uso repetido de modelos (Waldren y Grimalt 1995; Deyà 2015, 2020). Estudios preliminares sobre este tema pueden consultarse en los trabajos de Coll (1989:452-461) y Deyà (2020). A partir de los mismos, puede intuirse la existencia de modelos que aparecen de forma exclusiva o de forma muy importante en

yacimientos concretos o áreas muy determinadas, lo que sin duda plantea preguntas que deberán intentar resolverse en el futuro.

En este sentido, la identificación de moldes y su vínculo con los objetos amortizados, proporciona una relación tangible y directa entre centros productores con comunidades receptoras. Por ejemplo, se relaciona un molde del Puig d'en Canals –Sóller– (Enseñat 1954) con una pieza de la necrópolis de S'Alova (Enseñat 1955) y una pieza de Ses Copis (Enseñat 1981), las cuales mostrarían características idénticas a dicho molde, por lo que se presume que habrían sido fabricadas con el mismo (Coll 1989: 454; Deyà 2020).

Un segundo caso, sería el estudiado por Waldren, que relacionó algunas placas halladas en el santuario de Son Mas con otras de las necrópolis de Son Matge y Son Gallard –Deià– (Waldren y Grimalt 1995: 18). Los últimos trabajos en esta línea, y en los que se recuerdan los dos casos anteriores, son el efectuados por J. Deyà (2015, 2020), que vinculan, además, Son Espases –Palma–, Cova Monja –Secelles–, Cova de les Meravelles –Bunyola–, Cova de Sa Tanca –Estellencs–, Cova de Son Julià –Llucmajor–, santuario de Son Mas –Valldemossa–, Son Matge –Valldemossa–, Montaura –Manacor–, Cova de S'Alova –Sóller– y Portopí –Palma–. De cualquier manera, esta es una línea de investigación que aún está por explorar. No debemos olvidar que carecemos de información sobre la “biografía del objeto”. Hoy por hoy desconocemos si estas piezas han tenido un uso previo y si han circulado entre distintas comunidades antes de ser amortizadas, tema que debe ser contemplado y mencionado aquí, pero que sobrepasa los objetivos de este trabajo y sus límites de extensión.

Se hace difícil hacer cálculos de la cantidad de placas de plomo que podrían haber contenido los yacimientos aquí estudiados. Según C. Enseñat (1981) en S'Alova se habrían encontrado dieciséis placas y tres fragmentos de plomo, y en Ses Copis, treinta y cuatro placas y cinco fragmentos de plomo. Sin embargo, es probable que hubiera muchas más, puesto que se sabe que hubo intervenciones incontroladas posteriores. En este trabajo se analiza una pequeña muestra de este tipo de objetos que se encuentran entre los materiales depositados en el Museo de Sóller (Fig. 2).

A continuación se describen los contextos de las necrópolis donde se hallaron las placas que se analizan en el presente estudio:

2.1. S'Alova

Se trata de una cueva natural de origen cársico que presenta un desnivel de 17,7 m, su longitud proyectada es de 25,5 m en planta y su amplitud máxima de 11 m (Encinas 2014: 1257). Actualmente, se divide en dos salas, en la primera se construyeron muros para nivelar el suelo, la segunda sala se halla a unos 4 m por debajo del nivel de la primera (Enseñat 1955). Recientemente, a consecuencia del desprendimiento de una roca, se ha podido comprobar que en realidad la necrópolis estaba dispuesta en una única gran sala que quedó dividida por la caída de rocas del techo (Deyà 2018). Enseñat (1955) describe distintos niveles muy removidos con cronologías que irían desde el Bronce Final a época islámica, aunque, en una pequeña zona se conservaban intactos tres niveles postalayóticos de enterramientos en cal viva. Este tipo de enterramientos, aunque empiezan a aparecer hacia el 850-750 a. C. (Calvo y Guerrero 2011b: 102), se convierten en una práctica muy extendida durante el Postalayótico. Por los materiales postalayóticos, Coll sitúa esta fase entre los siglos V a. C. y I d. C. (1989: 279). A parte de las piezas de plomo, también se encontraron numerosos objetos de bronce, hierro, hueso, pasta vítrea y cerámica. Recientemente se han realizado nuevos estudios que han permitido conocer la estratigrafía de esta cueva con más precisión (Deyà 2018).

Del yacimiento de S'Alova se analizan siete piezas que, según la tipología de Catalina Enseñat (1975), pueden clasificarse de la siguiente manera:

- AL1 y AL2: entrarían dentro del tipo III. Este tipo se describe como semejante a la forma de una "M", cuyos vértices están unidos por una recta y acaban en una circunferencia tangente a la pieza (Enseñat 1975: 78-80). Estas placas cuentan con armellas en el reverso.
- AL3 y AL4: se trataría de dos piezas clasificables dentro del tipo IV (Enseñat 1975: 92-93). Son piezas rectangulares con tres círculos salientes a cada uno de los lados

más largos. En cada uno de los extremos o lados más cortos, este tipo presenta dos orificios que habrían servido para fijar las placas o suspenderlas. Estas dos piezas –AL3 y AL4– tienen además la particularidad de ser idénticas en todos sus detalles, por lo que probablemente se han realizado con el mismo molde (Fig. 2). Piezas exactamente iguales aparecen en los yacimientos funerarios de sa Cova de s'Alova –Sóller–, son Matge –Valldemossa–, Cova Monja –Sencelles–, Son Julià –Llucmajor–, Cova de ses Meravelles –Bunyola–, Montaura –Mancor– y en los santuarios de Son Mas –Valldemosa– y Son Espases –Palma– (Deyà 2020).

- AL5, AL6 y AL7: son tres ejemplares que se podrían clasificar como de tipo I (Enseñat 1975:74). Formalmente son rectangulares, con dos círculos que sobresalen en la mitad del cuerpo. El sistema de suspensión de AL5 es mediante agujeros, mientras que las placas AL6 y AL7 es a través de las armellas en el reverso. Como veremos, la pieza AL7 es exactamente igual que la pieza COP4 (Fig 3), de manera que seguramente tenemos un nuevo caso de dos piezas efectuadas con el mismo molde, dándose la circunstancia de que, en este caso, ambas piezas proceden de yacimientos distintos.

2.2. Ses Copis

El yacimiento se ubica en un abrigo rocoso situado en un acantilado, con unas dimensiones de unos 8 m de longitud por 4 de amplitud y 4 de altura (Encinas 2014: 1261-1262). A consecuencia de su uso para la estabulación y a la construcción de unos banales próximos, los sedimentos estaban muy revueltos y sin una estratigrafía clara. En él también había enterramientos en cal viva y sus ajuares estaban compuestos por objetos de hueso, pasta vítrea, bronce, hierro y cerámica (Enseñat 1981: 44-48). Por los materiales, Coll da una cronología para el yacimiento de entre los siglos IV y II a. C. (1989: 181-182).

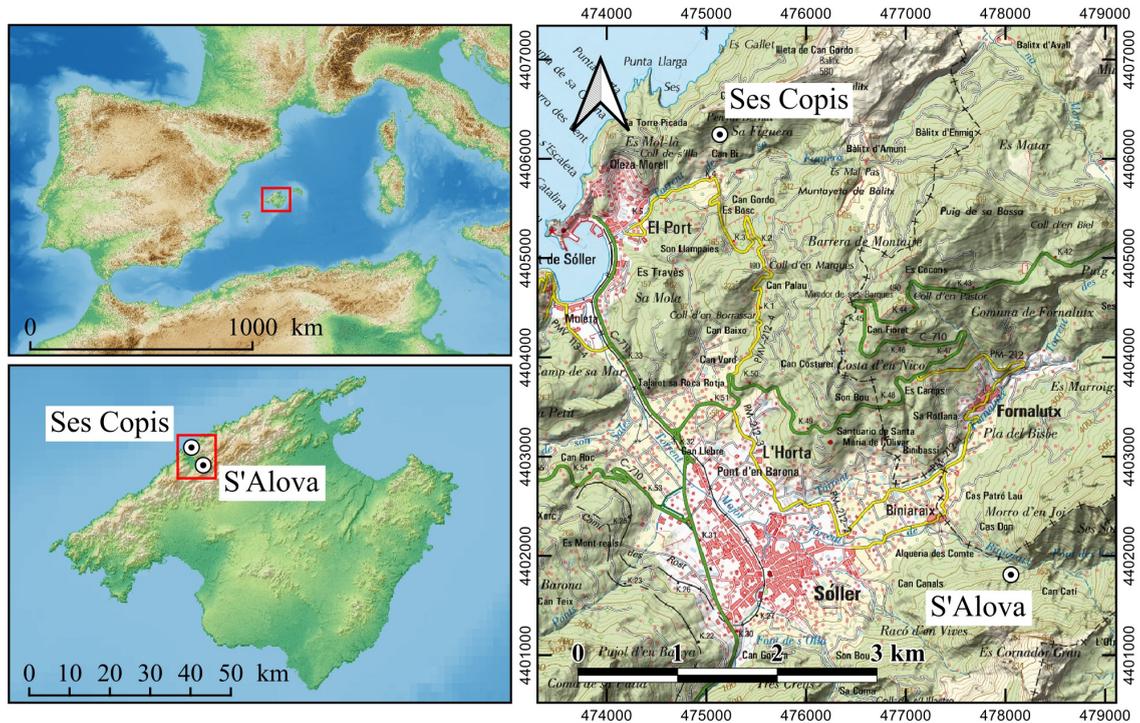


Figura 1. Localización de los yacimientos de Ses Copsis y S'Alova. Mapas del Instituto Geográfico Nacional y OpenStreetMap –Web Map Service–. Datum: ETRS89 - UTM 31N.

Para el yacimiento de Ses Copsis, se han realizado cinco análisis de las piezas que seguidamente se describen:

- COP1: se trata de una pieza de tipo III de Catalina Enseñat (1975: 78-80), como también lo son las placas de S'Alova AL1 y AL2. En este caso, la pieza está incompleta.
- COP2: conjunto de placas rectangulares troqueladas, de pequeño tamaño, que habitualmente se hallan en cantidades abundantes. Comúnmente se interpretan como piezas que engarzadas juntas formarían "cinturones". El primero en denominarlas de esta manera fue Cristobal Veny a partir de las piezas halladas en Cometa des Morts I –Escorca– (Veny 1947: 46).
- COP3: placas de tipo XI de Catalina Enseñat (1975: 105). Se trata de una placa compuesta por dos circunferencias con círculos concéntricos que están unidos por una forma romboidal más pequeña. En el reverso suelen presentar asas u ojales para su fijación o suspensión, aunque en este caso no se aprecian debido al deterioro de la pieza. Placas exactamente iguales aparecen en la necrópolis de son Ribot –Manacor– y en el santuario de Hospitalet Vell –Manacor– (Deyà 2020).
- COP4: placa del tipo I de Catalina Enseñat (1975: 74). Esta pieza es exactamente igual que AL7.
- COP5: placa de tipo X de Catalina Enseñat (1975: 105). Se trata de una pieza en forma de círculo, con apéndices que sobresalen del cuerpo y cuatro radios en el centro. Formalmente recuerda a una rueda de carro, pero es difícil decir si estos objetos tienen algún vínculo con este concepto. No presentan sistemas de suspensión o sujeción.

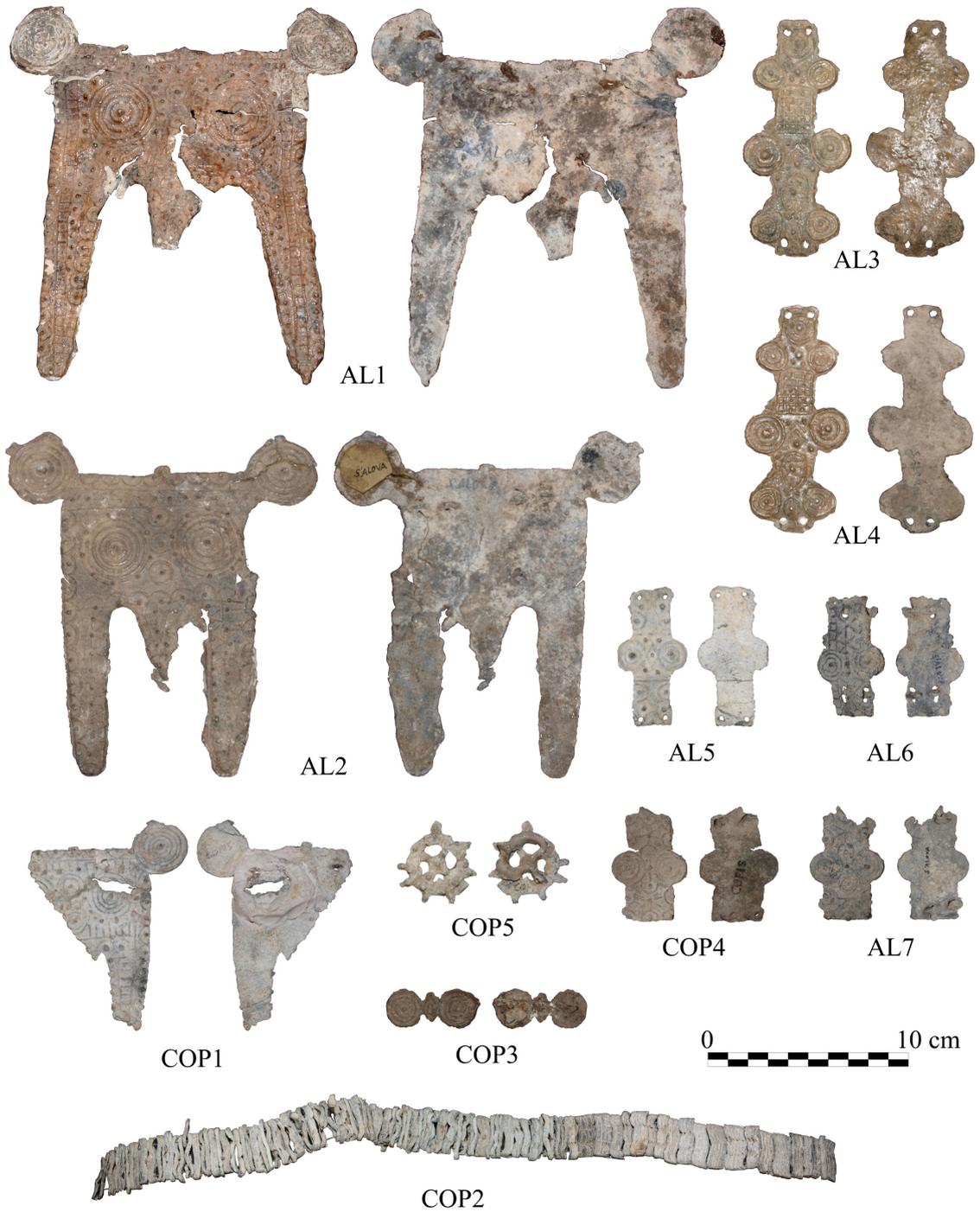


Figura 2. Objetos de plomo de las necrópolis de S' Alova y Ses Copsis –Sóller, Mallorca–.

3. Metodología y técnicas de análisis

Aprovechando la oportunidad que nos brindó el Museo de Sóller para muestrear algunas piezas de su colección, se eligieron objetos de dos yacimientos del mismo valle, con cronologías similares. Atendiendo a criterios museológicos y de tipología, se realizó una selección de doce piezas de plomo. Las muestras analizadas fueron tomadas siempre con bisturís no usados con anterioridad, debido a los altos riesgos de contaminación.

3.1. ICP-MS

Los análisis elementales fueron realizados por ICP-MS en el Centro SGIker-Geocronología y Geoquímica de Isótopos de la Universidad del País Vasco UPV / EHU –España–. Las muestras se disolvieron con agua regia –para determinaciones de Sn; Hf y Sb– o HNO₃ concentrado –el resto de elementos– en recipientes cerrados Savillex PFA colocados en una placa caliente a 120° C durante 24 h. La dilución tras la disolución se realiza gravimétricamente utilizando una balanza electrónica con una precisión de 0,1 mg para evitar errores inducidos por diluciones volumétricas. La determinación cuantitativa de los analitos de interés se realizó mediante un espectrómetro de masas de plasma acoplado inductivamente –ICP-MS– Thermo XSeries 2 equipado con celda de colisión –CCT–, una interfaz específica para sólidos totales disueltos elevados –conos Xt– y antorcha blindada. Se empleó un nebulizador concéntrico y una cámara refrigerada por Peltier de expansión de cuarzo. La solución Rh e In, utilizada como estándar interno, y las soluciones multielementales para el ajuste inicial y la calibración del espectrómetro de masas, y para el control de calidad –QC– de los resultados, se prepararon a partir de soluciones estándar de alta pureza de 10 ppm para ICP, estabilizadas en diluido HNO₃. El estándar interno se agregó en línea con un kit de adición automática para evitar errores aleatorios. Se dan más detalles sobre el método instrumental en García de Madina-beitia *et al.* (2008). La estimación del error para cada elemento se establece mediante la ecuación de propagación del error de Miller y Miller (2010). La incertidumbre de los resultados corresponde a un nivel de confianza del 95%.

Los resultados se muestran en la tabla 1. Los valores están expresados en ppm (partes por millón), excepto para el Pb, que están expresados en % en peso. Cuando no se ha detectado un elemento aparece como <LMD –por debajo de los límites de detección–. En los comentarios sobre los resultados los valores se expresan en % en peso normalizados respecto al contenido del Pb.

3.2. Isótopos de Plomo

Las proporciones de isótopos de plomo de los metales arqueológicos fueron medidas en el Servicio General de Geocronología y Geoquímica Isotópica –IBERCRON– de la Universidad 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 HNO₃ 7N durante 15 minutos y desechar la solución, las muestras se disolvieron parcialmente con HNO₃ 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 pueden consultarse en la tabla 2.

Para la identificación del origen de la materia prima con la que fueron fabricados los objetos arqueológicos, contrastamos los resultados isotópicos con los de menas minerales. Primeramente, 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). Un segundo paso consiste en presentar y analizar, en gráficos bivariantes, las proporciones de isótopos de plomo de los objetos metálicos junto a los depósitos minerales coincidentes en el primer paso.

Los datos isotópicos de minerales con los que se han encontrado coincidencias proceden de las propias islas del archipiélago (Ramon *et al.* 2011; Hermanns 2015; Perelló y Lull 2019), así como del Nordeste peninsular (Canals y Cardellach 1997; Cardellach *et al.* 1996; Romer y Soler 1995; Subias *et al.* 2015; Montero *et al.* 2008; Montero 2017), Sureste peninsular (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), Norte de Tú-

nez (Jemmali *et al.* 2011, 2013, 2014) y Sur de Francia (Brevart *et al.* 1982; Le Guen *et al.* 1991; Sinclair *et al.* 1993; Baron *et al.* 2006).

4. Caracterización elemental e isotópica de los metales de S'Alova i Ses Copis

4.1. Composición elemental de los metales analizados

Los análisis elementales muestran resultados heterogéneos en cuanto a las impurezas detectadas. El dato más significativo es, quizás, el de las cantidades de estaño –Sn– que se observan en algunas piezas, principalmente en el yacimiento de s'Alova. Estas cantidades de Sn son especialmente altas en cinco de las doce piezas analizadas. Se trata de las placas de plomo con número de inventario COP3, AL2, AL3, AL5 y AL6, con unas cantidades variables que van de 0,0954% a 0,4373%. En la muestra AL4 no se pudieron obtener los valores del Sn y el antimonio –Sb–, debido a un problema de escasez de muestra para llevar a cabo las dos disoluciones. Las muestras restantes conforman un grupo diferenciado, ya que el Sn no se detecta o los niveles son muy bajos. La presencia de este elemento en niveles elevados también se detectó en una placa de plomo de Son Espases –MASE.002– con

un 1,25% y otra de Son Real –Santa Margalida– con 0,32% –SR14– (Perelló y Llull 2019).

Generalmente, se considera que el plomo obtenido de minerales de galena no presenta impurezas de Sn superiores al 0,01% (Wyttenbach y Schubiger 1973; Gomes *et al.* 2017; Sinner *et al.* 2020). Por lo tanto, cantidades más elevadas podrían estar indicando que el objeto es producto del reciclaje de metales debido al uso de chatarra, donde podría haberse incluido de manera fortuita algún objeto o fragmentos de Sn. Las galenas de la península Ibérica con más contenidos de Sn se encuentran en el distrito minero Molar-Bellmunt-Falset (Montero *et al.* 2008: 295-296), pudiendo llegar a tener entre 0,07% y 0,4%, si bien el extremo más elevado no parece ser el habitual. Sin embargo, difícilmente pasarían cantidades tan elevadas de Sn al plomo metálico durante los procesos pirometalúrgicos (Gener *et al.* 2014), de manera que no podemos relacionar directamente la presencia de este elemento en los objetos con esta región geográfica.

Por otra parte, no se observa ninguna correlación entre el Sn y el resto de elementos, lo que daría solidez a la idea de que el Sn es una aportación a la colada en forma de chatarra y que sería un elemento ajeno a las galenas originales.

Id	Na	Mg	Al	K	Ca	Ti	V	Cr	Fe	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
COP1	<LMD	41,9	26,8	<LMD	131	14,5	0,54	0,37	15,8	0,82	0,39	6,35	532	6,24	0,22	20,7
COP2	21,0	34,7	3,45	<LMD	129	18,2	0,49	1,41	2,39	0,48	2,43	2,08	301	2,64	0,22	1,18
COP3	21,9	43,3	9,47	<LMD	612	21,3	4,50	0,68	4,72	0,57	0,24	1,93	176	2,37	0,27	1206
COP4	34,4	71,4	<LMD	83,4	184	29,4	0,77	0,74	12,9	0,72	0,26	15,9	97	15,4	0,30	3,37
COP5	<LMD	49,2	14,5	<LMD	190	22,5	1,37	0,82	7,47	0,53	4,41	7,14	201	20,4	0,30	3,29
AL1	32,5	127	23,1	<LMD	267	19,5	1,82	1,11	10,5	0,96	0,21	6,28	184	9,24	0,17	6,23
AL2	37,2	348	194	19,1	293	23,9	1,56	0,89	86,8	2,11	0,33	3,17	478	2,72	0,35	1,83
AL3	45,5	142	89,3	<LMD	261	23,0	4,82	0,82	42,9	4,59	8,30	1,53	82	4,45	0,32	1,66
AL4	27,6	91,8	29,8	<LMD	241	25,0	7,91	1,52	14,8	1,01	0,32	2,09	93	3,38	0,34	1,89
AL5	<LMD	51,7	6,8	<LMD	179	24,3	6,1	1,10	4,51	0,92	6,85	1,80	362	90,0	0,2	1,78
AL6	28,4	44,1	7,04	<LMD	165	24,0	0,55	0,62	<LMD	0,39	0,27	7,93	348	2,08	0,28	1,24
AL7	30,4	127	36,0	<LMD	213	21,0	1,01	0,83	16,3	0,78	0,23	32,3	209	34,5	0,17	3,24

Id	Se	Rb	Sr	Y	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm							
COP1	3,96	0,00	0,65	0,10	143	0,39	0,06	<LMD	104	<LMD	1,95	0,047	0,042	0,026	0,151	0,169
COP2	4,76	0,00	0,39	0,14	339	0,48	0,06	<LMD	0,53	0,06	1,63	0,057	0,088	0,033	0,215	0,201
COP3	5,79	0,17	6,77	0,15	46,4	0,56	1,22	836,6	439	0,11	4,99	0,085	0,115	0,036	0,231	0,206
COP4	5,92	0,19	1,15	0,16	200	0,58	0,08	<LMD	2,65	0,00	1,45	0,064	0,200	0,041	0,234	0,234
COP5	6,70	0,19	1,01	0,17	103	0,58	0,08	6,72	25,20	0,07	6,14	0,083	0,110	0,049	0,249	0,238
AL1	7,91	0,00	2,35	0,18	64,6	0,65	0,00	<LMD	13,83	0,15	8,65	0,094	0,172	0,048	0,248	0,277
AL2	6,02	0,57	1,92	0,19	44,9	0,54	1,10	1549	31,44	0,19	8,07	0,138	0,229	0,060	0,283	0,240
AL3	6,73	0,33	4,07	0,20	39,8	0,66	3,29	2381	1,73	0,16	9,46	0,119	0,157	0,052	0,266	0,233
AL4	6,87	0,25	2,02	0,18	198	0,71	4,08	-	-	0,09	7,10	0,089	0,114	0,047	0,257	0,258
AL5	5,50	<LMD	0,86	0,18	44,4	0,58	0,93	2292	0,17	0,09	3,72	0,070	0,133	0,041	0,244	0,255

AL6	7,82	0,20	0,78	0,17	162	0,58	0,44	4209	7,22	0,16	2,42	0,062	2,420	0,042	0,243	0,273
AL7	5,65	0,00	1,69	0,16	110	0,66	0,06	3,71	90,2	<LMD	1,92	0,065	0,121	0,046	0,225	0,246

ID	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Tl	Pb	Bi	Th	U
Pieza	ppm	%	ppm	ppm	ppm									
COP1	0,038	0,104	0,017	0,078	0,015	0,049	0,014	0,078	0,013	0,87	79,7	47,8	0,07	0,08
COP2	0,055	0,158	0,020	0,111	0,022	0,060	0,019	0,093	0,018	0,91	89,0	52,6	0,09	<LMD
COP3	0,056	0,151	0,022	0,107	0,021	0,067	0,019	0,103	0,018	11,43	87,6	18,7	0,10	0,12
COP4	0,059	0,177	0,026	0,131	0,026	0,068	0,022	0,120	0,023	<LMD	98,5	26,7	0,12	0,13
COP5	0,062	0,180	0,025	0,130	0,025	0,071	0,022	0,120	0,020	1,00	90,9	28,5	0,12	<LMD
AL1	0,064	0,181	0,023	0,133	0,027	0,071	0,025	0,124	0,023	1,37	98,9	26,0	0,12	2,45
AL2	0,065	0,181	0,028	0,126	0,024	0,069	0,022	0,115	0,018	0,92	81,7	34,2	0,15	1,48
AL3	0,057	0,178	0,028	0,122	0,024	0,069	0,021	0,116	0,020	0,86	82,9	18,9	0,12	2,60
AL4	0,057	0,176	0,027	0,123	0,024	0,068	0,021	0,125	0,020	0,88	81,6	20,4	0,13	2,29
AL5	0,070	0,179	0,029	0,143	0,029	0,070	0,023	0,122	0,022	1,07	99,3	25,4	0,1	2,3
AL6	0,066	0,175	0,028	0,121	0,024	0,070	0,024	0,121	0,020	1,04	96,2	37,7	0,12	0,24
AL7	0,063	0,165	0,028	0,118	0,021	0,065	0,021	0,118	0,019	1,22	95,4	37,0	0,11	0,22

Tabla 1. Análisis elementales mediante ICP-MS de los objetos de plomo de S' Alova y Ses Copis.

La placa con presencia más elevada de arsénico –As– es COP3, en la que se detecta un 0,1376%. Este mismo ejemplar es el que tiene las cantidades más elevadas de Sb de los dos yacimientos estudiados en este trabajo, 0,0501%. Exceptuando esta pieza, los demás valores de As son bajos para ambos yacimientos, siempre con valores por debajo de 0,0026%. En cuanto al Sb, la media aritmética del conjunto, exceptuando AL4, es de 0,0074% –sd=0,0147–.

En este sentido, las impurezas de plata –Ag–, tampoco son muy destacadas en ninguno de los dos yacimientos, con una media aritmética de 0,0139% –sd=0,01018–, siendo el valor más alto el de la pieza COP2, con 0,0381%. No se observa ninguna correlación entre los valores de Ag y Sb.

En cuanto a los niveles detectados de cobre –con una media aritmética de 0,0312%, sd=0,0197–, el valor más alto es de 0,0667% (COP1) y tampoco se aprecian diferencias significativas entre yacimientos. Tampoco se detectan cantidades reseñables de zinc –con una media aritmética de 0,00164%, sd=0,0024–, bismuto –con una media aritmética de 0,0034%, sd=0,0013–, u otros elementos. Tampoco vemos ninguna correlación clara entre estos elementos.

En conclusión, la pieza COP3, con impurezas de Sb y As significativas, es la única que difiere en composición del resto del conjunto y, por tanto, podría indicar una procedencia concreta de la materia prima. Para el resto de

piezas, no vemos ninguna correlación clara entre elementos que nos permita deducir posibles grupos por composición elemental. La heterogeneidad de las composiciones de las piezas podría ser indicativa del uso de materias primas diferentes, aunque también podría apuntar a que estamos ante metales que variablemente han sido objeto de distintas operaciones pirometalúrgicas. En este último caso, con cada una de estas fases de reciclado, los contenidos de algunas impurezas podrían ir disminuyendo sucesivamente.

4.2. Propuesta de procedencias según las composiciones isotópicas de las piezas

Una primera observación contrastando los metales de Ses Copis y S’Alova con los minerales de plomo del archipiélago balear y otros materiales arqueológicos (Ramon *et al.* 2012; Hermanns 2015; Perelló y Llull 2019), permite comprobar la heterogeneidad de procedencias y la ausencia de patrones aparentes (Fig. 3). Según las regiones con las que coinciden los metales estudiados, podemos hacer varios grupos. Para tener más referencias comparativas, incluimos en el análisis algunas piezas de plomo y bronce plomados procedentes de yacimientos mallorquines de las mismas cronologías (Perelló y Llull 2019), ya que creemos que esto aporta una perspectiva más precisa del carácter del aprovisionamiento de este metal por parte de las comunidades locales.

Id	YACMIEN- TO	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	Error (2SE)	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	Error (2SE)	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	Error (2SE)	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	Error (2SE)	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	Error (2SE)	Grupos
COP.1	Ses Copis	18,3223	0,0007	15,6837	0,0006	38,5056	0,0017	2,10157	0,00004	0,85599	0,00001	1
COP.2	Ses Copis	18,6518	0,0009	15,6893	0,0008	38,8740	0,0023	2,08420	0,00004	0,84117	0,00001	3
COP.3	Ses Copis	18,8010	0,0007	15,6821	0,0007	38,9090	0,0019	2,06952	0,00004	0,83411	0,00001	4
COP.4	Ses Copis	18,7261	0,0008	15,6899	0,0007	39,0254	0,0020	2,08401	0,00004	0,83786	0,00001	2
COP.5	Ses Copis	18,6891	0,0008	15,6908	0,0007	38,9792	0,0021	2,08567	0,00005	0,83957	0,00001	3
AL.1	S'Alava	18,7567	0,0008	15,6812	0,0007	38,8854	0,0021	2,07314	0,00004	0,83603	0,00001	4
AL.2	S'Alava	18,6278	0,0008	15,6964	0,0008	38,8970	0,0021	2,08812	0,00004	0,84263	0,00001	6
AL.3	S'Alava	18,3360	0,0007	15,6795	0,0006	38,5369	0,0017	2,10170	0,00004	0,85512	0,00001	1
AL.4	S'Alava	18,3357	0,0008	15,6790	0,0008	38,5345	0,0021	2,10161	0,00004	0,85511	0,00001	1
AL.5	S'Alava	18,6660	0,0007	15,6876	0,0007	38,9483	0,0020	2,08659	0,00004	0,84044	0,00001	3
AL.6	S'Alava	18,6209	0,0007	15,6910	0,0007	38,8712	0,0019	2,08750	0,00004	0,84265	0,00001	6
AL.7	S'Alava	18,5319	0,0009	15,6821	0,0008	38,6647	0,0021	2,08638	0,00004	0,84622	0,00001	5

Tabla 2. Valores isotópicos de los objetos de plomo de S'Alava y Ses Copis.

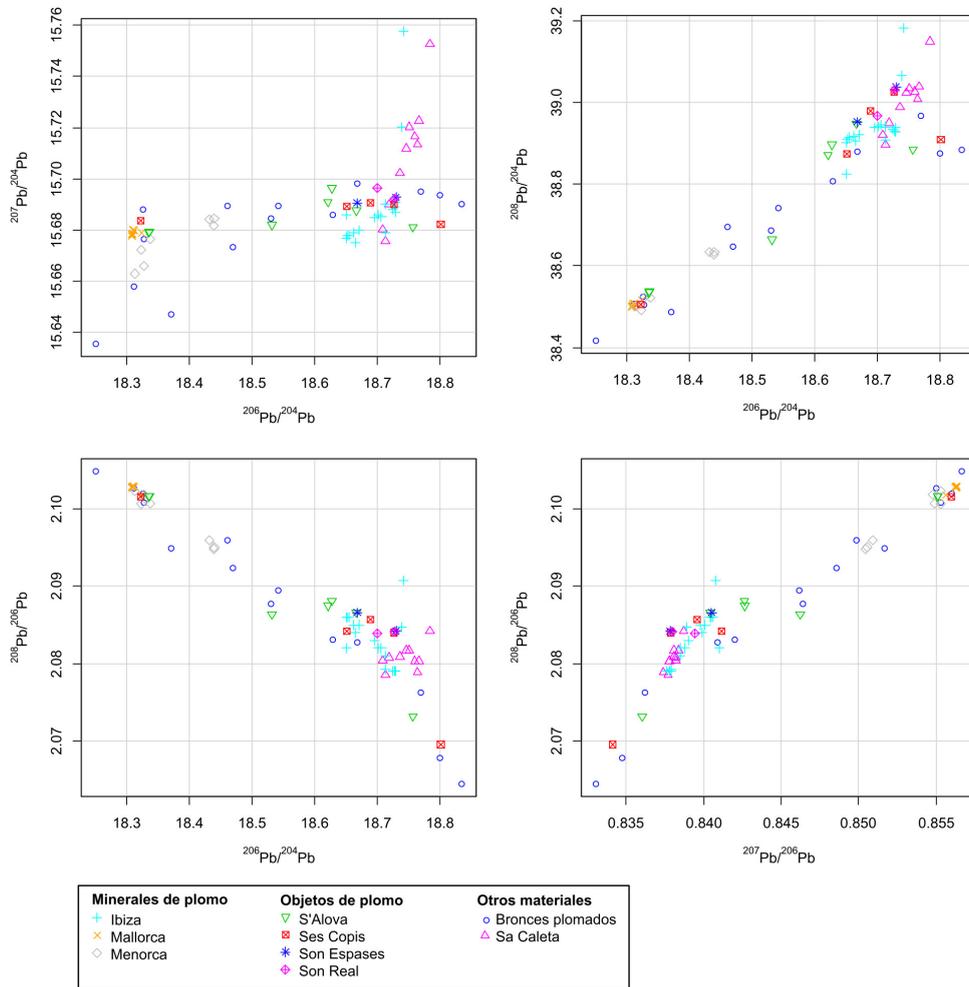


Figura 3. Diagramas de dispersión donde se pueden observar diferentes contrastes de los resultados isotópicos entre los metales de plomo procedentes de los yacimientos estudiados en este trabajo, junto con minerales de plomo de las Islas Baleares y otros materiales arqueológicos de referencia (Son Espases y Son Real).

Los grupos que observamos son los siguientes:

- **Grupo 1:** compuesto por las placas de plomo con valores menos radiogénicos del conjunto: AL3, AL4 y COP1. Coinciden en el diagrama de dispersión con las galenas de Mallorca –Bunyola–, Menorca –Capiport y Binifabini Vell– y con las galenas de Nordeste peninsular, principalmente de la Cordillera Litoral Catalana (Fig. 3 y 4). Tal y como se comentó en anteriores trabajos (Perelló y Llull 2019), existen dificultades a la hora de hacer discriminaciones entre estas tres regiones debido a las semejanzas isotópicas que existen entre las menas de plomo de estas zonas geográficas. Aunque

esto es cierto, un análisis detallado permite comprobar que las muestras de la Cordillera Litoral Catalana con valores isotópicos semejantes a los metales, no pertenecen en realidad a un depósito concreto, sino que se trata de muestras aisladas procedentes de áreas tan dispares como Girona, Barcelona, Martorell y Tarragona. Con este grupo de objetos de plomo coinciden los bronce plomados analizados previamente MAEF.0017A –disco de *tintinnabulum* de Es Fiters, Muro–, MASB.027 –campanilla de Son Bauçà, Palma– y MASCO.018 –disco de *tintinnabulum* de Sa Cova, Artà– (Perelló y Llull 2019). Todas estas piezas conforman un conjunto muy homogéneo y en los diagramas de dispersión se aprecia

un alto grado de solapamiento entre los objetos y las galenas de Mallorca y Menorca. Es destacable el gran parecido isotópico entre las piezas del mismo yacimiento AL3 y AL4, sin embargo los análisis elementales muestran diferencias, como los contenidos en Ag, que para AL4 son de 0,0242%, mientras que para AL3 son de 0,0048%.

- **Grupo 2:** Está conformado por una sola pieza procedente de Ses Copis, COP4, que muestra coherencia con la huella isotópica de Cartagena (Fig. 5). Esta pieza coincide muy bien con otra pieza de plomo procedente de Son Real –placa troquelada SR14– y otra de Son Espases –placa MASE.001– (Perelló y Llull 2019). Los tres objetos de plomo también conforman un grupo isotópicamente muy homogéneo (Fig. 5). Las impurezas más destacadas de COP4 son las

de plata con un valor de 0,02%, algo que difiere de las otras dos piezas en las que no se detecta este elemento.

- **Grupo 3:** En este grupo incluimos las placas de plomo que muestran buenas concordancias con S'Argentera –Ibiza– (Fig. 5). Se trata de las piezas AL5, COP5 y COP2. Con este grupo coinciden también dos piezas de plomo analizadas anteriormente: una placa de Son Espases –MASE.004– y una pieza indeterminada de plomo recuperada en Son Real –SR15–. También muestra coherencia con este grupo la aleación ternaria de un disco de *tintinnabulum* de Es Morro, Manacor –MAEM.009– (Perelló y Llull 2019). COP5, COP2, SR15 comparten la presencia de impurezas de Ag en valores de entre 0,01 y 0,03%, mientras que en las otras dos muestras restantes no se detecta.

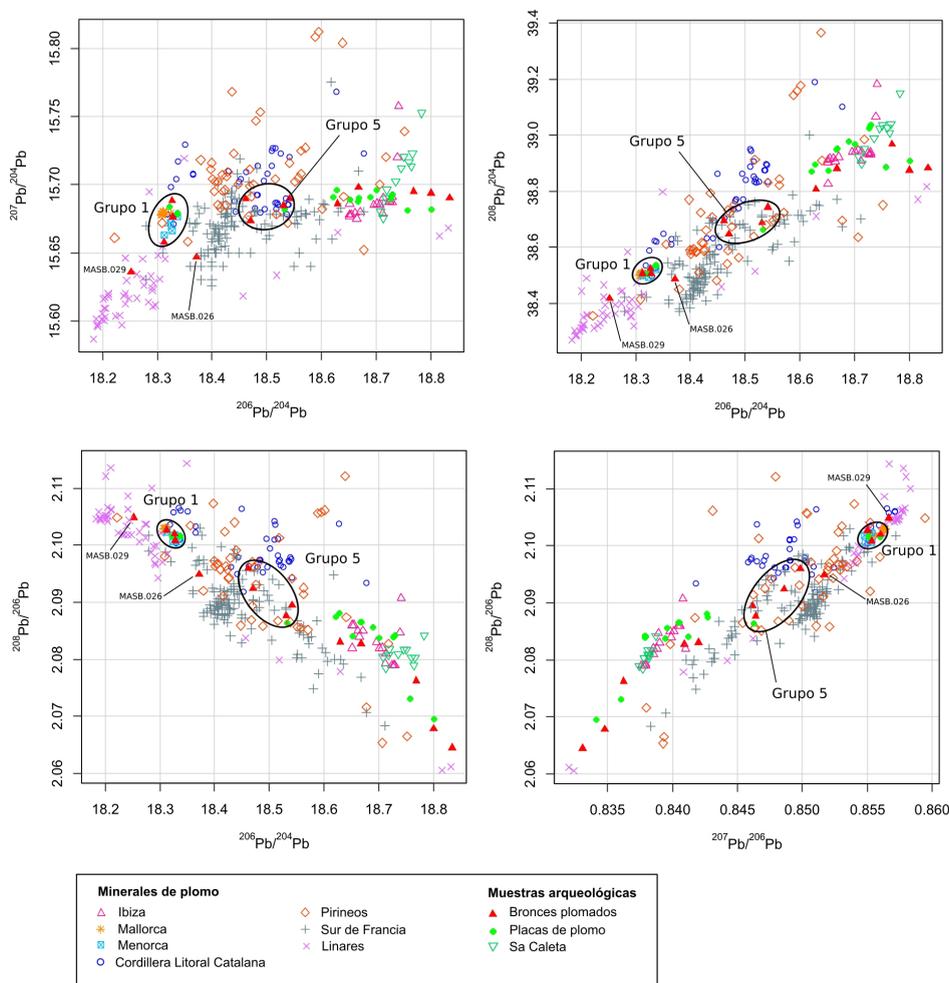


Figura 4. Diferentes contrastes de los resultados isotópicos de las muestras de Ses Copis y S'Alova, junto con minerales de plomo de Baleares, Cordillera Litoral Catalana, Pirineos, Sur de Francia y Linares, además de otros materiales arqueológicos de referencia (bronces plomados de varios yacimientos, Son Espases, Son Real y Sa Caleta). En los diagramas se pueden observar el Grupo 1 y el Grupo 5.

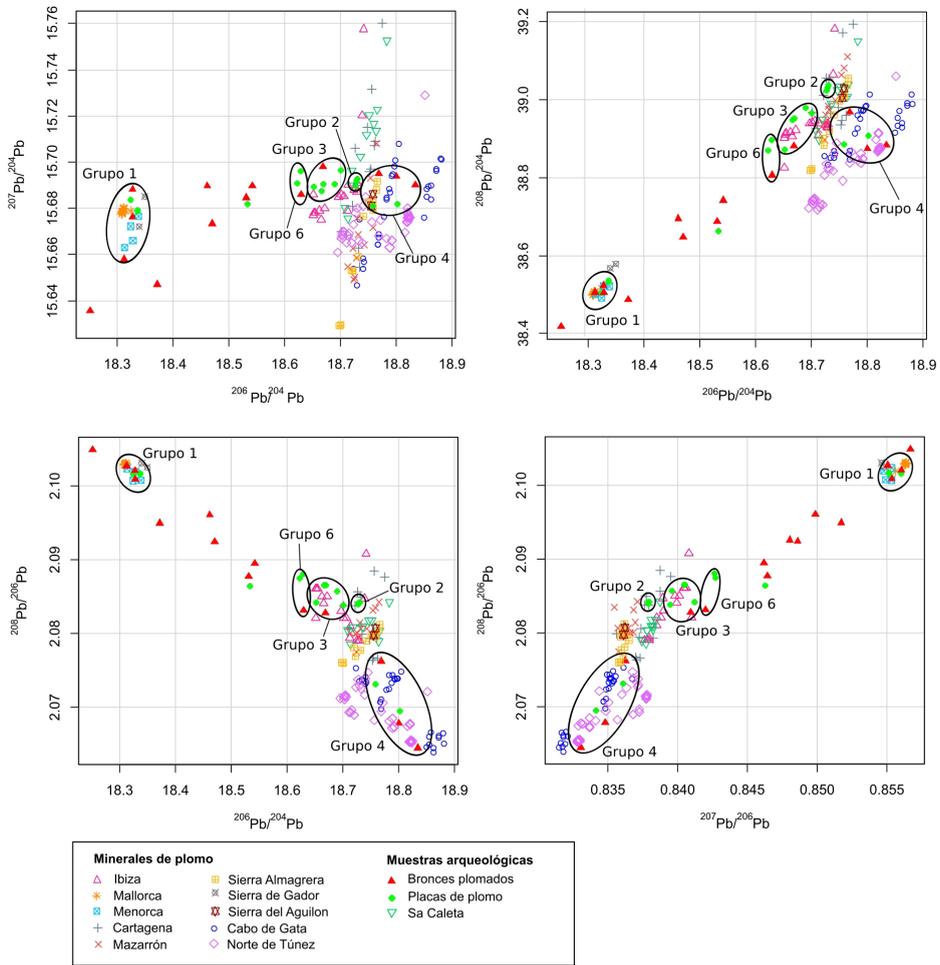


Figura 5. Diferentes contrastes de los resultados isotópicos de las muestras de Ses Copis y S’Alova, junto con minerales de plomo de las Islas Baleares, Almería, Murcia y Túnez, además de otros materiales arqueológicos de referencia (bronces plomados de varios yacimientos, Son Espases, Son Real y Sa Caleta). En los diagramas se pueden observar los Grupos 1, 2, 3, 4 y 6.

- Grupo 4:** Está conformado por las muestras AL1 y COP3, que ocupan un espacio en el diagrama de dispersión entre la región de Almería y Norte de Túnez. Sin que se puedan adscribir de una forma clara a un campo isotópico, en los contrastes parece que relación más coherente para estos metales sería con minerales de Cabo de Gata –Almería–. Con este grupo también coinciden los bronce plomados MASB.028 –campanilla de Son Bauçà–, MAEF.018 –varilla de *tintinnabulum* de Es Fiters– y MACSM.001 –doble hacha votiva de Son Maimó, Petra– (Perelló y Llull 2019). Los dos primeros bronce plomados parecen ser más coherentes con el Norte de Túnez, tal y como puede verse en los diagramas de dispersión (Fig. 5). No obstante, debemos ser cautelosos ya que en los contrastes $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, las

- muestras aparecen alejadas de este campo isotópico, dejando la duda para esta relación. Por otra parte, un cálculo de distancia euclidiana, no confirma la adscripción de estas muestras al campo isotópico de Túnez, apareciendo como vecinos próximos junto a una mezcla de muestras de Cartagena-Mazarrón y Cabo de Gata. Por otra parte, el bronce plomado MACSM.001 podría relacionarse mejor con Cartagena-Mazarrón o Cabo de Gata (Fig. 5). Como dato destacado de este grupo, podemos mencionar la pieza COP3, ya que se trata del plomo más radiogénico de los analizados y a la vez el que presenta una composición elemental que difiere del resto, con valores significativos de Sn, Sb y As.
- Grupo 5:** En este grupo incluimos la pieza AL7 de S’Alova junto a los bronce plomados de Cometa des Morts, MACM1.051

–disco de *tintinnabulum*– y MACM1.083 –asta de toro–, y los bronce plomados de Es Fíters, MAEF.015 y MAEF.016 (Perelló y Llull 2019). Sin obviar que los límites de los campos isotópicos de Sur de Francia y Nordeste peninsular se solapan parcialmente en los diagramas de dispersión, parece que la mejor coincidencia para la mayoría de estos metales es con las regiones mineras del Sur de Francia de Montmirat, Nozieres y les Boudons. Dentro de este grupo, la pieza MAEF.015, es la única que parece más coherente con las galenas del Nordeste peninsular (Fig. 4). Desplazada de esta agrupación en los diagramas, pero coincidiendo con las mismas regiones geográficas, está la campanilla MASB.026 de Son Bauçà (Perelló y Llull 2019), que también parece relacionarse mejor con los minerales del Sur de Francia. Por otra parte, puede valorarse una hipótesis alternativa para explicar la distribución de las muestras incluidas en este grupo. Si observamos las Fig. 4, 5 y 6, vemos que estas muestras se disponen en un espacio de los diagramas que queda a medio camino entre los campos isotópicos de las galenas de Mallorca y Menorca, y las galenas de Ibiza, Cartagena-Mazarrón y Almería. Teniendo esto en cuenta, no es descartable que estemos ante metales en los que hay mezcla de plomos con orígenes diferentes.

Grupo 6: Está conformado por una serie de piezas que se agrupan entre ellas en el diagrama de dispersión, sin coincidir claramente con una región geográfica concreta. AL6 y AL2, tienen una signatura isotópica muy similar y en las gráficas se sitúan muy cerca del bronce plomado MAEF.014 –disco de *tintinnabulum* de Es Fíters– (Perelló y Llull 2019). Interpretamos que quizás estas muestras en realidad están señalando una línea de mezcla entre el plomo procedente de regiones distintas (Fig. 6). Este grupo, solo se diferenciaría del Grupo 5 en que no encontramos alternativas sólidas a este planteamiento, mientras que en el grupo 5, podría haber piezas que se podrían vincular a regiones concretas. AL6 y AL2, son dos de las piezas con valores de Sn significativos, lo que parece dar soporte a la idea de la mezcla de metales.

Por lo tanto, vemos que en esta serie analítica encontramos las mismas coincidencias geográficas que ya se habían observado pre-

viamente. La única región con la que esta vez no se ha encontrado vinculación es con Linares, caso que sí se daba con la aleación ternaria MASB.029 –campanilla procedente de Son Bauçà– (Perelló y Llull 2019) (Fig. 4).

5. Discusión

5.1. El origen de la materia prima en el contexto del Mediterráneo occidental

La relación entre el Sur peninsular y las Baleares aparece sobradamente constatada a partir de análisis isotópicos desde el Bronce Final en adelante (Perelló 2017; Llull *et al.* 2019; Perelló y Llull 2019; Sureda 2020).

A priori, parece plausible pensar que la gran mayoría del metal de plomo durante el Postalayótico llegaría a Mallorca a través de agentes púnico-ebusitanos. Si admitimos que Ebusus actuó como un centro redistribuidor en el contexto Mediterráneo de estas cronologías, no sería extraño que desde esta isla llegaran materiales a Mallorca cuyo origen estaría en las mismas minas de Ibiza, pero también en el Sur peninsular. Esta idea la refuerzan las evidencias arqueológicas como las de Sa Caleta, donde además de documentarse mineral de S'Argentera, también se documenta mineral procedente de Cartagena (Ramon *et al.* 2011). Esta vinculación de Ibiza con el Sur de la Península Ibérica permite explicar la presencia de metales en Mallorca procedentes de Almería, Cartagena-Mazarrón y Linares.

Por otra parte, los datos isotópicos de los metales estudiados en este trabajo, sugieren que en Mallorca también podríamos tener plomo procedente del Nordeste peninsular. Explicar esta posible conexión requiere echar un vistazo a lo que sabemos de la circulación del plomo de esta región en este contexto cronológico. Sabemos que en Andalucía se documenta la llegada de plomo del Priorato (Muriillo-Barroso *et al.* 2016). Este plomo del Nordeste peninsular no contendría plata suficiente para su beneficio (Montero *et al.* 2008). Sin embargo, pudo ser llevado al Suroeste para ser utilizado en operaciones de copelación durante el tratamiento de minerales argentíferos cuyos contenidos en plomo no permitían el beneficio de la plata. La adición de plomo es necesaria, por ejemplo, durante la copelación para extraer la plata de las abundantes jarositas argentíferas de la Faja Pirítica (Hunt

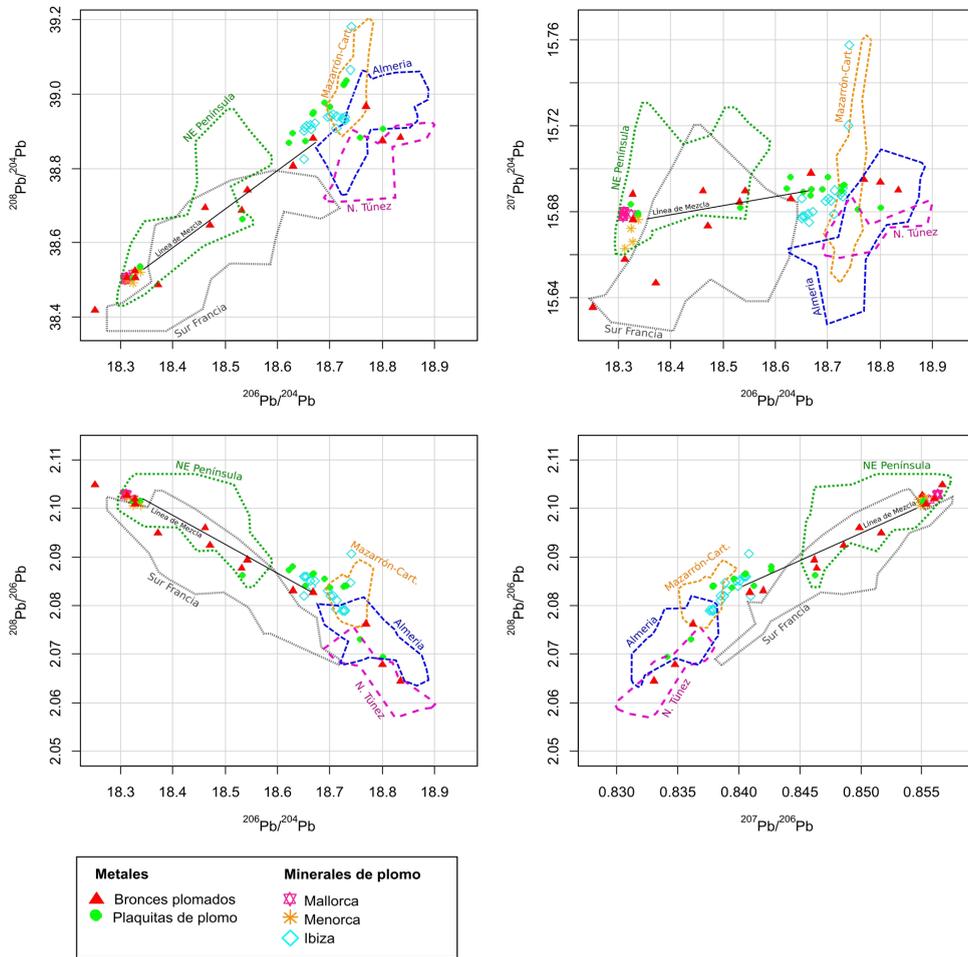


Figura 6. Diferentes contrastes de los resultados isotópicos de las muestras de Ses Copis y S’Alova, junto con minerales de plomo del archipiélago. En las gráficas se ha dibujado el contorno de los campos isotópicos de las principales regiones con las que se han encontrado coincidencias. El Grupo 6 no parece ser coincidente con ninguna de ellas. También se aprecia la distribución de muchas muestras en los diagramas que podrían coincidir con la línea de mezcla entre las galenas de Mallorca y Menorca, y las galenas de Ibiza, Cartagena-Mazarrón y Almería.

2003; Murillo-Barroso *et al.* 2016). Para el beneficio de la plata de S’Argentera no hacía falta el aporte de plomo extra, ya que los minerales ibicencos son galenas argentíferas. La presencia de plomo procedente de Cartagena en Sa Caleta se vincula más bien a un comercio encaminado hacia el Mediterráneo central, no hacia la Península (Ramon *et al.* 2011). Todo ello podría explicar porqué no se documenta plomo del Nordeste en Ebussus, pero sí en el Sudeste peninsular. En cualquier caso, esta circunstancia nos llevaría a descartar la llegada de plomo procedente del Nordeste a Mallorca vía Ebussus.

Además de todo lo expuesto, debemos tener en cuenta otras circunstancias: la huella isotópica de las galenas mallorquinas, menorquinas y del Nordeste peninsular resultan muy difíciles de distinguir debido a solapamientos importantes en los diagramas de dispersión. Tanto es así, que los objetos del Grupo 1 son prácticamente imposibles de discriminar. En favor de que se tratarían de objetos realizados a partir de minerales de las Baleares, tendríamos la destacada concentración entre ellos en todos los contrastes de los diagramas de dispersión (Fig. 4) y la lógica deducción de que las comunidades locales explotaron recursos cercanos y propios. No obstante, cabría la posibilidad de

que no fuera así en todos los casos. De hecho, la pieza del Grupo 5, MAEF.015 tanto podría ser coherente con galenas del Nordeste como con el Sur de Francia.

De esta manera, a la hora de valorar la posible aportación de plomo a las Baleares procedente del Nordeste, creemos que debemos tener presente varias cosas:

- Las cantidades de Sn detectadas en los objetos de las Baleares, no tienen porqué estar relacionados con las galenas del Nordeste peninsular, donde el Sn presente en las galenas, si bien es elevado, no tiene porqué verse reflejado en el metal resultante. El Sn aparece en los metales mallorquines de forma aleatoria, sin que puedan observarse patrones relacionados con los grupos de procedencias. Más bien parece que la presencia de este elemento podría explicarse debido a prácticas de reciclaje de las comunidades locales, donde durante la fundición podría haber ido a parar de forma fortuita algún fragmento de Sn en la colada. La presencia de otros elementos como la Ag en los minerales de Mallorca y Menorca, son similares a Cataluña y no ayudan a discriminar.
- La posible llegada a las islas de plomo procedente del Sur de Francia, podría tener varias explicaciones: a través de Marsella, de Emporion o desde el Sureste. Esta última no parece probable, porque en Ibiza tampoco se han detectado hasta ahora minerales de esta región. Por otra parte, en Empúries hay documentadas algunas muestras de metal coherentes isotópicamente con el Sur de Francia (Montero *et al.* 2008). De manera que, si hay metales del Sur de Francia en Mallorca, es muy probable que estos también llegaran directamente a las islas desde las costas del Nordeste peninsular.
- Las conexiones entre el Nordeste y las Islas Baleares se ven favorecidas por el régimen de vientos y corrientes marinas (Guerrero 2006).

Así, la vinculación con los minerales del Nordeste no queda confirmada, pero la lógica nos invita a pensar que entre los metales del Grupo 1 se pueden dar las dos situaciones de forma simultánea: que algunos tengan su origen en el Nordeste, mientras que otros tengan su origen en Mallorca o Menorca.

Por otra parte, la posible presencia de plomo procedente del Norte de África ya se sugirió en trabajos anteriores a partir de una única

pieza, una campanita de bronce plomado de la Cova de Son Bauçà (Perelló y Lull 2019). En el presente estudio tenemos dos piezas más que parecen apuntar en la misma dirección, aunque en ninguno de los casos la asociación sea determinante.

En cualquier caso, al margen de las apreciaciones sobre las procedencias que se han expuesto, debemos tener presente que seguramente muchos de estos plomos son producto de las mezclas entre metales de diferente origen, esto es especialmente posible en el caso de los metales agrupados en el Grupo 5 y 6 (Fig. 5 y 6). Es muy probable que además esto explique porqué muchas de las piezas no muestran una coherencia plena con regiones geográficas determinadas, sino que a menudo únicamente podemos señalar una semejanza isotópica.

Por el contrario, en otros casos, teniendo en cuenta los resultados de composición elemental, con variabilidad de contenidos y sin correlación entre elementos, pensamos que las prácticas de reciclaje serían frecuentes utilizando también metales procedentes de una misma fuente, de manera que coinciden isotópicamente con algunas menas concretas.

Por otro lado, el hecho de que en Mallorca encontremos metales de procedencias diversas y en algunos casos mezclados a causa de una práctica de reciclaje, no se debe, como en el caso de Andalucía, a una necesidad de plomo para realizar la copelación durante la extracción de la plata. En Mallorca no existen afloramientos argentíferos, de manera que las razones deben de ser otras, como ya se argumentó en otros trabajos (Perelló y Lull 2019). Probablemente, la puesta en circulación de grandes cantidades de plomo como subproducto de la copelación, pudo haber provocado la evolución de los gustos locales y la aparición de estas placas decoradas en momentos tardíos del Postalayótico. Es muy posible que este contexto propiciara también la explotación de las minas de galena autóctonas. Aunque atendiendo a unas dinámicas propias y diferentes, también se interpretó para los contextos de explotación de minas del Priorat que el tráfico fenicio de plomo pudo activar un beneficio indígena de los recursos de galena de la región, con la diferencia de que en este último caso no sería para un consumo propio (Rafel *et al.* 2019: 153).

5.2. Reflexiones sobre las producciones de plomo de época postalayótica en Mallorca

Aunque, como se ha expuesto en el apartado 2 de este trabajo, no es nuestra intención hacer aquí un análisis profundo sobre lo que significa la repetición de modelos o piezas, no podemos dejar de explicar los resultados concretos de esta serie analítica.

Tenemos, al menos, dos casos de piezas idénticas, es decir, realizadas con el mismo molde. El primer caso es el de AL3 y AL4 (Fig. 2). Se trata de dos piezas del tipo IV de Enseñat (1975: 92-93) procedentes S'Alova y cuyos datos isotópicos indican con bastante seguridad un origen de la materia prima igual o semejante, aunque, por las diferencias de composición, no procedentes de una misma colada (Grupo 1, Fig. 4).

El segundo caso es el de COP4 y AL7 (Fig. 2). Son dos placas del tipo I de Enseñat (1975: 74). La primera procede de la necrópolis de Ses Copis y la segunda de S'Alova. En este caso, pese a estar realizadas con el mismo molde, se recuperaron en yacimientos diferentes y el metal tiene una procedencia distinta (Fig. 4 y 5).

La evidencia de placas decoradas exactamente iguales o elaboradas con el mismo molde responden a la elaboración de las mismas en un mismo taller o a las manufacturas de un mismo artesano. Si estas placas idénticas aparecen en necrópolis diferentes, probablemente estamos viendo que comunidades o familias distintas están recurriendo a los mismos artesanos o centros productores. Esta idea concuerda bien con la hipótesis de que estos objetos se realizaran en el entorno de los santuarios (Waldren y Grimalt 1995; Deyà 2015, 2020), teniendo como ejemplo los santuarios de Son Mas, Son Espases, Puig d'en Canals y de Almallutx. Como lugares de culto, los santuarios pueden funcionar como espacios donde en ciertos momentos podrían congregarse distintas comunidades de un mismo territorio o hinterland. Por otra parte, Waldren y Grimalt proponen para los espacios adyacentes del santuario de Son Mas, funciones de actividades productivas y de "mercado", sugiriendo para el yacimiento una función de "centro de distribución" (1995).

En este sentido, para Jaume Coll, el Puig des Canals representaría un núcleo central dentro del Valle de Sóller (Coll 1993). Así, la asociación del molde hallado en el poblado

con las placas de S'Alova i Ses Copis se pueden entender desde una perspectiva semejante a la propuesta por Waldren para Son Mas. Jaume Coll va incluso más allá, sugiriendo que las necrópolis de S'Alova y Ses Copis podrían representar dos casos de necrópolis aristocráticas dentro del Valle de Sóller debido a la diferenciación del ajuar en relación a las otras necrópolis halladas en la misma área geográfica de la misma cronología (Coll 1989: 460).

Por otra parte, las evidencias de tratamiento o de labores vinculadas al plomo se realizan tanto en contextos de entornos considerados sacros –Son Mas, Almallutx, etc–, como en contextos relacionados con áreas de trabajo en los que se desarrollarían actividades cotidianas vinculadas a la producción de elementos utilitarios, como por ejemplo en Es Turó de Ses Abelles (Santa Ponça). La cronología de este último yacimiento sería algo tardía, con un momento de máxima actividad en el siglo II a. C. Este yacimiento fue definido por sus excavadores como un asentamiento indígena destinado a actividades productivas y como centro receptor de materiales importados para su posterior redistribución (Camps y Vallespir 1998: 30). Muchos de los espacios parecen estar destinados al almacenaje, comercialización y a actividades productivas o artesanales, aunque también parece que podría haber contextos de hábitat (García Rosselló 2010). Los restos de fundición de plomo responderían a actividades sencillas, como la recuperación de plomo usado, y su refundición para diferentes finalidades, entre ellos reparar vajillas de importación rotas mediante grapas (Guerrero 1997: 222). En este yacimiento se documentó una estructura sencilla que fue interpretada como horno para este fin, pero la realidad es que sólo tenemos noticia de goterones y restos de plomo a medio fundir, sin crisoles y otros subproductos asociados.

En cualquier caso, las evidencias de trabajos metalúrgicos vinculados al plomo en contextos tan dispares, nos está indicando que en realidad, la actividad metalúrgica en sí misma seguramente no tiene unas connotaciones más especiales que otras actividades productivas o económicas, sino que lo realmente especial es el objeto que se fabrica. Así, las placas de plomo podrían considerarse objetos especiales, aspecto que parece corroborarse al menos en Mallorca, donde solo se encuentran amortizadas en contextos funerarios.

La existencia de asentamientos costeros como el mencionado Turó de Ses Abelles, interpretados como centros receptores y redistribuidores de mercancías, puede explicar la aleatoriedad que parece verse en la procedencia del metal de plomo utilizado para la elaboración de los objetos de los distintos yacimientos estudiados hasta la fecha. Dado que, por el momento, no se aprecia un patrón o una correlación entre el origen de la materia prima y los lugares de amortización, es muy posible que en el lugar de acopio se pierda la memoria o la información de la “biografía” de este metal. Esta información, es seguramente irrelevante para las comunidades indígenas que lo utilizan.

6. Conclusiones

En este trabajo observamos que las procedencias para el plomo de los objetos de cronología postalayótica coinciden bien con las contempladas en estudios anteriores (Perelló y Lull 2019). Encontramos metales que podrían haberse elaborado a partir de minerales locales, pero también observamos una muestra significativa de materiales cuya materia prima podría tener su origen en el Levante y Sur Peninsular y, de forma más incierta, en el Nordeste peninsular, Sur de Francia y Norte de África.

Comprobamos, además, diferentes situaciones dentro de la zona geográfica del Valle de Sóller, como la existencia de piezas fabricadas con un mismo molde, tanto en el mismo yacimiento como en yacimientos distintos. Así mismo, se observan piezas realizadas con el mismo molde y con isotopías similares –aunque procedentes de coladas distintas– dentro del mismo yacimiento. Igualmente, también vemos el caso opuesto: piezas fabricadas con el mismo molde amortizadas en yacimientos diferentes y con isotopías distintas.

Estos casos indican que las piezas proceden de un mismo taller o que fueron manufacturadas por el mismo artesano. Igualmente, los casos estudiados dan pistas sobre el

abastecimiento de plomo, ya que parece claro que un mismo taller se abastece aleatoriamente con materia prima de diversas procedencias. Seguramente, en el lugar de acopio se pierde la memoria o la información de la “biografía” de este metal, que posteriormente será transformado en un objeto concreto y con unas cualidades específicas en los centros productores. Estos “lugares de acopio” podrían ser yacimientos costeros como Es Turó de Ses Abelles, al menos en lo que respecta a los materiales exógenos, si bien para confirmarlo será necesario en el futuro realizar un estudio de los restos de plomo recuperados allí. Desde estos puntos, el metal se distribuiría al resto de la isla mediante redes internas de intercambios.

El presente artículo es un estudio parcial sobre unos materiales concretos de dos yacimientos del Valle de Sóller. Este sirve para poner de relieve el potencial de una herramienta como los análisis de isótopos de plomo. Su uso, en combinación con un estudio riguroso de la distribución de modelos y patrones formales de las placas, puede proporcionar una importante información para interpretar las redes de distribución internas de la isla y sobre los vínculos existentes entre las distintas comunidades que habitaban las Islas durante estas cronologías. Sin duda, es un camino que vale la pena explorar en profundidad en el futuro.

Agradecimientos

La información presentada es parte de la transferencia de conocimientos 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, cuyo IP es el Dr. Manuel Calvo Trias, catedrático de la UIB.

Agradecemos el apoyo técnico y humano de los Servicios Generales de Investigación (SGIker) de la UPV/EHU.

Bibliografía

- Arribas, A.; 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): 1074-1093. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.89.5.1074>

- Balaguer, P. (2005): *Aproximación cronotipológica a la materialidad del postalayótico mallorquín: El ajuar funerario no cerámico*. Trabajo de investigación de Tercer Ciclo. Univ. Autònoma de Barcelona.
- Baron, S.; Carignan, J.; Laurent, S.; Ploquin, A. (2006): Medieval lead making on Mont-Lozère Massif (Cévennes-France): Tracing ore sources using Pb isotopes. *Applied Geochemistry*, 21 (2): 241-252. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2005.09.005>
- Birch, T.; Westner, K. J.; Kemmers, F.; Klein, S.; Höfer H. E.; Seitz H.-M. (2020) Retracing Magna Graecia's silver: coupling lead isotopes with a multi-standard trace element procedure. *Archaeometry*, 62: 81–108. <https://doi.org/10.1111/arcem.12499>
- Brevart, O.; Dupre, B.; 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): 564-575. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.77.3.564>
- Bronk Ramsey, C. (2009): Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51 (1): 337-360. <https://doi.org/10.1017/S0033822200033865>
- Calvo, M.; Guerrero, V. M. (2011a): La Cultura Postalayótica (650/550-123 AC). *Calvià. Patrimoni Cultural* (M. Calvo, A. Aguares, eds.), Ajuntament de Calvià, vol. 1, Palma: 113-146.
- Calvo, M.; Guerrero, V. M. (2011b): La Cultura Talayótica. *Calvià. Patrimoni Cultural* (M. Calvo, A. Aguares, eds.), Ajuntament de Calvià, vol. 1, Palma: 89-112.
- Camps, J.; Vallespir, A. (1998): *El Turó de les Abelles I*. Consell de Mallorca, Palma.
- Canals, A.; Cardellach, E (1997): Ore lead and sulphur isotope pattern from the low-temperature veins of the Catalanian Coastal Ranges (NE Spain). *Mineralium Deposita*, 32 (3): 243-249. <https://doi.org/10.1007/s001260050089>
- Cardellach, E.; Canals, A.; Pujals, I. (1996) La composició isotòpica del azufre y del plomo en las mineralizaciones de Zn–Pb del Valle de Aran (Pirineo Central) y su significado metalogenético. *Estudios Geológicos*, 52 (5-6): 189-195.
- Coll, J. (1989): *La evolució del ritual funerari en la Cultura Talayótica*. Tesis doctoral. Univ. de les Illes Balears.
- Coll, J. (1993): Aproximació a l'organització territorial de la Vall de Sóller (Mallorca) durant la Protohistòria. *Homenatge al Prof. M. Tarradell*, Curial Edicions Catalanes, Barcelona: 329-344.
- Dayton, J. E.; Dayton, A. (1986): Uses and limitations of lead isotopes in archaeology. *Proceedings of the 24th International Archaeometry Symposium*: 13-41.
- Deyà, J. (2015): La Cova de les Merevelles, una nova necròpolis de taüts de l'edat del ferro a la Serra de Tramuntana. *Bolletí de la Societat Arqueològica Lul·liana* 71: 15-33.
- Deyà, J. (2018): “La cova de s’Alova (SO-25). Noves dades pel seu estudi”. En *XII Jornades d’Estudis Locals de Sóller i Fornalutx*: 169-177.
- Deyà, J. (2020): Relació i dispersió de les plaquetes de plom mallorquines del postalaiòtic. *VIII Jornades d’Arqueologia de les Illes Balears. Alcúdia, Mallorca 11, 12 i 13 d’octubre de 2018* (J. Hernández-Gasch, M. J. Rivas, M. Rivas, eds.), Consell Insular de Mallorca, Secció d’Arqueologia del Col·legi Oficial de doctors i Llicenciats en Filosofia i Lletres i en Ciències de les Illes Balears, Muro: 213-222.
- Encinas, J. A. (2014): *Corpus Cavernario Mayoricense*. El Gall Editor, Pollença, Mallorca.
- Enseñat, B. (1954): Sóller (Mallorca). I. El puig d’en Canals. *Noticiario Arqueológico Hispánico*, III-IV: 37-50.
- Enseñat, B. (1955): Sóller (Mallorca). IV. Cueva S’Alova. *Noticiario Arqueológico Hispánico*, III-IV: 54-55.
- Enseñat, C. (1975): Las plaquetas de plomo mallorquinas: sistematización tipológica. *Mayurqa: revista del Departament de Ciències Històriques i Teoria de les Arts*, 14: 63-117.
- Enseñat, C. (1981): *Las cuevas sepulcrales mallorquinas de la Edad del Hierro*. Excavaciones Arqueológicas en España. Madrid.
- Estarellas, M.; Merino, J.; Torres, F. (2014): *Les excavacions a Son Espases*. Consell Insular de Mallorca, Palma.
- García de Madinabeitia, S.; Sánchez, M. E.; Gil, J. I. (2008): Simultaneous determination of major to ultra-trace elements in geological samples by fusion-dissolution and inductively coupled plasma mass spectrometry techniques. *Analytica Chimica Acta*, 625 (2): 117-130. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2008.07.024>
- García Rosselló, J. (2010): *Análisis traceológico de la cerámica: modelado y espacio social durante el postalayótico (V-I A.C.) en la Península de Santa Ponça (Calvià, Mallorca)*. Tesis doctoral. Univ. de les Illes Balears.

- Gener, M.; Montero-Ruiz, I.; Murillo-Barroso, M.; Manzano, E.; Vallejo, A. (2014) Lead provenance study in medieval metallic materials from Madinat al-Zahra (Medina Azahara, Córdoba). *Journal of Archaeological Science*, 44: 154-163. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2014.01.029>
- Gomes, S. S.; Araújo, M. F.; Monge Soares, A. M.; Correia, V. H. (2017): Provenance evidence for Roman lead artefacts of distinct chronology from Portuguese archaeological sites. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 16: 149-156. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2017.10.002>
- Graeser, S.; Friedrich, G. (1970): Zur Frage der Altersstellung und Genese der Blei-Zink-Vorkommen der Sierra de Cartagena in Spanien. *Mineralium Deposita*, 5 (4): 365-374. <https://doi.org/10.1007/BF00206733>
- Guerrero, V. M. (1997): *Colonización púnica de Mallorca. La documentación arqueológica y el contexto histórico*. El Tall, Palma.
- Guerrero, V. M. (2006): Nautas baleáricas durante la Prehistoria (parte I). Condiciones meteomarinas y navegación de cabotaje. *Pyrenae*, 37 (1): 87-129.
- Hermanns, M. H. (2015): Las minas de S'Argentera: explotación de galena de época prerromana en Ibiza. *PHICARIA III. Minería y metalurgia en el Mediterráneo y su periferia oceánica* (J. M. Ballesta, coord.), Universidad Popular de Mazarrón, Mazarrón: 265-278.
- Hernández-Gasch, J. (1998): *Son Real. Necrópolis talayótica de la edad del hierro. Estudio arqueológico y análisis social*. Arqueomediterránea 3, Universitat de Barcelona, Barcelona.
- Hunt, M. A. (2003): *Prehistoric mining and metallurgy in South-West Iberian Peninsula*. 1188, BAR International Series, Oxford.
- Hunt, M. A.; Contreras, F.; 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. *Actas del Quinto Congreso Internacional sobre Minería y Metalurgia Históricas en el Suroeste Europeo (León-2008). Libro en homenaje a Claude Domergue* (J. M. Mata-Perelló, L. Torró, M. N. Fuentes, eds.), SEDPGYM, Lleida: 197-208.
- Javaloyas, D. (2011): "Bartomeu Enseñat Estrany (1917-1998)". *La Nissaga Catalana del món Clàssic* (M. Tudela, P. Izquierdo, eds.), Auriga, Barcelona: 427-429.
- Jemmali, N.; Souissi, F.; Carranza, E. J. M.; Vennemann, T. W. (2013): Sulfur and lead isotopes of Guern Halfaya and Bou Grine deposits (Domes zone, northern Tunisia): implications for sources of metals and timing of mineralization. *Ore Geology Reviews*, 54: 17-28. <http://dx.doi.org/10.1016/j.oregeorev.2012.04.005>
- Jemmali, N.; Souissi, F.; Carranza, E. J. M.; Vennemann, T. W.; Bogdanov, K. (2014): Geochemical constraints on the genesis of the Pb–Zn deposit of Jalta (northern Tunisia): implications for timing of mineralization, sources of metals and relationship to the Neogene volcanism. *Geochemistry*, 74 (4): 601-613. <https://doi.org/10.1016/j.chemer.2014.01.002>
- Jemmali, N.; Souissi, F.; Villa, I. M.; Vennemann, T. W. (2011): Ore genesis of Pb–Zn deposits in the Nappe zone of Northern Tunisia: Constraints from Pb–S–C–O isotopic systems. *Ore Geology Reviews*, 40 (1): 41-53. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2011.04.005>
- Klein, S.; Domergue, C.; Lahaye, Y.; Brey, G. P.; Kaenel, H. M. V. (2009): The lead and copper isotopic composition of copper ores from the Sierra Morena (Spain). *Cuadernos de geología ibérica = Journal of Iberian geology: an international publication of earth sciences*, 35 (1): 59-68.
- Le Guen, M.; Orgeval, J.-J.; Lancelot, J. (1991): Lead isotope behaviour in a polyphased Pb–Zn ore deposit: Les Malines (Cévennes, France). *Mineralium Deposita*, 26 (3): 180-188. <https://doi.org/10.1007/BF00209256>
- Llull, B.; Perelló, L.; Guerrero, V. M.; Fullola, J. M.; Petit, M. À.; 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): 102-119. <https://doi.org/10.3989/tp.2019.12228>
- Miller, J.; Miller, J. C. (2010): *Statistics and chemometrics for analytical chemistry*. Canada: Pearson Education.
- Montero, I. (2017): La Solana del Bepo from an archaeometallurgical perspective. *Revista d'arqueologia de Ponent*, 2: 65-79.
- Montero, I.; Gener, M.; Hunt, M. A.; Renzi, M.; Rovira, S. (2008): Caracterización analítica de la producción metalúrgica protohistórica de plata en Cataluña. *Revista d'Arqueologia de Ponent*, 18: 292-316.

- Murillo-Barroso, M.; Montero-Ruiz, I.; Rafel, N.; Ortiz, M. A. H.; 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. <https://doi.org/10.1111/ojoa.12079>
- Nicolás, J. C. de (1988): El jaciment funerari de sa Cova dels Ossos (sa Torre Nova, es Migjorn) i la matalúrgia del plom als darrers segles de la cultura talaiòtica de Menorca. *Meloussa*, 1: 9-52.
- Perelló, L. (2017): *Tecnología metalúrgica del cobre y del bronce durante el periodo postalayótico en Mallorca (ca. s. VI a. C. - s. I a. C.)*. Tesis doctoral. Univ. de les Illes Balears.
- Perelló, L.; 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: 89-113. <https://doi.org/10.14201/zephyrus20198489113>
- Rafel, N.; Soriano, I.; Armada, X. L.; Hunt, M.; Montero, I. (2019): Lead and copper mining in Priorat county (Tarragona, Spain): From cooperative exchange networks to colonial trade (2600-500 BC). *Metals, Minds and Mobility. Integrating Scientific Data with Archaeological Theory* (X. L. Armada, M. Murillo-Barroso, M. Charlton, eds.), Oxbow books, Oxford: 147-158.
- Ramon Torres, J.; Rafel Fontanals, N.; Montero, I.; Santos, M.; Renzi, M.; Hunt, M. A., Armada, X. L. (2011): Comercio protohistórico: el registro del Nordeste peninsular y circulación de mineral de plomo en Ibiza y el Bajo Priorato (Tarragona). *SAGVNTVM. Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia*, 43: 55-81.
- Reimer, P. J.; Austin, W. E. N.; Bard, E.; Bayliss, A.; Blackwell, P. G.; Bronk Ramsey, C.; Butzin, M.; Cheng, H.; Lawrence, R.; Friedrich, M.; Grootes, P. M.; Guilderson, T. P.; Hajdas, I.; Heaton, T. J.; Hogg, A. G.; Hughen, K. A.; Kromer, B.; Manning, S. W.; Muscheler, R.; Palmer, J. G.; Pearson, C.; Plicht, J.; Reimer, R. W.; Richards, D. A.; Scott, E. M.; Southon, J. R.; Turney, C. S. M.; Wacker, L.; Adolphi, F.; Büntgen, U.; Capano, M.; Fahrni, S. M.; Fogtmann-Schulz, A.; Friedrich, R.; Köhler, P.; Kudsk, S.; Miyake, F.; Olsen, J.; Reinig, F.; Sakamoto, M.; Sookdeo, A.; Talamo, S. (2020): The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon*, 62 (4): 725-757. <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>
- Rodríguez, J.; Montero-Ruiz, I.; Hunt-Ortiz, M.; García-Pavón, E. (2020) Cinnabar provenance of Chalcolithic red pigments in the Iberian Peninsula: A lead isotope study. *Geoarchaeology*, 35: 871-882. <https://doi.org/10.1002/gea.21810>
- Romer R. L.; 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: 374-383.
- Santos Zalduegui, J. F.; García, S.; Gil, J. I.; Palero, F. (2004): A lead isotope database: The Los Pedroches-Alcudia area (Spain); Implications for archaeometallurgical connections across southwestern and southeastern Iberia. *Archaeometry*, 46: 625-634. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2004.00178.x>
- Sinclair, A. J.; Macquar, J. C.; Rouvier, H. (1993): Re-evaluation of lead isotopic data, southern Massif Central, France. *Mineralium Deposita*, 28 (2): 122-128. <https://doi.org/10.1007/BF00196336>
- Sinner, A. G.; Martínez-Chico, D.; Ferrante, M. (2020): El yacimiento subacuático de Las Amoladeras, Cabo de Palos (Cartagena). Nuevos enfoques. *Zephyrus* 85: 139-162. <https://doi.org/10.14201/zephyrus202085139162>
- Stos-Gale, Z.; Gale, N. H.; Houghton, J.; Speakman, R. (1995): Lead Isotope Data from the Isotrace Laboratory, Oxford: Archaeometry Data Base 1, Ores from the Western Mediterranean. *Archaeometry*, 37 (2): 407-415. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.1995.tb00753.x>
- Subías, I.; Fanlo, I.; K. 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: 241-251. <http://dx.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: 130-146. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.04.001>
- Tornos, F.; 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): 965-985. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.99.5.965>
- Van Strydonck, M. J. Y.; Waldren, W. H.; Hendrix, V. (1997): The 14C Chronology of the Son Mas Sanctuary Site (Valldemosa, Mallorca, Spain). *Radiocarbon*, 40 (2): 735-748. <https://doi.org/10.1017/S0033822200018683>

- Veny, C. (1947): La necrópolis de la cueva “Cometa dels Morts”, cerca de Lluch, en Mallorca. *Archivo Español de Arqueología*, 20: 46-59.
- Waldren, W.; Grimalt, C. (1995): A case history: the function and origin of Mallorcan cast lead votive funerary jewellery. *Ritual, Rites and Religion in Prehistory. IIIrd Deya International Conference of Prehistory (Deyà 1993)* (W. Waldren, J. Ensenyat, R. C. Kennard, eds.), BAR Internacional Series 611, Oxford: 238-263.
- Wytttenbach, A.; Schubiger, P. A. (1973): Trace Element Content of Roman Lead by Neutron Activation Analysis. *Archaeometry*, 15 (2): 199-207. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.1973.tb00090.x>