

Producción y circulación de metal en Menorca (Islas Baleares) durante el periodo Naviforme (ca. 1.600-850 cal ANE): los talleres de Son Mercer de Baix (Ferrerries) y Cala Blanca (Ciutadella) y algunos lingotes inéditos*

Metal production and circulation in Minorca (Balearic Islands) during the Naviform period (ca. 1600-850 cal ANE): the Son Mercer de Baix (Ferrerries) and Cala Blanca (Ciutadella) workshops and some unpublished ingots

Pau Sureda^a

RESUMEN

En este trabajo se da a conocer un conjunto material asociado a la producción metalúrgica en Menorca durante el periodo Naviforme, mediante los casos de Cala Blanca y Son Mercer de Baix. Además, se tratan aspectos relativos a la circulación de metal incluyendo en el estudio varios conjuntos de lingotes inéditos. La información presentada permite contextualizar las prácticas de producción metalúrgica en la isla y caracterizar dichos conjuntos de evidencias mediante su análisis de composición elemental (FRX-ED). En conjunto, se arrojan datos importantes para la comprensión de los espacios de producción y formas de circulación de metal en la isla de Menorca con implicaciones para el archipiélago balear y el Mediterráneo Occidental durante el Bronce Final.

ABSTRACT

This paper presents the evidence for metallurgical production at the sites of Cala Blanca and Son Mercer de Baix (Minorca) during the Naviform period. We also explore the circulation of metal in this period, including the study of several unpublished ingots. The information presented here allows us to contextualize the process of metallurgical produc-

tion on the island and to characterize the evidence through XRF-ED analysis. This contributes to a better understanding of the production spaces and circulation of metal on the island of Minorca, with several implications for the Balearic archipelago and the Western Mediterranean during the Late Bronze Age.

Palabras clave: Islas Baleares; Menorca; Naviforme; metalurgia; Bronce Final; FRX-ED.

Key words: Balearic Islands; Minorca; Naviform; metallurgy; Late Bronze Age; ED-XRF.

1. INTRODUCCIÓN

La metalurgia llegó a las Islas Baleares a finales del III milenio cal ANE, junto con las primeras poblaciones que colonizaron y se asentaron de modo permanente en el archipiélago, posiblemente relacionadas con los grupos de filiación campaniforme (Alcover 2008; Ramis 2014; Sureda *et al.* 2018; Fernandes *et al.* 2020). Durante esos primeros siglos de ocupación en el archipiélago, y hasta aproximadamente el 1600

* Este artículo se ha desarrollado bajo los objetivos científicos y financiación de los proyectos: “Producción y circulación de metales en la transición Bronce Final - Edad del Hierro (siglos IX-VI A.C.): interacciones entre la Iberia atlántica y el Mediterráneo occidental” (PID2021-123001NB-I00 Ministerio de Ciencia e Innovación “Proyectos de Generación de Conocimiento”), “Producción y deposición masiva de bronce plomados en la transición Bronce Final - Edad del Hierro de la Europa atlántica” (HAR2017-84142-R MICINN-FEDER) y “La producción metalúrgica menorquina en época Naviforme. Una aproximación arqueometalúrgica (IMENA)”, financiado por el Institut d’Estudis Menorquins (IEM). En el proceso de investigación y redacción disfrutó de contratos posdoctorales de la Xunta de Galicia-GAIN (IN606C-2021/002) y del Ministerio de Ciencia e Innovación en el programa “Juan de la Cierva-Incorporación” (IJC2020-042714-I/AEI/10.13039/501100011033). El autor es beneficiario de una beca para la publicación de artículos científicos del Consell Insular de Menorca (EXP. 2112-2020- 000001).

^a Instituto de Ciencias del Patrimonio (INCIPIIT). Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Edificio Fontán, Bloque 4. Monte Gaiás s/n. ES-15707 Santiago de Compostela. España. Correo e.: pau.sureda@incipit.csic.es <https://orcid.org/0000-0003-4366-6489>
Recibido 25-III-2022; aceptado 8-VII-2022.

cal ANE, la metalurgia jugó un papel secundario en la materialidad de las sociedades baleáricas. Solía reducirse a objetos de pequeño formato, sobre todo puñales y punzones (Salvà 2010; Sureda 2019). Ya durante el Bronce Medio, grupos arqueológicos diferenciados de las dinámicas sociales del continente y con características materiales propiamente baleáricas sucedieron a estas primeras formaciones sociales. Son grupos conocidos y caracterizados especialmente por sus habitaciones naviformes¹, que encontramos en el conjunto del archipiélago balear. Estas construcciones naviformes eran espacios domésticos, donde se alternaban y combinaban las áreas de producción y consumo. En líneas generales y con matices específicos para cada isla, se puede argumentar que estas sociedades se organizaron de manera no jerárquica; su base principal de subsistencia era la agricultura, la ganadería y la explotación de recursos marinos (esta última exclusiva de las islas Pitiüsas, Sureda 2016; Sureda *et al.* 2017). Del mismo modo, utilizaron distintos tipos de espacios funerarios siempre con rituales de inhumación colectiva (Lull *et al.* 1999; Fornés y Salvà 2001; Guerrero *et al.* 2007; Salvà y Hernández-Gasch 2009).

La cronología más aceptada (Micó 2005) sitúa su funcionamiento entre *ca.* 1600/1450 y 900/850 cal ANE. No obstante, el debate cronológico sigue abierto. Las fechas de Arenalet de Son Colom (Ramis *et al.* 2007) en Mallorca, Cala Blanca en Menorca (Valenzuela 2020) o Cap de Barbaria II en Formentera (Sureda *et al.* 2017) podrían elevar ligeramente su inicio. Respecto a su momento final, investigaciones en curso plantean su uso hasta bien entrado el I milenio cal ANE (850-800 cal ANE), durante la transición al denominado periodo Talayótico o Prototalayótico en Mallorca y Menorca o Fenicio en las Pitiüsas (Ibiza y Formentera). En Menorca, no obstante, pudo tener un final algo prematuro pues varias fechas sugieren que la transición al periodo Talayótico pudo iniciarse alrededor de 1100 cal ANE (Anglada *et al.* 2014).

En este contexto, el estudio de la metalurgia balear siempre ha tenido presente la escasez (en Mallorca y Menorca) o ausencia total (en Ibiza y Formentera) de mineralizaciones locales de cobre. Tradicionalmente estas se han considerado insuficientes para la demanda interna de metales (Delibes y Fernández-Miranda 1988), ligando principalmente el abastecimiento a los intercambios con el exterior. Los estudios, en las últimas décadas, de estas mineralizaciones ponen de manifiesto la importancia que pudieron tener las explotaciones locales de cobre durante toda la Edad del Bronce en las Islas Baleares. La investi-

gación de esos depósitos en varios espacios de la Sierra de Tramontana en Mallorca (Ramis *et al.* 2005; Alcover *et al.* 2007) y en otros de Menorca (Salvà *et al.* 2010), en especial en las minas de Sa Mitja Lluna (Illa den Colom) (Hunt *et al.* 2014), completada con los estudios de isótopos de plomo en objetos prehistóricos (Stos-Gale *et al.* 1999; Sureda 2016, 2019, 2020; Sureda *et al.* 2021; Lull *et al.* 2019; 2021; 2022) y en las propias mineralizaciones (Lull *et al.* 2021) definen el estado actual de la cuestión. De hecho, se ha constatado que estos recursos circularon entre las islas del archipiélago balear, abasteciendo a zonas que carecían de ellos (Sureda 2016, 2019, 2020). La llegada de metales e influencias procedentes del exterior de las islas fueron constantes a lo largo del II milenio cal ANE. Sin embargo, parece que no alcanzó niveles significativos hasta momentos de transición entre el Bronce Medio/Final, a partir de *ca.* 1.400 cal ANE (Guerrero 2008; Salvà 2010) y, con mayor intensidad, a partir de 1.200/1.100 cal ANE (Sureda 2020).

Esta coyuntura científica aumenta la importancia del estudio de las evidencias locales de producción metalúrgica y de sus formas de circulación. Entendemos como tales todos los elementos derivados del proceso de producción, incluyendo los productos y subproductos derivados de las tareas que van de la extracción del mineral hasta el colado del metal en el molde, así como los artefactos destinados a su transporte (básicamente lingotes). Dichas evidencias han venido documentándose puntualmente en las últimas décadas (Fig. 1) en todo el archipiélago. No obstante, la investigación arqueológica ha abordado su estudio en pocas ocasiones (p. ej., Rovira y Ambert 2002), y nunca de un modo exhaustivo y minucioso.

El proyecto “IMENA”, más amplio, se propone superar esta situación mediante el estudio sistemático de esas evidencias. Las procedentes de la isla de Menorca superan a las del resto del archipiélago, constituyendo un caso fundamental para la comprensión del fenómeno a una escala más amplia. Este trabajo presenta los primeros resultados de este proyecto, contextualizando y analizando, por primera vez, los elementos derivados de la producción metalúrgica documentadas en los yacimientos menorquines de Son Mercer de Baix y Cala Blanca. Además, publicamos un conjunto inédito de lingotes procedentes de Menorca, poniéndolos en relación con los conjuntos de lingotes documentados previamente.

2. CONTEXTOS ARQUEOLÓGICOS Y MATERIALES ESTUDIADOS

Como decíamos, en este trabajo se recogen los datos de producción metalúrgica de dos yacimientos y distintos lingotes menorquines del periodo Navifor-

¹ Entendemos por naviformes aquellas estructuras de planta de nave invertida o herradura, cierre absidal o apuntado, construidas a partir de muros de estructura tripartita. Estas estructuras designan, según la terminología clásica, a los periodos del Bronce Medio y del Bronce Final.

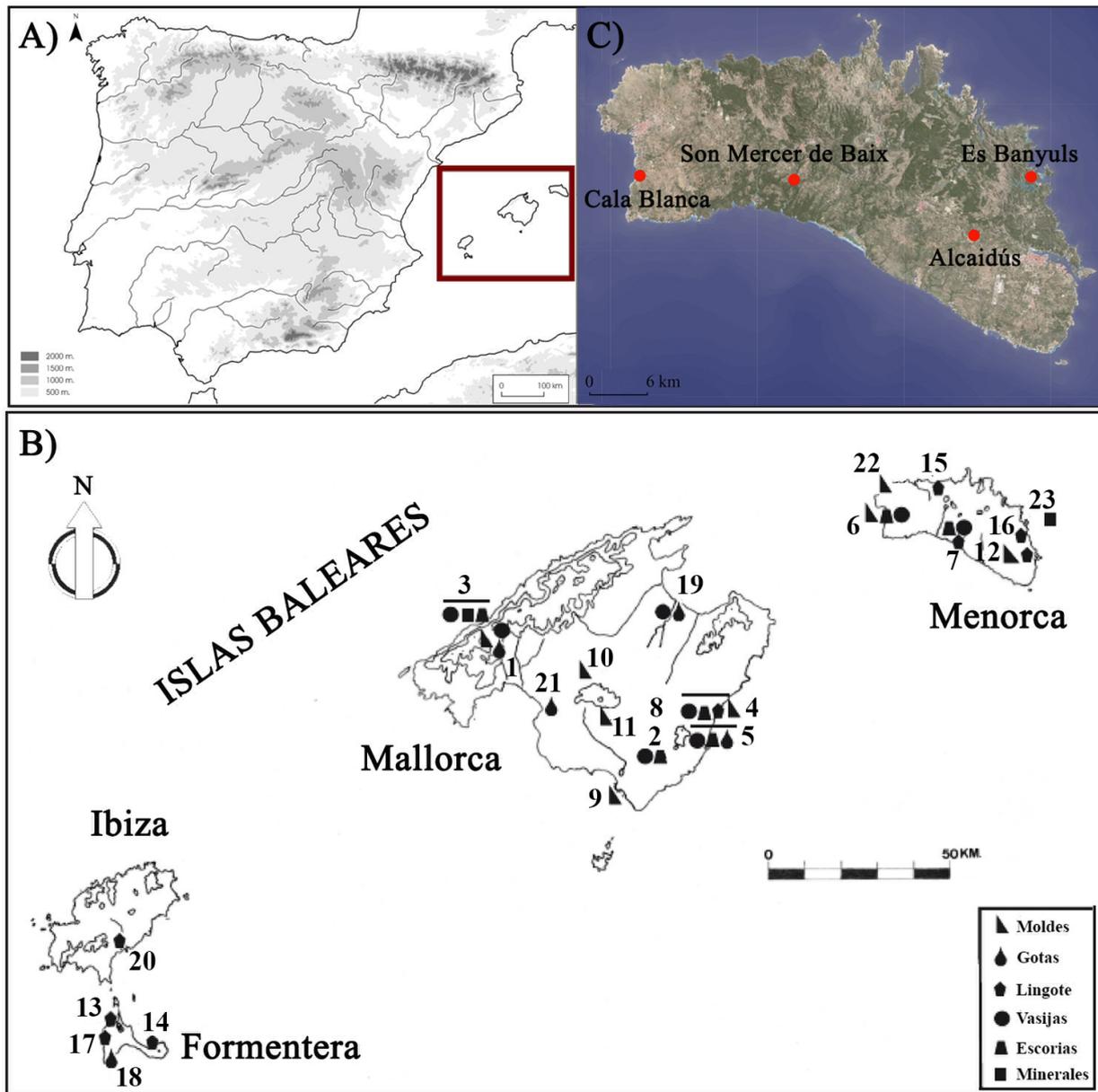


Fig. 1. A) Posición de las Islas Baleares respecto a la península ibérica. B) Localización de las evidencias de producción y circulación metalúrgica recogidas en el artículo (fuente Infraestructura de Datos Espaciales de las Islas Baleares - IDEIB) y C) en el proyecto IMENA (La producción metalúrgica menorquina en época Naviforme. Una aproximación arqueometalúrgica): 1. Son Oms; 2. Son Ferrandell-Olesa; 3. Es Velar; 4. S'Hospitalet; 5. Es Closos de Can Gaià; 6. Cala Blanca; 7. Son Mercer de Baix; 8. Can Roig Nou; 9. Na Moltona; 10. Cas Canar; 11. Son Julià; 12. Torelló; 13. La Sabina; 14. Bosc de Can Rita; 15. Es Aljubs; 16. Es Banyuls; 17. Can Mariano Gallet; 18. S'Arenalet de Son Colom; 19. Can Pere Joan; 20. Son Oms; 21. Cala Morell; 22. Sa Mitja Lluna (modificado y actualizado a partir de Salvà 2013: 282, fig. 1/Cap. 5). En color en la edición electrónica.

me (Fig. 1B). Los pertenecientes a los conjuntos de la Colección Flaquer² y de Alcaidús se dan a conocer y

analizan por primera vez, sumándose a los de Aljubs, Banyuls y Son Mercer de Baix. Algunos de ellos se vuelven a analizar, incorporándose nuevos elementos a la discusión.

² Joan Flaquer y Fàbregues (Maó, 1877- Madrid, 1963).

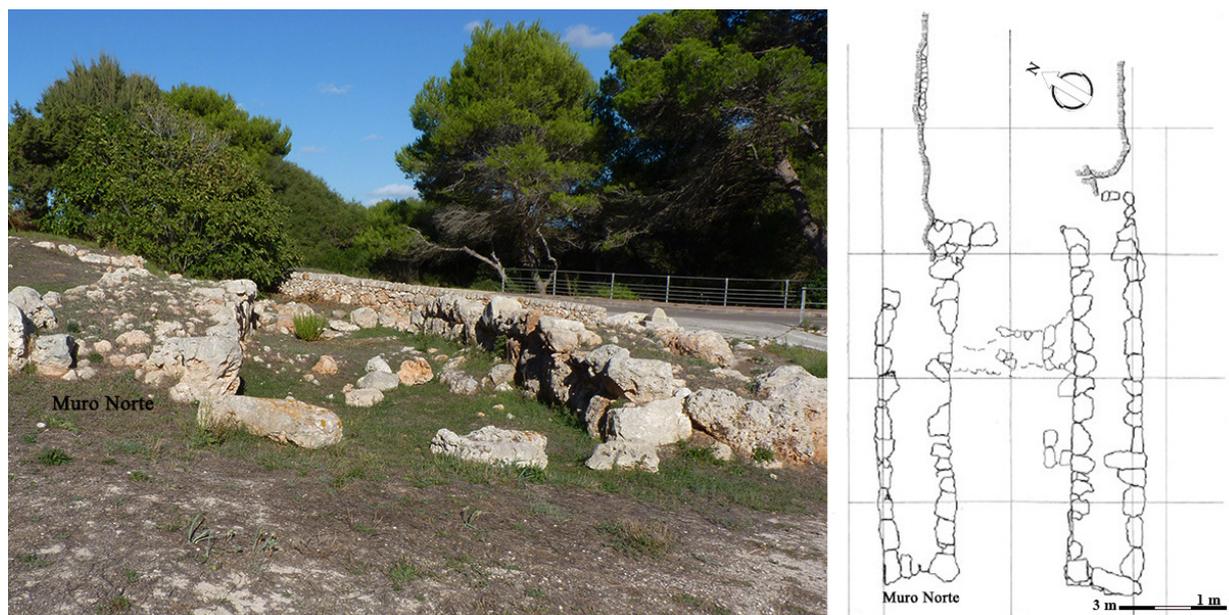


Fig. 2. Cala Blanca: imagen actual (fuente: Wikipedia) y planta del naviforme (modificada a partir de Juan y Plantalamor 1997: 18, fig.6). En color en la edición electrónica.

Así, en primera instancia se recogen un total de 154 ítems correspondientes a restos y evidencias de producción y artefactos procedentes de Son Mercer de Baix (119) y Cala Blanca (35), todos ellos depositados en el Museo de Menorca. En segundo lugar, se incorporan 26 lingotes de distinto tipo, documentados en Menorca y actualmente depositados en ese museo y en el Museu Diocesà de Menorca, o aún en curso de estudio (Anexo-Tab. 1).

2.1. Cala Blanca

El naviforme de Cala Blanca (Fig. 2) está situado en la costa occidental del municipio de Ciutadella en Menorca, muy cerca de la playa homónima desde la que se divisa perfectamente la isla de Mallorca. Un equipo del Museo de Menorca lo excavó entre 1986 y 1993 (Juan y Plantalamor 1997). Su estructura estaba bastante dañada (había perdido parte del ábside) y tenía un tercio posterior semi-excavado en la roca

Yacimiento	ID lab	Muestra	BP	CAL 2 σ (95,4%)
Son Mercer de Baix	CNA4965	Molar caprino. H1. Nivel IV	3300 \pm 30	1629-1502
Son Mercer de Baix	CNA4966	Falange suido. H1. Nivel IV	3190 \pm 30	1507-1415
Cala Blanca	IRPA-1123	Fauna. Nivel inferior	3320 \pm 40	1731-1505
Cala Blanca	IRPA-1124	Fauna. Nivel superior	3100 \pm 40	1489-1260
Cala Blanca	D-AMS 029810	Mandíbula oveja Nivel inferior (Q. B2)	3430 \pm 32	1876-1625
Cala Blanca	D-AMS 029811	Mandíbula oveja Nivel medio (Q. B2)	3122 \pm 30	1493-1293
Cala Blanca	D-AMS 029812	Mandíbula oc	3150 \pm 27	1499-1320
Cala Blanca	D-AMS 029813	Mandíbula oc	3374 \pm 39	1751-1534

Tab. 1. Dataciones disponibles para los yacimientos de Cala Blanca (Plantalamor y Van Strydonck 1997; Valenzuela 2020) y Son Mercer de Baix (Sotiruadou *et al.* 2023). Las fechas han sido calibradas usando el software Oxcal v4.4 (Bronk Ramsey 2009) y la curva IntCal20 (Reimer *et al.* 2020). oc oveja o cabra

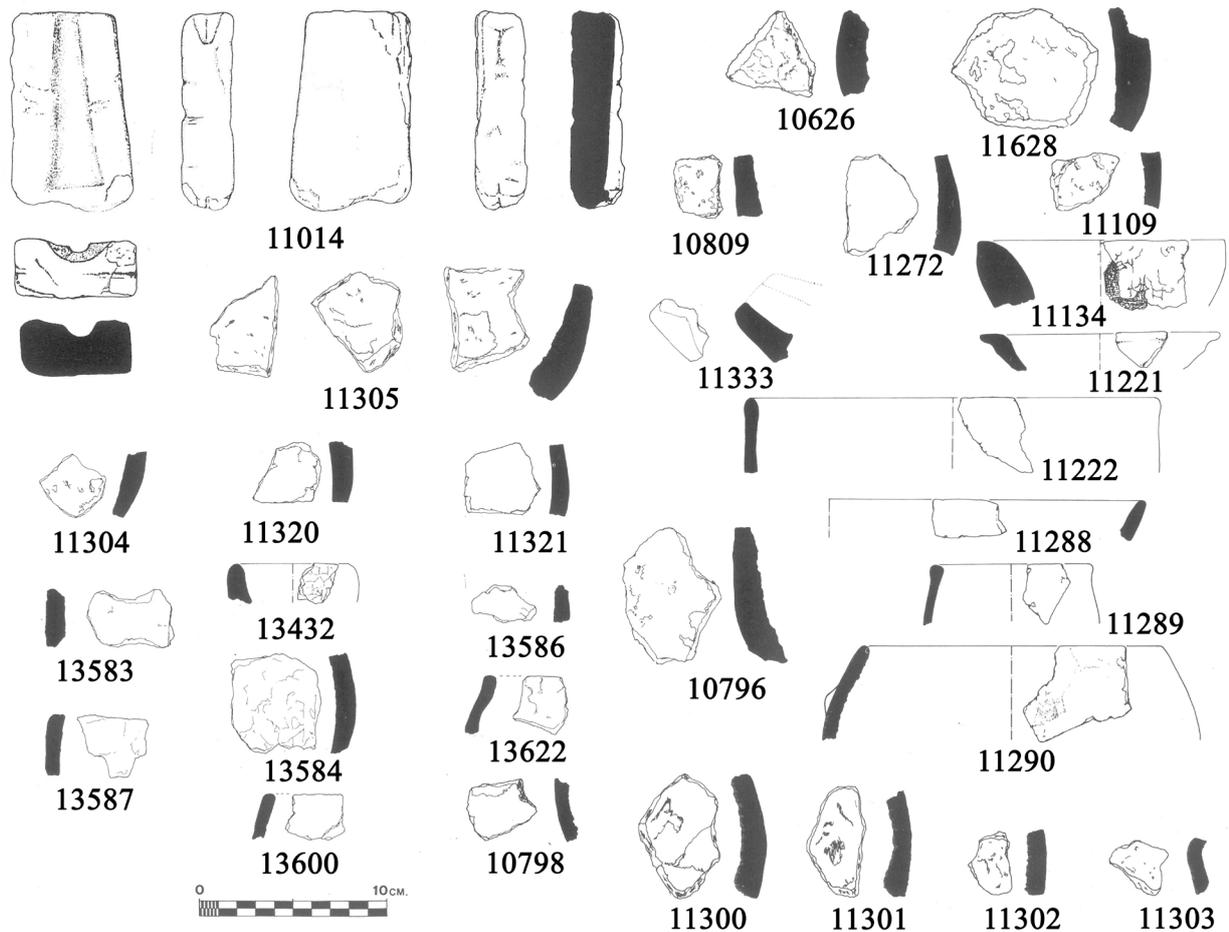


Fig. 3. Cala Blanca. Dibujo arqueológico de las evidencias de producción metalúrgica (Juan y Plantalamor 1997: 95, 96 y 152).

con el resto de su arquitectura construida con la habitual técnica ciclópea de los naviformes. La secuencia estratigráfica del interior muestra dos niveles arqueológicos, interpretados inicialmente como niveles de uso (Plantalamor y Van Strydonck 1997), donde buena parte de los restos documentados provenían del nivel superior. Tras las primeras intervenciones, se disponía de dos dataciones radiocarbónicas (Tab. 1), reinterpretadas en los últimos años como propias de un rico paleosuelo (IRPA-1123) y del nivel de uso del naviforme (IRPA-1124) (Micó 2005; Guerrero *et al.* 2007). Cuatro nuevas dataciones (Valenzuela 2020) permiten plantear unos intervalos de 1876-1505 cal ANE para el nivel preconstructivo (Nivel inferior o Paleosuelo) y 1499-1260 cal ANE para el nivel de uso de la estructura (Nivel Superior/Medio).

Entre los materiales recuperados destacan los restos cerámicos, en particular de contenedores en forma de tonel, cuyo uso algunos autores relacionan con el

almacenamiento de víveres destinados a los intercambios comerciales (Guerrero 2008; Calvo *et al.* 2011). Se calcula que podría haber más de un centenar de estos recipientes cilíndricos (Juan y Plantalamor 1997) en Cala Blanca. Una revisión del conjunto faunístico recuperado en su interior (Ramis y Anglada 2012) detalla elementos de industria ósea entre los que destacan punzones, agujas, espátulas, un colgante y numerosos restos de mamíferos (principalmente caprinos). Valenzuela (2020) incorporó parte de esos ejemplares a su análisis de la dieta y la movilidad (Sr) de los caprinos. De sus resultados se desprende que posiblemente la ganadería consumida en este naviforme no se alimentaba de la vegetación de su entorno inmediato.

En líneas generales, estos datos sugieren que este espacio tuvo funciones complementarias a las meramente domésticas, como las de centro de almacenaje

con posible relación con actividades de intercambio con poblaciones locales y foráneas.

2.1.2. Materiales estudiados

Se han estudiado un total de 33 fragmentos cerámicos con restos de uso en procesos metalúrgicos (Anexo-Tab. 1) de los 35 inicialmente publicados (Juan y Plantalamor 1997) (Fig. 3), además de un molde (11014, Fig. 4) para hachas realizado sobre arenisca (Anexo-Tab. 1). Destaca la variabilidad formal de los recipientes empleados en procesos metalúrgicos pues la mayoría corresponden a formas típicas de los ámbitos domésticos naviformes. Por lo general, podemos clasificarlos como ollas y vasos de tipología esférica o semiesférica y globulares. La pasta de las cerámicas es heterogénea, a veces con desgrasantes o inclusiones de tipo calcáreo y con cocciones normalmente reductoras o mixtas.

2.2. Son Mercer de Baix

El yacimiento de Son Mercer de Baix (Fig. 5) está localizado a 105 m s. n. m. cerca de los acantilados del Barranc d'en Fideu, en el municipio de Ferreries. Consta, al menos, de cuatro estructuras naviformes y otras dos habitaciones, o espacios rectangulares, vinculadas a estas. Es uno de los poblados naviformes más emblemáticos de Baleares, sobre todo por la monumentalidad y el estado de conservación de su Naviforme I o "Cova des Moro", que conserva tres grandes columnas de tipo mediterráneo y parte del techo compuesto de losas de piedra. Este yacimiento fue inicialmente descrito por Cartailhac (1892) y otros investigadores e intervenido en 1962 por M.^a Lluïsa Serra Belabre que excavó en el Naviforme II. En los años 1980 Cristina Rita y Lluís Plantalamor retomaron las excavaciones, interviniendo en los Naviformes III, IV y en las dos habitaciones rectangulares adosadas (Plantalamor y Rita 1984; Rita 1987; Rita y Topp 1988). Finalmente, en 2001 en la actuación preventiva para consolidar el Naviforme I³ también se excavaron algunas de sus partes exteriores. Además, en los últimos años, en el poblado se han investigado los procesos de construcción de sus estructuras naviformes (García Amengual 2006) y la base isotópica de su ganadería, como fuente de comparación con otros yacimientos funerarios cercanos, como la Cova des Pas (Sotiriadou *et al.* 2023).

³ F. J. Navarro, F. Romeo y E. Ripoll. *Informe de la excavación arqueológica de urgencia en el perímetro de la naveta denominada "Sa Cova des Moro" del yacimiento arqueológico de Son Mercer de Baix. Ferreries, Menorca*. Inédito. Consell Insular de Menorca, 2002.



Fig. 4. Cala Blanca. Conjunto representativo de las cerámicas escorificadas y del molde estudiado (imágenes del autor). En color en la edición electrónica.

De la consulta de las publicaciones y memorias de excavación se pueden destacar aspectos relativos a sus estructuras, estratigrafía asociada y materiales recuperados.

El uso continuado del Naviforme I (18 x 7,50 m) ha impedido la preservación de registro arqueológico en su interior. Sin embargo, de las excavaciones al exterior con motivo de las intervenciones de consolidación⁴ sí se dispone de estratigrafía y de allí procede un fragmento de escoria.

Los Naviformes II y III (8 x 5 m y 10 x 6,30 m respectivamente) carecen prácticamente de información arqueológica, pues su contenido continúa inédito. No obstante, en el exterior del III parece que se localizó un fragmento de cuchillo de remaches y un punzón (Salva 2013), ahora en paradero desconocido.

⁴ Véase n. 3.

El Naviforme IV (18 x 7,60 m) presenta mayor información sobre el material asociado, pero no del contexto estratigráfico. Destaca el conjunto cerámico con presencia de toneles y ollas de forma globular y base plana. También aparecieron cerámicas más pequeñas, como cazuelas, olletas globulares, vasos y copas troncocónicas. Por otra parte, muy cercano al denominado “Muro Oeste” y en un lugar no del todo definido, se encontró un escoplo de sección cuadrangular (20200, Fig. 6). En el mismo nivel, junto al citado Muro Oeste y cerca del ábside, se localizó “escoria de metal” que tampoco se identificó entre los materiales del museo.

Únicamente se dispone de una estratigrafía parcial de las Habitaciones 1 y 2 donde se habrían distinguido los siguientes niveles:

Nivel 1. Superficial.

Nivel 2. Derrumbe de la cubierta del edificio.

Nivel 3. Nivel de abandono de tierra roja, estéril en materiales.

Nivel 4. Nivel de uso de la estructura con materiales cerámicos de época Naviforme. Nivel donde aparecieron el brazaletes, punzón, escorias, cerámica escoriificada y otros restos de producción metalúrgica.

Nivel 5. Nivel anterior al momento antes documentado.

Nivel 6. Roca madre.

La Habitación 1 (Fig. 5A. y 5E.) es una estructura rectangular, adosada al muro del Naviforme IV (6,10 x 8,50 m). Se configura a partir del Muro Oeste de unos cuatro metros, al final de los cuales gira en ángulo recto hacia el sur, alargándose unos tres metros más. Las reducidas dimensiones de este espacio quedan definidas por otra pequeña pared, también adosada al Muro Oeste. En esta estructura se define al menos un nivel contemporáneo al Naviforme IV y otro subyacente más antiguo. En el primero se localizó un brazaletes (22001, Fig. 6), un punzón (22002, Fig. 6) y escorias/restos de producción (22009, Anexo-Fig. 1) más o menos en la mitad del muro adosado al ábside. Como además allí había mucha ceniza, posiblemente la zona se pueda relacionar con la práctica de actividades metalúrgicas. Refuerzan esta interpretación los hallazgos de fragmentos cerámicos escoriificados, uno de perfil entero (22004, Anexo-Fig. 2), y de restos de producción (22197, Anexo-Fig. 2).

El espacio de la Habitación 2 (Fig. 5A. y 5E.) se delimita por el muro que hace ángulo recto con la Habitación 1 y por otro que continuaría adosado al ábside. Junto al final del primero se halló un pequeño lingote de forma ovalada (22003, Fig. 6), el último elemento relacionado con el metal del sitio.

Los estudios de materiales previos al actual son análisis de composición elemental de artefactos metáli-

cos (un brazaletes, escoplo, lingote y punzón en Delibes y Fernández-Miranda 1988; Montero-Ruiz *et al.* 2005) que han vuelto a analizarse en este trabajo. Además, se han hecho lecturas parciales (Rita 1982, 1987; Rita y Topp 1988), a nivel espacial, de abundantes conjuntos de cerámica (p. ej., vasos troncocónicos, vasijas pitoides...), instrumentos macrolíticos (molinos y morteros) y raspadores, percutores o punzones de hueso, entre otros.

Recientemente, hemos datado por carbono 14 (Sotiroudou *et al.* 2023) dos muestras de fauna procedentes de la campaña de 1978 del llamado “nivel de habitación” (descrito aquí como “Nivel 4”) de la Habitación 1 de Son Mercer de Baix. El nivel estratigráfico es el mismo donde se documentaron el brazaletes, el punzón, las “escorias” y los fragmentos de cerámica escoriificada. La primera fecha (CNA4965) correspondía a un molar superior de caprino y la segunda (CNA4966) a una segunda falange de suido. De los resultados de ambas dataciones (Tab. 1) se desprende que la Habitación 1 de Son Mercer de Baix estuvo en uso, al menos, entre 1629-1415 cal ANE. Las lecturas son más parciales, pero resulta interesante constatar que la construcción de las Habitaciones 1 y 2, así como la del Naviforme IV, al que se adosan, serían necesariamente anteriores a 1502 cal ANE y su abandono, necesariamente posterior a 1507 cal ANE.

En conjunto, parece evidente que, en Son Mercer de Baix, las prácticas metalúrgicas forman parte de un grupo más amplio de actividades entre las que están principalmente las de carácter doméstico. Se aprecia una planificación en su ubicación espacial y una cierta especialización en el repertorio material asociado.

2.2.1. Materiales estudiados

El conjunto de materiales estudiados (Anexo-Tab. 1) se compone de 119 ítems: 9 artefactos o piezas acabadas (1 placa remachada, 2 brazaletes, 1 escoplo, 2 punzones y otros 2 fragmentos indeterminados de perfil rectangular, 1 lingote), 10 fragmentos cerámicos con restos de escoriificaciones (uno de ellos de perfil casi entero), 67 restos de fundición (incluyendo goterones y escorias). Además, se conservan otros 33 restos más del N.INV 22197 en su mayoría fragmentos de cerámica escoriificada (Anexo-Fig. 2) pero también restos de escoria y alguna gota de fundición. De ellos se recogió y analizó únicamente un conjunto representativo. Las cerámicas presentan una pasta heterogénea, a veces con desgrasantes o inclusiones de tipo calcáreo y cociones normalmente reductoras.

Destacamos además que alguno de los 9 objetos o piezas ya acabadas, caso del escoplo, el punzón o el

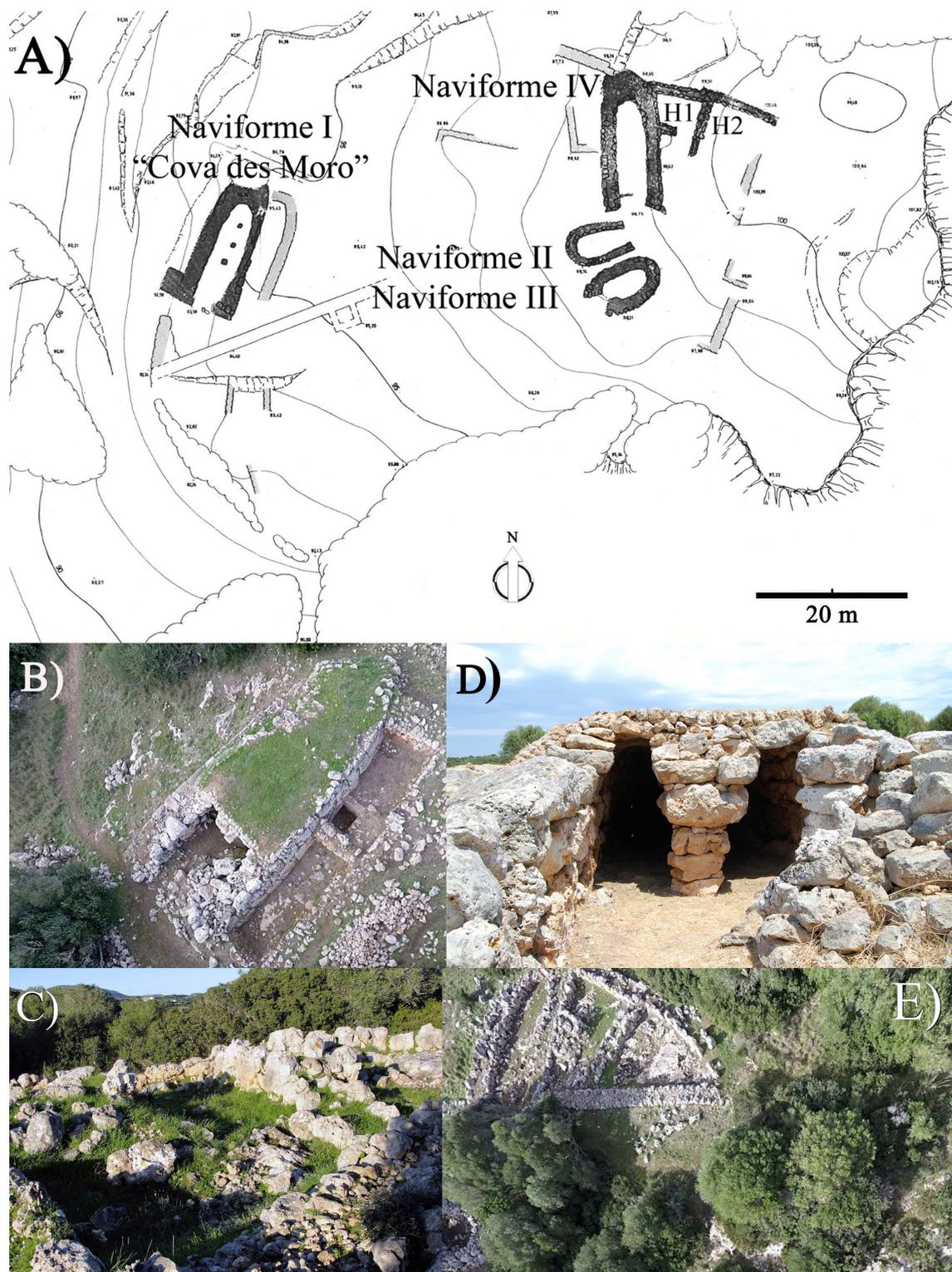


Fig. 5. A) Planta general del yacimiento de Son Mercet de Baix (modificada a partir de Plantalamor 1991) y estructuras del mismo: B) D) Naviforme I "Cova des Moro". C) Habitaciones 1 y 2 en la actualidad. E) Vista aérea de las mismas y del Naviforme IV (imágenes del autor y cedidas por Damià Ramis). En color en la edición electrónica.



Fig. 6. Son Mercer de Baix. Piezas acabadas: brazaletes (22001), punzón (22002), escoplo (20200) y elementos de fundición: lingote ovalado (22003) (imágenes del autor). En color en la edición electrónica.

lingote (Fig. 6), guardan relación con la función de taller metalúrgico del espacio donde se localizan.

2.3. Los lingotes menorquines

En el marco del proyecto IMENA, en 8 yacimientos o conjuntos distribuidos en la isla de Menorca hemos recogido informaciones relativas a 26 lingotes (Anexo-Tab. 1). Un total de 16 han sido analizados o reanalizados para este trabajo, de los que 13 (Colección Flaquer y Alcaidús, Fig. 7) estaban inéditos hasta la fecha. El resto de lingotes documentados en Menorca (Fig. 8;

Anexo-Tab. 1, Anexo-Fig. 3), se agrupan en tres tipos: plano-convexo circular, plano-convexo pequeño alargado (“tipo pan”) o barra (“lingote-hacha”). Se han incluido todos en el Anexo-Tab. 1 para contextualizar mejor la discusión de los datos. No obstante, a continuación, solo se presentan los 16 conjuntos analizados o reanalizados.

2.3.1. Es Banyuls (Banyuls)

Dos lingotes localizados sin control arqueológico son de posible adscripción al poblado de naviformes conocido en Es Banyuls (Maó) (Fig. 7). Son ejemplares de forma plano-convexa con superficie irregular, cuya composición química cuenta con un primer estudio (Montero-Ruiz *et al.* 2005). Los lingotes plano-convexos tienen numerosos paralelos en todo el Mediterráneo desde el Bronce Antiguo. Estos pueden incluirse con los ejemplos completos del Mediterráneo Occidental de unos 2 kg de metal en bruto, como los formenterenses de La Savina o Bosc den Rita (Sureda 2016). Estos lingotes se emplean posiblemente en torno a los siglos VIII y VII arq. ANE (Montero-Ruiz *et al.* 2011).

2.3.2. Colección Flaquer

La parte arqueológica de la Colección Flaquer está formada por más de 1000 piezas de época prehistórica, romana e islámica de Menorca. Además, tiene una sección de numismática (más de 1300 monedas), biblioteca y toda la documentación que incluye información de las piezas más singulares que ingresaron en el Museo de Menorca en 2017. Procedentes de esta colección hemos estudiado 11 lingotes de tipo pan pequeño (Figs. 7 y 8). Ejemplares como los vistos en Son Mercer de Baix en torno a 100-300 g de metal en bruto permiten fechar estos lingotes a durante la Edad del Bronce (periodo Naviforme).

2.3.3. Sant Vicent d’Alcaidús (Alcaidús)

Hoy Sant Vicent de Alcaidús (Alaior) tiene un yacimiento talayótico, pero también construcciones más antiguas como sepulturas megalíticas o navetas funerarias. De allí hemos estudiado un lingote en forma de pan pequeño, con la cara inferior plana y la contraria convexa (Figs. 7 y 8). Se desconoce su contexto arqueológico pero tipológica y cronológicamente es comparable a los ejemplares de Son Mercer de Baix o la Colección Flaquer.



Fig. 7. Lingotes menorquines plano-convexos estudiados en este trabajo. Colección Flaquer: 11 tipo pan pequeño sin procedencia (FFA460 a 469, 135b) y 1 de Alcaidús; 1 de Son Mercer de Baix y 2 con superficie irregular de Es Banyuls sin contexto. La vista dorsal y sección longitudinal de los lingotes, salvo B56 y B57, se representan en la figura 8 (imágenes del autor). En color en la edición electrónica.

3. MÉTODOS

3.1. Estrategias de muestreo

El conjunto de materiales presente en cada contexto es heterogéneo por lo que la estrategia de muestreo se adaptó de manera que los datos fueran comparables, al menos, entre conjuntos de materiales equivalentes. Siempre que las cuestiones de conservación lo permitían el análisis se hizo sobre metal limpio de pátina. Los análisis en cerámicas escoriñicadas se han centrado en las zonas más “cuprosas”, es decir, de apariencia más metálica, identificable normalmente por tonos verdosos o azulados en la parte escoriñicada de la zona interior del vaso/vasija. En estos casos también se ha analizado la parte exterior limpia de la pasta cerámica a fin de comparar, por ejemplo, los porcentajes de cobre o estaño con los que se detectan en zonas no escoriñicadas.

3.2. Análisis de composición química elemental (FRX-ED)

Los análisis de composiciones elementales se determinaron por Fluorescencia de Rayos X, mediante un espectrómetro INNOV-X Alpha del Museo Arqueológico Nacional utilizado en el Proyecto “Arqueometalurgia de la Península Ibérica” (CSIC) (Rovira y Montero-Ruiz 2018). Este instrumento está equipado con tubo de rayos X con ánodo de plata y trabaja con voltaje de 35 kV y corriente de 20 μ A con un filtro de aluminio de 2 mm. Los tiempos de adquisición se fijaron en 40 segundos, calculando los valores cuantitativos a partir de una calibración de parámetros fundamentales ajustada con patrones certificados. El límite de detección de la plata (Ag) y antimonio (Sb) es 0,15 % y de 0,02 % para el resto de elementos. En las tablas (Anexo-Tab. 2 y 3), los resultados van expresados como porcentaje en peso (bld = no detectado o por debajo

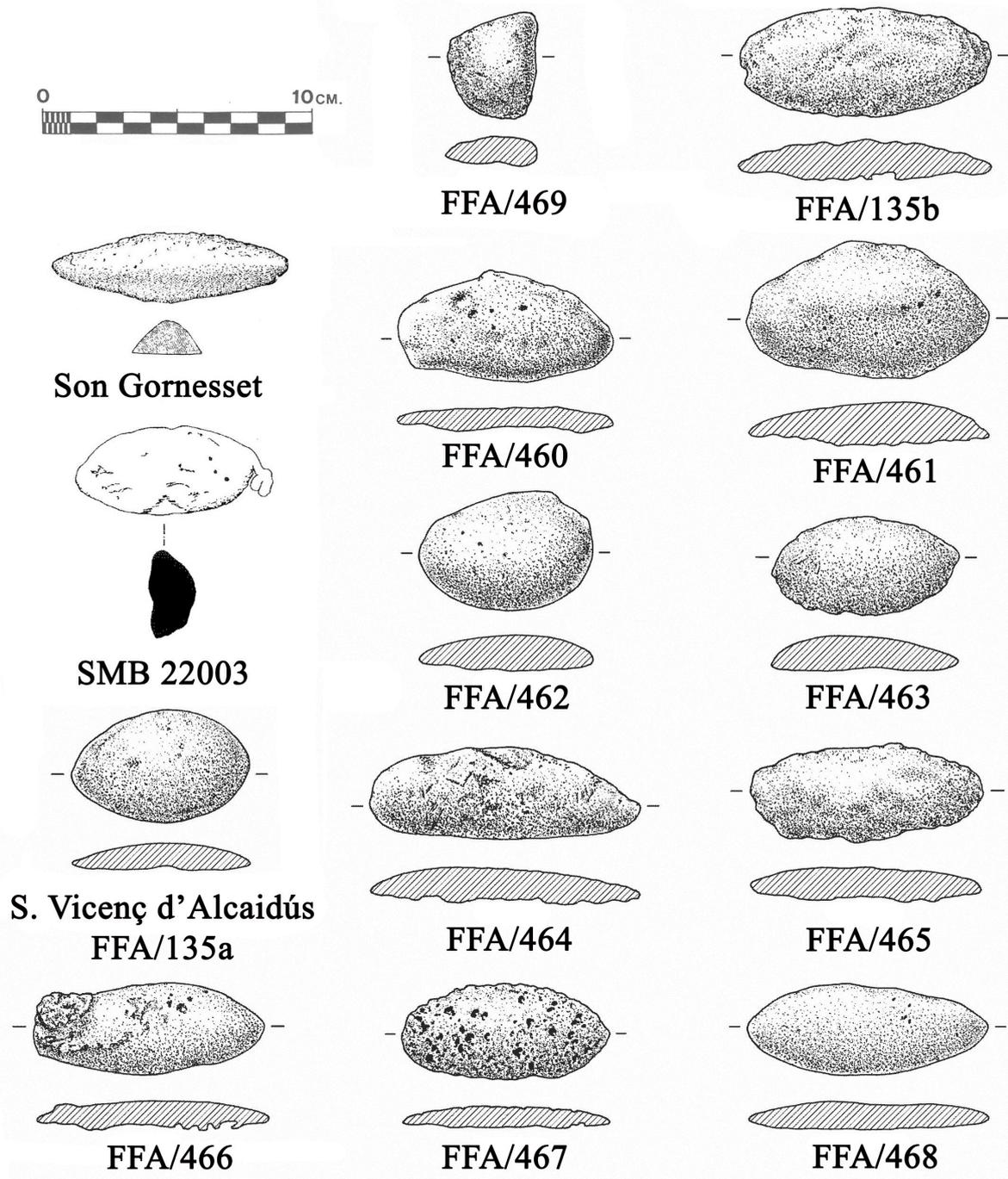


Fig. 8. Vista dorsal y sección longitudinal de los lingotes de la Colección Flaquer (dibujos realizados por Anxo Rodríguez) y de Son Gorneset (Cartailhac 1892: 67, fig. 79, Colección Pons y Soler).

límite de detección). En las escorias y cerámicas con escorificaciones se activó el método de elementos ligeros (*Light Elements-LE*) para que la cuantificación

recoja la presencia relativa de los elementos metálicos en el conjunto de la muestra.

4. RESULTADOS

Se presentan un total de 87 análisis de composición elemental por FRX-ED realizados sobre un conjunto de 76 ítems de distinta índole (Anexo-Tab. 2).

Se han estudiado de Cala Blanca un total de 26 elementos que cuentan con 33 análisis (Anexo-Tab. 2). Este conjunto se compone principalmente de matrices cerámicas o pétreas (el molde), por ello son mayoritarios los elementos ligeros (LE), así como otros presentes normalmente en suelos y/o arcillas (Ti, Mn, Zr). En las matrices con mayor presencia de escoria hay más hierro (Fe). Otros elementos más pesados atómicamente como el cobre (Cu), arsénico (As), estaño (Sn) o plomo (Pb) son relacionables con los procesos metalúrgicos. La presencia de Cu es indicativa de la asociación de dichos elementos con procesos de producción metalúrgica y la de Sn en niveles significativos (más de 0,1 %) puede interpretarse incluso como evidencia de la producción de aleaciones de bronce (Cu+Sn).

En primera instancia, no parece que el molde (11014) conserve trazas de cobre en niveles significativos en su cara interna (0,1 %), en comparación con la externa (0,08 %) para afirmar con rotundidad su uso. En segundo lugar, el estudio detallado de los datos de composición de las vajillas metalúrgicas constata evidencias de Sn en 11 de las 25 en algunos análisis de las escorificaciones en la cara interna (inv. 11221, 11305, 13584, 10796, 11271, 10601, 10626, 10628, 13586, 10798, 13587). Las 14 vajillas metalúrgicas restantes no lo tienen. Por lo tanto, este tipo de vasijas de Cala Blanca pueden relacionarse con producciones de cobre aleado o sin alear. Otros elementos minoritarios identificados en la parte escorificada destacables son el As (22 casos) y el Pb (13), seguidos del Níquel (Ni) (5) y Zinc (Zn) (4) que posiblemente procedan del mineral/metal empleado en los procesos metalúrgicos. Es difícil extraer conclusiones en términos cuantitativos sobre el porcentaje de metales aleados. En la única bolita metálica analizada, extraída de un fragmento cerámico escorificado (10798, PA26938C), se detectan niveles de Pb suficientes (2,69 %) para considerarla una aleación ternaria, aunque es cierto que dichos niveles también se han descubierto en mineralizaciones de cobre menorquinas (Llull *et al.* 2021).

Se han estudiado de Son Mercer de Baix un total de 36 ítems por FRX-ED y se han hecho 40 análisis (Anexo-Tab. 2) de objetos acabados (punzones, láminas, escoplo y brazaletes) y también de un lingote, goterones, fragmentos de vajillas metalúrgicas y escorias. Del conjunto, únicamente tres son claramente de cobre sin alear o fueron empleados para producirlo: el lingote (22003, PA26872), una de las gotas de fundición (22006, PA26895) y un fragmento de escoria (2002/1554, PA26880). Los 33 ítems restantes pueden

relacionarse de una u otra forma con la producción de aleaciones binarias de Cu+Sn (27) o ternarias de Cu+Sn+Pb (6). Se consideran entre éstos últimos los que tienen niveles superiores al 2 % Pb (en restos de fundición), aunque lo cierto es que las proporciones de este último elemento varían en todas las piezas de Son Mercer de Baix.

Como en Cala Blanca, entre las matrices cerámicas y escorias analizadas, los LE son mayoritarios, así como Ti, Mn, Zr que suelen aparecer en suelos y arcillas, y el Fe en aquellos con mayor presencia de escoria. Además, detectamos elementos como el Cu, As, Sn o Pb, más pesados atómicamente y relacionados con procesos metalúrgicos.

Sorprende que todas las muestras de Son Mercer de Baix tengan algún porcentaje de Pb (entre 0,01 y 8,96 en 36 casos), el elemento más representado entre los minoritarios y, a veces, quizás añadido de forma intencional. Entre los demás elementos minoritarios sobresale el As (26), seguido del Ni (13), el mercurio (Hg) (7), Ag (5) y en menor medida Zn (1), cuyo posible origen es el mineral/metal empleado en los procesos metalúrgicos. Merece una mención especial el alto contenido en Zn (0,73 %) del escoplo (20200) que puede deberse al uso de minerales de paragénesis Cu-Zn, pero también a una tecnología, seguramente con un ambiente altamente reductor, dada la alta volatilidad del Zn. El caso de la plata resulta también interesante, pues no suele aparecer y puede ser determinante de cara a la futura adscripción del origen del mineral utilizado.

Completan los conjuntos analizados un total de catorce lingotes procedentes de la Colección Flaquer (11), Es Banyuls (2) y St. Vicent d'Alcaidús (1). Los lingotes de tipo pan pequeño de la Colección Flaquer son de cobre sin alear. La excepción son los lingotes FFA/469 (3,38 % Pb, PA26891B) y, especialmente, FFA/467 (19 % Pb, PA26889) que pueden considerarse cobres plomados. Las composiciones de los demás lingotes son muy similares con cantidades variables de As y Pb con enriquecimientos superficiales. En los restantes elementos minoritarios destaca la Ag (7 de los once lingotes), el Ni (5) y el Sb (3). Por otra parte, uno de los 2 lingotes planoconvexos de Banyuls está bastante mineralizado (56) como muestran los altos contenidos de LE detectados. No obstante, ambos lingotes son muy similares en su composición, mayoritariamente de Cu con pequeñas cantidades de As, Ag y Pb. Estos resultados son también similares a los del lingote de pan pequeño de Alcaidús (FFA/135/a).

Una comparación rápida entre los resultados presentados aquí, y los publicados sobre algunas de las mismas piezas en trabajos previos (Montero *et al.* 2005) (Anexo-Tab. 3) a cargo de otros equipos (Rovira y Montero 2018), muestra la plena compatibilidad de

los elementos mayoritarios identificados. Se mantienen hechos ya identificados en los primeros análisis como los niveles significativos de Zn del escoplo (20200) o la aparición de Ag y Ni como algunas de las impurezas principales. No obstante, destaca la menor detección de Zn en el resto de piezas (de 4 a 1) y la ausencia total de Sb en los nuevos análisis. Estas diferencias se explican por el elevado límite de detección del espectrómetro INNOV-X.

5. PRODUCCIÓN Y CIRCULACIÓN DE METAL EN MENORCA

El presente artículo pretende ahondar en una realidad poco conocida hasta la fecha como es la producción y circulación metalúrgica en la Menorca naviforme (*ca.* 1.600-850 cal ANE), primero mediante el análisis de los dos únicos talleres o espacios de producción identificados y excavados en la isla y, en segundo lugar, a través de los conjuntos de lingotes puestos en circulación.

Las cronologías disponibles para los espacios de producción en Son Mercer de Baix (1629-1415 cal ANE) y Cala Blanca (1499-1260 cal ANE) sugieren que ambos sitios estuvieron en uso, al menos, durante el grueso del periodo Naviforme. Ello permite considerarlos y compararlos como espacios relativamente contemporáneos, un hecho significativo, pues sus características difieren en varios aspectos. En Cala Blanca las fechas si parecen ajustadas a la secuencia estratigráfica documentada. En cambio, en Son Mercer de Baix no es descartable que los rangos de ocupación del poblado excedan las fechas aquí propuestas pues existen niveles y estructuras, previas y posteriores, sin fecha radiocarbónica alguna.

Las evidencias de producción en Son Mercer de Baix son variadas y, salvo los minerales y moldes, representan al conjunto del proceso de producción metalúrgica: abundantes restos de escoria, vasijas escoriñicadas, gotas y objetos acabados, además de un lingote. Estos indicadores se concentran en torno a un espacio diferenciado de los principales edificios y construcciones domésticas del poblado, como son las habitaciones anexas al Naviforme IV. Este hecho puede ponerse en relación con poblados naviformes como el de Cap de Barbaria II (Formentera), donde aparecieron gotas de fundición en espacios anexas a los naviformes (Sureda 2020). Además, las vasijas metalúrgicas utilizadas parecen responder a un mismo tipo de vaso, sugiriendo homogeneidad y sistematización en las operaciones. Queda patente en la producción en sí misma que la mayoría de los elementos responden a trabajos de producción de bronce (Cu+Sn). Dichos fragmentos cerámicos se usaron probablemente como “vasija de reducción”

para correducción de minerales, o bien como crisol para su fundición/cementación, procediendo así a la aleación de los mismos. El hecho de que un lingote sea el único objeto de cobre sin alear, puede interpretarse también en este sentido. Destaca la presencia de Pb en todos los análisis, posiblemente añadido de manera intencional en algunos casos (en tres de ellos supera el 3 %). En conjunto las evidencias presentadas sugieren que la metalurgia de Son Mercer de Baix aparentemente sistematizaba el espacio, las producciones y los elementos implicados en la producción.

La configuración de restos varía en Cala Blanca. Allí destaca el hallazgo de múltiples fragmentos correspondientes a vasos de distinto tipo que fueron reutilizados para trabajos metalúrgicos y que aparecen dentro y fuera de la estructura. Todos los tipos son los habituales en otros poblados naviformes. Junto a estos, aparece un molde para fundición de hachas, pero no documentamos objeto metálico alguno, ni tampoco gotas u otras evidencias de los procesos de reducción o fundición. Dicho contexto, *a priori*, sugiere que el proceso tecnológico de la producción metalúrgica sería singular y distinto del de Son Mercer de Baix. En Cala Blanca se usarían los materiales disponibles para operaciones de reducción, fundición o incluso reciclaje de pequeña envergadura, dada la escasez de subproductos, especialmente escorias. Los datos analíticos presentados sugieren también esa diversidad de operaciones donde intervendrían varias producciones de base cobre (aleado con Sn o sin alear).

Finalizamos los espacios de producción destacando que, junto a Son Mercer de Baix y Cala Blanca, las evidencias de moldes en Ses Talaies, Cala Morell o Torrelló (véase Fig. 1) documentan también operaciones locales de fundición metalúrgica.

Resulta más difícil la acotación cronológica de los lingotes, dada la falta de contextos arqueológicos que se les asocien en la mayoría de casos. No obstante, la distribución geográfica de los lingotes en Menorca y los nuevos estudios realizados en este trabajo amplían la base empírica y analítica disponible. La propia presencia de lingotes avala un comercio amplio de la materia prima en bruto (Montero *et al.* 2011). La variabilidad tipológica detectada en los lingotes menorquines permite plantear un criterio de escala productiva y variabilidad de “mercados” en la puesta en circulación del metal durante el periodo Naviforme (*ca.* 1600-850). Tiene especial interés el caso de los lingotes tipo pan pequeño, como los presentados en este trabajo o los ya conocidos de Aljubs (Montero *et al.* 2005). Por lo general suelen tener entre 100-300 g y, por el momento, son exclusivos de Menorca. El hallazgo de uno de ellos en Son Mercer de Baix y las nuevas fechas presentadas nos lleva a adelantar su datación al periodo Naviforme con una larga perduración durante el Pro-

totalayótico, sin asignarlos en exclusiva a este último, como se propuso (Montero *et al.* 2005). Apoyarían esta dilatada propuesta cronológica los altos porcentajes de Pb (19,3 % en FFA/467) de algunos de estos lingotes, como también sucede en objetos de este periodo como los hallados en los hipogeos de Binimaimut (Gornés 2016). Además, en Menorca, y en el conjunto del archipiélago balear, documentamos otros dos tipos de lingotes, relacionados con escalas más amplias de circulación. Los plano-convexos (entre 1,5-2 kg) de Banyuls son muy similares a los ejemplares baleares de La Savina o de Bosc de Can Rita en Formentera (Sureda 2020) y están ampliamente distribuidos en el Mediterráneo Occidental durante el Bronce Final. A su vez lo están los de tipo lingote-hacha (Simón 1998; Renzi 2010; Lorrio *et al.* 2020), también de unos 100-300 g, representados en Menorca por el ejemplar de Torelló (Plantalamor 1991; Salvà 2013; Sureda 2016) del que también se dispone de un molde y con cronologías del siglo VIII-VII a.C. Su distribución está acotada al Sudeste de la península ibérica (Fonteta, Peña Negra, Tabaia, Alcúdia) pero también se conoce en Ibiza (Can Pere Joan) y Formentera (Can Marià Gallet) (Sureda 2020).

En resumen, sabemos que las comunidades que habitaron la Menorca naviforme fueron receptoras y consumidoras de lingotes porque los identificamos en su registro material. Sabemos también que hay explotaciones locales de materia prima mineral, lo que sugiere que las poblaciones locales menorquinas controlaban parte de dichos recursos. La similitud entre algunos restos de producción analizados en Son Mercer de Baix con el lingote de tipo pan pequeño permite también plantear que fue producido con materia prima similar. Es decir, las comunidades menorquinas fueron responsables también de la producción y circulación de los lingotes de tipo pan pequeño, los cuales a su vez se utilizaron para la producción de bronce mediante su aleación con estaño procedente del exterior de la isla. Del mismo modo, cabe proponer que estos lingotes fueran el medio de circulación del metal menorquín entre las islas del archipiélago balear a partir de los resultados isotópicos (Llull *et al.* 2019, 2021; Sureda 2016, 2019, 2020), pero aún no se conocen ejemplares fuera de Menorca.

Según la composición química de los lingotes la amplia mayoría son de cobre sin alear y únicamente 4 de los analizados (dos de la Colección Flaquer y dos de Aljubs) son claramente de cobre plomado (más de 3 % Pb). Es muy significativo que esto se produzca en los lingotes de tipo pan pequeño y, a su vez, en restos de producción identificados en Son Mercer de Baix (p. e. 22009-33). Ello podría relacionar también dichos lingotes con la aparición de aleaciones ternarias en la isla, en cronologías muy tempranas (Montero *et al.* 2005),

tal vez de las primeras en el Mediterráneo Occidental. Resulta todavía poco clara cómo la presencia creciente de lingotes, ya sean de cobre o cobre plomado, puede asociarse con el proceso productivo de la aleación de bronce, habitualmente confeccionado correduciendo minerales de cobre y estaño (Rovira 2007) durante la prehistoria peninsular, pero que puede estar indicando ya un cambio hacia la aleación metálica o cementación.

Siguiendo con la composición elemental, constatamos diferencias interesantes en los conjuntos de impurezas documentadas. Aplicando el método Oxford⁵ de clasificación de metales, según los grupos de impurezas detectadas (Bray *et al.* 2015; Pollard *et al.* 2018), en los lingotes y demás restos de producción (metálicos) analizados predomina el metal del grupo 2 (con As), con casi el 51 % de las piezas. Los resultados están muy influenciados por la selección de muestras de Son Mercer de Baix, aunque también incluye nueve de los lingotes menorquines. El grupo 9 (con As y Ag) es el segundo con cerca del 25 % de restos analizados y está formado por nueve de los lingotes, especialmente por cinco de la Colección Flaquer. Les siguen el grupo 12 (con As, Sb y Ag), presente en tres lingotes de Colección Flaquer y uno de Aljubs y, finalmente, el grupo 1 (sin impurezas) identificado en un resto de Cala Blanca y un lingote de Banyuls. Esta diversidad sugiere una posible correspondencia con la del mineral de origen de los lingotes. En líneas generales, coinciden bastante bien con las principales impurezas detectadas en los minerales menorquines: Sb, Ag y As (Llull *et al.* 2021). Algunas coincidencias relevantes son los niveles de Hg (mercurio) en muestras de Son Mercer de Baix (PA26909B o PA26908), impureza sólo detectada por el momento en minerales de Son Tema (Mercadal, Menorca). A su vez las impurezas, en niveles significativos de As y Pb (a veces más del 2 %) son habituales en las mineralizaciones de Binifabini Vell (Mercadal, Menorca). Muestras y objetos, en su mayoría de Son Mercer de Baix como el escoplo (20200), tienen niveles significativos de Zn, fruto del uso de mineralizaciones de Cu-Zn, también presentes en la isla.

6. CONCLUSIONES

El periodo Naviforme supuso, en muchos aspectos, el desarrollo y consolidación de prácticas sociales propias de las comunidades de las Islas Baleares, al margen de las dinámicas históricas imperantes en la Europa continental.

⁵ Dicha propuesta establece el límite del 0,1 % para determinar la presencia del elemento. No obstante, los análisis del espectrómetro IN-NOV-X tienen un límite de detección del 0,15 % para Ag y Sb. Como la comparación de material es interna, aquí aplicamos este límite para una correcta clasificación de ambos elementos (véase, p. ej., Rafel *et al.* 2021).

Entre ellas, destacamos la originalidad de las construcciones domésticas (los naviformes) o el establecimiento de redes de intercambio e interacción, en las que la metalurgia jugó un papel importante, dada su distribución irregular entre las distintas islas del archipiélago.

La extracción de mineral de cobre y su posterior trabajo metalúrgico son actividades cuya mayor presencia en el registro arqueológico permite también distinguir las prácticas realizadas en los poblados naviformes de Menorca, de las de las otras islas del archipiélago. Gracias a los restos de producción estudiados en este trabajo para Son Mercer de Baix y Cala Blanca se han caracterizado, por primera vez, los tipos de producciones de base cobre, interpretándolas en función de su contexto arqueológico, cronológico, distribución espacial y composición química. Destaca la mayor homogeneidad productiva y el predominio de las aleaciones binarias (Cu+Sn) en Son Mercer de Baix, con producciones cerámicas específicas. En cambio, en Cala Blanca se registra más diversidad en las aleaciones y más heterogeneidad en los vasos, reciclados de otras actividades domésticas para su uso en los procesos metalúrgicos. Se identifican producciones ternarias (Cu+Sn+Pb) en cronologías tempranas en varias evidencias de producción metalúrgica de Son Mercer de Baix. Posiblemente están asociadas a la confección de objetos a partir de lingotes de cobre plomado, de los cuales se identifican aquí dos nuevos ejemplares procedentes de la Colección Flaquer. El estudio detallado de las impurezas del metal permite también proponer (a falta de incorporar datos isotópicos) varios orígenes para los metales trabajados en ambos talleres, compatibles en muchos casos con minerales conocidos de Menorca, así como para los conjuntos de lingotes estudiados.

En Menorca es interesante constatar la probable producción local y uso de los lingotes de tipo pan pequeño, lingotes que pudieron servir también para abastecer las redes locales y regionales de intercambios metalúrgicos. De este modo se habría establecido un patrón de circulación de unos 100-300 g de metal en bruto, adaptado a las demandas de las producciones locales de base cobre. Estos patrones, ya durante el Bronce Final, se solaparían con la llegada de otros tipos, relacionados con escalas de circulación más amplia, en este caso evidenciadas por los lingotes planoconvexos (Banyuls) y los lingote-hacha (Torelló), ambos relacionados con el sudeste de la península ibérica. Es posible que acabaran sustituyendo al patrón local de circulación y a la mayoría de las producciones locales.

Futuros análisis metalográficos sobre las muestras aquí presentadas permitirán ahondar en los tipos de procesos metalúrgicos desarrollados y en sus particularidades tecnológicas, así como en los conjuntos de cargas (metálicas o minerales) implicadas en las vasijas con restos de escoriación estudiadas en este mismo

trabajo. A su vez, el análisis por isótopos de plomo nos permitirá dotar de mejores argumentos, las propuestas de adscripción geográfica de los restos de producción, lingotes y objetos, propuestas para estos conjuntos.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera mencionar la colaboración y comentarios de Ignacio Montero, Xosé Lois Armada y Marcos Martín en diversos momentos del desarrollo de esta contribución. También a Anxo Rodríguez la realización de los dibujos de la Col·lecció Flaquer y a Damià Ramis la cesión de algunas de las imágenes de Son Mercer de Baix. Finalmente, subrayar también la participación y facilidades del Museu de Menorca en el estudio y análisis de los materiales de sus fondos.

ANEXO: MATERIAL COMPLEMENTARIO

En la edición electrónica de este artículo, disponible en libre acceso en el sitio web de la revista, se incluye un anexo con los siguientes contenidos:

Fig. 1. Restos de producción, escorias y gotas metálicas de Son Mercer de Baix.

Fig. 2. Vasijas metalúrgicas de Son Mercer de Baix.

Fig. 3. Dibujos de otros lingotes prehistóricos menorquines.

Tab. 1. Datos básicos y descripción de los materiales estudiados.

Tab. 2. Resultados de los análisis de composición elemental por FRX-ED realizados.

Tab. 3. Resultados de los análisis de composición elemental por FRX-ED realizados en trabajos previos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcover, J. A. 2008: "The first mallorcans: Prehistoric colonization in the Western Mediterranean". *Journal of World Prehistory* 21, 19-84. <https://doi.org/10.1007/s10963-008-9010-2>
- Alcover, J. A.; Trias, M. y Rovira, S. 2007: "Noves balmes metal·lúrgiques a les muntanyes d'Escorca i de Pollença". *Endins: publicació d'espeleologia* 31: 161-178.
- Anglada, M.; Ferrer, A.; Plantalamor, L.; Ramis, D.; Van Strydonck, M. y De Mulder, G. 2014: "Chronological framework for the Early Talayotic Period in Menorca: The settlement of Cornia Nou". *Radiocarbon* 56, 2: 411-424. <https://doi.org/10.2458/56.16962>
- Bray, P.; Cuénod, A.; Gosden, C.; Hommel, P.; Liu, R. y Pollard, A. M. 2015: "Form and flow: the 'karmic cycle' of copper". *Journal of Archaeological Science* 56: 202-209. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.12.013>
- Bronk Ramsey, C. 2009: "Bayesian analysis of radiocarbon dates". *Radiocarbon*, 51(1), 337-360. <https://doi.org/10.1017/s0033822200033865>
- Calvo, M.; Javaloyas, D.; Albero, D.; Garcia-Rossell, 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): 345-363. <https://doi.org/10.1080/00438243.2011.605840>

- Cartailhac, É. 1892: *Monuments primitifs des îles Baleares*. Ed. Privat. Toulouse.
- Delibes de Castro, G. y Fernández-Miranda, M. 1988: *Armas y utensilios de bronce en la Prehistoria de Baleares*. Studia Archaeologica 78, Universidad de Valladolid. Valladolid.
- Fernandes, D. M.; Mitnik, A.; Olalde, I.; Lazaridis, I.; Cheronet, O.; Rohland, R.... y Reich, D. 2020: "The spread of steppe and Iranian-related ancestry in the islands of the western Mediterranean". *Nature Ecology & Evolution* 4: 334-345. <https://doi.org/10.1038/s41559-020-1102-0>
- Fornés, J. y Salvà, B. 2001: "La Cultura Naviforme de Mallorca y su contexto cronocultural en el Mediterráneo". *II Congreso español de estudios del Próximo Oriente*. Cádiz, 24-27 enero de 2001.
- García Amengual, E. 2006: "El proceso constructivo de un edificio de la edad del bronce en Menorca: el caso de Son Marcer de Baix (Ferreries, Menorca)". *Mayurqa* 31: 113-136.
- Gornés Hachero, J. S. 2016: *Sociedad y cambio en Menorca: sistematización de los contextos arqueológicos de las navetas funerarias entre el 1400 y el 850 cal ANE*. Tesis doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona. <http://hdl.handle.net/10803/396184>
- Guerrero, V. M. 2008: "El Bronce Final en las Baleares. Intercambios en la antesala de la colonización fenicia del archipiélago". En S. Celestino, N. Rafel, y X. L. Armada (eds.): *Contacto cultural entre el Mediterráneo y el Atlántico (siglos XII-VIII a.n.e.)*. La precolonización a debate. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Escuela Española de Historia y Arqueología en Roma. Madrid: 183-217.
- Guerrero, V. M.; Calvo, M.; García, J. y Gornés, J. S. 2007: *Prehistoria de las Islas Baleares. Registro arqueológico y evolución social antes de la Edad del Hierro*. British Archaeological Reports International Series 1690, Archaeopress. Oxford.
- Hunt, M. A.; Lull, B.; Perelló, L. y Salvà, B. 2014: "Aprovechamiento de recursos cupríferos en la Edad del Bronce de Menorca: la mina de Sa Mitja Lluna (Illa den Colom)". *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada* 24: 85-109.
- Juan, G. y Plantalamor, L. 1997: *Memòria de les excavacions a la naveta de Cala Blanca*. 1986-1993. Treballs del Museu de Menorca 21, Conselleria d'Educació, Cultura i Esports del Govern Balear. Maó.
- Lull, 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 (7): 118. <https://doi.org/10.1007/s12520-021-01370-9>
- Lull, 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*: 1-18. <https://doi.org/10.1111/arcim.12755>
- Lull, B.; Perelló, L.; Guerrero, V. M.; Fullola, J. M.; Petit, M. 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): 102-119. <https://doi.org/10.3989/tp.2019.12228>
- Lorrio, A. J.; Montero-Ruiz, I.; Pernas S.; Torres Ortiz, M.; Trelis, J.; Simón García, J. L. y Simón Oliver, F. 2020: "Caracterización tecnológica y procedencia del metal de las barras-lingote de Peña Negra (Creventill, Alicante)". *Actas del IX Congreso Internacional de Estudios Fenicios y Púnicos*. 22-26 de octubre de 2018. Mérida (Extremadura, España): 851-868. Mérida.
- 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*. Institut Menorquí d'Estudis, Consell Insular de Menorca; Ajuntament de Ciutadella; Fundació Rubió Tudurí, Maó.
- Micó, R. 2005: *Cronología absoluta y periodización de la Prehistoria de las Islas Baleares*. British Archaeological Reports International Series 1373, BAR publishing. Oxford.
- Montero-Ruiz, I.; Gornés, J. S.; Nicolás, J. de y Gual J. 2005: "Aproximación a la metalurgia prehistórica de Menorca entre el 2000 y el 650 cal AC". *Mayurqa* 30: 289-306.
- Montero-Ruiz, I.; Santos, M.; Rovira, M. C.; Renzi, M.; Murillo-Barroso, M.; Hunt.... y Castanyer, P. 2011: "Lingotes plano-convexos de cobre en la primera mitad del I milenio a. C. en la Península Ibérica". *Boletín de la Asociación Española de Amigos de la Arqueología* 46: 99-119.
- Plantalamor, L. 1991: *L'arquitectura prehistòrica i protohistòrica de Menorca i el seu marc cultural*. Treballs del Museu de Menorca 12, Conselleria d'Educació, Cultura i Esports del Govern Balear. Maó.
- Plantalamor, L. y Rita, C. 1984: "Formas de población durante el segundo y primero milenio BC en Menorca. Son Mercer de Baix. Transición entre la cultura pretalayótica y talayótica". En W. H. Waldren, R. Chapman, J. Lewthwaite y R.-Cl. Kennard (eds.): *The Deyá Conference of Prehistory. Early settlement in the Western Mediterranean Islands and their Peripheral Areas III*. British Archaeological Reports International Series 229. BAR Publishing. Oxford: 797-826.
- Plantalamor, L. y Van Strydonck, M. 1997: *La cronologia de la prehistòria de Menorca (Noves datacions de 14 C)*. Treballs del Museu de Menorca 20, Conselleria d'Educació, Cultura i Esports del Govern Balear. Maó.
- Pollard, A. M.; Bray, P.; Hommel, P.; Liu, R.; Pouncett, J.; Sanders, M.... y Perucchetti, L. 2018: *Beyond provenance. New approaches to interpreting the chemistry of archaeological copper alloys*, Studies in Archaeological Sciences 6, Leuven University Press, Lovaina.
- Rafel, N.; Montero-Ruiz I.; Armada X.-L. y Genera M. 2021: "Aprovechamiento e intercambio de metal". *Pyrenae* 52, 2: 9-34. <https://doi.org/10.1344/Pyrenae2021.vol52num2.1>
- Ramis, D. 2014: "Early Island exploitations: Productive and subsistence strategies on the Prehistoric Balearic Islands". En A. B. Knapp y P. Van Dommelen (eds.): *The Cambridge Prehistory of the Bronze and Iron Age Mediterranean*. Cambridge University Press. New York: 40-56.
- Ramis, D. y Anglada, M. 2012: "Una aproximació a l'explotació dels recursos faunístics a Menorca durant l'edat del Bronze: la naveta de Cala Blanca (Ciutadella)". *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears* 55: 175-197.
- Ramis, D.; Plantalamor, L.; Carreras, J.; Trias, M. y Santandreu, G. 2007: "S' Arenalet de Son Colom (Arta) i l'origen de l'arquitectura ciclòpia a les Balears". *Bolletí la Societat Arqueològica Lul·liana* 63: 333-348.
- Ramis, D.; Trias, M. y Hauptmann, A. 2005: "Metal·lúrgia prehistòrica del coure a les muntanyes d'Escorca-Pollença (Mallorca)". *Endins: publicació d'espeleologia* 27: 19-46.
- Reimer, P. J.; Austin, W. E. N.; Bard, E.; Bayliss, A.; Blackwell, P. G.; Bronk Ramsey, C.... y 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>
- Renzi, M. 2010: "La producción de 'lingotes-hacha' en el Levante peninsular: nueva valoración a partir de los materiales de la Fonteta (Guadamar del Segura, Alicante)". *Revista d'arqueologia de Ponent* 20: 127-144.
- Rita, M. C. 1982: "Constatación de la manufactura de bronce en el yacimiento arqueológico de Son Mercer de Baix (Menorca)". En *Estudis de pre-història, d'història de Mayurqa i d'història de Mallorca dedicats a Guillem Rosselló i Bordoy*. Museu de Mallorca Palma: 43-50.
- Rita, M. C. 1987: "Evolución de la cultura pretalayótica menorquina a través de los yacimientos de Morellet y Son Mercer de Baix". En G. Lilliu (ed.): *La Sardegna nel Mediterraneo tra il secondo e il primo millennio a.C. Atti del II convegno di studi 'Un millennio di relazioni fra la Sardegna ei paesi del Mediterraneo' (Selargius-Cagliari 1986)*: 547-555. Cagliari.
- Rita, M. C. y Topp, C. 1988: "The evolution of the Minorcan pretalayotic culture as evidenced by the sites of Morellet and Son Mercer de Baix". *Proceedings of the Prehistoric Society* 54: 241-247. <https://doi.org/10.1017/s0079497x00005843>
- Rovira, S. 2007: "La producción de bronce en la Prehistoria". En J. Molera, J. Farjas, P. Roura y T. Pradell (eds.): *Avances en Arqueometría 2005. Actas del VI Congreso Ibérico de Arqueometría (Girona 2005)*: 21-35. Girona
- Rovira, S. y Ambert, P. 2002: "Vasijas cerámicas para reducir minerales de cobre en la Península Ibérica y en la Francia Meridional". *Trabajos de Prehistoria* 59 (1): 89-105. <https://doi.org/10.3989/tp.2002.v59.i1.212>

- Rovira, S. y Montero-Ruiz, I. 2018: "Proyecto 'Arqueometalurgia de la Península Ibérica' (1982-2017)". *Trabajos de Prehistoria* 75 (2): 223-247. <https://doi.org/10.3989/tp.2018.12213>
- Salvà, B. 2010: "Cambio tecnológico en la metalurgia de las Baleares (Calcolítico y Edad del Bronce)". *Trabajos de Prehistoria* 67 (2): 349-357. <https://doi.org/10.3989/tp.2010.10043>
- Salvà, B. 2013: *Arqueometal·lúrgia com a reflex de l'estratificació social a les Illes Balears*. Tesis doctoral. Universitat de les Illes Balears (UIB). <http://hdl.handle.net/10803/133597>
- Salvà, B. y Hernández-Gasch, J. 2009: "Los espacios domésticos en las Islas Baleares durante las Edades del Bronce y del Hierro. De la Sociedad Naviforme a la Talayótica". En M. C. Belarte (ed.): *Actes de la IV Reunió Internacional d'Arqueologia de Calafell (Calafell - Tarragona 2007)*. Arqueo mediterrània 11, Universitat de Barcelona. Barcelona: 299-322.
- Salvà, B.; Llull, B.; Perelló, L. y Rovira, S. 2010: "Aproximación a la metalurgia prehistórica de las Baleares: estudio analítico de minerales cupríferos de Menorca". En M. E. Saiz, R. López, M. A. Cano y J. C. Calvo (eds.): *VIII Congreso Ibérico de Arqueometría. Actas (Madrid 2007)*: 183-196. Teruel.
- Simón García, J. L. 1998: *La metalurgia prehistórica valenciana*. Diputación de Valencia. Valencia.
- Sotirouadou, T.; Tornero, C.; Malgosa, A.; Sureda, P. y Jordana, X. 2023: "Dietary reconstruction of the Bronze Age necropolis of Cova des Pas (Minorca Island): Evidence from $\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$ analyses". *Archaeological and Anthropological Sciences*: 15, art. 11. <https://doi.org/10.1007/s12520-022-01707-y>
- Stos-Gale, S. 1999: "Informe sobre los análisis de artefactos metálicos de la Cova des Càrritx, Es Forat de Ses Aritges y la Cova des Mussol". En V. Lull, R. Micó, C. Rihuete y R. Risch (eds.): *Ideologia y societat en la Prehistoria de Menorca. La Cova des Càrritx y la Cova des Mussol*, Institut Menorquí d'Estudis, Consell Insular de Menorca; Ajuntament de Ciutadella; Fundació Rubió Tudurí, Maó: 643-650.
- Sureda, P. 2016: *Les comunitats prehistòriques pitiüses i la seva interacció social. Aportacions des de l'arqueometal·lúrgia i els espais domèstics*. Tesis doctoral. Universitat Pompeu Fabra. <http://hdl.handle.net/10803/378350>
- Sureda, P. 2019: "The first metallurgy in the Pityusic Islands (Balearic archipelago, Mediterranean Sea)". *Archaeological and Anthropological Sciences* 11 (6): 2727-2741. <https://doi.org/10.1007/s12520-018-0685-8>
- 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 (10) June: 130-146. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.04.001>
- Sureda, P.; Camarós, E.; Cueto, M. y Teira, L. C. 2018: "The first human settlement of Formentera during the Bronze Age". *Antiquity* 92 (366). <https://doi.org/10.15184/aqy.2018.253>
- Sureda, P.; Camarós, E.; Cueto, M.; Teira, L. C.; Aceituno, F. J.; Albero, D. ... y Burjachs, F. 2017: "Surviving on the isle of Formentera (Balearic Islands): Adaptation of economic behaviour by Bronze Age first settlers to an extreme insular environment". *Journal of Archaeological Science: Reports* 12: 860-875. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.08.016>
- Sureda, P.; Camarós, E.; Cueto, M.; Teira, L. C.; Álvarez-Fernández, E.; y López-Dóriga, I. 2017: "El poblado naviforme de Cap de Barbaria II (Formentera, Islas Baleares). Nuevos datos sobre su cronología y secuencia de ocupación". *Trabajos de Prehistoria* 74 (2): 319-334. <https://doi.org/10.3989/tp.2017.12197>
- 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: 103201. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2021.103201>
- Valenzuela, L. 2020: *L'edat del bronze a Mallorca. Una aproximació a través de l'anàlisi arqueozoològica*. Tesis doctoral. Universitat de les Illes Balears (UIB). Palma. <http://hdl.handle.net/10803/671412>