

Caracterización isotópica y elemental de los metales de Cova des Pas (Ferrerries, Menorca). Una necrópolis de transición del Bronce Final al Hierro

Isotopic and chemical characterisation of metals from Cova des Pas (Ferrerries, Menorca). A Late Bronze to Iron Age transition burial site

Bartomeu Llull Estarellas^a, Laura Perelló Mateo^a, Víctor M. Guerrero Ayuso†, Josep M. Fullola Pericot^b, M. Àngels Petit i Mendizàbal^b y Manuel Calvo Trias^a

RESUMEN

Se presenta el estudio de los objetos metálicos hallados en Cova des Pas (900-800 cal AC), una necrópolis situada en el barranco de Trebaluger (Ferrerries, Menorca), excavada entre los años 2005 y 2006 por un equipo formado por miembros de la Universitat de les Illes Balears y la Universitat de Barcelona. El conjunto está compuesto por objetos de bronce y pequeñas anillas de estaño, un elemento alóctono en las Islas Baleares. Se describen las piezas metálicas en sus respectivos contextos arqueológicos, atendiendo a los aspectos tecnológicos que aportan información para caracterizar las producciones metalúrgicas de esta cronología en Menorca. A partir de los resultados de las analíticas de composición elemental y de isótopos de plomo, se argumenta la relación de la mayoría de los bronceos con depósitos minerales de Menorca. No obstante, confrontando dichos datos con los publicados actualmente, se deduce que dos piezas de bronce muestran concordancia con minerales cupríferos de Cerdeña y tres con minerales de Linares (Jaén).

ABSTRACT

This paper presents the analysis of metal objects found in Cova des Pas (900-800 cal BC), a necropolis located in the Trebaluger ravine (Ferrerries, Menorca). The cave was excavated in 2005 and 2006 by a joint team from the University of the Balearic Islands and the University of Barcelona. The finds comprise not only bronze objects but also

small rings made of tin—an element not native to the Balearic Islands. The metal objects are described in their respective archaeological contexts, emphasizing the technological aspects that provide information to characterize metal production from this timeline in Menorca. Based on the chemical composition and lead isotope analysis, we find that most of the bronzes come from mineral deposits in Menorca. Nevertheless, by comparing these data to currently published information, we deduce that two bronze pieces show similarity to copper minerals in Sardinia and three to minerals from Linares (Jaén).

Palabras clave: Análisis de Isótopos de plomo; Análisis elemental; Transición Bronce Final/Edad del Hierro; Islas Baleares; Arqueometalurgia; Enterramiento colectivo.

Key words: Lead isotope analyses; Chemical analysis; Late Bronze Age/Iron Age Transition; Balearic Islands; Archaeometallurgy; Collective burial.

1. INTRODUCCIÓN

Cova des Pas es una covacha de unos 6,5 m de profundidad, 4,5 m de ancho y 1,7 m de altura máxima, situada en el término municipal de Ferrerries (Menorca), a unos 15 m de altura en la pared sudeste del barranco de Trebaluger (Fig. 1). Ubicada en estratos calcáreos del Mioceno, su formación es de origen cárs-

^a ArqueoUIB. Grupo de investigación de Cultura Material y gestión de Patrimonio Arqueológico. Dpto. de Ciencias Históricas y Teoría de las Artes, Universitat de les Illes Balears. Cra. Valldemossa km 7,5. Palma de Mallorca. Correos e.: bartomeu.llull@uib.es <https://orcid.org/0000-0002-7328-4193>; lperello@uib.es <https://orcid.org/0000-0002-0590-0687>; manuel.calvo@uib.es <https://orcid.org/0000-0001-7792-7478>

^b Seminari d'Estudis i Recerques Prehistòriques (SERP). Universitat de Barcelona. C/ Montalegre 6. 08001 Barcelona. Correos e.: fullola@ub.edu <https://orcid.org/0000-0001-7089-1425>; petit@ub.edu <https://orcid.org/0000-0002-2018-6397>

Recibido 29-IV-2018; aceptado 2-VII-2018.

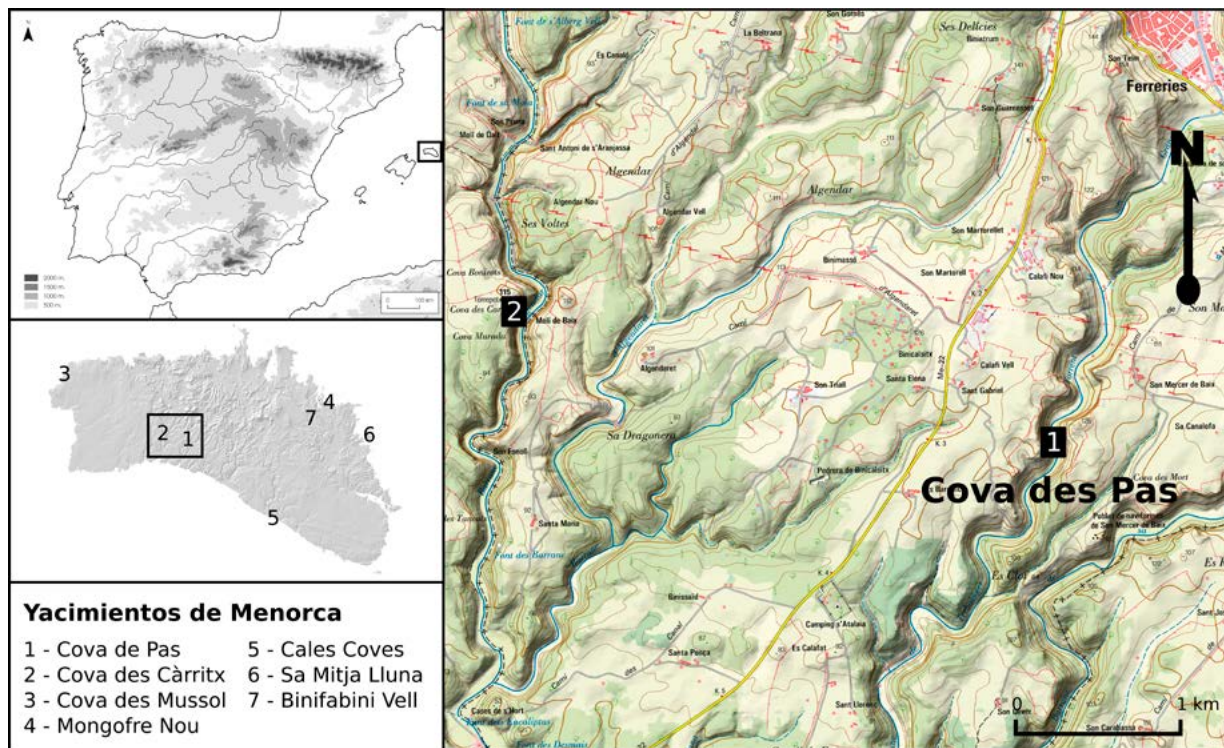


Fig. 1. Ubicación de Cova des Pas (Ferreries, Menorca) y yacimientos mencionados en el texto. Mapa 1:25.000 del Instituto Geográfico Nacional (Web Map Service, en color en la versión electrónica).

tico. El yacimiento se excavó entre los años 2005 y 2006, de forma completa y exhaustiva, bajo la dirección de los doctores Josep M. Fullola y M. Àngels Petit de la Universitat de Barcelona, y los doctores Manuel Calvo y Victor M. Guerrero de la Universitat de les Illes Balears (Fullola *et al.* 2007, 2008).

Se comprobó que se trataba de una necrópolis colectiva, de un momento concreto de la transición del Bronce Final al Hierro I menorquín, que albergaba un número mínimo de 66 individuos inhumados (Armentano *et al.* 2010) (Fig. 2). Lo excepcional de este yacimiento es la buena conservación de algunos elementos biológicos humanos de naturaleza no ósea, como tejido muscular, cabellos, restos de órganos e incluso restos de coprolitos en la cavidad torácico-abdominal de uno de los individuos (Fullola *et al.* 2008). También se recuperaron numerosas ramillas bajo los cadáveres que se interpretaron como lechos, así como fragmentos de cuerdas o trenzas de fibra vegetal asociadas a restos de pieles de animales, y a los cadáveres mismos, interpretados como sudarios. Así mismo, se identificaron dos parihuelas bastante completas asociadas cada una a un individuo (Picornell *et al.* 2008: 22-23).

Además, hay contenedores tubulares de piel y tapadera de madera, muy similares a los hallados en otros yacimientos menorquines como Cova des Càrritx (Lull *et al.* 1999) o Cales Coves (Veny 1982). Se relacionarían con el ritual de tonsura y tintado de cabellos, documentado en Menorca entre el 1100 y el 750 a. C. (Calvo y Guerrero 2011: 86).

Según el estudio realizado sobre ocho dataciones radiocarbónicas, la necrópolis se utilizó entre el 900 y el 800 cal. AC con un 95,4 % de probabilidad (Van Strydonck *et al.* 2010). La cronología coincide con el tipo de rito documentado y con los materiales hallados. Es un momento de transición, donde se van abandonando las tradiciones de la cultura de las navetas (ca. 1600-1500/900 a. C.) y se entra en una nueva fase: el Talayótico (ca. 900/800-550 a. C.). Esto se traduce en cambios en la concepción espacial y arquitectónica de los poblados, articulados en torno a estructuras turri-formes conocidas popularmente como talayots. Los cambios vendrán acompañados de importantes novedades en el mundo funerario y en la cultura material, sin duda manifestaciones de profundas transformaciones a nivel social.

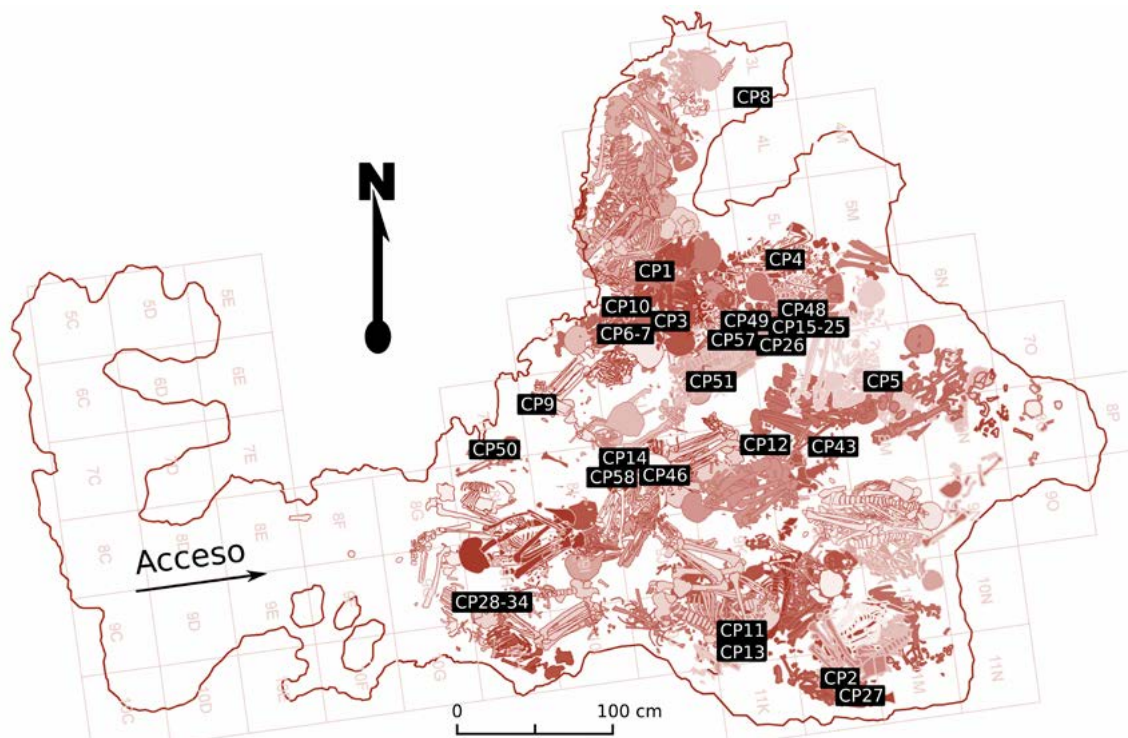


Fig. 2. Localización de objetos metálicos de Cova des Pas (CP). Planimetría de Xavier Esteve (con modificaciones).

2. DESCRIPCIÓN DE LOS OBJETOS METÁLICOS

Los objetos que se han podido asociar con seguridad a individuos concretos son pocos por la compleja superposición de cadáveres. Por otra parte, la ausencia de objetos de hierro resulta coherente con las dataciones, ya que los mismos se empiezan a documentar en las islas hacia el 850-800 a. C. (Guerrero *et al.* 2002: 228; Fullola *et al.* 2007: 102), salvo algunos objetos de hierro de Es Forat de Ses Aritges, quizá algo anteriores (Lull *et al.* 1999: 223).

2.1. Objetos de estaño

Son pequeñas anillas de estaño con diámetros exteriores entre los 4,5 y 11 mm aproximadamente (Tab. 1). Hay 17 enteras, el resto están fragmentadas. El mejor contexto nos lo dan 7 anillas (Fig. 3: CP28 a CP34) situadas en la trenza de una mujer (individuo 1) de 25 a 35 años (Armentano *et al.* 2010: Tab. 1). En su interior conservaba un pequeño fragmento de madera a modo de pasador para sujetar las anillas. Además, un pequeño fragmento de anilla fue hallado en el laboratorio entre los cabellos del individuo 3,

una mujer de 30 a 40 años. Suponemos que la funcionalidad de las demás piezas descontextualizadas sería la misma: la de adornar el pelo.

Separamos las anillas por sus diámetros, *grosso modo*, en dos grupos. En el primero miden de 4,56 a 6,57 mm (n.º mínimo = 23). El segundo grupo comprende tres fragmentos (CP54, CP55 y CP56), cuya composición elemental y amplia curvatura, permiten deducir su pertenencia a una misma pieza de hasta 11 mm de diámetro. Dada la maleabilidad del estaño, es posible que, inicialmente, la mayoría de las anillas del primer grupo tuvieran el mismo diámetro, ensanchándose levemente a causa de su uso y sistema de pasador.

Las anillas conservan su forma original, pero no el núcleo metálico debido a un proceso de oxidación. No podemos tener en cuenta los pesos de las anillas enteras del grupo 1, cuya media aritmética es 0,08 g ($\sigma = 0.01$), por la pérdida de masa a causa de su corrosión. La reproducción de anillas de diámetros y secciones similares a las de Cova des Pas utilizando estaño industrial al 3 % en Cu¹ (UNE-EN ISO 9543,

¹ Para diferenciar la mención a la cultura material y a las materias primas (minerales o metales en general), en este trabajo solo se utilizará la simbología química para referirnos a contenidos y proporciones de elementos.

Id	Tipo	Material	Diámetro Máx.	Longitud Máx.	Sección	Peso
CP01	Aro	Bronce	49,47	-	6,95 x 5,68	18,88
CP02	Brazaletes cerrado	Bronce	73,10	-	10,18 x 10,77	99,66
CP03	Brazaletes cerrado	Bronce	68,43	-	6,69 x 4,09	26,62
CP04	Brazaletes cerrado	Bronce	71,21	-	10,8 x 8,08	69,63
CP05	Brazaletes cerrado	Bronce	66,92	-	5,83 x 4,75	25,58
CP06	Brazaletes abierto	Bronce	67,05	-	4,18 x 2,92	6,26
CP07	Brazaletes abierto (fragm.)	Bronce	-	31,69	3,66 x 2,71	1,18
CP08	Punta de lanza	Bronce	-	68,50	27,96 x 13,71	23,07
CP09	Cuenta tubular	Bronce	-	21,84	6,63 x 7,33	2,32
CP10	Cuenta tubular	Bronce	-	22,93	7,25 x 6,05	2,34
CP11	Cuenta globular	Bronce	10,35	-	-	2,43
CP12	Cuenta globular	Bronce	11,27	-	-	2,34
CP13	Cuenta (media luna)	Bronce	-	7,40	5,21 x 6,89	0,47
CP14	Alfiler	Bronce	-	92,55	3,73 x 2,03	3,19
CP26	Espiral	Bronce	21,20	-	2,41 x 2,41	3,02
CP28	Anilla	Estaño	6,96	-	1,11 x 1,85	0,10
CP29	Anilla	Estaño	7,39	-	1,44 x 1,56	0,10
CP30	Anilla	Estaño	7,12	-	1,21 x 1,83	0,09
CP31	Anilla	Estaño	6,79	-	1,27 x 1,83	0,08
CP32	Anilla	Estaño	6,93	-	0,95 x 1,80	0,11
CP33	Anilla	Estaño	6,74	-	1,21 x 1,80	0,10
CP34	Anilla	Estaño	6,79	-	0,99 x 1,76	0,11
CP35	Anilla	Estaño	5,98	-	1,03 x 1,24	0,06
CP36	Anilla	Estaño	6,47	-	1,50 x 1,83	0,09
CP37	Anilla	Estaño	6,14	-	0,95 x 1,31	0,08
CP38	Anilla	Estaño	5,23	-	0,95 x 1,27	0,07
CP39	Anilla	Estaño	6,60	-	1,17 x 1,36	0,10
CP40	Anilla	Estaño	6,18	-	0,93 x 1,30	0,08
CP43	Anilla	Estaño	5,22	-	1,00 x 1,22	0,07
CP45	Anilla	Estaño	6,57	-	1,21 x 1,35	0,11
CP47	Anilla	Estaño	4,56	-	0,67 x 1,03	0,04
CP58	Anilla	Estaño	6,19	-	1,05 x 0,89	0,07

Tab. 1. Pesos y medidas de las piezas metálicas de Cova des Pas (Ferreries, Menorca). Los valores de peso se expresan en gramos y los de longitud en milímetros. Se ha prescindido de las piezas fragmentadas que no aportan valor metrológico.

aleación 402), nos ha demostrado que su peso aproximado podría haber sido de 0,4 g. No descartamos que sean unidades de estaño para la elaboración de pequeñas piezas de bronce. Barbara Ottaway (2001: 99) lo sugería a propósito de 47 cuentas de estaño, de unos 5-6 mm, halladas en una tumba del Bronce Inicial excavada en Buxheim, cerca de Ingolstadt, en Baviera. Por poner un ejemplo, la fabricación de pequeños objetos como la punta de lanza CP8 (Fig. 4) de 23,07 g de peso, requeriría de 7 anillas para conseguir una aleación aproximada del 12 % de Sn.

El yacimiento menorquín de Cova dels Morts (Mongofre Nou) es el paralelo más cercano para este tipo de piezas. La cronología de los niveles I y II de uso de la cueva como necrópolis en parte coincidiría con la de Cova des Pas según las dataciones radiocarbónicas (1192-801 cal AC con un 95,4 % de probabilidad)² (Cañellas y Nicolás 1996; Bergadà y

² UBAR-415, 2730 ± 60BP; UBAR-416, 2830 ± 60BP; UBAR-417, 2770 ± 60BP, calibradas con el software OxCal versión 4.3 (Bronk Ramsey 2009) y la curva de calibración IntCal13 (Reimer *et al.* 2013).

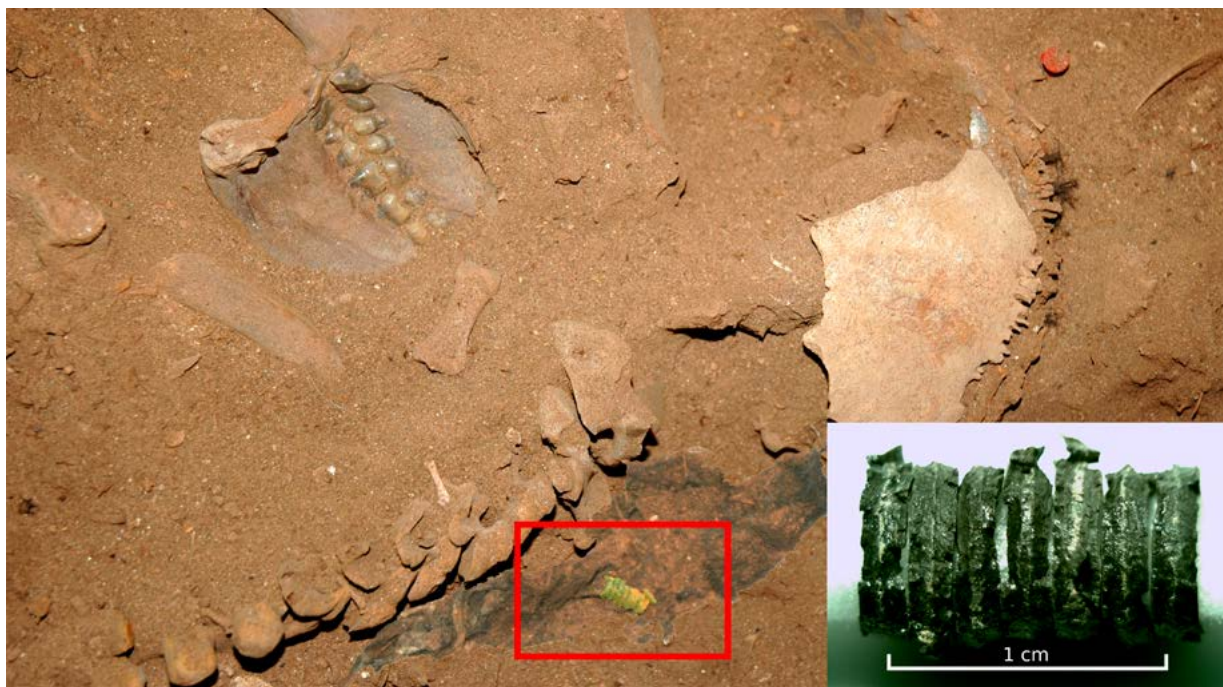


Fig. 3. Anillas de Cova des Pas (Ferrerries, Menorca) CP28 a CP34 situadas en la trenza de una mujer de entre 25 y 35 años (individuo 1). A la derecha, abajo, detalle de las anillas de estaño (en color en la versión electrónica).

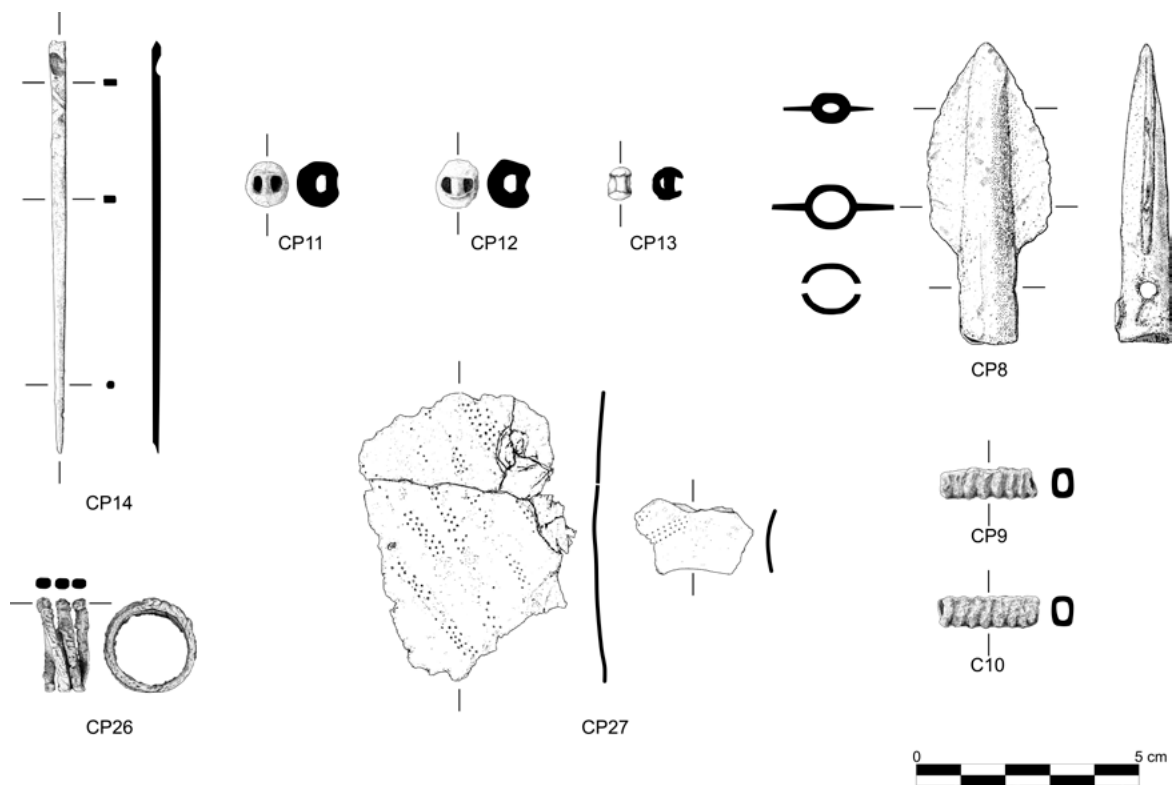


Fig. 4. Bronces de Cova des Pas (Ferrerries, Menorca) (autores Bartomeu Llull y Laura Perelló).

Nicolás 2005). Son una serie de pequeñas anillas de estaño halladas en los sedimentos revueltos y terreras fruto de años de expolio (Montero *et al.* 2005).

El estaño, la materia prima utilizada para su fabricación, es alóctono en las Baleares y de origen por ahora desconocido. Hay otros hallazgos de objetos de estaño en la Edad del Bronce europea, pero no son objetos frecuentes (Harding 2003: 234; Primas 2003; Rovira 2007; Krüger *et al.* 2012).

2.2. Objetos de bronce

Se conservan 15 objetos enteros o divididos en partes claramente pertenecientes a un mismo objeto; 11 fragmentos de posibles espirales y 2 pequeños trozos informes completamente carbonatados.

2.2.1 Brazaletes y aro

Entre los objetos enteros hay cuatro brazaletes cerrados en buen estado de conservación. El único hallado en un contexto claro es el CP5 (Fig. 5) que rodeaba los huesos del antebrazo izquierdo del individuo

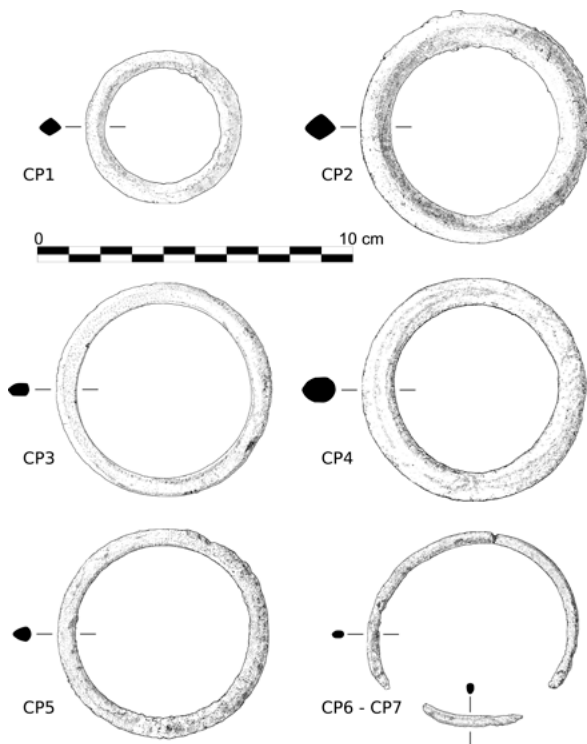


Fig. 5. Brazaletes y aro de Cova des Pas (Ferreries, Menorca) y sus secciones (autores Bartomeu Lluill y Laura Perelló).

62 (Fig. 6), un varón de 30 a 45 años (Armentano *et al.* 2010). Su grosor y peso varía según el ejemplar. Uno de ellos es de sección romboidal (Fig. 5: CP2) y los restantes de sección más redondeada, tendente a la triangular, o con varilla más aplanada y forma más bien poligonal, aunque con ángulos redondeados. En Mallorca y Menorca son elementos relativamente frecuentes en contextos funerarios del Bronce Final al Hierro, aunque de tipología muy diversa. Por sus secciones podemos destacar los paralelos de algunos brazaletes de Cales Coves (Vený 1982). Según Delibes de Castro y Fernández Miranda (1988: 132) su diseño circular cerrado se desconoce prácticamente en el suroeste de Europa hasta la Segunda Edad del Hierro, por lo que nos inclinamos a pensar que se trataría de tipos locales.

Un quinto brazalete difiere de los anteriormente descritos. Está roto en dos partes (Fig. 5: CP6 y CP7), pero parece bastante seguro que fueran de la misma pieza por su contexto, sección y composición elemental (Tab. 2). Con toda probabilidad, era un brazalete abierto, ya que sus extremos se van afinando progresivamente. En Cales Coves encontramos numerosos fragmentos de varillas arqueadas de secciones similares que, probablemente, formaban parte de brazaletes abiertos (Vený 1982). En Cova des Càrritx se hallaron



Fig. 6. Detalle de la situación del brazalete CP5 de Cova des Pas (Ferreries, Menorca) rodeando el antebrazo izquierdo del individuo 62 (en color en la versión electrónica).

Núm. análisis	Tipo	Id	Datos	Fe	Ni	Cu	As	Ag	Sn	Sb	Pb	Bi
PA23069	Brazalete cerrado	CP2		ND	ND	90,5	0,37	0,68	6,43	0,49	0,87	0,22
PA23069P	Brazalete cerrado	CP2	Pátina	ND	0,12	84,1	0,9	0,8	11,4	0,69	1,39	0,56
PA23070	Brazalete cerrado	CP5		ND	0,09	87,8	ND	ND	9,89	ND	2,27	ND
PA23071	Brazalete cerrado	CP3		ND	ND	85,1	ND	1,49	8,98	ND	4,48	ND
PA23072	Brazalete cerrado	CP4		ND	ND	79,8	ND	ND	15	ND	5,23	ND
PA23072P	Brazalete cerrado	CP4	Pátina	ND	ND	87,5	ND	0,27	5,9	ND	6,32	ND
PA23072P2	Brazalete cerrado	CP4	Pátina	ND	ND	90,9	ND	1,21	3,98	ND	3,88	ND
PA23073	Aro	CP1		ND	ND	90,2	0,11	0,23	8,28	ND	1,2	ND
PA23074	Punta de lanza	CP8		ND	ND	84,7	ND	ND	13,3	ND	1,18	ND
PA23074P	Punta de lanza	CP8	Pátina	ND	0,15	85,2	0,24	0,18	12,6	0,45	1,21	ND
PA23074B	Punta de lanza	CP8		ND	0,12	86,0	0,24	ND	11,9	ND	0,87	ND
PA23075	Espiral 3 vueltas	CP26		ND	ND	89,0	ND	0,46	8,58	ND	1,99	ND
PA23076	Aguja	CP14		ND	0,1	91,7	ND	ND	7,17	ND	1,02	ND
PA23079	Cuenta tubular	CP10	Semilimpio	ND	ND	87,8	ND	0,17	11	ND	1,05	ND
PA23079B	Cuenta tubular	CP10	Más limpio	ND	ND	83,7	ND	ND	14,8	ND	1,51	ND
PA23080	Cuenta tubular	CP9		ND	ND	82,8	ND	0,68	14,8	ND	1,7	ND
PA23081	Cuenta globular	CP12		ND	0,05	82,1	ND	ND	11,5	ND	6,05	ND
PA23082	Cuenta globular	CP11		ND	ND	79,3	ND	0,32	15,3	ND	4,55	ND
PA23083	Cuenta en media luna	CP13		ND	0,11	79,5	ND	5,71	11,5	0,34	2,78	ND
PA23083B	Cuenta en media luna	CP13	Más limpio	ND	0,08	82,3	0,21	4,45	9,7	0,28	2,97	ND
PA23084	Espiral (fragmento)	CP18		ND	ND	86,0	ND	0,89	11,6	ND	1,51	ND
PA23085	Espiral (fragmento)	CP22	Limpio	ND	ND	87,3	ND	ND	10,8	ND	1,87	ND
PA23086	Espiral (fragmento)	CP21	Semilimpio	ND	ND	81,1	ND	6,61	10,9	ND	1,37	ND
PA23087	Espiral (fragmento)	CP24		ND	ND	89,7	ND	ND	8,66	ND	1,63	ND
PA23088	Espiral (fragmento)	CP17		ND	ND	91,8	ND	ND	6,92	ND	1,25	ND
PA23088B	Espiral (fragmento)	CP17	Limpio	ND	ND	87,5	ND	ND	10,5	ND	2,01	ND
PA23089	Espiral (fragmento)	CP20	Semilimpio	ND	ND	92,4	ND	ND	6,8	ND	0,84	ND
PA23090	Espiral (fragmento)	CP23		ND	0,11	87,4	ND	ND	10,8	ND	1,65	ND
PA23091	Espiral (fragmento)	CP15		ND	ND	87,8	ND	2,46	8,48	ND	1,24	ND
PA23091	Espiral (fragmento)	CP16	Pátina	ND	ND	93,0	ND	ND	6,11	ND	0,87	ND
PA23098	Fragmento laminar	CP27	Mineralizado	ND	0,12	84,9	0,27	ND	13,8	ND	0,89	ND
PA23099	Indeterminado	CP60	Mineralizado	0,09	ND	89,6	ND	ND	9,61	ND	0,74	ND
PA23122	Brazalete (fragmento)	CP6		ND	0,16	87,7	ND	ND	10,2	ND	1,92	ND
PA23123	Brazalete (fragmento)	CP7		ND	0,28	80,7	ND	0,36	15,7	ND	2,54	ND
PA23123B	Brazalete (fragmento)	CP7		ND	0,29	81,7	ND	0,23	15,2	ND	2,65	ND
PA23124	Espiral (fragmento)	CP19		ND	0,09	88,6	ND	ND	9,5	ND	1,82	ND
PA23136	Espiral (fragmento)	CP25		ND	ND	94,4	ND	ND	4,69	ND	0,92	ND

Tab. 2. Análisis compositivos (XRF) de los bronce de Cova des Pas (Ferrerries, Menorca).

cuatro de sección lenticular, circular, en cinta y mixta. El ejemplar de sección lenticular, equiparable al de Cova des Pas, está muy fragmentado e incompleto, aunque se propone que fuera un brazaletes abierto por el final aguzado de uno de los extremos (Lull *et al.* 1999: 225).

La pieza CP1, a pesar de su gran parecido con el brazaletes CP2 en cuanto a su sección romboidal, no podemos calificarla como tal debido a su pequeño diá-

metro y a la presencia de una gran rebaba interior que contrasta con el acabado pulido de los brazaletes antes descritos. Dicha rebaba demuestra que se fabricó mediante molde bivalvo. Encontramos aros similares en las cuevas 8, 9, 21 y 48 de Cales Coves. El de la cueva 9, a pesar de no haberse conservado completo tiene un parecido extraordinario con el de la Cova des Pas por su sección romboidal y sus dimensiones (Veny 1970: 121-122, 1982: 55).

2.2.2. Punta de lanza

Su ancha hoja amigdaloides (Fig. 4: CP8) le da una forma muy peculiar. Su empuñadura es tubular, ancho y ligeramente cónico, prolongándose hasta la punta. Su sección es levemente octogonal y presenta dos orificios en sendos lados donde situar el pasador para fijarla a un asta de madera. Las aletas se cortan en la base en forma diagonal y están algo desviadas del eje del nervio central.

En anteriores publicaciones se relacionó esta punta de lanza con las del depósito de la Ría de Huelva (Fullola *et al.* 2007: 102), cuya cronología coincidiría perfectamente con la propuesta para Cova des Pas. Las seis dataciones radiocarbónicas de la Ría de Huelva³, realizadas sobre fragmentos de madera que se conservaban dentro del empuñadura tubular (Castro *et al.* 1996), nos sitúan hacia el 1207-811 cal AC con un 95,4 % de probabilidad. El depósito de la Ría de Huelva contiene puntas de lanza de gran diversidad tipológica. Sin embargo, no vemos clara su relación con la de la Cova des Pas, dado que el sistema de empuñadura tubular es habitual en la cronología que tratamos. Por otro lado, es extraordinario el parecido por forma y dimensiones de la misma con la punta de lanza hallada en la cueva 9 de Cales Coves (Vený 1982: 55). Su similitud es tan sorprendente que, a pesar de no haber tenido la oportunidad de una comparación directa de ambas puntas de lanza, nos atreveríamos a sugerir que podrían haberse fabricado con el mismo molde. Además, comparten un mismo defecto de fabricación atribuible al diseño del molde: la desviación de las aletas respecto al eje central del nervio.

En la base del empuñadura se ha conservado una pequeña protuberancia, probablemente debida a un mal acabado del limado de la mazarota. Esto demostraría que el cono de llenado del molde estaba en posición lateral. Lamentablemente, no podemos atribuir este objeto a ninguno de los individuos de la necrópolis. Es posible que si la punta hubiera estado empuñada en un astil quedara alejada del individuo con la que fue depositada.

Su clasificación como punta de lanza en este trabajo no descarta la posibilidad de que sea un objeto reinterpretado, con una funcionalidad distinta a la que comúnmente se les atribuye. Estos objetos se localizan en multitud de necrópolis de las Islas Baleares y sus tipologías son muy variadas. En Cova des Mussol se halló una punta con evidencias de haber sido manipulada, consistentes en estrías y ranuras producidas por un proceso de aserrado y posterior martilleado para eliminar

asperezas. Quienes publicaron el yacimiento (Lull *et al.* 1999: 124-125) sugieren una manipulación del objeto con fines rituales, mientras que, según Salvà⁴, pudieron utilizarse como cuchillos durante el rito funerario.

2.2.3 Cuentas

En la necrópolis de Cova des Pas se hallaron cuentas de diversas tipologías. CP9 y CP10 son tubulares (Fig. 4), casi iguales, tienen estrías transversales en su superficie y sección ligeramente cuadrangular. No hemos encontrado paralelos. Se hallaron separadas por un metro de distancia, aproximadamente, sin relación segura con ningún individuo.

CP11 y CP12 son dos cuentas globulares pequeñas (Fig. 4) con una abertura en medio de la cual se ha dejado un pequeño travesaño que hace de anilla. Aparecen en otras necrópolis de Mallorca y Menorca. De ellas parecen derivarse piezas con el mismo sistema de sujeción, presentes en Cales Coves y Cova des Càrritx con dos o tres glóbulos y terminando en un remate en forma de pie de copa.

Por su forma parece evidente que solo pudieron fabricarse con la técnica de la cera perdida. Corrobora esta posibilidad el hallazgo de varios colgantes del mismo tipo que aún conservaban en su interior parte de la arcilla del molde en las cuevas 3 y 7 de Cales Coves (Vený 1970: 105 y 115, 1982: 32 y 45). Parecen haberse modelado sobre una bola de cera donde se hicieron dos agujeros cercanos que se comunican. CP13 es de menor tamaño y su tipología difiere algo de la de las anteriores. Muestra un cuerpo curvado con un travesaño interior que va de extremo a extremo (Fig. 4). Se halló en relación con el individuo 47, un varón de 40 a 45 años (Armentano *et al.* 2010). El estudio detallado mediante microscopio óptico ha revelado marcas de espátula sobre el modelo en cera (Fig. 7), producidas en el gesto de juntar el travesaño interior al cuerpo. Ello nos demuestra que el modelo en cera se hizo en dos fases.

2.2.4 Alfiler

El alfiler (Fig. 4: CP14) es de sección cuadrangular, gradualmente redondeada hacia la punta. Se encontró en la parte posterior del cráneo del individuo 37, de unos dos años y sexo masculino según los resultados de los análisis genéticos (Simón *et al.* 2016). Del mismo contexto proceden algunas anillas de esta-

³ CSIC-202, 2830 ± 70BP; CSIC-203, 2820 ± 70BP; CSIC-206, 2820 ± 70BP; CSIC-207, 2820 ± 70BP; CSIC-205, 2810 ± 70BP; CSIC-204, 2800 ± 70BP, calibradas con el software OxCal versión 4.3 (Bronk Ramsey 2009) y la curva de calibración IntCal13 (Reimer *et al.* 2013).

⁴ Salvà, B. 2013: *Arqueometal·lúrgia com a reflex de l'estratificació social a les Illes Balears*. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona. Barcelona.

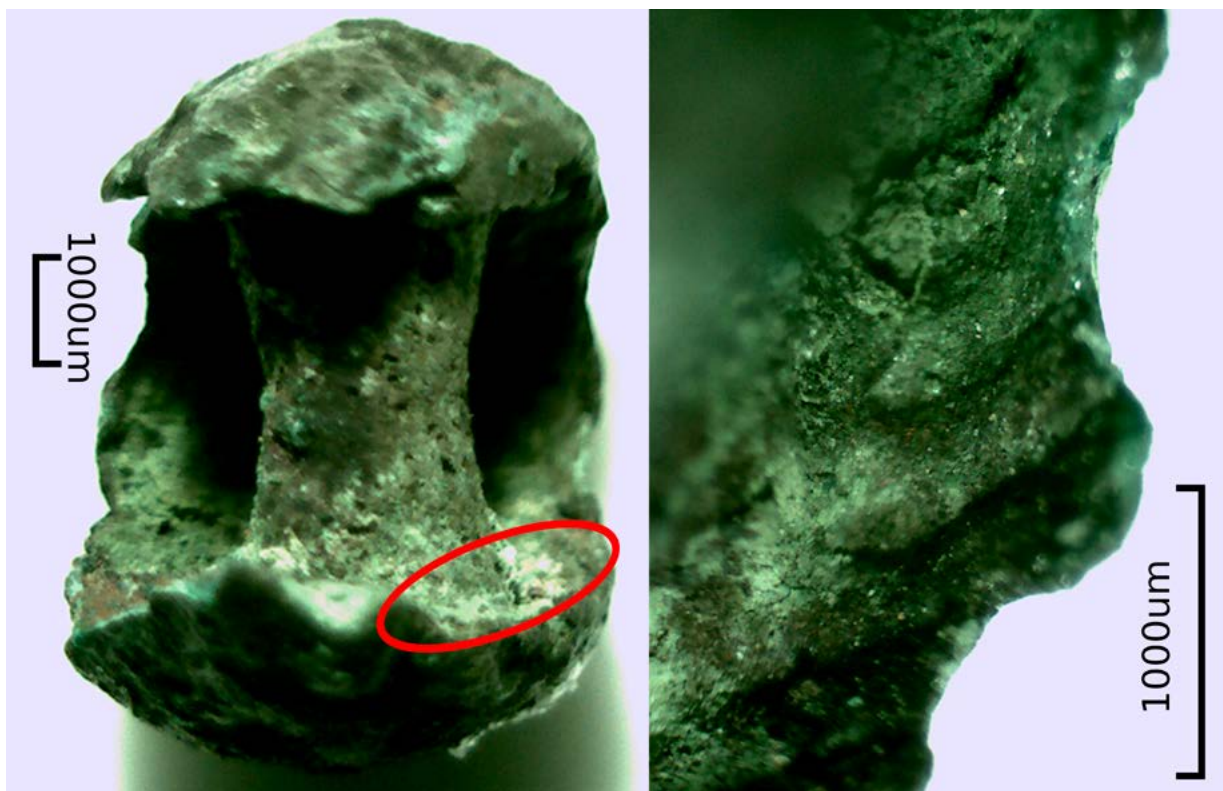


Fig. 7. Cuenta de bronce CP13 de Cova des Pas (Ferrerries, Menorca). Detalle de las marcas realizadas en el modelo de cera en el gesto de juntar el travesaño interior al cuerpo; posteriormente reflejadas en el objeto metálico (en color en la versión electrónica).

ño que, posiblemente, formaba parte de su tocado. Seguramente, en uno de sus extremos existía una pieza inserta a modo de cabeza ya que muestra una muesca profunda que podría haber servido para su sujeción. Las marcas existentes en el mismo podrían deberse a una rotura, sugiriendo que el objeto se hubiera fabricado todo de una pieza. En la observación mediante lupa de la punta donde la sección es circular se ven lo que parecen algunas vacuolas que se habrían creado a causa de un mal desgaseo en el molde. Esto indicaría un trabajo de fundición, ya que las burbujas no se ven deformadas por martilleo, mientras que en el otro extremo, de sección cuadrangular, se aplicaría una deformación plástica a base de martilleo. También, en esta última zona, hemos detectado marcas de un trabajo de limado en el acabado superficial.

2.2.5 Espirales

Tenemos un objeto fabricado a partir de un alambre de bronce de sección rectangular enrollado en espiral que conserva tres vueltas (Fig. 4: CP26). No podemos

asegurar que esté entero. Además, hay 11 fragmentos más de posibles espirales con diámetro muy similar y secciones también rectangulares. Por sus delgadas secciones sabemos que no son piezas directas de fundición. La colada se debió verter en moldes para fabricar varillas que después se martillarían hasta conseguir su sección rectangular y el espesor deseado. Por último, se daría forma al alambre enrollándolo sobre una superficie cilíndrica. Delibes de Castro y Fernández-Miranda (1988: 132) también sugieren su empleo como adornos para el pelo.

2.2.6 Lámina

La lámina de bronce (Fig. 4: CP27) está muy fragmentada y deteriorada por la corrosión. Se aprecia una decoración de puntillado lineal, mayoritariamente en filas de a tres, formando bandas que atraviesan la pieza. Los fragmentos recuperados no nos dan pistas sobre su tamaño y forma original. Se halló en contacto con el brazaete CP2, aunque la posición de ambos no parece primaria. Los motivos ornamentales se realizaron por

deformación plástica, mediante la técnica del repujado. Los puntos son de 0,5 mm de diámetro, aproximadamente, y por las huellas dejadas en el metal parece que en todos se empleó la misma herramienta. Se debió usar un punzón de material rígido, probablemente de bronce, con punta roma para evitar el calado de la pieza, sobre el que se golpearía con otra herramienta a modo de martillo. La lámina se tuvo que apoyar sobre un material plástico más blando, probablemente madera, para conseguir las abolladuras hemisféricas.

Otros trabajos de laminado, siempre sobre fragmentos, se han encontrado en las cuevas 5, 7, 28, 51, 78 y 80 de Cales Coves. En esta última (Veny 1982: 220-221), uno de ellos presentaba la misma técnica de repujado que el de Cova des Pas pero con motivo decorativo distinto. En las Baleares el repujado de láminas de bronce parece más usual en cronologías posteriores, caso de las de Son Bosc (Andratx, Mallorca), Ses Copis (Sóller, Mallorca), o Son Cresta (Llucmajor, Mallorca) (Enseñat 1981).

3. METODOLOGÍA ANALÍTICA

3.1. Análisis elemental

Gracias al Proyecto Arqueometalurgia de la península ibérica (CCHS-CSIC), las composiciones elementales de los metales de Cova des Pas se determinaron por Fluorescencia de Rayos X, mediante un espectrómetro INNOV-X Alpha equipado con tubo de rayos X del Museo Arqueológico Nacional. Los tiempos de adquisición se fijaron en 40 segundos, calculando los valores cuantitativos a partir de una calibración 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, los resultados van expresados como % en peso (ND= no detectado). Una letra P al final de los números de análisis indica que se realizaron sobre la pátina.

La plata se descarta como indicador de la naturaleza del mineral por ser las analíticas elementales posteriores a la restauración. La aplicación de plata en forma de óxido para la neutralización de los cloruros de cobre de los bronces de Cova des Pas (Cho y Chinchilla 2008) transformándolos en cloruro de plata –mucho más estable–, impide discernir las proporciones de la plata procedente de los minerales utilizados durante la fabricación o de la restauración.

3.2. Isótopos de plomo

Para la determinación de las posibles procedencias de los metales, se realizaron analíticas de isótopos de

plomo en el Servicio General de Geocronología y Geoquímica Isotópica (IBERCRON) de la Universidad del País Vasco. Las proporciones de isótopos de plomo se midieron mediante el espectrómetro de masas con fuente de plasma acoplado inductivamente de alta resolución y multicolección (MC-ICP-MS Neptune). El fraccionamiento en masa se corrigió con el material certificado de referencia NBS-981.

Se muestrearon 17 piezas completas y fragmentos de base Cu, seleccionadas para discriminar aquellas cuyos valores isotópicos deberían ser similares o iguales: 1) fragmentos cuya semejanza en tipología, diámetro, grosor y composición elemental sugieren su pertenencia a una misma pieza; 2) piezas iguales de composición similar que, presumiblemente, se elaboraron en el mismo taller e incluso con la misma colada.

4. CARACTERIZACIÓN ELEMENTAL DE LOS METALES DE COVA DES PAS

4.1. Objetos de estaño

Las analíticas de composición elemental de las piezas de estaño se hicieron sobre la pátina a causa de su fragilidad y pequeño tamaño. Todavía se aproximan a la forma original del objeto, pero su estructura cristalina está completamente alterada por los procesos de corrosión. Por tanto, seguramente no habrá una correspondencia exacta entre la composición porcentual de otros elementos y sus valores originales.

La mayoría de las anillas muestran contenidos en Pb (Tab. 3). Siendo los límites de detección del espectrómetro (0,02 % en peso), estos oscilan entre los 0,08 y 5,85 %. Esto contrasta con la tendencia de minerales y lingotes de estaño de la Edad del Bronce a carecer de cantidades significativas de Pb (Begemann *et al.* 1999: 278). Por tanto, cabría pensar que se añadiera Pb al metal en algunas piezas, aunque tal vez de modo fortuito a tenor de las cantidades indicadas. Al ser el plomo de tonalidad semejante al estaño, se pudo incluir accidentalmente algún fragmento en un refundido.

El contenido en Cu, hallado en algunas anillas, varía entre los 0,2 y los 5,7 % en peso. Este elemento sí podría proceder del uso de minerales de paragénesis más compleja, asociando elementos Cu-Sn. Es relativamente frecuente encontrar casiterita (SnO₂) con ligeros contenidos en Cu, o minerales como por ejemplo la estannita (Cu₂FeSnS₄), que en la península ibérica encontramos distribuida en pequeñas cantidades en los mismos lugares que la anterior (Rovira y Montero 2003: 16). Esta particularidad del metal nos podría dar alguna pista sobre el origen de la materia prima, aunque por el momento no disponemos de suficientes datos para establecer paralelos.

Núm. análisis	Tipo	Id	Datos	Fe	Ni	Cu	As	Ag	Sn	Sb	Pb	Bi
PA23100P	Indeterminado (frag.)	CP59	Pátina	ND	ND	0,2	ND	ND	95,6	ND	4,05	ND
PA23100P2	Indeterminado (frag.)	CP59	Pátina otra cara sucia	0,16	ND	0,2	ND	ND	96	ND	3,58	ND
PA23100P3	Indeterminado (frag.)	CP59	Pátina otra cara sucia	0,6	ND	0,7	ND	ND	95	ND	3,68	ND
PA23101	Anilla	CP35	Pátina	ND	ND	0,4	ND	ND	99,5	ND	0,08	ND
PA23102	Anilla	CP36	Pátina	ND	ND	0,4	ND	ND	99,5	ND	ND	ND
PA23103	Anilla	CP37	Pátina	ND	ND	0,4	ND	ND	99,5	ND	ND	ND
PA23104	Anilla	CP38	Pátina	0,39	ND	0,4	ND	ND	97,1	ND	1,99	ND
PA23104B	Anilla	CP38	Pátina	ND	ND	0,6	ND	ND	97,1	ND	2,31	ND
PA23105	Anilla	CP39	Pátina	ND	ND	0,3	ND	ND	99,6	ND	0,08	ND
PA23106	Anilla	CP40	Pátina	ND	ND	0,2	ND	ND	99,6	ND	0,14	ND
PA23107	Anilla	CP41	Pátina	ND	ND	0,4	ND	ND	99,4	ND	0,2	ND
PA23108	Anilla	CP51	Pátina	ND	ND	0,3	ND	ND	99,6	ND	ND	ND
PA23109	Anilla	CP52	Pátina	0,37	ND	0,4	ND	ND	99,2	ND	ND	ND
PA23110	Anilla	CP53	Pátina	ND	ND	0,6	ND	ND	99,3	ND	ND	ND
PA23111	Anilla	CP54	Pátina	ND	ND	2,0	ND	ND	95,9	ND	2,1	ND
PA23111B	Anilla	CP54	Pátina otra cara	0,29	ND	5,3	ND	ND	89,9	ND	4,51	ND
PA23112	Anilla	CP55	Pátina	ND	ND	5,7	ND	ND	88,4	ND	5,85	ND
PA23113	Anilla	CP56	Pátina	ND	ND	3,8	ND	ND	92	ND	4,2	ND
PA23114	Anilla	CP57	Pátina	ND	ND	0,4	ND	ND	99,4	ND	0,09	ND
PA23115	Anilla	CP28	Pátina	ND	ND	0,3	ND	ND	95,9	ND	3,81	ND
PA23116	Anilla	CP29	Pátina	ND	ND	0,2	ND	ND	96,3	ND	3,45	ND
PA23117	Anilla	CP30	Pátina	ND	ND	0,2	ND	ND	96,4	ND	3,34	ND
PA23118	Anilla	CP31	Pátina	ND	ND	0,2	ND	ND	96,8	ND	2,92	ND
PA23119	Anilla	CP32	Pátina	0,3	ND	ND	ND	ND	97,2	ND	2,43	ND
PA23119B	Anilla	CP32	Pátina	0,28	ND	ND	ND	ND	97,1	ND	2,58	ND
PA23120	Anilla	CP33	Pátina	0,3	ND	0,2	ND	ND	96,2	ND	3,19	ND
PA23121	Anilla	CP34	Pátina	0,29	ND	0,3	ND	ND	96,1	ND	3,35	ND
PA23130	Anilla	CP44	Pátina	ND	ND	0,8	ND	ND	97,6	ND	1,53	ND
PA23131	Anilla	CP46	Pátina	ND	ND	0,4	ND	ND	99,6	ND	ND	ND
PA23132	Anilla	CP47	Pátina	ND	ND	0,6	ND	ND	97,4	ND	1,97	ND
PA23133	Anilla	CP43	Pátina	0,46	ND	0,4	ND	ND	95,5	ND	3,55	ND
PA23134	Anilla	CP45	Pátina	0,26	ND	0,8	ND	ND	98,5	ND	0,33	ND
PA23135	Anilla	CP58	Pátina	ND	ND	ND	ND	ND	99,8	ND	0,14	ND
PA23137	Anilla	CP50	Pátina	0,51	ND	ND	ND	ND	97,2	ND	2,2	ND
PA23138	Anilla	CP48	Pátina	ND	ND	0,4	ND	ND	96,7	ND	2,8	ND
PA23139	Anilla	CP49	Pátina	ND	ND	0,2	ND	ND	94,8	ND	4,94	ND

Tab. 3. Análisis compositivos (XRF) de los objetos de estaño de Cova des Pas (Ferreries, Menorca).

Los experimentos de correducción de minerales de Cu y Sn llevados a cabo por nuestro equipo (inédito) han producido granalla con contenidos variables de ambos elementos: bolitas de estaño con ligeros contenidos en Cu y otras de bronce con diversos porcentajes de Sn. Gracias a su color se seleccionan con facilidad, lo que permite controlar las aleaciones, siendo las más plateadas las más ricas en Sn. El empleo o la introducción de parte de esta granalla entre el estaño podría explicar los ligeros contenidos en Cu y Pb.

Como hay pequeñas cantidades de Cu en casi todas las piezas, descartamos que se fundiera estaño puro en un crisol con residuos de cobre. En condiciones normales, al llegar a la temperatura de fusión del estaño dichas partículas quedarían rodeadas por el caldo, pero de forma sólida y sin llegar a formar parte de la matriz metálica.

Por otra parte, es posible que estos elementos retardaran la aparición de la llamada “peste del estaño” que tiene como consecuencia la completa degradación del metal. La adición experimental de Cu y Pb al es-

taño ha demostrado como inhiben su degradación (Peng 2009). Es probable que este sea uno de los motivos por los cuales no es frecuente encontrar objetos de este metal en yacimientos arqueológicos. Tenemos otros ejemplos de anillas y espirales de estaño de la Edad del Bronce con contenidos en Pb que, posiblemente, se hayan conservado en buenas condiciones por esta causa (Krüger *et al.* 2012).

No se detectan otros elementos en la composición de las piezas de estaño. El Fe hallado en algunas se relacionaría con la suciedad de la pátina por el contacto con los sedimentos donde fueron encontradas.

4.2. Objetos de bronce

En general, las analíticas de metales de base Cu suelen mostrar un enriquecimiento en la pátina de elementos como el Sn, Pb, Zn, Sb y As. Esto se debe a las diferencias en la capacidad de oxidación y a la mayor solubilidad de las sales de Cu, por lo que se produce su pérdida en superficie y proporcionalmente se sobrevaloran los demás elementos (Montero 1994: 35). Sin embargo, en el presente estudio vemos un comportamiento inverso en algunas piezas donde se ha repetido la analítica con diferentes grados de limpieza, detectando sobre la pátina menos contenidos de Sn, Pb y Sb (objetos CP4, CP10, CP13 y CP17). En algunos casos en el metal limpio no se detectan dichos elementos probablemente por estar por debajo del límite de detección. Este fenómeno ya se había observado en otros estudios de objetos de metal de Mallorca⁵, no quedando claro por el momento a qué se deben estas diferencias de comportamiento en las pátinas. Solo en dos piezas vemos un claro enriquecimiento de estos elementos en pátina (CP2 y CP8), una de ellas es la única donde se ha detectado Bi. La lámina (CP27), al estar completamente mineralizada, es probable que también muestre un valor sobredimensionado de Sn (13,8 %), ya que para facilitar el laminado en pátina y evitar roturas lo ideal sería utilizar bronce que no supere el 10-12 % de Sn (Montero *et al.* 2003: 204).

Por otro lado, vemos que disminuyen los porcentajes de Ag al limpiar las zonas analizadas. Ello da más fuerza a la interpretación de que estamos observando los valores de la plata añadida para la restauración, más si tenemos en cuenta que la Ag no suele migrar a la superficie (Montero 1994: 35). Podemos descartar que la procedencia de elementos minoritarios (<1 % - >0,01 %) tengan relación con el óxido de plata añadido en la restauración al ser un producto

procesado en laboratorio libre de impurezas que pudieran ocasionar reacciones adversas. Por tanto, podemos concluir que los elementos minoritarios seguramente acompañan al mineral utilizado o son añadidos durante su elaboración.

Detectamos Sb en tres piezas (CP2, CP8 y CP13). Podemos encontrar el antimonio acompañando a los minerales del cobre, plomo o estaño. En cambio no se observa Sb en ninguno de los objetos de estaño y tampoco vemos correlación entre el Sn y el Sb en los bronce. La adición de Pb al cobre o bronce puede alterar las concentraciones de Sb (Pernicka 2014: 255), aunque con los bajos contenidos observados de Pb, de tener ese origen, el Sb sería difícilmente detectable. Por tanto, podemos deducir que el origen del antimonio está en el mineral de cobre.

Los contenidos en Ni también procederían del mineral de cobre, ya que la adición de Pb al cobre o bronce no altera las concentraciones de este elemento (Pernicka 2014: 255). De momento, solo hemos detectado Ni en algunas malaquitas de Binifaila (Mercadal) pero siempre con valores por debajo de 0,06 % en peso.

De existir contenidos de Fe estarían por debajo del nivel de detección, lo que nos indica la utilización de una tecnología de reducción en vasija sin un alto rendimiento térmico (Rovira 1993: 53). Solo vemos valores de Fe sobre pátina en las piezas de estaño y en un pequeño fragmento de bronce, todos completamente mineralizados. La explicación más plausible es que se trata de suciedad en la pátina procedente de los sedimentos de la cueva, ya que los análisis de composición muestran arcillas con contenidos en este elemento en los niveles donde se recuperaron los objetos (Van Strydonck *et al.* 2010: 992; Bergadà *et al.* 2015: 474).

Como decíamos, solo un objeto (el brazaletes CP2) tiene Bi como elemento minoritario, coincidiendo con los valores más altos de As y Sb y mostrando Ni en la pátina. De momento, no hemos localizado ninguna mineralización de cobre con contenidos en Sb ni Bi en las Baleares (Salvà *et al.* 2010; Lull y Perelló 2013), pero no descartamos su existencia al no haber analizado todas las mineralizaciones de cobre menorquinas.

Descubrimos As en cinco piezas (CP2, CP1, CP8, CP13 y CP27), un elemento que sí se detecta en las minas de Binifabini Vell (hasta 2,51 % en peso)⁶ y Sa Mitja Lluna (Menorca) (Hunt *et al.* 2014).

Los bronce de Cova des Pas en general presentan contenidos en Pb como elemento mayoritario (>1 %). Técnicamente se pueden considerar aleaciones ternarias Cu-Sn-Pb llegando, en algunos casos, a superar valores del 6 % en peso. La media aritmética de las 28 piezas de base Cu analizadas es del 2,009 % en Pb

⁵ Perelló, L. 2017: *Tecnología metalúrgica del cobre y del bronce durante el período Postalayótico en Mallorca (ca. s. VI a. C. - s. I a. C.)*. Tesis doctoral. Universitat de les Illes Balears. Palma.

⁶ Véase n. 5.

($\sigma = 1.39$), superando en ocho el 2 % (28,57 %). Se ve un ligero incremento en el uso de bronce plomados en relación con cronologías anteriores si se comparan estos resultados con otros estudios (Montero *et al.* 2005: 295-296). Los bronce analizados por Stos-Gale (1999) también muestran una media aritmética con contenidos pobres en Pb (1,211 %, $\sigma = 1,26$), siendo el valor máximo de 4,7 % en peso.

Con valores tan pobres en Pb difícilmente podemos hablar de intencionalidad de las aleaciones ternarias. La duda está en las piezas de contenido más alto en Pb con valores cercanos al 5 %. Si bien estos valores podrían ser la consecuencia del reciclado de objetos durante la producción, otra posibilidad es el uso de menas polimetálicas de Cu-Pb como materia prima. Precisamente, así interpretaba Stos-Gale (1999: 643) los bronce de Cova des Càrritx, Cova des Mussol y Forat de Ses Aritges. Las analíticas de minerales de Binifabini Vell, combinando ambos elementos (Salvà *et al.* 2010; Llull y Perelló 2013: 86), demuestran que mineralizaciones de ese tipo podrían haberse usado para la producción de metales menorquines.

Así mismo, todos los objetos de base Cu de Cova des Pas tienen contenidos en Sn. La aleación con estaño modifica poco el patrón de elementos traza al ser la mayoría de las casiteritas seleccionadas bastante puras y al contener la aleación menos Sn que Cu. La media aritmética del Sn se sitúa en un 10,14 % ($\sigma = 2,68$), superando siempre el 4 % en peso de la aleación, valores muy similares a los obtenidos por Ignacio Montero *et al.* (2005: 296) en metales menorquines del Bronce Final y Talayótico. Los contenidos en Sn de la serie analizada por Stos-Gale (1999) muestran contenidos un poco más altos (12,62 %, $\sigma = 6,016$), debido en parte a algunos bronce muy ricos en Sn de Cova des Mussol, llegando un fragmento de lanza de este yacimiento al 26,1 % en peso de Sn.

5. CARACTERIZACIÓN ISOTÓPICA DE LOS BRONCES DE COVA DES PAS

El trabajo de Sophie Stos-Gale (1999) fue pionero en el campo de la isotopía del plomo en objetos arqueológicos de las Islas Baleares. Presentaba e interpretaba los resultados de algunos metales de Cova des Mussol, Cova des Càrritx y Forat de Ses Aritges contrastándolos con los datos disponibles de depósitos minerales del Mediterráneo. Se concluía, llamando a la prudencia por la falta de una mayor definición del mapa geográfico de los isótopos en aquel momento, que el metal podía proceder del suroeste de la península ibérica, descartando las mineralizaciones de Cerdeña. Otros trabajos (Montero 2002: 63-64; Montero *et al.* 2005: 298) discutieron esa propuesta. Apreciaban

suficiente diferencia entre los metales menorquines y los depósitos minerales del suroeste peninsular para discriminar su procedencia. Así mismo, con los datos publicados entonces veían su mayor afinidad con el registro isotópico de minerales del sureste peninsular. Sin embargo, la distribución general no entremezclada del mismo descartaba también esa posible procedencia, advirtiendo además de la falta de datos isotópicos de minerales de Mallorca o Menorca para la comparación.

Se han tenido que esperar 15 años hasta la publicación de los primeros datos isotópicos de minerales menorquines para la comparación (Hunt *et al.* 2014), observándose una mayor probabilidad del uso de mineralizaciones autóctonas para un buen número de piezas metálicas de Cova des Càrritx, Forat de Ses Aritges y Cova des Mussol.

Stos-Gale (1999: 645) definió 5 posibles menas como fuente de procedencia de los metales analizados (Fig. 8). Si les sumamos los resultados de las mineralizaciones de Binifabini Vell y Sa Mitja Lluna, *a priori* podemos ver que el grupo 2 es más coherente con mi-

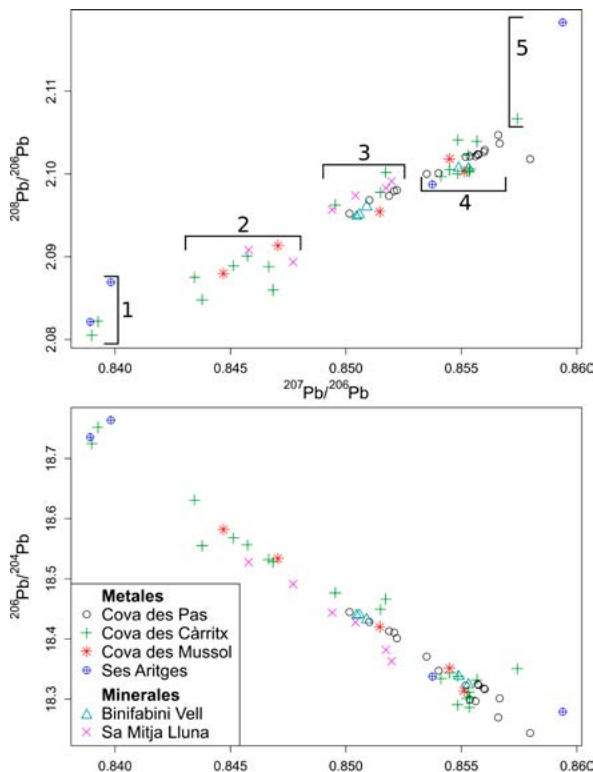


Fig. 8. Confrontación de los resultados de isótopos de plomo de minerales y metales de necrópolis de Menorca. Arriba grupos definidos por Stos-Gale (1999) para la serie de Cova des Càrritx, Cova des Mussol y Forat de ses Aritges (en color en la versión electrónica).

nerales de la escombrera sur de Sa Mitja Lluna, y el grupo 3 con los de la escombrera norte y minerales de cobre de Binifabini Vell (Hunt *et al.* 2014). En cambio, el grupo 4 coincidiría mejor con las galenas de Binifabini Vell. Se ve así una consistencia clara, indicativa del uso de pequeñas mineralizaciones menorquinas en la fabricación de gran parte de los objetos.

Al añadir a dichos datos los de Cova des Pas (Tab. 4) podemos ver como algunos de esos grupos coinciden notablemente entre ellos (Fig. 8) mostrándonos, en un principio, al menos, dos provisiones comunes (grupos 3 y 4) para la materia prima utilizada. Sin embargo, como veremos más adelante, al contrastar las distintas ratios isotópicas con las composiciones elementales podemos deducir que tal vez fueran más. Por otro lado, muchas de las piezas analizadas no tienen ratios muy distantes. Su fuerte correlación nos permitiría pensar que son depósitos próximos con geocronologías similares y dentro de una misma región.

La reducción de la amplitud de rango de los resultados isotópicos de Cova des Pas contrasta con la de los yacimientos estudiados por Stos-Gale. Probablemente, al ser su cronología más dilatada, estemos viendo posibles cambios cronológicos en el aprovisionamiento de materia prima o de objetos ya en forma metálica. Al contrastar las tipologías de objetos con las piezas analizadas por isótopos de plomo advertimos que la mayoría de los brazaletes estudiados por Stos-Gale están en el grupo 4 (6 de 8), como en Cova des Pas (4 de 5). Aquí los contenidos de Pb de los brazaletes son relativamente altos (más del 2 %) y, en principio, coinciden mejor con las galenas y minerales polimetálicos de las minas de Binifabini Vell. Sin embargo, las 5 cuentas biconicas aparecen en los grupos 1 y 2 no habiéndose encontrado ninguna en Cova des Pas. Por el momento, no podemos atribuirlo a contextos cronológicos distintos donde varíen los gustos locales, considerándolo un dato interesante a valorar en futuras investigaciones.

Metales de Cova des Pas							
Id	Muestra	206Pb/204Pb	Incertidumbre (2SE)	208Pb/206Pb	Incertidumbre (2SE)	207Pb/206Pb	Incertidumbre (2SE)
CP1	Bronce. Metal	18,29907	0,00077	2,10212	0,00003	0,85536	0,00001
CP2	Bronce. Carbonatos	18,44441	0,00071	2,09518	0,00004	0,85014	0,00001
CP3	Bronce. Metal	18,30087	0,00072	2,10365	0,00003	0,85666	0,00001
CP4	Bronce. Metal	18,296	0,00064	2,10216	0,00004	0,8556	0,00001
CP5	Bronce. Metal	18,31573	0,00065	2,10289	0,00003	0,85601	0,00001
CP7	Bronce. Metal	18,31728	0,00069	2,10261	0,00003	0,85598	0,00001
CP8	Bronce. Carbonatos	18,32244	0,00073	2,10205	0,00003	0,85519	0,00001
CP9	Bronce. Metal	18,24327	0,00065	2,10183	0,00004	0,85798	0,00001
CP11	Bronce. Carbonatos	18,32409	0,00074	2,10237	0,00004	0,85571	0,00001
CP12	Bronce. Carbonatos	18,32285	0,00072	2,1023	0,00004	0,85574	0,00001
CP14	Bronce. Metal	18,36995	0,00076	2,09998	0,00004	0,85348	0,00001
CP21	Bronce. Metal	18,42782	0,00072	2,09687	0,00004	0,85101	0,00001
CP22	Bronce. Metal	18,40066	0,00068	2,09799	0,00003	0,85222	0,00001
CP23	Bronce. Metal	18,41314	0,00065	2,09738	0,00004	0,85188	0,00001
CP25	Bronce. Metal	18,41059	0,00066	2,09794	0,00004	0,85208	0,00001
CP26	Bronce. Carbonatos	18,26951	0,00079	2,1047	0,00004	0,85659	0,00001
CP27	Bronce. Carbonatos	18,34728	0,00065	2,10007	0,00003	0,85403	0,00001

Minerales de Binifabini Vell							
Id	Muestra	206Pb/204Pb	Incertidumbre (2SE)	208Pb/206Pb	Incertidumbre (2SE)	207Pb/206Pb	Incertidumbre (2SE)
MA	Malaquita	18,43236	0,00079	2,096	0,00004	0,8509	0,00002
MB	Malaquita	18,43912	0,00047	2,09485	0,00004	0,85046	0,00001
MC	Galena	18,32371	0,00057	2,10066	0,00004	0,8553	0,00001
ME10	Malaquita	18,44002	0,00081	2,09509	0,00004	0,85057	0,00001
ME21	Galena	18,33738	0,00075	2,10069	0,00004	0,85489	0,00001

Tab. 4. Resultados isotópicos de los metales de Cova des Pas (Ferrerries, Menorca) y muestras minerales de Binifabini Vell (Mercadal, Menorca).

La observación pormenorizada de los valores nos muestra que el brazalete CP2 (grupo 3) es el de valor más radiogénico (Fig. 9). Además, su composición elemental es la única donde se han detectado contenidos de Bi y con mayor contenido en As. Ambos elementos nos indicarían un depósito por ahora no localizado. En las analíticas de composición de los objetos de Cova des Càrritx no se contempló el Bi, pero vemos que CP2 y X1M18 (cincel) son las piezas con más alto contenido en As y Sb en sus respectivos yacimientos, mostrando también proximidad isotópica.

Una de las cuentas tubulares con estrías también difiere isotópicamente de las demás. Como ya indicábamos más arriba se hallaron dos iguales (CP9 y CP10), probablemente realizadas con la misma colada y por tanto de una misma procedencia. Tras una discriminación de ratios de mineralizaciones publicadas del ámbito mediterráneo, Cerdeña da la mejor consistencia, en especial los minerales de cobre de Funtana Raminosa (Gadoni, Nuoro) (Stos-Gale *et al.* 1995; Begemann *et al.* 2001) (Fig. 9). Se cree que sus minas fueron fuentes potenciales del cobre en la antigüedad (Lo Schiavo *et al.* 1985). Algunos estudios relacionan isotópicamente objetos hallados en yacimientos arqueológicos de la cultura de los *nuragues* con dichos minerales (Begemann *et al.* 2001: 72). Por otro lado, las composiciones elementales de minerales (Zwicker *et al.* 1980; Tylecote *et al.* 1983) son consistentes con las de los objetos CP9 y CP10 de Cova des Pas, con paragénesis Cu-Pb-Zn y sin contenidos de As ni Sb. En ninguna de estas piezas se ha detectado Zn. Esto puede explicarse por varios motivos. El primero es

la selección y concentración del mineral; la experimentación ha demostrado la importante influencia de esta fase en las impurezas del metal acabado (Ottaway 2001: 92). El segundo es el bajo punto de evaporación del zinc (917°C). Al ser muy inferior al punto de fusión del cobre puede ocasionar la pérdida casi completa de dicho elemento durante los trabajos pirometalúrgicos llegando al rango de elemento traza. Los objetos sardos relacionados con las mineralizaciones de Funtana Raminosa (Begemann *et al.* 2001) también muestran contenidos muy bajos en Zn por debajo del nivel de detección del equipo XRF utilizado en el presente trabajo.

En la confrontación de las ratios $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ vs $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (Fig. 9) también vemos que la espiral CP26 tiene el valor menos radiogénico y sin una correlación tan marcada como la mayoría de muestras. De un examen detallado de las ratios de los bronzes de Cova des Pas en otros gráficos bivariantes, se deduce que el pequeño aro CP1 y el brazalete CP4 también se separan de la correlación con el resto de objetos. Estas tres piezas encajarían bien en el campo isotópico de minerales de plomo y cobre de Linares (Jaén) (Santos Zalduegui *et al.* 2004; Hunt *et al.* 2011). Tres brazaletes y un torques (XFM97, XIM19, XIM40 y XFM116) de Cova des Càrritx también podrían tener esta procedencia (Fig. 10) (Lull *et al.* 1999). Algunos metales hallados en el poblado de Calvari del Molar (Tarragona), de cronología un poco más tardía (entre los siglos VIII y VI a. C.), también se han relacionado con minerales de Linares (Montero *et al.* 2012). Todo ello nos permite vislumbrar la importancia de sus minas y las complejas redes de intercambio de metales existentes en estas cronologías.

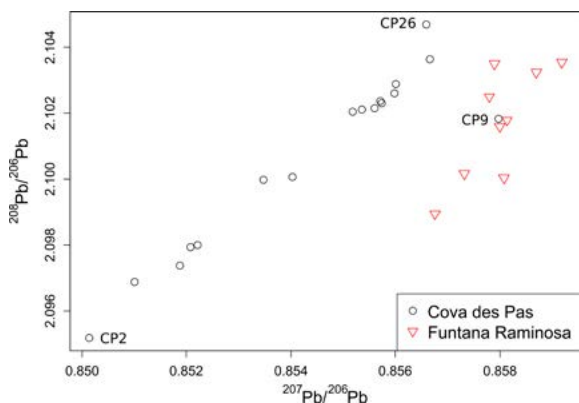


Fig. 9. Confrontación de los resultados de isótopos de plomo de minerales de cobre de Funtana Raminosa (Gadoni, Nuoro, Cerdeña) y metales de Cova des Pas (Ferreries, Menorca). La cuenta tubular CP9 coincide con el campo isotópico de Funtana Raminosa (en color en la versión electrónica).

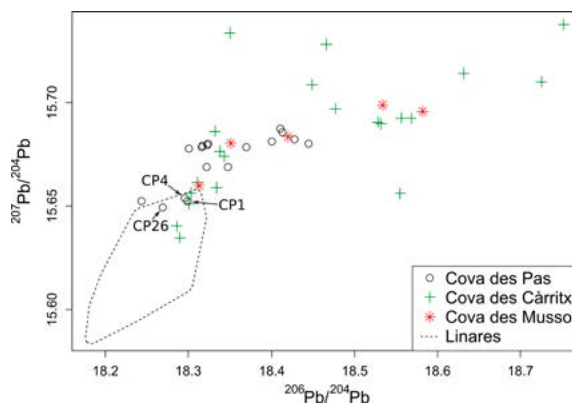


Fig. 10. Confrontación de los resultados de isótopos de plomo de minerales de Linares con metales de necrópolis de Menorca. Tres bronzes de Cova des Pas y cuatro de Cova des Càrritx coinciden con el campo isotópico de Linares (Jaén) (en color en la versión electrónica).

6. CONCLUSIONES

Los datos que nos ha aportado Cova des Pas, sumados a los estudios previos, ponen de manifiesto varios aspectos interesantes en cuanto a aprovisionamiento de materia prima para la elaboración de objetos metálicos y a la circulación de bienes metálicos, en un momento crucial de transición de la cultura de las navetas a la cultura talayótica de Menorca. En primer lugar, aunque indirectamente, vemos una correlación clara entre la mayoría de metales de los distintos yacimientos arqueológicos estudiados y los depósitos minerales menorquines analizados. Actualmente, solo podemos afirmar que en época prehistórica se explotaron los recursos cupríferos de Sa Mitja Lluna. Por otro lado, Binifabini Vell es un complejo minero que estuvo en funcionamiento en época contemporánea, pero donde se ven trabajos previos de difícil adscripción cronológica (Salvà *et al.* 2010; Llull y Perelló 2013). Dichas minas no tienen porque ser las utilizadas en la fabricación de las piezas de Cova des Pas. Sin embargo, todo apunta a que serían formaciones con geocronologías próximas y en el mismo territorio. La mayor diversidad isotópica de Cova des Càrritx, Forat de Ses Aritges y Cova des Mussol, podría deberse a una producción con minerales menorquines, en su mayoría, pero de diversos orígenes, evidenciando así el uso de otras minas locales de las cuales hoy no tenemos información y tal vez explotadas en diferentes momentos. En definitiva, este estudio demuestra que durante esta cronología hay una producción metalúrgica que usa mayoritariamente recursos cupríferos cercanos, explotados a pequeña escala según las necesidades de metal.

Por otro lado, tenemos una pieza con Bi, elemento no identificado en depósitos minerales de Menorca, si bien es verdad que no se han analizado de forma exhaustiva todos los depósitos, muchos de los cuales posiblemente hayan desaparecido a causa de acciones antrópicas posteriores. Por tanto, a la espera de nuevas analíticas, no podemos asegurar que este objeto sea foráneo.

Sin embargo, tenemos evidencias de contactos exteriores. El primero sería el uso de estaño, elemento alóctono en el archipiélago e imprescindible para elaborar aleaciones de bronce y las pequeñas anillas de estaño. Desconocemos si estas últimas eran producciones locales o foráneas, aunque se valora la posibilidad de que estuviéramos ante un formato de circulación de estaño metálico para pequeñas producciones. Se propone para un futuro realizar analíticas de isótopos de estaño en dichas piezas junto con las de isótopos de plomo, ya que su composición elemental nos muestra contenidos significativos de Pb. Los resultados nos podrían dar pistas sobre la procedencia de este metal y de cómo circulaba por el Mediterráneo. En segundo lugar, las cuentas tubulares CP9 y CP10 son

otra evidencia clara de contactos exteriores que muestran afinidad con depósitos minerales de Cerdeña, en especial con Funtana Raminosa. Por último, tres bronces de Cova des Pas y cuatro de Cova des Càrritx podrían relacionarse con minerales de Linares. No podemos estar seguros al 100 % de que esta sea su procedencia, ya que cabe la posibilidad de que otro depósito no documentado tenga las mismas proporciones isotópicas que los de Cerdeña o de Linares. En cambio, por el momento, estos objetos no se relacionan con ninguna mineralización de Menorca.

Con los datos actuales es difícil interpretar cómo pudieron llegar estos objetos a Menorca. Según Marisa Ruiz-Gálvez (1995, 1998), entre el siglo x y el VIII a. C. prospera una activa red de intercambio protagonizado por intermediarios indígenas del Mediterráneo occidental que interactúan con sus periferias. Los estudios de las numerosas representaciones de barcos de origen nurágico bastan para no dudar de las capacidades náuticas de las comunidades sardas. Sin embargo, el trayecto directo entre Cerdeña y las Baleares es dificultoso para la navegación a vela a causa de los vientos y corrientes marinas, limitando la posibilidad de contactos directos (Guerrero 2004a, 2004b). La red de asentamientos costeros, que empezó a desarrollarse durante la Cultura de las Navetas (Salvà *et al.* 2002; Guerrero 2006a, 2006b; Guerrero *et al.* 2007; Calvo *et al.* 2011) en estos momentos está en plena actividad con una navegación de cabotaje interinsular y, aunque faltan pruebas directas, se ha planteado la posibilidad de una navegación de gran cabotaje que facilitaría la existencia de otras redes de contactos (Guerrero 2006a, 2006b). Estas redes, en las que probablemente participan múltiples agentes, empezarán a entrar en decadencia con el protagonismo fenicio, quien finalmente impondrá su monopolio. Las Baleares se verán especialmente afectadas con la colonización de Ibiza, donde su presencia por lo menos se remonta a finales del siglo VIII a. C. con la fundación del establecimiento de Sa Caleta (Ramon 2007).

Cova des Pas parece evidenciar el contacto sardo, pero el registro arqueológico balear, con nulas evidencias sardas a día de hoy, no da la impresión de que hubiera relaciones regulares. Con todo lo expuesto, sin descartar el contacto directo con agentes sardos, podríamos considerar la llegada de estas piezas de forma indirecta, a través de múltiples redes interconectadas. De hecho, las comunicaciones entre Menorca y Linares se tuvieron que llevar a cabo en varias fases, tal vez llegando a la costa mediterránea por tierra o, como proponen algunos autores, por vía fluvial bajando por el Guadalquivir hasta la costa atlántica (Montero *et al.* 2012: 181).

Por último, al no haber detectado Fe en los análisis de Cova des Pas, se evidencia el empleo de vasijas de reducción, una técnica que se mantendrá durante toda

la protohistoria balear. A la vez se introducen técnicas novedosas. Una es el uso de moldes a cera perdida, tradicionalmente asociada a los artesanos chipriotas. Esta técnica, introducida en Cerdeña hacia el siglo XI, llegaría desde allí a la península ibérica (Lo Schiavo 2001: 137; Ruiz-Gálvez 2005: 262). Otra innovación es el laminado del bronce, una técnica que se hará más usual en los bronce de la Edad del Hierro.

En estos momentos también vemos un incremento tanto de Pb en las aleaciones, como de tipologías locales. Posiblemente los brazaletes cerrados y las cuentas esferoidales son de producción local ya que no se conocen paralelos foráneos. Las analíticas de isótopos de plomo parecen corroborar esta hipótesis. Si los brazaletes cerrados de Cova des Pas y Cova des Càrritx (relacionados isotópicamente con Linares) son de producción local, probablemente nos estarían indicando la llegada de cobre en forma de lingotes.

A modo de epílogo, los intercambios implican tanto a los objetos o materias primas, como a los conocimientos tecnológicos. Sin duda la condición de insularidad favorece en estos momentos los contactos por vía marítima, encontrándose Menorca en un contexto geográfico y cronológico donde, probablemente, se desarrollan múltiples contactos interculturales a medio camino de unas relaciones bidireccionales entre el Atlántico y el Mediterráneo oriental.

AGRADECIMIENTOS

A Ignacio Montero Ruiz del Instituto de Historia (CCHS, CSIC), por su ayuda en la realización de analíticas *XRF*, así como por las valiosas correcciones y aportaciones a este trabajo. Agradecemos también el apoyo técnico y humano de los Servicios Generales de Investigación de la UPV/EHU.

BIBLIOGRAFÍA

Armentano, N.; Jordana, X. y Malgosa, A. 2010: "Aproximación paleodemográfica de una población protohistórica de las Baleares. El yacimiento de la Cova des Pas (Ferrerries, Menorca)". *Revista de Demografia Històrica* 28 (1): 91-108.

Begemann, F.; Kallas, K.; Schmitt-Strecker, S. y Pernicka, E. 1999: "Tracing Ancient Tin via Isotope Analyses". En A. Hauptmann, E. Pernicka, T. Rehren y U. Yalcin (eds.): *The beginnings of metallurgy*. Der Anschnitt, Beiheft 9, Deutsches Bergbau-Museum. Bochum: 277-284.

Begemann, F.; Schmitt-Strecker, S.; Pernicka, E. y Lo Schiavo, F. 2001: "Chemical composition and lead isotope of copper and bronze from Nuragic Sardinia". *European Journal of Archaeology* 4 (1): 43-85. <https://doi.org/10.1177/146195710100400102>

Bergadà, M. M. y Nicolás, J. C. 2005: "Aportación de la micromorfología al conocimiento de las prácticas pastoriles de finales de la Edad del Bronce en el yacimiento de la Cova des Morts (Mongofre Nou, Maó, Menorca)". *Mayurqa* 30: 181-202.

Bergadà, M. M.; Poch, R. M. y Cervelló, J. M. 2015: "On the presence of gypsum in the archaeological burial site of Cova des Pas (Menorca, western Mediterranean)". *Journal of Archaeological Science* 53: 472-481. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.11.002>

Bronk Ramsey, C. 2009: "Bayesian analysis of radiocarbon dates". *Radiocarbon* 51 (1): 337-360. <https://doi.org/10.1017/s0033822200033865>

Calvo, M. y Guerrero, V. M. 2011: "De los primeros indicios de ocupación humana en las Baleares hasta la Edad del Bronce". En M. Calvo y A. Aguarales (eds.): *Calvià. Patrimoni Cultural I*, Ajuntament de Calvià. Palma: 63-88.

Calvo, M.; Javaloyas D.; Alberó, D.; García, J. y Guerrero, V. M. 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>

Cañellas, A. y Nicolás, J. C. 1996: "Patologías detectadas en el yacimiento de finales de la Edad del Bronce de Mongofre Nou (Mahón, Menorca)". En J. D. Villalain; C. Gómez Bellard y F. Gómez Bellard (eds.): *Actas del II Congreso Nacional de Patología (Valencia 1993)*: 367-375. Valencia.

Castro, P. V.; Lull, V. y Micó, R. 1996: *Cronología de la Prehistoria Reciente de la Península Ibérica y Baleares (c. 2800-900 cal ANE)*. British Archaeological Reports International Series 652. Oxford.

Cho, S. y Chinchilla, J. 2008: "La conservació i restauració dels materials arqueològics de la Cova des Pas". *Unicum: revista de l'Escola Superior de Conservació i Restauració de Béns Culturals de Catalunya* 7: 30-54.

Delibes de Castro, G. y Fernández-Miranda, Manuel 1988: *Armas y utensilios de bronce en la Prehistoria de Baleares*. Colección Studia Archaeologica 78, Universidad de Valladolid. Valladolid.

Enseñat, C. 1981: *Las cuevas sepulcrales mallorquinas de la Edad del Hierro*. Excavaciones Arqueológicas en España 118, Ministerio de Cultura. Madrid.

Fullola, J. M.; Guerrero, V. M.; Petit, M. À.; Calvo, M.; Malgosa, A.; Armentano, N... y Zubillaga, M. 2007: "La Cova des Pas (Ferrerries, Menorca): un avanç". En *L'arqueologia a Menorca: eina per al coneixement del passat*. Consell Insular de Menorca, Llibres del Patrimoni Històric i Cultural Menorca. Maó: 95-100.

Fullola, J. M.; Guerrero, V. M.; Petit, M. À.; Calvo, M.; Malgosa, A.; Armentano, N... y Zubillaga, M. 2008: "La Cova des Pas (Ferrerries, Menorca): un jaciment cabdal en la prehistòria de les Balears". *Unicum: revista de l'Escola Superior de Conservació i Restauració de Béns Culturals de Catalunya* 7: 10-20.

Guerrero, V. M. 2004a: "La marina de la Cerdeña nurágica". *Pyrenae* 35 (1): 117-155.

Guerrero, V. M. 2004b: "Las Islas Baleares en los derroteros del Mediterráneo Central y Occidental". En V. Peña, C. G. Wagner y A. Mederos (eds.): *La navegación fenicia. Tecnología naval y derroteros. Encuentro entre marinos, arqueólogos e historiadores*. Centro de Estudios Fenicios y Púnicos. Madrid: 85-133.

Guerrero, V. M. 2006a: "Nautas baleáricas durante la Prehistoria (parte I). Condiciones meteorológicas y navegación de cabotaje". *Pyrenae* 37 (1): 87-129.

Guerrero, V. M. 2006b: "Nautas baleáricas durante la Prehistoria (parte II). De la iconografía naval a las fuentes históricas". *Pyrenae* 37 (2): 7-45.

Guerrero, V. M.; Calvo, M.; García, J. y Gornés, S. 2007: *Prehistoria de las Islas Baleares. Registro Arqueológico y Evolución Social Antes de la Edad del Hierro. Prehistory of the Balearic Islands. Archaeological Record and Social Evolution before the Iron Age*. British Archaeological Reports International Series 1690, Archaeopress. Oxford.

Guerrero, V. M.; Calvo, M. y Salvà, B. 2002: "La cultura talayótica. Una sociedad de la Edad del Hierro en la periferia de la colonización fenicia". *Complutum* 13: 221-258.

Harding, A. F. 2003: *Sociedades europeas en la Edad del Bronce*. Ariel. Barcelona.

Hunt, M. A.; Contreras, F. y Arboledas, L. 2011: "La procedencia de los recursos minerales metálicos en el poblado de la Edad del Bronce de Peñalosa (Baños de la Encina, Jaén)". En J. M. Mata, L. Torró y

- M. N. Fuentes (eds.): *Actas del Quinto Congreso Internacional sobre minería y metalurgia históricas en el Suroeste europeo (León 2008). Libro en homenaje a Claude Domergue*: 195-206. Madrid.
- Hunt, M. A.; Llull, 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 d'en Colom)". *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada* 24: 85-109.
- Krüger, J.; Nagel, F.; Nagel, S.; Jantzen, D.; Lampe, R. Dräger, J.... y Terberger, T. 2012: "Bronze Age tin rings from the Tollense valley in northeastern Germany". *Præhistorische Zeitschrift* 87 (1): 29-43. <https://doi.org/10.1515/pz-2012-0002>
- Llull, B. y Perelló, L. 2013: "La minería del cobre a Menorca. De la prehistòria a l'actualitat". *Bolletí de la Societat Arqueològica Lul·liana. Revista d'Estudis Històrics* 69: 75-93.
- Lo Schiavo, F. 2001: "Late cypriot bronzework and bronzeworkers in Sardinia, Italy, and elsewhere in the West". En L. Bonfante y V. Karageorghis, (eds.): *Italy and Cyprus in antiquity, 1500-450 BC: proceedings of an international symposium held at the Italian Academy for advanced studies in America (Columbia 2000)*: 131-152. Nicosia.
- Lo Schiavo, F.; Maddin, R. Muhly, J. D. y Stech, T. 1985: "Preliminary Research on Ancient Metallurgy in Sardinia: 1984". *American Journal of Archaeology* 89 (2): 316-318. <https://doi.org/10.2307/504336>
- 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*. Consell Insular de Menorca, Ajuntament de Ciutadella, Fundació Rubió Tudurí Andrómaco. Barcelona.
- Montero, I. 1994: *El origen de la metalurgia en el Sudeste de la Península Ibérica*. Instituto de Estudios Almerienses. Almería.
- Montero, I. 2002: "Metal y circulación de bienes en la Prehistoria reciente". *Cypselia* 14: 55-68.
- Montero, I.; Gómez Ramos, P. y Rovira, S. 2003: "Aspectos de la metalurgia orientalizante en Cancho Roano". En S. Celestino (ed.): *Cancho Roano IX, los materiales arqueológicos II*. Junta de Extremadura, Consejería de Cultura. Mérida: 193-210.
- Montero, 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, I.; Rafel, N.; Rovira M. C.; Armada, X. L.; Graells i Fabregat, R.; Hunt, M. A.... y Santos, M. 2012: "El cobre de Linares (Jaén) como elemento vinculado al comercio fenicio en el Calvari de el Molar (Tarragona)". *Menga: Revista de prehistoria de Andalucía* 3: 167-184.
- Ottaway, B. S. 2001: "Innovation, production and specialization in early prehistoric copper metallurgy". *European Journal of Archaeology* 4 (1): 87-112. <https://doi.org/10.1177/146195710100400103>
- Peng, W. 2009: "An investigation of Sn pest in pure Sn and Sn-based solders". *Microelectronics Reliability* 49 (1): 86-91. <https://doi.org/10.1016/j.microrel.2008.11.001>
- Pernicka, E. 2014: "Provenance determination of archaeological metal objects". En B. W. Roberts y C. Thornton (eds.): *Archaeometallurgy in global perspective. Methods and syntheses*. Springer-Verlag. New York: 239-268. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9017-3_11
- Picornell, L.; Solé, A. y Allué, E. 2008: "Estudi arqueobotànic i tecnològic de les restes de fusta, carbó i fibres vegetals de la Cova des Pas (Ferrerries, Menorca)". *Unicum: revista de l'Escola Superior de Conservació i Restauració de Béns Culturals de Catalunya* 7: 22-25.
- Primas, M. 2003: "The use of tin and lead in Bronze Age metallurgy". En A. Giumlia-Mair y F. Lo Schiavo (eds.): *The problem of early tin. Acts of the XIVth UISPP Congress (Liege 2001). Section 11 Bronze Age in Europe and the Mediterranean*. British Archaeological Reports International Series 1199, Archaeopress. Oxford: 87-91.
- Ramon, J. 2007: *Excavaciones arqueológicas en el asentamiento fenicio de Sa Caleta*. Cuadernos de Arqueología Mediterránea 16, Publicaciones del Laboratorio de Arqueología, Universitat Pompeu Fabra. Barcelona.
- Reimer, P. J.; Bard, E.; Bayliss, A.; Beck, J. W.; Blackwell, P. G.; Bronk Ramsey, C.... y van der Plicht, J. 2013: "Int-Cal13 and marine 13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years cal BP". *Radiocarbon* 55 (4): 1869-1887. https://doi.org/10.2458/azu_js_rc.55.16947
- Rovira, S. 1993: "La metalurgia de la Edad del Hierro en la Península Ibérica: una síntesis introductoria". En R. Arana, A. M. Muñoz, S. Ramallo y M. Ros (eds.): *Metalurgia en la Península Ibérica durante el primer milenio aC. Estado actual de la investigación*. Universidad de Murcia. Murcia: 45-70.
- 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 Montero, I. 2003: "Natural tin-bronze alloy in Iberian Peninsula metallurgy: potentiality and reality". En A. Giumlia-Mair y F. Lo Schiavo (eds.): *The problem of early tin. Acts of the XIVth UISPP Congress (Liege 2001). Section 11 Bronze Age in Europe and the Mediterranean*. British Archaeological Reports International Series 1199, Archaeopress. Oxford: 15-22.
- Ruiz-Gálvez, M. 1995: "El significado de la Ría de Huelva en el contexto de las relaciones de intercambio y de las transformaciones producidas en la transición Bronce Final/Edad del Hierro". *Complutum Extra* 5: 129-155.
- Ruiz-Gálvez, M. 1998: *La Europa atlántica en la Edad del Bronce. Un viaje a las raíces de la Europa occidental*. Crítica. Barcelona.
- Ruiz-Gálvez, M. 2005: "Der fliegende mittlemeermann: piratas y héroes en los albores de la Edad del Hierro". En F. J. Jiménez y S. Celestino (eds.): *El periodo orientalizante: Actas del III Simposio Internacional de Arqueología de Mérida. Protohistoria del Mediterráneo occidental*. Anejos de Archivo Español de Arqueología XXXV, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Mérida: 251-276.
- Salvà, B.; Calvo, M. y Guerrero, V. M. 2002: "La Edad del Bronce balear (c. 1700-1000/900 BC): desarrollo de la complejidad social". *Complutum* 13: 193-219.
- 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.
- Santos Zalduegui, J. F.; García de Madinabeitia, S.; Gil Ibaguchi, J. I. y Palero, F. 2004: "A lead isotope database: the Los Pedrosches - Alcudia Area (Spain). Implications for archaeometallurgical connections across Southwestern and Southeastern Iberia". *Archaeometry* 46 (4): 625-634. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2004.00178.x>
- Simón, M.; Armentano, N.; Afonso, C. y Malgosa, A. 2016: "La Menorca talayótica desde el punto de vista genético: la necrópolis de la Cova des Pas". *Trabajos de Prehistoria* 73 (2): 335-351. <https://doi.org/10.3989/tp.2016.12178>
- 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.): *Ideología y sociedad en la prehistoria de Menorca: la Cova des Càrritx y la Cova des Mussol*. Consell Insular de Menorca, Ajuntament de Ciutadella, Fundació Rubió Tudurí Andrómaco. Barcelona: 643-650.
- Stos-Gale, Z.; Gale, N. H.; Houghton, J. y 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>
- Tylecote, R. F.; Balmuth, M. S. y Massoli-Novelli, R. 1983: "Copper and bronze metallurgy in Sardinia". *Historical metallurgy* 17 (2): 63-78.
- Van Strydonck, M.; Boudin, M.; Guerrero, V. M.; Calvo, M.; Fullola, J. M. y Petit, M. A. 2010: "The necessity of sample quality assessment in 14C AMS dating: The case of Cova des Pas (Menorca - Spain)". *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B* 268: 990-994.
- Veny, C. 1970: "Un avance sobre la necrópolis de Cales Coves". *Trabajos de Prehistoria* 27: 97-168.
- Veny, C. 1982: *La necrópolis protohistórica de Cales Coves, Menorca*. Bibliotheca Praehistorica Hispana XX, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid.
- Zwicker, V.; Virdis, P. y Ceruti, M. L. 1980: "Investigations on copper ore, prehistoric copper slag and copper ingots from Sardinia". *British Museum Occasional Papers* 20: 135-164.