

Elementos broncíneos de ornamento personal en el nordeste de la Península Ibérica (siglos VII-VI ane): una visión arqueométrica

Bronze elements of personal ornament in the northeast of the Iberian Peninsula (7th-6th centuries BCE): an archaeometric view

PALABRAS CLAVES: Colgantes de bronce, análisis elemental, análisis de isótopos de plomo, reciclaje y circulación del metal.

GAKO-HITZAK: Brontzezko zintzilikarioak, elementuen azterketa, beruneko isotopoen azterketa, metalaren birziklapena eta zirkulazioa.

KEY WORDS: Bronze pendants, elemental analysis, lead isotopes analysis, recycling and metal circulation.

Ignacio MONTERO-RUIZ⁽¹⁾ y Núria RAFEL FONTANALS⁽²⁾

RESUMEN

El estudio arqueométrico, junto con los datos arqueológicos conocidos hasta la fecha, indican que a finales del siglo VII y el siglo VI se producen en el nordeste de la península ibérica una serie de manufacturas ornamentales en bronce elaboradas con metal procedente de diversas fuentes (Linares, Molar-Bellmunt-Falset, el Macizo Central francés y el Pirineo central franco-español) y a menudo reciclado. La presencia de metal pirenaico y francés es minoritaria, pero suficiente para señalar la existencia de relaciones norte-sur y transpirenaicas. La consideración conjunta de los datos contrasta la hipótesis de una manufactura local, probablemente centrada en las bocas del Ebro.

LABURPENA

Azterketa arkeometrikoaren eta orain arte ezagutzen ditugun datu arkeologikoen arabera, VII. mendearen amaieran eta VI. mendean, Iberiar penintsulako ipar-ekialdean, brontzezko apaingarrien manufaktura batzuk egin zituzten hainbat iturritatik jasotako metalarekin (Linares, Molar-Bellmunt-Falset, Frantziako Erdialdeko Mendigunea eta Frantzia-Espaniako erdialdeko Pirinioak). Askotan, gainera, metala birziklatua izaten zen. Urria da Frantziako eta Pirinioetako metalaren presentzia, baina iparraldea-hegoaldea eta Pirinioetan zeharreko harremanak existitzen zirela adierazteko behar adinakoak dira. Hala, datuak batera aztertuz gero, seguru asko Ebro ibaiaren bokaleetan oinarrituta zegoen tokiko manufaktura zegoela dioen hipotesia egiazta daiteke.

ABSTRACT

The archaeometric study and the available archaeological record indicate that at the end of the 7th century and the 6th century a series of ornamental bronze manufactures were produced in the northeast of the Iberian Peninsula. They are usually made of bronze using copper from various resources (Linares, Molar- Bellmunt-Falset, the French Massif Central and the Franco-Spanish central Pyrenees) showing evidences of recycling. The presence of Pyrenean and French metal is a minority, although it indicates a new stage of north-south and trans-Pyrenean relations. The joint consideration of the data verifies the hypothesis of local manufacturing, probably centered on the mouths of the Ebro river.

1. INTRODUCCIÓN

Han pasado ya varias décadas desde que Joan Maluquer de Motes propusiera la existencia de una “industria paleoibérica catalana de joyería y quincallería” cuyo foco productivo se hallaría en el Bajo Ebro, si bien dependería de la griega Emporion. Se trataría, según Maluquer (1983-84) de unas producciones locales dirigidas a la manufactura de objetos de adorno y vinculadas al vestido que fechaba en el siglo VI ane y calificaba de paleoibéricas. Desde entonces la nómina de hallazgos ha ido aumentando y diversos artículos científicos se han referido a estas producciones; entre ellos destaca

caremos los referidos a su origen, cronología, dispersión geográfica y área de fabricación. Gloria Munilla (1991) dedicó su atención a este tipo de piezas, que consideró ibéricas y cuyo origen atribuyó al influjo etrusco. Joachim Neumaier (1996) consideró igualmente ibéricos los colgantes pertenecientes a este grupo de producciones y situó su origen en los Balcanes y el Mediterráneo Central, especialmente la costa adriática. Rafel (1997 y 2005) puso de manifiesto que los primeros elementos de este tipo datan de un momento preibérico y propuso, junto a una producción local completamente desvinculada de la Emporion griega, de fundación posterior, una

⁽¹⁾ Instituto de Historia, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Albasanz, 26 / 28037 Madrid, ignacio.montero@cchs.csic.es. <https://orcid.org/0000-0003-0897-1031>

⁽²⁾ Arqueóloga, nrafel@historia.udl.cat. <https://orcid.org/0000-0001-9988-6080>

inspiración centromediterránea, probablemente revitalizada en época fenicia. Todo ello es recogido en dos artículos posteriores (Graells y Sardà 2005 y 2007) que se centran especialmente en la interpretación, la iconografía y el origen y que proponen para el conjunto de estas producciones una cronología de la primera mitad del siglo VI a.C. Más recientemente se ha realizado un nuevo catálogo de los colgantes zoomorfos asociados a esta producción (Graells y Lorrio 2017: 72-76).

No vamos a detenernos en lo ya publicado, pero haremos referencia al hecho de que algunos de los elementos característicos de estas producciones se documentan ya en el siglo VII a.C. en la necrópolis del Coll del Moro (Gandesa) (Rafel 1991, 129-130; Rafel 1993, figs. 8, 12, 28, 30, 35, 75, 90, 98, 107), en Aldovesta (Benifallet) (Mascort *et al.* 1991, lám. 45) y en Sant Jaume (Alcanar) (García i Rubert 2016), por citar los más significativos. Estos hallazgos se asocian en todos los casos a una importante presencia de materiales fenicios en estos yacimientos. Una atención especial merece la exhumación de fragmentos de molde para fundir colgantes globulares, tan característicos de este conjunto de producciones, en el yacimiento de Sant Jaume (Rafel 2005, 492 y, especialmente, García i Rubert 2016, 116-17, fig. 79b y 80) datado en el siglo VII a.C. en cronología tradicional, con un inicio que, sin embargo, se fecha actualmente circa 800 a.C. (Gómez Paccard *et al.* 2019), y caracterizado por una fuerte presencia de materiales fenicios. En algunos yacimientos se constata la perduración de elementos de este tipo en cronologías posteriores a las indicadas. Finalmente, vale la pena recordar que los hallazgos de esta “industria de joyería y quincallería en bronce” se distribuyen ante todo en la franja costera catalana y la del norte de la provincia de Castellón, con una clara concentración en las bocas del Ebro. Cabe destacar que están completamente ausentes en el contexto colonial del sur peninsular.

Con la intención de avanzar en el conocimiento de este tipo de materiales llevamos a cabo en el año 2017 una serie de análisis sobre 19 piezas fechables en el siglo VI a.C. procedentes de las necrópolis paleoibéricas de Mas de Mussols-La Palma (Tortosa) y Mianes (Santa Bárbara). Todas ellas se encuentran depositadas en el Museu de les Terres de l’Ebre en Amposta. Se optó en la mayoría de los casos por muestrear para análisis piezas que procedían de los hallazgos superficiales de las intervenciones iniciales en Mas de Mussols de Salvador Pagà y Rigoberto González y de la campaña de excavación de Maluquer.

Mas de Mussols-La Palma se fecha en un margen que va de inicios a finales del siglo VI o el tránsito VI-V a.C. en base a la presencia de objetos egipcios, de un fragmento de copa jónica B2 de Villard y Vallet, de un aríbalos de tipo corintio y de una botellita fenicia (Maluquer 1984, 103-4; Sanmartí-Gregó 1973, 130). Mianes, algo posterior, tiene una cronología centrada en el siglo V a.C., aunque con un posible inicio en la segunda mitad del VI (Maluquer 1987, 165-7; Sanmartí 1992: 82) y con perdura-

ciones posteriores hasta mediados del siglo IV a.C. (Moret 2002, 114). Los ítems que analizamos se encuadrarían, en principio, en el siglo VI a.C. en ambos yacimientos, si bien, tratándose de hallazgos superficiales, no podemos excluir en el caso de Mianes perduraciones en el V a.C.

2. INVENTARIO DE LAS PIEZAS ANALIZADAS

- Colgante globular, necrópolis Mas de Mussols, hallazgo superficial (Museu de les Terres de l’Ebre núm. inv. 2192). Rafel 1997, tipo 4c. PA25508 (Fig. 1).
- Colgante globular, necrópolis de Mas de Mussols, hallazgo superficial (núm. inv. 2192). Rafel 1997, tipo 4c. PA25509 (Fig. 1).
- Colgante globular, necrópolis de Mas de Mussols, hallazgo superficial (núm. inv. 2192). Rafel 1997, tipo 4c. PA25510 (Fig. 1).
- Colgante globular, necrópolis de Mas de Mussols, hallazgo superficial (núm. inv. 2192). Rafel 1997, tipo 4c. PA25511 (Fig. 1).
- Doble aro fragmentado, elemento de unión de cadenillas, necrópolis de Mas de Mussols, hallazgo superficial (núm. inv. 2191). PA25512 (Fig. 1).
- Anilla cerrada de sección circular, necrópolis de Mas de Mussols, hallazgo superficial (núm. inv. 2192). PA25515 (Fig. 1).
- Colgante de hilo arrollado sobre un vástago con sendos ojales en cada uno de sus extremos, necrópolis de Mas de Mussols, hallazgo superficial (núm. inv. 2191). Rafel 1997, tipo 1a. PA25516 (Fig. 1).
- Colgante de hilo arrollado sobre un vástago y con sendos ojales en sus extremos, necrópolis de Mas de Mussols, hallazgo superficial (núm. inv. 2191). Rafel 1997, tipo 1a. PA25517 (Fig. 1).
- Colgante de hilo arrollado sobre un vástago, uno de los extremos incompleto y en el otro un ojal con restos de un eslabón, necrópolis de Mas de Mussols, hallazgo superficial (núm. inv. 2191). Rafel 1997, tipo 1a. PA25518 (Fig. 1).
- Colgante tubular de lámina con un ojal en uno de sus extremos, necrópolis de Mas de Mussols, hallazgo superficial (núm. inv. 2191). PA25519 (Fig. 1).
- Colgante cónico de lámina con un ojal en uno de sus extremos, necrópolis de Mas de Mussols, hallazgo superficial (núm. inv. 2191). Rafel 1997, tipo 2. PA25520 (Fig. 1).
- Colgante cónico de lámina con un ojal en uno de sus extremos, necrópolis de Mas de Mussols, hallazgo superficial (núm. inv. 2191). Rafel 1997, tipo 2. PA25521 (Fig. 1).
- Colgante cónico de lámina con uno de sus extremos incompleto, necrópolis de Mas de Mussols, hallazgo superficial (núm. inv. 2191). Rafel 1997, tipo 2. PA25522 (Fig. 1).



Fig.1. Colgantes esferoidales, cónicos y de hilo arrollado y anilla. Fotografías de Pau Bertomeu Faus. / Spheroidal, conical and coiled thread and ring pendants. Photographs by Pau Bertomeu Faus.

- Colgante cónico de lámina, necrópolis de Mas de Mussols, hallazgo superficial (núm inv. 2191). Rafel 1997, tipo 2. PA25523 (Fig. 1).
- Fragmento de torques, necrópolis de Mas de Mussols, hallazgo superficial (núm inv. 601). PA25524 (Fig. 2).
- Fragmento de brazalete abierto con extremos rematados con esferas, necrópolis de Mas de Mussols, hallazgo superficial (núm inv. 2107). PA25525 (Fig. 2).
- Colgante figurando un carnero sobre peana, necrópolis de Mianes, tumba núm. 34 de las excavaciones de Maluquer (núm. inv. 2432). El depósito de esta tumba estaba integrado por un vaso a mano con cordón digitado en el cuello, una tapadera a torno, una fíbula anular, una fusayola, seis cuentas vitreas y fragmentos y cadenas de bronce de diversas longitudes. De una de ellas pende el colgante en forma de carnero con una peana con tres anillas en la base, de las cuales pendían a su vez otras cadenillas (Fig. 2) (Maluquer 1987, 29, figs. 5, 11, 14). Tipo Ab de Graells y Lorrio 2017. PA25514.
- Colgante representando a un carnero sobre peana soqueada y rematada con esferas en sus extremos inferiores (Fig. 2). Una anilla fijada al lomo para colgarlo y tres más fijadas a la peana, de las que pendían sendas cadenas. Necrópolis de Mianes (núm. inv. 147). Se recuperó en la tumba 26 de las excavaciones de Esteve Gálvez cuyo ajuar consistía en una urna de orejetas a torno con restos de bandas pintadas, fragmento de cadenilla con ocho eslabones, arete del que pendían dos apéndices esferoidales, un apéndice esferoidal, dos anillas y los restos de un garfio de un broche de cinturón y de una pieza hembra, también de un broche (Esteve-Gálvez 1999, II, 114, fig. 33, láms XXII y XXX, a). No se recoge en el catálogo de Graells y Lorrio 2017. PA 25526.
- Colgante representando a un pájaro, quizás una paloma muy estilizada. Pende de una cadenilla que parte de una anilla fijada a la parte superior del animal. Dos anillas más, fijadas en la base de la paloma, de las que pendían sendas cadenillas (Fig. 2). Necrópolis de Mianes (núm. inv. 148). Fue recuperada en la tumba 29 de las excavaciones de Esteve Gálvez, cuyo ajuar estaba integrado por una urna manufacturada a mano con base plana y cordón digitado en el cuello, cadenillas (128 eslabones en total) y un broche de cinturón de dos garfios, calado, con apéndices laterales y decorado con grénets (Esteve-Gálvez 1999, II, 114-15, fig. 35, láms. XXVII, c y XXXI). Tipo A de Graells y Lorrio 2017. PA 25527.



Fig.2. Fragmentos de brazalete y de torques y colgantes zoomorfos. Fotografías de Pau Bertomeu Faus. / Fragments of bracelets and torc, and zoomorphic pendants. Photographs by Pau Bertomeu Faus.

3. ANÁLISIS ELEMENTAL

El estudio se realizó en las instalaciones del museo gracias a la utilización del espectrómetro portátil de fluorescencia de rayos X (pXRF) INNOV-X modelo alpha perteneciente al Museo Arqueológico Nacional que consta de un tubo de rayos X y trabaja a 35 kV de tensión y 20 μ A de intensidad. Los detalles de calibración y procedimientos de trabajo se encuentran descritos en Rovira Llorens y Montero Ruiz (2018).

Los metales fueron limpiados en una superficie adecuada para la ventana de análisis con el fin de evitar los efectos de enriquecimiento o depleción de los diferentes elementos en la superficie consecuencia de los procesos de corrosión. En algunos objetos el proceso de mineralización estaba muy avanzado y no se consiguió analizar metal sano, indicándose en el apartado de notas esta circunstancia. En varios de ellos fue necesario repetir el análisis (indicado con la letra B al final del número) con una nueva limpieza. La tabla I recopila solo los resultados considerados más fiables y se incluye el análisis de pátina de PA25508 como referencia sobre las alteraciones en la composición del metal original que se producen con el paso del tiempo.

La característica general de este conjunto es el uso de aleaciones de bronce. La mitad de ellos incorpora estaño (bronce binario) y la otra mitad contiene además plomo y entraría en la categoría de bronce plomado ($>2\%$ Pb). Los valores medios son de 13% Sn (3,3% Std) y 11,4% Sn (3% Std) para los bronces binarios y plomados respectivamente y de 0,9% Pb (0,6 Std) y 4,5% Pb (3,4 Std).

En función de la tipología se observa que todos los colgantes globulares son bronces plomados (Fig.

3), mientras que los colgantes cónicos tienen proporciones bajas de plomo. Los primeros se realizan por fundición a molde y los segundos son piezas laminares curvadas. Sin embargo, los colgantes zoomorfos en los que el trabajo de fundición a molde parece necesario y sería adecuado emplear plomo en la aleación presentan niveles bajos de plomo (2-3% Pb) siendo el caso más extremo el colgante de carnero de Mianes (PA25526) con solo 0,15 % Pb.

Otro rasgo de estos metales es el alto contenido de hierro, con la mitad de ellos superando el 1%. Este contenido de hierro puede estar en relación con el metal menos refinado que se comercializa en los lingotes y que puede obtenerse de mineralizaciones de cobre-hierro. En algunos análisis de los metales launacienses (Mille y Artioli 2017) realizados por ICP-AES con extracción de muestras y que no están afectados por la contaminación de pátina los valores de hierro son altos y confirman la circulación de cobres menos refinados, como el hacha de cubo del depósito de Lau-nac (1,5% Fe), un lingote plano-convexo, un hacha y un brazalete del depósito de Bautares con 5,2% 0,9% Fe y 1,4% Fe respectivamente (Mille y Artioli 2017, 160-165). Un lingote de Alcanar, analizado por ICP-MS, contenía el 2,25% Fe y otro lingote de La Sabina detectaba hasta un 7% Fe (aunque este es análisis XRF) enumerándose algunos otros casos a lo largo del Mediterráneo en el artículo de Montero Ruiz *et al.* (2010-11).

En cuanto a la presencia de otros elementos minoritarios en este conjunto del museo de Amposta predomina lo que podemos englobar como cobre puro, es decir aquel en el que los elementos como As, Sb, Ag y Ni no sobrepasan el 0,1 % respecto al contenido de cobre. Solo seis análisis de los 20 detectan presencia

Ánálisis	Objeto	Yacimiento	Inventory	Notas	Fe	Ni	Cu	As	Ag	Sn	Sb	Pb
PA25508	Colgante globular	Mas de Mussols	nº 2192		1,43	0,07	84,1	ND	ND	9,14	ND	5,29
PA25508P	Colgante globular	Mas de Mussols	nº 2192	patina	5,04	0,1	69,6	ND	ND	15,3	ND	10
PA25509B	Colgante globular (doble)	Mas de Mussols	nº 2192		1,4	0,16	71,3	ND	ND	14,7	ND	12,5
PA25510	Colgante globular (triple)	Mas de Mussols	nº 2192		0,79	0,07	82,1	ND	ND	12,0	ND	5,1
PA25511	Colgante globular frag.	Mas de Mussols	nº 2192		ND	ND	87,8	ND	ND	6,46	ND	5,76
PA25512	Elemento Union frag.	Mas de Mussols	nº 2191		1,18	0,21	79,9	0,29	ND	17,4	ND	1,05
PA25514	Carnero colgante	Mianes	nº 2132	Limpio	ND	ND	85,7	0,15	ND	12,0	ND	2,18
PA25514A	Anilla cadena del carnero	Mianes	nº 2132	Limpio	0,11	ND	88,4	ND	ND	11,3	ND	0,13
PA25515B	Anilla cerrada	Mas de Mussols	nº 2192	mas limpio	0,24	ND	85,6	0,26	ND	11,6	ND	2,32
PA25516	Colgante hilo enrollado	Mas de Mussols	nº 2191		1,4	ND	81,2	ND	ND	15,8	ND	1,54
PA25517B	Colgante hilo enrollado	Mas de Mussols	nº 2191	mas limpio	1,54	ND	80,5	ND	ND	16,1	ND	1,81
PA25518	Colgante hilo enrollado	Mas de Mussols	nº 2191		2,33	ND	79,9	ND	ND	16,5	ND	1,32
PA25519	Colgante tubular	Mas de Mussols	nº 2191		1,55	0,12	87,2	ND	ND	9,72	ND	1,45
PA25520	Colgante cónico	Mas de Mussols	nº 2191	mineralizado	1,61	0,12	88,5	ND	ND	9,3	ND	0,53
PA25521	Colgante cónico	Mas de Mussols	nº 2191	mineralizado	0,22	ND	89,5	0,23	ND	9,7	ND	0,37
PA25522	Colgante cónico	Mas de Mussols	nº 2191	mineralizado	4,4	0,37	80,7	ND	ND	12,5	ND	2,09
PA25523	Colgante cónico	Mas de Mussols	nº 2191	limpio lámina	0,77	ND	81,4	ND	ND	16,3	ND	1,4
PA25524	Torques	Mas de Mussols	nº 601		ND	ND	89,3	ND	ND	10,3	ND	0,41
PA25525	Brazalete abierto	Mas de Mussols	nº 2107		0,16	ND	81,5	ND	ND	15,8	ND	2,49
PA25526	Carnero remate cadena	Mianes	nº 147		0,2	ND	89	ND	ND	10,7	ND	0,15
PA25527	Paloma remate cadena	Mianes	nº 148		0,14	ND	88,7	ND	ND	8,48	ND	2,69

Tabla 1: Análisis elemental mediante XRF de los metales del Museu de les Terres de l'Ebre en Amposta. Valores expresados en % en peso. ND= no detectado. / Elemental analysis by XRF of metals from the Museu de les Terres de l'Ebre en Amposta. Values expressed in weight %. ND= not detected.

de níquel en esas proporciones, en cuatro objetos el arsénico es cuantificado, uno de ellos también con níquel, mientras que plata y antimonio no se cuantifican en ningún objeto.

Entre los tipos de objetos estudiados queremos destacar los colgantes globulares, de los que hay otros ejemplares analizados: del yacimiento de Sant Jaume, yacimiento que cuenta con un molde para su manufac-

tura (Garcia i Rubert *et al.* 2007), de la necrópolis de Milmalda (Montero-Ruiz 2008), de la Colomina de Bor (Gallart *et al.* 2020) y en El Pontarró (Belarte *et al.* 2017), además del recuperado en el yacimiento de Bouïa en Marruecos (Montero Ruiz *et al.* 2012b).

En la figura 3 se puede apreciar la variabilidad de composiciones de estos colgantes con una tendencia a mayor similitud entre los que proceden del mismo ya-

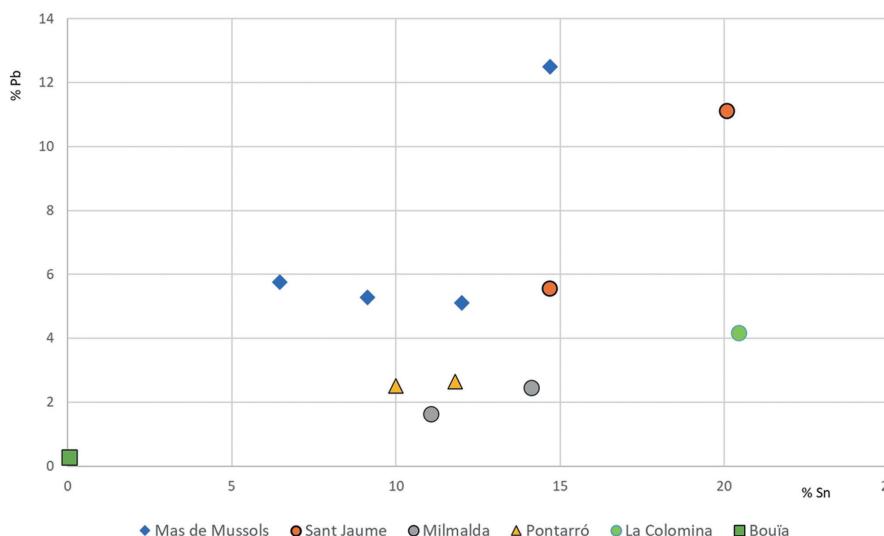


Fig.3. Proporciones de estaño y plomo en los colgantes globulares. / Tin and lead percentages in globular pendants.

cimiento. La mayoría se realizan, como se indicó, usando una aleación de bronce plomado, aunque incumple esta norma el ejemplar marroquí por la ausencia de estaño y su baja proporción de plomo que lo sitúan en la esquina inferior izquierda del gráfico.

4. PROCEDENCIA DEL METAL

Para indagar en la procedencia del metal seleccionamos 13 objetos que recogieran la variabilidad compositiva. El plomo puede aparecer de manera natural asociado al metal si se han utilizado minerales de cobre que lo contengan, como se identifica en este periodo con las procedencias vinculadas a Linares (Montero

Ruiz *et al.* 2012). Sin embargo, sería esperable que las piezas con contenido superior de plomo reflejen la procedencia de este metal y no la del cobre.

Los análisis de la viruta extraída se realizaron en el Servicio de Geocronología de la Universidad del País Vasco (SGIker) empleando la espectrometría de masas (MC-ICP-MS). Los procedimientos de preparación de muestra y calibración de las medidas se encuentran descritas en Rodríguez *et al.* (2020).

Los resultados se recogen en la tabla II. La primera valoración la podemos realizar a partir de la comparación directa entre todos los análisis. En esta gráfica (Fig. 4) identificamos dos piezas que se separan de la

PA	Objeto	Inventario	208Pb/206Pb	207Pb/206Pb	206Pb/204Pb	207Pb/204Pb	208Pb/204Pb	Pb %
PA25508	Colgante globular	nº 2192	2,10222	0,85483	18,3074	15,6497	38,4863	5,29
PA25511	Colgante globular	nº 2192	2,10141	0,85448	18,3131	15,6483	38,4833	5,76
PA25512	Elemento Unión Frag	nº 2191	2,10206	0,85465	18,3152	15,6531	38,4997	1,05
PA25514	Carnero colgante	nº 2132	2,09305	0,85185	18,3703	15,6487	38,4500	2,18
PA25515	Anilla cerrada	nº 2192	2,10002	0,85340	18,3532	15,6626	38,5421	2,32
PA25518	Colgante hilo enrollado	nº 2191	2,10114	0,85461	18,3087	15,6468	38,4693	1,32
PA25519	Colgante tubular	nº 2191	2,10330	0,85516	18,3148	15,6621	38,5216	1,45
PA25522	Colgante cónico	nº 2191	2,09959	0,85276	18,3609	15,6574	38,5504	2,09
PA25523	Colgante cónico	nº 2191	2,10128	0,85396	18,3280	15,6514	38,5123	1,4
PA25524	Torques	nº 601	2,09885	0,85429	18,3319	15,6607	38,4760	0,41
PA25525	Brazalete abierto	nº 2107	2,09993	0,85366	18,3448	15,6603	38,5228	2,49
PA25526	Carnero remate cadena	nº 147	2,10127	0,85668	18,2983	15,6757	38,4496	0,15
PA25527	Paloma remate cadena	nº 148	2,09413	0,85011	18,4337	15,6707	38,6025	2,69

Tabla 2: Valores de los análisis de isótopos de plomo realizados a los metales del Museu de les Terres de l'Ebre en Amposta mediante MC-ICP-MS en el SGIker de la Universidad del País Vasco. / Lead isotope analysis carried out on metals from the Museu de les Terres de l'Ebre en Amposta by MC-ICP-MS at the SGIker of the University of the Basque Country.

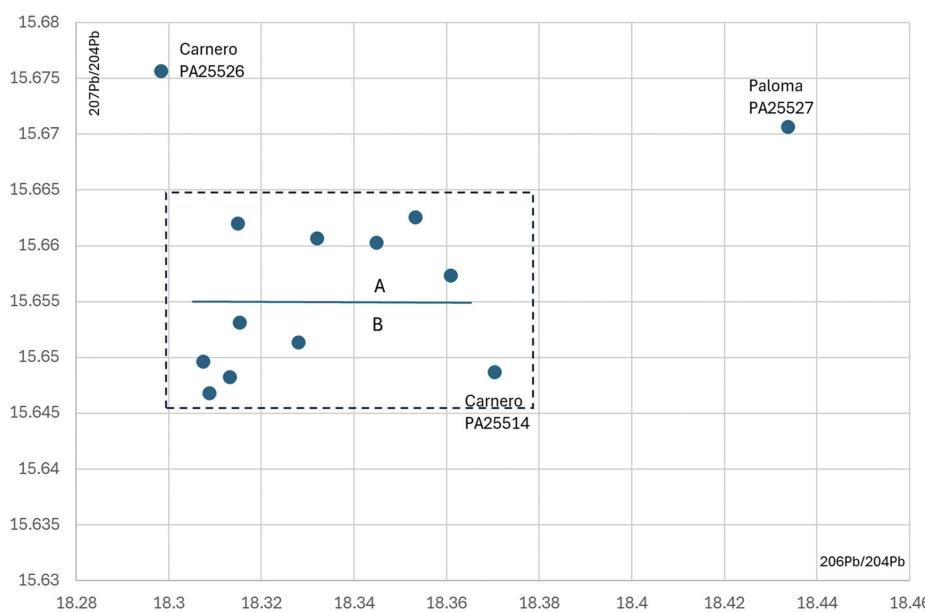


Fig.4. Comparación directa de todos los análisis de isótopos de plomo realizados a los metales del Museo de Amposta. / Direct comparison of all lead isotope analyses carried out on metals from the Amposta Museum.

distribución principal entre 18,30-18-40 ($\text{Pb206}/\text{Pb204}$) y 15,645-15,665 ($\text{207Pb}/\text{204Pb}$) y que a su vez son distintas entre sí. Son, la figura de paloma de Mianes (PA25527) que no presenta impurezas y cuya proporción de plomo está en el rango bajo de los bronces plomados (2,69% Pb) y la figura de carnero de Mianes (PA25526), sin impurezas y plomo muy bajo (0,15%).

El resto (11 piezas) se distribuye en una zona donde existen diversas mineralizaciones con campos isotópicos que pueden solaparse y necesitan un estudio más detallado, aunque aparentan dos posibles grupos divididos por el valor 15,655 ($\text{Pb207}/\text{Pb204}$), identificados en la figura 4 con las letras A y B.

Intentamos observar si existe alguna tendencia que vincule su distribución con la proporción de plomo presente en el metal y que pudiera ayudar a deducir alguna línea o tendencia de mezcla. En la figura 5 se representan estas 11 piezas y se visibiliza más claramente otro objeto que se separa de los valores principales. Se trata del colgante de carnero de Mianes (PA25514), que estaba en un extremo del agrupamiento central en la figura 4.

Con esta perspectiva los tres metales de Mianes tendrían una procedencia diferente a los de Mas de Mussols, aunque quizás el aspecto tipológico (colgantes zoomorfos) pueda ser el factor diferencial. Sin embargo, estas tres piezas de Mianes son muy diferentes entre sí y sugieren procedencias distintas. Luego volveremos sobre ello para intentar concretar qué origen puede atribuirseles.

La gráfica (Fig. 5) comparando el contenido de plomo con otra de las ratios de isótopos ($\text{208Pb}/\text{206Pb}$) muestra una disposición con referencia a un valor origen en 2,102, que podría sugerir que algunos metales tienen adición de plomo respecto a ese valor de base

(flechas) y desplazan sus valores. De esta hipótesis se descarta la torques (PA25524) que, con poco plomo, se encuentra fuera de esta comparativa. Teniendo en cuenta esta propuesta vamos a observar cómo se distribuyen estos metales con los campos isotópicos de varias formaciones geológicas.

En las figuras los datos geológicos utilizados de las distintas minas y distritos mineros proceden de la base de datos Iberlid consultada en fecha de 21-12-2024 (https://www.ehu.eus/ibercron/iberlid#Pb_isotopic_analyses). Para Linares y Valle de Alcudia se emplean los nuevos valores corregidos en el estudio de Rodríguez *et al.* 2023. También utilizamos su propuesta del algoritmo AMALIA, que amplía la valoración de similitud de la muestra respecto al cálculo de las distancias euclídeas, basado únicamente en las ratios con el isótopo Pb204 .

Según AMALIA las propuestas de similitud para las piezas con valor 2,102 ($\text{208Pb}/\text{206Pb}$) serían objetos de metal y galenas de La Fonteta para el elemento de unión (PA25512), y galenas de La Fonteta y algunos objetos de cobre de El Calvari para el colgante globular PA25508. Entre los minerales los de mayor proximidad para ambas piezas pertenecen a Linares o Gádor. Esto coincide con las propuestas de las publicaciones originales en las que se indicaba Gádor como procedencia para las galenas de La Fonteta (Renzi *et al.* 2009) y de Linares en los bronces de El Calvari (Montero-Ruiz *et al.* 2012). Ambas zonas se discriminan en la ratio $207/204\text{Pb}$ por tener Gádor valores más elevados que Linares, sin apenas solapamiento en la zona de contacto (Fig. 6A), que es donde se ubican las piezas arqueológicas que estamos comentando. Por tanto podemos proponer para ambas piezas una procedencia de Linares.

Si analizamos los dos objetos siguientes, con valores inferiores (2,101) pero mayor contenido de plomo

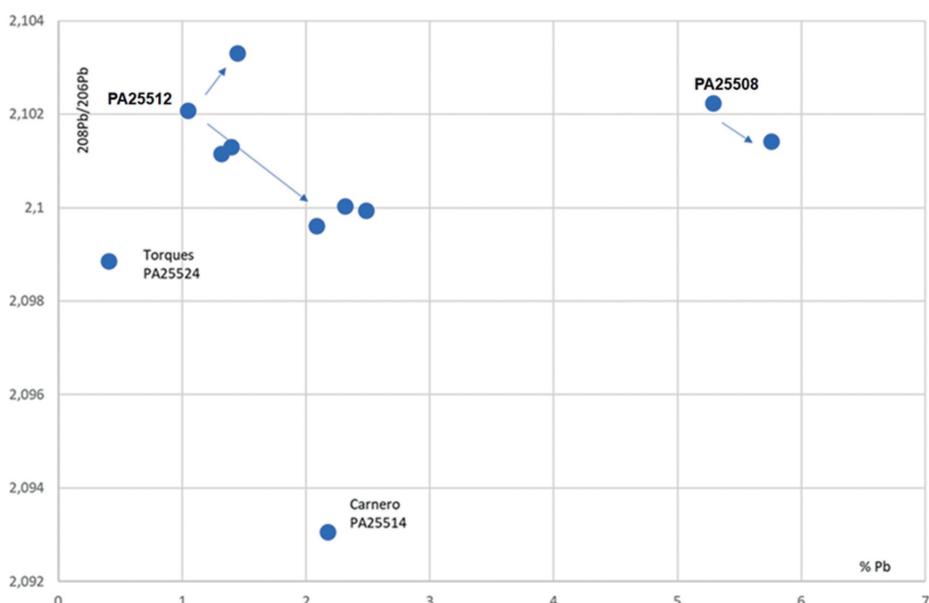


Fig.5. Comparación de las proporciones de plomo con la ratio $208\text{Pb}/206\text{Pb}$ en los metales del Museo de Amposta para detectar posibles líneas de mezcla. / Comparative lead contents with the $208\text{Pb}/206\text{Pb}$ ratio in metals from the Amposta Museum to detect possible mixing lines.

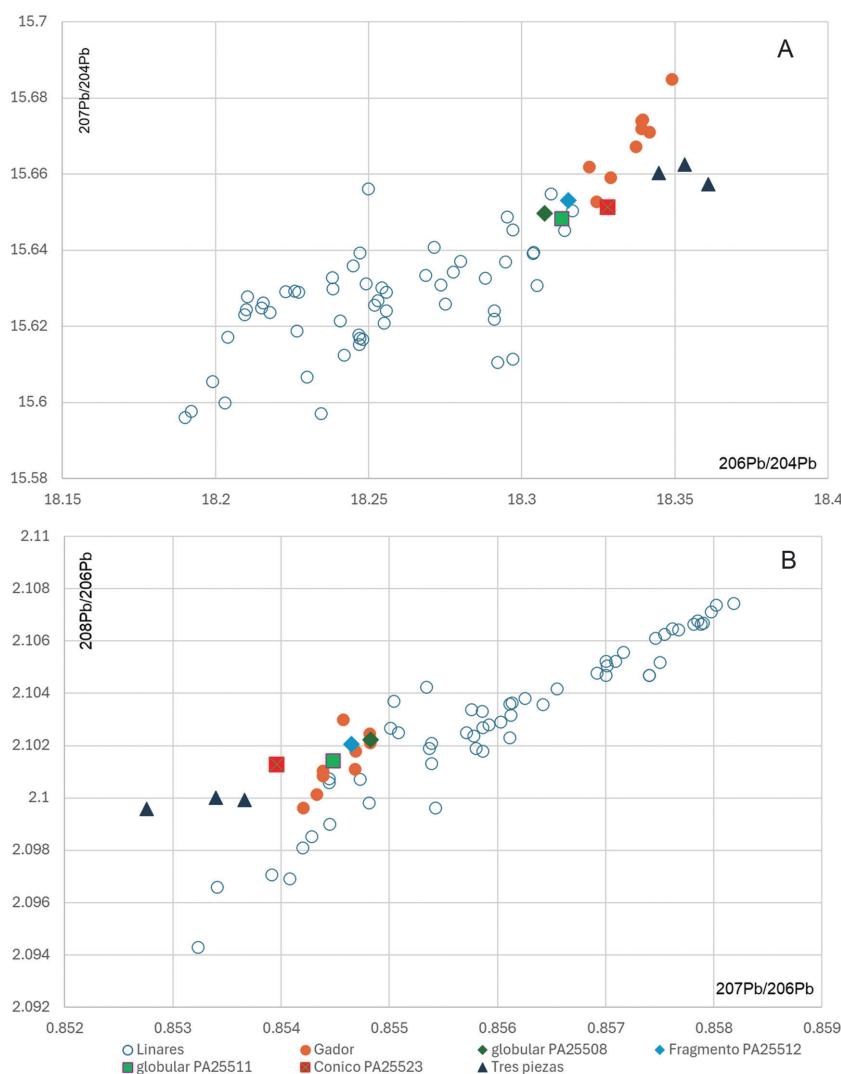


Fig.6. Distribución a partir de los análisis de isótopos de plomo de los metales que se pueden relacionar con el área minera de Linares. / Distribution of metals related to the Linares mining area based on lead isotope.

en el metal, otro colgante globular (PA25511), se mantiene en esa zona límitrofe entre ambas áreas junto a las dos piezas anteriores, pero el colgante cónico PA25523 se desplaza fuera de ambos, especialmente en la comparativa de la ratio $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ vs $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (Fig. 6). Esto puede señalizar un desplazamiento por mezcla que parece confirmarse con la posición de los tres objetos siguientes en valores de 2,10 (colgante cónico-PA25522, brazalete-PA25525 y anilla-PA25515) con proporciones de 2,0-2,5 % Pb. En efecto esos tres análisis (identificados como tres piezas) se localizan hacia la izquierda en la figura 6B y hacia la derecha en el gráfico de la figura 6A, fuera del campo de Gádor, y podrían explicarse por una mezcla con otro recurso. La posición del colgante globular (PA25511), con plomo alto (5,76%), sugiere que el añadido del plomo puede proceder de la misma zona que el cobre en los metales con menos plomo, es decir Linares, pero esto no es aplicable al resto de los objetos comentados que necesitan de otra procedencia para completar la línea de mezcla a partir de Linares.

Con esta disposición podemos deducir una línea de mezcla entre la parte superior de Linares, donde se encuentran los primeros objetos comentados y otra zona que tiende hacia valores ascendentes en la ratio $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ y ligeramente descendentes en la ratio $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$. Esas zonas corresponden a mineralizaciones francesas del Macizo Central y algunas minas de los Pirineos tanto en la vertiente española como la francesa.

La representación en la figura 7 (Fig. 7) muestra que si en la primera de ellas (7A) la alineación con el Macizo central es viable, esta desaparece en la segunda (7B) con la ratio $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, manteniéndose alineadas en ambas el grupo de muestras de los Pirineos centrales, que constituiría la opción más probable.

En consecuencia, una posible explicación sería que parte del metal tiene su origen en Linares y otra se puede identificar como mezcla entre metal de Linares y de los Pirineos. Si el aporte principal de cobre fuese de los Pirineos, la contaminación podría proceder del pl-

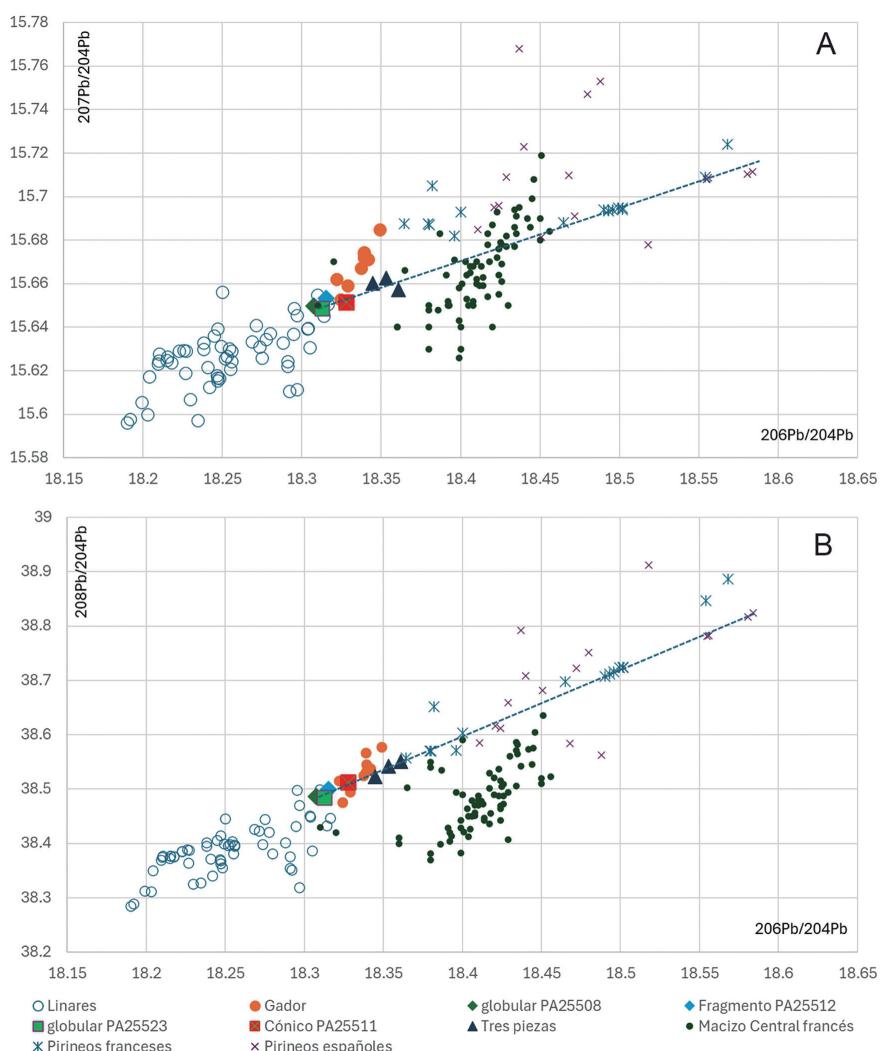


Fig.7. Posibles líneas de mezcla entre el área de Linares y la zona pirenaica y el Macizo central francés. / Possible mixing lines between the Linares, the Pyrenean area and the French Central Massif.

mo que aporta Linares, sin embargo, al estar más cerca de los Pirineos las piezas que aportan más plomo, parece que el origen de este es lo que causa el desplazamiento en las signaturas isotópicas. La proporción de ese plomo pirenaico es limitada ya que las piezas aún se mantienen cerca de Linares y las proporciones cuantificadas son bajas ($< 3\% \text{ Pb}$).

A partir de esta situación, tiene sentido la explicación de la procedencia de las figuras zoomorfas que ofrece AMALIA para el metal del colgante de paloma (PA25527) de Mianes. La similitud mayor se da con los restos del sitio 62 de Mont Lozère publicados por Baron *et al.* 2006 y con algunos minerales de Les Malines (Saint-Laurent-le-Minier, Gard) publicados por Le Guen *et al.* 1991.

El carnero (PA25526), que no lleva plomo en la composición, se relaciona con los minerales del distrito Molar-Belmunt-Falset (MBF), aunque en la ratio $207\text{Pb}/206\text{Pb}$ el valor es más alto y se separa del conjunto. El colgante tubular PA25519 se sitúa muy próxi-

mo a la zona de contacto entre Linares y MBF, aunque aparentemente encaja en MBF (Fig. 8) pero en otras gráficas se acerca más a Linares y podría ser también una mezcla de ambos. El otro carnero (PA25514) no presenta similitud con ninguna mineralización de la Península Ibérica y con el algoritmo AMALIA se obtienen valores poco coherentes con diversas procedencias de Bulgaria, Alemania o República Checa. En este caso preferimos pensar que se trata de una mezcla de metales uno de cuyos orígenes puede ser Linares y el otro las minas del Macizo central francés, alineándose en esa posible mezcla (Fig. 8).

Finalmente, podemos encuadrar esta producción metálica con la de otros yacimientos que han sido estudiados previamente (Rafel *et al.* 2021) y con el material launaciense francés (Bourgarit y Artioli 2017). La fig. 9 señala como se encuadran en una zona entre Linares, MBF y la distribución de los metales Launacienses que concuerda con la visión expuesta de posibles mezclas con material de ese origen.

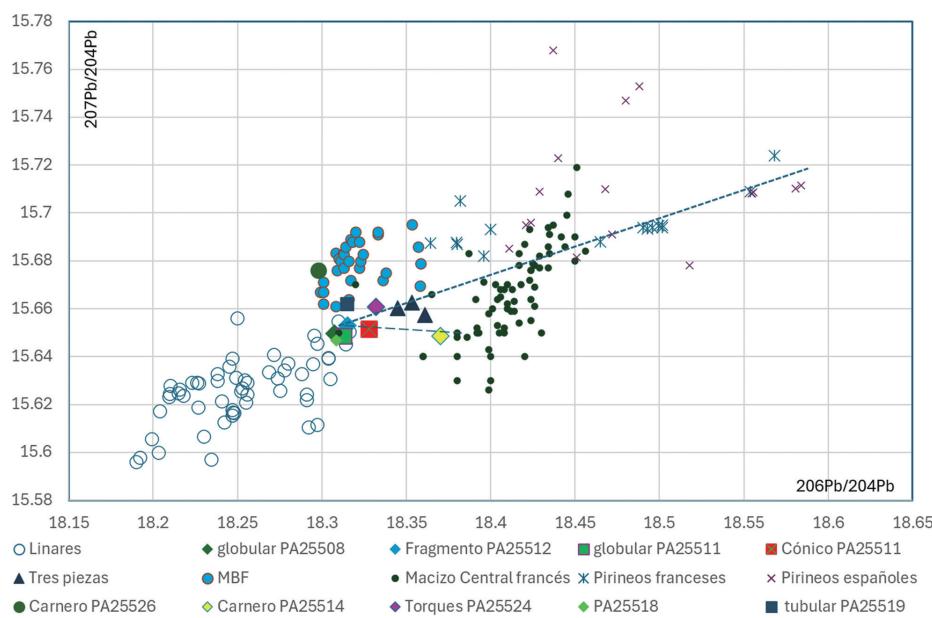


Fig.8. Posible línea de mezcla entre Linares y el Macizo central francés que puede explicar los valores isotópicos del colgante de carnero PA25524. / Possible mixing line between Linares and the French Central Massif that can explain the isotopic values of the ram pendant PA25524.

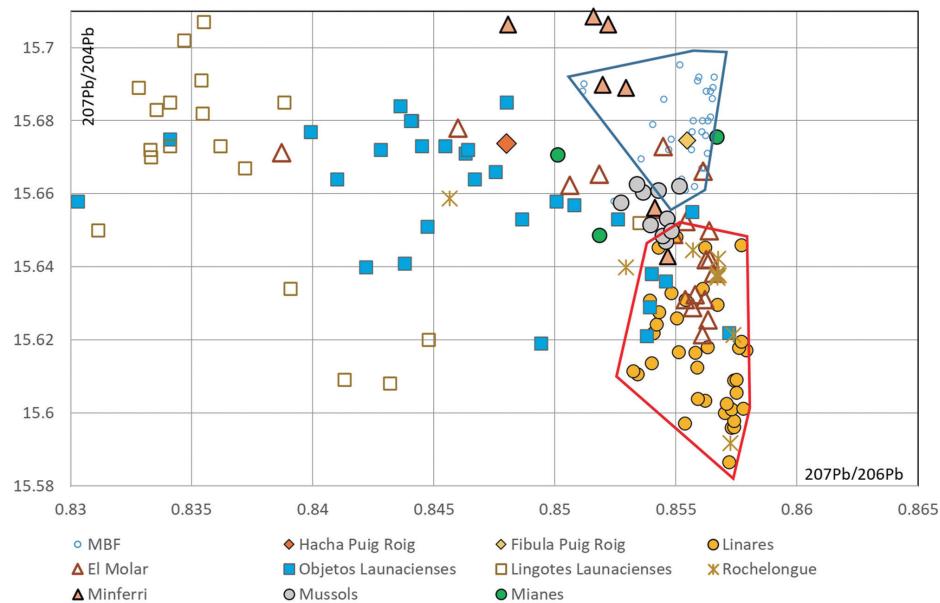


Fig.9. Comparación general de las ratios isotópicas de los metales analizados en el Bajo Ebro en relación al metal Launaciense y los distritos mineros de MBF y Linares. / General distribution of the Lead isotope analysis of metals from the Amposta Museum in relation to the Launaciense metal and the mining districts of MBF and Linares.

5. RESUMEN Y CONSIDERACIONES CONTEXUALES

Podemos ver, pues, que entre las piezas analizadas dominan de forma significativa aquellas que se sitúan en el campo isotópico de Linares (PA25508, PA25511, PA25512, PA25518), una de ellas (el carnero PA25526) lo hace con el campo de los minerales de la cuenca Molar-Bellmunt-Falset, mientras que el colgante tubular PA25519 está en la zona de contacto entre Linares y MBF y podría ser una mezcla de ambos. El colgante en forma de ave (PA25527), sugiere metal del Macizo Central francés. Es importante señalar que en varios casos se utiliza metal reciclado: el colgante en forma de car-

nero (PA25514) y el fragmento (PA25512), por ejemplo, sugieren mezcla de Linares y el Macizo Central francés. Otras piezas (colgantes cónicos PA25522 y 25523, brazalete PA 25525 y anilla PA 25515) sugieren mezcla de metal de Linares y el Pirineo central franco-español. En estas piezas parece probable que el metal pirenaico sea el plomo y no el cobre. La explicación de la procedencia del torques PA25524 probablemente sea también una mezcla, pero su disposición presenta diversas opciones que no pueden concretarse.

La cuenca minera de Linares se explotó durante toda la Edad del Bronce y se empieza a detectar su presencia en el NE en momentos antiguos como sería

el caso de Minferri (Montes-Landa *et al.* 2023), siendo en el Bronce Final cuando se intensifica su distribución y más tarde, entre los siglos X al V ane, es objeto de un intenso beneficio del cobre, que circula ahora tanto en ámbito atlántico como mediterráneo (Moreno *et al.* 2010, Montero-Ruiz 2017a). En el nordeste peninsular el cobre de Linares se documenta en diversos yacimientos (Montero-Ruiz *et al.* 2012a): el Calvari del Molar (siglos VIII-VI ane, Tarragona), la necrópolis de la I Edad del Hierro de Sebes (Flix, Tarragona), el poblado del Bronce Final (900-700 ane) de Can Xac (Argelaguer, Girona), el depósito de los siglos VII-VI ane de la Colomina de Bor (Bellver de Cerdanya, Lleida) (Gallart *et al.* 2020), la necrópolis de la I Edad del Hierro de Vilanera (L'Escala, Girona), la necrópolis de Tosseta (Els Guiamets) y el poblado del Tossal del Mortòrum (Cabanes Castelló), también de la I Edad del Hierro, así como en una aguja fechable en el Bronce Tardío, de este último yacimiento. El cobre de Linares aparece también en forma de lingote plano-convexo en varios contextos de la I Edad del Hierro: Tossal del Mortòrum, Sant Jaume (Alcanar, Tarragona) y Can Roqueta (Sabadell, Barcelona) (Montero-Ruiz *et al.* 2012a; Montero-Ruiz 2017a; 2017b), por lo que es lícito suponer que esa era la forma de comercialización más usual (Fig. 10). En el caso del Baix Priorat el cobre de Linares se documenta ya en la segunda mitad del siglo VIII ane, en concreto en una gota de fundición de bronce hallada en una de las casas del poblado del Calvari (Montero-Ruiz *et al.* 2012a, Rafel y Armada 2023: 75). Dicho elemento aparece en un nivel arqueológico anterior a la presencia de ítems de importación del área fenicia peninsular, hecho relevante pues, junto con el metal de la misma procedencia de Can Xac (900-700 ane), indi-

can que el cobre de Linares llega al nordeste en momentos anteriores a la expansión del comercio fenicio en esta área. Ello podría indicar una mayor antigüedad que la defendida hasta la fecha del comercio fenicio en Cataluña o bien, como nos inclinamos a proponer, la posibilidad de que los circuitos que aportan cobre de Linares al nordeste tengan una agencia local (Rafel y Armada 2023: 161-162).

La explotación del cobre de la cuenca Molar-Bellmunt-Falset está documentada con una distribución local desde el Calcolítico Antiguo (Soriano *et al.* 2022, Montero-Ruiz 2017a y 2017b, Aguilera *et al.* 2017). Todo parece apuntar a una circulación de materias primas de ámbito regional durante la Edad del Bronce que afectan tanto al cobre de la cuenca Molar-Bellmunt-Falset como al sílex de Ulldeholins. Los cuatro ítems de base cobre procedentes del poblado del Calvari que podemos poner en relación con la cuenca del Priorat meridional corresponden a la fibula de pivote recuperada por Vilaseca en niveles superficiales de la necrópolis de Calvari y a un brazalete de la tumba 65, ambos identificados tentativamente como manufacturados con una mezcla de metal de Molar-Bellmunt-Falset y del Sur de Francia. Otro brazalete, procedente de la tumba 78 (finales del siglo VIII-primera mitad del VII ane), podría estar manufacturado con cobre de Molar-Bellmunt-Falset y, finalmente, un fragmento de mineral de cobre con alto contenido de plata recuperado superficialmente en la necrópolis por Vilaseca muestra una clara identidad isotópica con esa cuenca minera. La explotación del mineral de cobre de Molar-Bellmunt-Falset viene respaldada, además, por algunas piezas analizadas de otros yacimientos. La más antigua (siglos X-IX ane) un fragmento de mineral de cobre del poblado del Turó

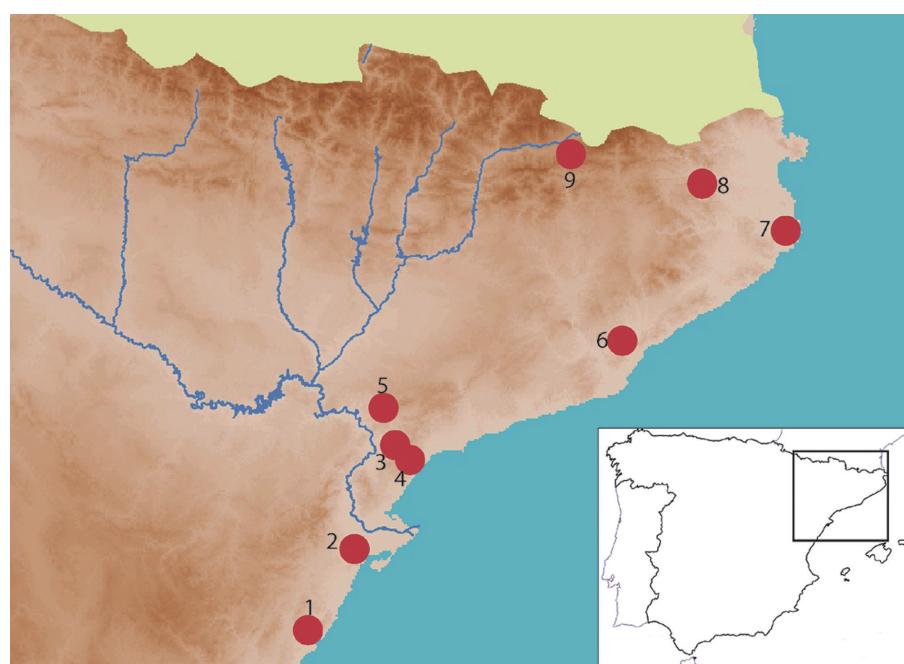


Fig.10. Mapa de dispersión del metal atribuido a Linares en el nordeste: 1. Tossal del Mortòrum (Cabanes, Castelló), 2. Sant Jaume (Alcanar, Tarragona), 3. El Calvari (El Molar, Tarragona), 4. La Tosseta (Els Guiamets, Tarragona), 5. Sebes (Flix, Tarragona), 6. Can Roqueta (Sabadell, Barcelona), 7. Vilanera (L'Escala, Girona), 8. Can Xac (Argelaguer, Girona), 9. Colomina de Bor (Bellver de Cerdanya, Lleida). / Dispersion map of metal attributed to Linares in the northeast: 1. Tossal del Mortòrum (Cabanes, Castelló), 2. Sant Jaume (Alcanar, Tarragona), 3. El Calvari (El Molar, Tarragona), 4. La Tosseta (Els Guiamets, Tarragona), 5. Sebes (Flix, Tarragona), 6. Can Roqueta (Sabadell, Barcelona), 7. Vilanera (L'Escala, Girona), 8. Can Xac (Argelaguer, Girona), 9. Colomina de Bor (Bellver de Cerdanya, Lleida).

del Avenc del Primo (Bellmunt del Priorat, Tarragona) (Armada *et al.* 2013), y, además, una fíbula de doble resorte del poblado del Puig Roig (Rafel *et al.* 2021). A todo ello debemos sumar una fíbula de doble resorte y un brazalete de la necrópolis de Tosseta que sugieren una mezcla de metal de Molar-Bellmunt-Falset con metal del sur de Francia, e incluso, también con Linares (Rafel *et al.* 2021).

El plomo que bajo la forma de galena se documenta en abundancia en la cuenca Molar-Bellmunt-Falset es conocido y explotado desde época premetalúrgica (Montero-Ruiz *et al.* 2023). Pero es en los siglos VII-VI a.C. cuando su explotación recibe un impulso, ahora en el marco de las relaciones comerciales con el mundo colonial fenicio que es demandante de este metal como elemento captador de la plata de las jarositas del área tartesia, como muestra la presencia de plomo prioratino en yacimientos tartesios (Murillo-Barroso *et al.* 2016; Rafel, Armada 2023: 133-143).

Así, pues, en el curso de los siglos VII y primera mitad del VI a.C. en los asentamientos del Baix Priorat se documenta, junto con el cobre local y el de Linares, metal de procedencia francesa. Los datos con que contamos hasta el momento respecto a la circulación de metal sudfrancés se circunscriben a este momento cronológico (siglos VII-VI a.C.). Tenemos que esperar hasta el siglo II a.C., en una situación histórica completamente distinta, para hallar algunos ítems (Montero *et al.* 2008: 314-15) con metal francés, que por el momento se circunscriben al territorio de Emporion. La presencia, por el momento moderada en términos cuantitativos, de metal sudfrancés debe ponerse en relación con las conexiones del nordeste peninsular con el fenómeno metalúrgico conocido como launaciense (c. 625-550 a.C.), que se reflejan en piezas a él vinculadas tipológicamente: talones, brazaletes, hachas, colgantes (Guilaine *et al.* 2017: 260, 275, 352, carte 8; Graells 2022), siendo especialmente frecuentes las hachas tipo Rochelongue. En sentido inverso, se documentan en el depósito de Rochelongue objetos metálicos (fíbulas de doble resorte, broches de cinturón) de raigambre peninsular y manufacturados con metal de la cuenca Molar-Bellmunt-Falset y Linares (Aragón-Núñez *et al.* 2022; Aragón-Núñez 2022). Por otra parte, en Sant Martí d'Empúries (Girona), y en el yacimiento de la I Edad del Hierro del Turó de la Font de la Canya (Barcelona) se documentan lingotes próximos al llamado Grupo 2 de Rochelongue (Aragón-Núñez 2022: 293-94). Todo ello confirma los datos que acabamos de sintetizar sobre la circulación del metal entre el sur de Francia y el nordeste de la península, que se inscribe en una historia de contactos con una larga tradición anterior (Rafel y Montero 2023).

En el siglo VI, momento en el cual se inscriben las piezas analizadas en este artículo, las líneas maestras de la circulación del metal en el nordeste indican la persistencia del cobre de Linares y de la explotación del cobre local (Molar-Bellmunt-Falset), a lo cual se

suma ahora, con menor magnitud, la llegada de metal del Pirineo central franco-español y del Macizo Central francés. Se trata, por otra parte, de un momento en que el reciclaje parece tener carta de naturaleza. El abastecimiento de metal del Pirineo y el Macizo Central se produce en el marco de tráficos locales, como ha sido ya propugnado para el segundo caso (Aragón 2022).

Y, para terminar, volvamos al principio. Sin datos arqueométricos que lo apoyaran Maluquer intuyó ya que su «industria catalana de joyería y quincallería» era una producción local. Estudios y hallazgos arqueológicos posteriores han consolidado esta posición (Rafel 1997 y 2005). Los datos con que contamos hasta ahora indican:

- Una producción centrada a finales del siglo VII y el VI a.C. (especialmente en su primera mitad),
- una distribución geográfica con una alta concentración en el Bajo Ebro y una dispersión por toda Cataluña, el norte de la provincia de Castellón y, en menor medida, el Bajo Aragón (Fig. 11),
- Presencia de moldes para la manufactura de colgantes globulares en el yacimiento de Sant Jaume,
- Ausencia de ítems pertenecientes a estas producciones en el ámbito colonial fenicio peninsular,
- Presencia muy esporádica de los mismos en territorios relacionados con el nordeste: sur de Francia y Baleares.

El resultado del estudio que hemos presentado en las páginas precedentes indica una clara continuidad de la pauta de abastecimiento de metal documentada en el nordeste desde el siglo VIII a.C., la aparición de nuevas fuentes de metal y el cada vez más frecuente recurso al reciclaje. La presencia de metal pirenaico y francés es minoritaria, aunque indica una nueva etapa de relaciones norte-sur y transpirenaicas. Pero lo sustancial es la continuidad del metal de Linares y, en menor medida, Molar-Bellmunt-Falset, y su predominio, un hecho que contribuye a contrastar y sostener la hipótesis de una producción local.

6. AGRADECIMIENTOS

Al director del Museu Comarcal de les Terres de l'Ebre (Amposta), así como a la conservadora de dicho museo Mar Villabí, el haberlos facilitado la consulta del material y permitirnos la toma de muestras para analítica. Los autores agradecen el apoyo técnico y humano de los SGiker (UPV/EHU/ERDF, EU).

Los gastos derivados de este estudio fueron financiados con cargo al proyecto Recursos minero-metálicos, intercambio y comercio en la Prehistoria y la Protohistoria peninsular (Cataluña y el norte del País Valenciano), Programa Nacional de Historia y Arte (HIST y ARTE), Ministerio de Economía y Competitividad, HAR2014-54012-P, 2014-2017.

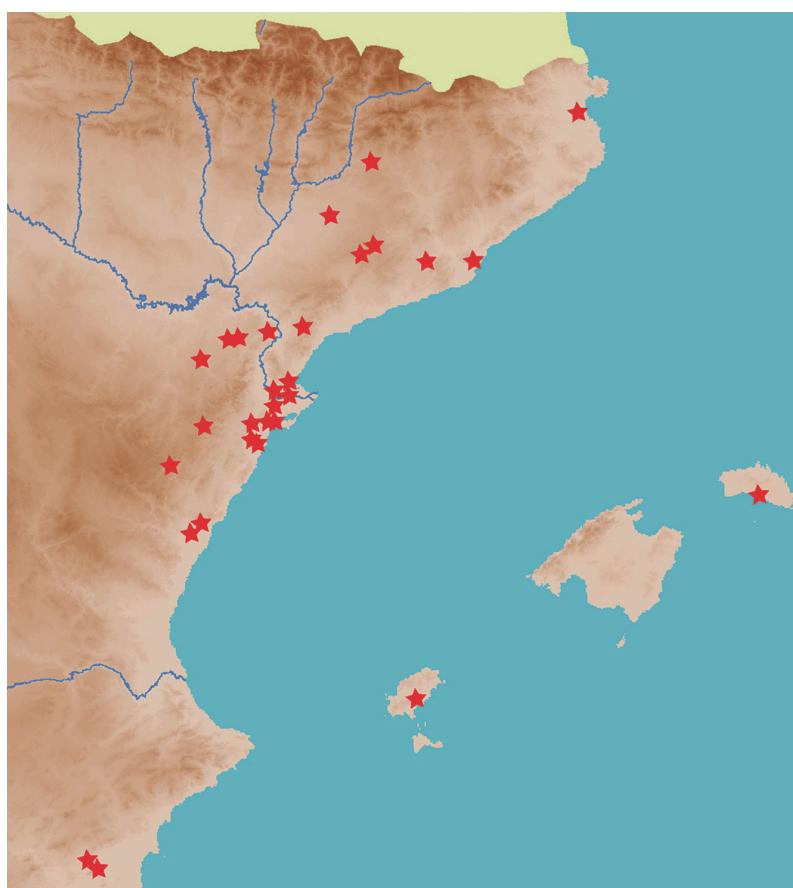


Fig.11. Mapa de dispersión de hallazgos de colgantes globulares, cónicos y de hilo enrollado. / Dispersion map of findings of globular, conical and coiled thread pendants.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilella, G., Arquer, N., Soriano, I., 2017. Objectes metàl·lics. In: Aguilella, G. (Coords.), *Tossal del Mortòrum. Un assentament de l'edat del bronze i del ferro antic a la Ribera de Cabanes (Castelló)*. Monografies de Prehistòria i Arqueologia Castellonenques 12. Servei d'Investigacions Arqueològiques i Prehistòriques. Castelló, 85-96.
- Aragón-Núñez, E., 2022. La métallurgie de Rochelongue: compositions métalliques et provenance des mineraris. In: Guilaine, J., Garcia, D., Gascó, J., Aragón Núñez, E., *Rochelongue (Agde, Hérault), Lingots et bronzes protohistoriques par centaines dans la mer*. Presses Universitaires de la Méditerranée, Collection «Mondes anciens» 273-294.
- Aragón-Núñez, E., Montero-Ruiz, I., M.E. Polzer, W. Van Duijvenvoorde, 2022. Shipping metal: Characterisation and provenance study of the copper ingots from the Rochelongue underwater site (Seventh-Sixth century BC), West Languedoc, France. *Journal of Archaeological Science: Reports* 41, 103286.
- Armada, X.-L., Rafel, N., Graells, R., Roqué, R., 2013. Orígenes del urbanismo y dinámicas sociales en el Bronce Final de la Cataluña meridional: El Avenc del Primo (Bellmunt del Priorat, Tarragona). *Trabajos de Prehistoria* 70(2), 278-294.
- Baron, S., Cargnan, J., Laurent, S., Ploquin, A., 2006. Medieval lead making on Mont-Lozère Massif (Cévennes-France): tracing ore resources using Pb isotopes. *Applied Geochemistry* 21, 242-252.
- Belarte, M. C., Canela, J., Euba, I., López, D., Valenzuela, S., 2017. ¿Depósito votivo o destrucción de necrópolis?: el silo protohistórico de El Pontarró (La Secuita, Tarragona). *Trabajos de Prehistoria* 74(2), 355-374.
- Esteve Gálvez, F., 1999. Recerques arqueològiques a la Ribera Baixa de l'Ebre. Vol. II: Protohistòria i Antiguitat tardana. Museu del Montsià, Ajuntament d'Amposta.
- Gallart, J., Fábregas, M., Montero-Ruiz, I., Jorba, A., Mercadal, O., 2020. El dipòsit de bronzes de la Colomina de Bor (Bellver de Cerdanya, la Cerdanya). *Tribuna d'Arqueologia* 2017-2018, 362-383.
- Garcia i Rubert, D., 2016. Espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2: descripció estructural, seqüència estratigràfica i proposta d'interpretació funcional. In: Garcia i Rubert, D., Gracia, F., Moreno, I., L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume, 97-186. Estudis del GRAP, Universitat de Barcelona.
- Garcia i Rubert, D., Gracia Alonso, F., Montero Ruiz, I., Moreno Martínez, I., Rovira Hortalà, M.C., 2007. Estudio de composición mediante ED-XRF de materiales metálicos del asentamiento Protohistórico de Sant Jaume Mas D'en Serrà (Alcanar, Montsià, Tarragona). In: Molera, J., Farjas, J., Roura, P., Pradell, T. (eds.), *Avances en Arqueometría 2005. Actas del VI Congreso Ibérico de Arqueometría*, 145-152. Girona.
- Graells, R., 2022. Colgantes alóctonos y cinturones articulados en la península ibérica y las Islas Baleares (siglos VII-VI a.C.): entre vestimenta y joyería. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad Autónoma de Madrid* 48(1), 229-266.

- Graells, R., Lorrio, A., 2017. Problemas de cultura material: Broches de cinturón decorados a molde de la Península Ibérica (s. VII-VI a.C.). Publicaciones de la Universidad de Alicante.
- Graells, R., Sardà, S., 2005. Entre carneros, palomas y ciervos: la asimilación de estímulos mediterráneos a través de la toreútica. El ejemplo del nordeste de la Península Ibérica durante el siglo VI a. C. *Rivista di Studi Liguri* LXXI, 5-28.
- Graells, R., Sardà, S., 2007. Los colgantes zoomorfos, un ejemplo del nuevo repertorio toréutico del siglo VI a. C. del noroeste peninsular. In: Abad, L., Soler, J.A. (Coords.), *Actas del Congreso de Arte Ibérico en la España Mediterránea*: Alicante, 24-27 de octubre de 200, 265-276.
- Guilaine, J., Carozza, L., Garcia, D., Gascó, J., Janin, Th., Mille, B., 2017. Launac et le Launacien. Dépôts de bronzes protohistoriques du sud de la Gaule. Presses Universitaires de la Méditerranée, Collection «Mondes anciens».
- Le Guen, M., Orgeval, J.-J., Lancelot, J., 1991. Lead isotopes behaviour in a polyphased Pb-Zn ore deposit: Les Malines (Cévennes, France). *Mineralium Deposita* 26(3), 180-188.
- Maluquer, J., 1983-84. La indústria paleoibèrica catalana de joieria i quincallería. *Pyrenae* 19-20, 77-89.
- Maluquer, J., 1984. La necrópolis paleoibérica de Mas de Mussols, Tortosa, Tarragona. Universidad de Barcelona-CSIC, Programa de Investigaciones Protohistóricas VIII.
- Maluquer, J., 1987. La necrópolis paleoibérica de Mianes en Santa Bárbara (Tarragona). Universidad de Barcelona-CSIC, Programa de Investigaciones Protohistóricas IX.
- Mascort, M.T., Sanmartí, J., Santacana, J., 1991. El jaciment protohistòric d'Aldovesta (Benifallet) i el comerç fenici arcaic a la Catalunya meridional. *Publicacions de la Diputació de Tarragona*.
- Mille, B., Artioli, G., 2017. Les objets launaciens: composition élémentaire du métal, composition isotopique du plomb. In: Guilaine, J., Carozza, L., Garcia, D., Gasco, J., Janin, T., Mille, B. (Eds.), *Launac et le launacien, dépôts de bronzes protohistoriques du sud de la Gaule*, 130-177. Presses Universitaires de la Méditerranée, Montpellier, Mondes Anciens.
- Montero-Ruiz, I., 2008. Análisis de composición de materiales metálicos de la necrópolis de Milmalda. In: Graells i Fabregat, R., La necrópolis protohistórica de Milmalda (Vimbodi, Conca de Barberà, Tarragona). Un exemple del món funerari català durant el trànsit entre els segles VII i VI aC. *Hic et nunc*, 5, 135-138. Institut Català d'Arqueologia Clàssica.
- Montero-Ruiz, I., 2017a. Minería y circulación del cobre en la Prehistoria Reciente de la península Ibérica. In: Puche Riart, O., Ayarzagüena Sanz, M., Fernando López Cidad, J., Pous de la Flor, J. (Eds.), Minería y metalurgia históricas en el sudeste europeo: nuestras raíces mineras. Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero SEDPGYM, 13-24.
- Montero-Ruiz, I., 2017b. Metales y metalurgia en el yacimiento del Tossal del Mortòrum (Cabanes, Castellón). In: Aguilera, G. (Coord.), *Tossal del Mortòrum. Un assentament de l'edat del bronze i del ferro antic a la Ribera de Cabanes (Castelló)*. Monografies de Prehistòria i Arqueologia Castellonenques 12. Servei d'Investigacions Arqueològiques i Prehistòriques. Castelló, 97-106.
- Montero-Ruiz, I., Rafel, N., Rovira, M.C., Armada, X.L., Graells, R., Hunt, M.A., Murillo, M., Renzi, M., Santos, M., 2012a. El cobre de Linares (Jaén) como elemento vinculante al comercio fenicio en el Calvari del Molar (Tarragona). *Menga. Revista de Prehistoria de Andalucía* 3, 167-186.
- Montero-Ruiz, I., Bokbot, Y., Murillo-Barroso, M., Gener Moret, M. 2012b. Metalurgia pre-islámica en Marruecos: Nuevos análisis y valoración comparativa con la metalurgia de la Península Ibérica. *Estudios Arqueológicos de Oeiras* 19, 113-118.
- Montero-Ruiz, I., Gener, M., Hunt Ortiz, M.A., Renzi, M., Rovira, S., 2008. Caracterización analítica de la producción metalúrgica protohistórica de plata en Cataluña. In: Rafel, N., Montero-Ruiz, I., Castanyer, P. (Eds.), *Plata Prerromana en Cataluña. Explotación y circulación del plomo y la plata en el primer milenio a.C.* Revista d'Arqueología de Ponent 18, 292-316.
- Montero-Ruiz, I., Clop, X., Edo, M., Gallart, J., Martínez Rodríguez, P., Molist, M., Monforte, A., Murillo-Barroso, M., Orozco, T., Rafel, N., Terradas, X., Vallverdu, J., 2023. From Galena to Lead: Divergent Paths in Early Metallurgy in the Western Mediterranean. *Metalla* 27(2), 95-117.
- Montero-Ruiz, I., Santos, M., Rovira Hortalá, C., Renzi, M., Murillo-Barroso, M., Hunt, M., Gener, M., Castañer, P., 2010-11. Lingotes plano-convexos de cobre en la primera mitad del I milenio AC en la Península Ibérica. Homenaje a D. Manuel Santonja Alonso. *Boletín de la Asociación Española de Amigos de la Arqueología* 46, 99-119.
- Moreno, A., Contreras Cortés, F., Renzi, M., Rovira Llorens, S., Cortés Santiago, H., 2010. Estudio preliminar de las escorias y escorificaciones del yacimiento metalúrgico de la Edad del Bronce de Peñalosa (Baños de la Encina, Jaén). *Trabajos de Prehistoria* 67(2), 305-322.
- Moret, P., 2002. Reflexiones sobre el período ibérico pleno (siglos V a III a.C.) en el Bajo Aragón y zonas vecinas del curso inferior del Ebro. I Jornades d'Arqueologia - Ibers a l'Ebre. Recerca i interpretació, Tivissa, 23-24 novembre 2001, Centre d'Estudis de la Ribera d'Ebre, Tivissa, Ilercavònica 3, 111-136.
- Munilla, G., 1991. Elementos de influencia etrusca en los ajuares de las necrópolis ibéricas. In: Remesal, J., Musso, O. (Eds.), *La presencia de material etrusco en la Península Ibérica*, 107-75. Universidad de Barcelona.
- Murillo-Barroso, M., Montero-Ruiz, I., Rafel Fontanals, N., Hunt Ortiz, M.A., Armada, X.L., 2016. The Macro-Regional Scale of Silver Production in Iberia during the 1st Millennium BC in the Context of Mediterranean Contacts. *Oxford Journal of Archaeology* 35(1), 75-100.
- Neumaier, J., 1996. Colgantes zoomorfos de las costas valenciana y catalana. *Quaderns de prehistòria i arqueologia de Castelló* 17, 255-262.
- Rafel, N., 1991. La necrópolis del Coll del Moro de Gandesa. Els materials. *Diputació de Tarragona*.
- Rafel, N., 1993. Necrópolis del Coll del Moro. Gandesa, Terra Alta. Campanyes 1984 a 1987. *Excavacions Arqueològiques a Catalunya* 12, Barcelona.
- Rafel, N., 1997. Colgantes de bronce paleoibéricos en el N.E. de la península ibérica. Algunas reflexiones sobre las relaciones mediterráneas. *Pyrenae* 28, 99-117.
- Rafel, N., 2005. Los soportes de Calaceite y las manufacturas ornamentales en bronce del Ibérico Antiguo. In: El Período Orientalizante. Actas del III Simposio Internacional de Arqueología de Mérida: Protohistoria del Mediterráneo Occidental. Anejos de Archivo Español de Arqueología XXXV (2), 491-501.
- Rafel, N., Armada, X.-L., 2023. La cuenca minera del Baix Priorat (Tarragona): poblamiento protohistórico y relaciones con el ámbito fenicio. *Bibliotheca Praehistorica Hispana*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

- Rafel, N., Montero-Ruiz, I., 2023. North-eastern Iberia in the Bronze Age: Iberian, European and Mediterranean influences. In: Perra, M., Lo Schiavo, F. (Eds.), *Contatti e scambi fra la Sardegna, l'Italia continentale e l'Europa nor-occidentale nell'Età del Bronzo (18th-11th c.BC): the "copper route", the "amber route", the "tin" route*. Proceedings of the Fifth Festival of the Nuragic Civilisation (Orroli, Cagliari), Arkadia eds., Cagliari, 105-119.
- Rafel, N., Montero, I., Armada, X.L., Genera, M., 2021. Aprovechamiento e intercambio de metal: Datos analíticos de piezas metálicas de los yacimientos protohistóricos tarraconenses de El Calvari (El Molar), La Tosseta (Els Guiamets) y El Puig Roig (El Masroig). *Pyrenae* 52(2), 9-34.
- Renzi, M., Montero-Ruiz, I., Bode, M., 2009. Non-ferrous metallurgy from the Phoenician site of La Fonteta (Alicante, Spain): a study of provenance. *Journal of Archaeological Science* 36(11), 2584-2596.
- Rodríguez, J., Montero-Ruiz, I., Hunt-Ortiz, M., García-Pavón, E., 2020. Cinnabar provenance of Chalcolithic red pigments in the Iberian Peninsula: a lead isotopes study. *Geoarchaeology* 35(6), 871-882.
- Rodríguez, J., Sinner, A.G., Martínez-Chico, D., Santos Zalduegui, J.F., 2023. AMALIA, A Matching Algorithm for Lead Isotopes Analyses: Formulation and proof of concept at the Roman foundry of Fuente Spitz (Jaén, Spain). *Journal of Archaeological Science* 51, 104192.
- Rovira Llorens, S., Montero Ruiz, I., 2018. Proyecto de arqueometalurgia de la Península Ibérica (1982-2017). *Trabajos de Prehistoria* 75(2), 223-247.
- Sanmartí, J., 1992. Las necrópolis ibéricas en el área catalana. In: Blánquez, J., Antona, V. (Coords.), *Congreso de Arqueología Ibérica: Las necrópolis*, 77-108. Universidad Autónoma de Madrid, serie Varia 1, Madrid.
- Sanmartí-Grego, E., 1973. Materiales cerámicos griegos y etruscos de época arcaica en las comarcas meridionales de Cataluña. *Ampurias* 35, 221-234.
- Soriano, E., Rafel Fontanals, N., Martín, D., Cattin, F., 2022. La cova de l'Arbonès (Pradell de la Teixeta, Tarragona). Nuevos datos de un sepulcro calcolítico. *Munibe Antropología-Arqueología* 73, 113-133.

