

Caracterización analítica de la producción metalúrgica protohistórica de plata en Cataluña

Ignacio Montero Ruiz, Marc Gener, Mark Hunt, Martina Renzi, Salvador Rovira

1. Introducción

Las riquezas minerales fueron uno de los elementos clave en los procesos de colonización que afectaron al desarrollo cultural de la Península Ibérica en el I milenio aC. El subproyecto "Caracterización analítica de la producción metalúrgica protohistórica de plata" en Cataluña (HUM2004-04861-C03-02) se proponía evaluar la potencialidad de aprovechamiento de los recursos minerales del NE en relación con la producción de plata y la tecnología metalúrgica empleada en esta época. Para ello se seleccionaron dos áreas en las que los datos arqueológicos mostraban indicios razonables y en los que se suponía explotación local de los minerales: el Priorat, en relación directa con los trabajos en el yacimiento de El Calvari, y el Prepirineo y Pirineo oriental relacionados con Empúries, que contaba con una importante emisión de monedas de plata. Tanto en la zona del Bajo Ebro como en el área ampurdanesa se habían identificado materiales fenicios que podían relacionarse con los intereses comerciales de la explotación del plomo y la plata presentes en esta región (ARTEAGA *et al.* 1978; GENERA 1982: 215 y 1995: 76; ALAMINOS *et al.* 1991: 280; RAFEL 1993: 66; AUBET 1993: 27; CASTRO 1994: 149-54; NOGUERA 1998, 27; AQUILUÉ *et al.* 1999: 125-127; SANTOS 2003) y se había tomado en consideración la eventual explotación de los recursos mineros de plata y galena argentífera.

La producción de plata en la antigüedad presenta tres posibles marcos de actuación en función de los minerales explotados, que proporcionan a su vez tres escenarios diferentes en relación a su propia organización y a la tecnología aplicada.

1. Por un lado se pueden aprovechar los minerales básicos de plata, desde la plata nativa, a cloruros, como la cerargirita (AgCl), o sulfuros, como la argentita (Ag₂S). El metal se obtiene con pautas similares a la tecnología de base cobre, mediante la reducción del mineral y la obtención de la plata metálica. Esta tecnología era conocida en la Península Ibérica desde la Edad del Bronce siendo su máximo exponente la producción argárica del SE (MONTERO *et al.* 1995).

2. Aprovechamiento de galenas argentíferas. En este caso el proceso necesita de la técnica de copelación después de la reducción del mineral para separar la plata del plomo. La introducción de la técnica de copelación en la Península Ibérica ha sido objeto de debate, pero en la actualidad se tiende a aceptar que comienza y se vincula con el desarrollo de la colonización fenicia.

3. Aprovechamiento de minerales polimetálicos que contienen plata, especialmente jarositas argentíferas y cobres argentíferos. El proceso seguido para la obtención de la plata requiere de la aportación de plomo en la reducción a metal para hacer viable el proceso de copelación y conseguir separar la plata de los otros metales menos nobles. Al igual que en la anterior esta forma de aprovechamiento se relaciona con la colonización fenicia y está bien atestiguada en el SW (HUNT 2003).

En los dos primeros casos la explotación de los recursos minerales permite obtener la plata directamente en los centros de extracción, sin embargo, en el tercero entra en juego otro elemento necesario como es el plomo, un metal que hay que obtener de manera complementaria si existe en la región, o importarlo de otras zonas con recursos disponibles. Para los casos 2 y 3 el plomo es un protagonista esencial ya que aparece en el proceso como un subproducto posterior a la copelación (litargirio) y/o como producto intermedio anterior.

Nuestro trabajo de investigación se ha centrado en tres apartados básicos:

1. En primer lugar en reconocer las características de los recursos minerales en las dos zonas anteriormente señaladas.

2. Estudiar y caracterizar la tecnología de producción de la plata y el plomo y determinar el papel del plomo en la metalurgia de la plata y como metal dependiente.

3. Tratar de confirmar, vía el análisis de isótopos de plomo, las zonas de aprovechamiento de estos recursos (plomo y plata) y bajo qué condiciones se realizó dicho uso.

2. Metodología y técnicas de análisis

La caracterización de los materiales está sustentada en la aplicación de varias técnicas de análisis. Cada tipo de material necesita del empleo de una o de varias de ellas de manera complementaria. En el desarrollo del proyecto se han utilizado las siguientes técnicas:

Análisis elemental para conocer la composición de los elementos metálicos: se ha aplicado a los objetos de base cobre, plomo y plata, a restos de fundición y escorias y a minerales. En el caso de los metales y restos de fundición metálicos se ha empleado la técnica de fluorescencia de rayos X en dispersión de energía (ED-XRF). Para las escorias y restos metalúrgicos se ha procedido a una primera identificación mediante ED-XRF para ser sometidos posteriormente a micro-análisis mediante microsonda de microscopía electrónica de barrido (SEM). En la caracterización de minerales se han calculado las proporciones presentes de la fracción metálica también mediante ED-XRF.

Para la fluorescencia de rayos X se ha empleado el espectrómetro del Museo Arqueológico Nacional, un Metorex X-MET 920 con un cabezal en el que se alojan las fuentes radiactivas y el detector, la unidad de espectrometría y la unidad de control. El cabezal dispone de dos fuentes encapsuladas de excitación primaria por rayos gamma: Cd-109 y Am-241, cada una con una intensidad de 20mCi. La fuente de Cd-109 se usa para excitar elementos químicos de baja energía, desde 3,69 keV (Ca K-alfa) hasta 20 keV. La de Am-241 se usa para excitar la parte del espectro de alta energía, desde 20 keV hasta 40 keV. El flujo de las fuentes incide sobre el plano de la muestra a analizar con un ángulo de 45°. El detector de la fluorescencia de rayos X es de tipo Si(Li), de estado sólido, refrigerado con nitrógeno líquido, con una resolución de 170 eV en la línea Mn K-alfa.

Los análisis realizados en el Museo de Reus se realizaron también con la técnica ED-XRF pero con un espectrómetro portátil InnovX modelo Alpha con tubo de rayos X como fuente de excitación y detector Si-Pin.

Los análisis de microscopía electrónica de barrido han sido realizados en el equipo del servicio interdepartamental de Investigación (SidI) de la Unidad de la Universidad Autónoma de Madrid, Philips XL30 con microanalizador DX4i de EDAX, operado por las microscopistas Esperanza Salvador y Marta M. Furió. También ocasionalmente se ha utilizado el Microscopio Electrónico de Barrido Ambiental FEI Quanta 200 del Museo de Ciencias Naturales del CSIC de Madrid. Este microscopio dispone de un sistema de análisis integrado Oxford Instruments Analytical-Inca con dos detectores de rayos X que se pueden usar simultánea y alternativamente, y ha sido operado por las microscopistas Marta M. Furió y Laura Tomo.

Por regla general, las determinaciones analíticas se han efectuado barriendo ventanas del tamaño adecuado, aprovechando las posibilidades de magnificación del microscopio. Sólo en contadas ocasiones se ha recurrido al análisis puntual (*spot*). Los análisis denominados globales en las tablas de resultados se han efectuando barriendo una ventana representativa de 100x.

Metalografía para conocer la estructura interna del metal: se ha aplicado a objetos metálicos y restos de fundición con el fin de determinar la tecnología de manufactura. Las metalografías se han realizado en muestras montadas en probetas de resinas y pulidas hasta conseguir brillo especular, para posteriormente ser atacadas con el reactivo correspondiente en función del metal de que se trate. El microscopio utilizado ha sido un Leica modelo DFC 480 con cámara digital DFC480.

Isótopos de plomo para determinar la procedencia: se ha aplicado tanto a muestras minerales arqueológicas como geológicas, así como a objetos metálicos, escorias y restos de fundición. El equipamiento utilizado ha sido un espectrómetro de masas de ionización térmica (TIMS) Finnigan Mat 262 con 8 cajas de Faraday y un SEM, perteneciente al Servicio de Geocronología y Geoquímica Isotópica de la UPV-EHU. En la mayoría de los casos las muestras

fueron extraídas de las piezas mediante un taladro de 1 mm, diferente para cada muestra para evitar contaminación. De escorias y minerales y de algún goterón de plomo se enviaron fragmentos. La separación química del Pb se realizó en columnas de intercambio iónico con resina Dowex 1-X-8. Las muestras han sido medidas de modo “estático” en cuatro cajas de Faraday, una para cada uno de los isótopos de Pb analizados (ca. 2-4 voltios en ²⁰⁸Pb). Para verificar el funcionamiento correcto y corregir el fraccionamiento se han realizado análisis periódicos (ca. 1 por cada 5-6 muestras problema) de los estándar NBS-981 o SRM-981, material de referencia certificado para el Pb suministrado por el NIST (National Institute of Standards and Technology).

También se realizaron análisis de 4 muestras de plata en el Institut fuer Geologie de la Universidad de Berna (Suiza), en este caso con un equipo de Espectrometría de Masas con fuente de Plasma Acoplado (ICP-MS multicolector), en las que se realizó la separación en microcolumnas con resina EiChrom SrSpec.

3. Recursos minerales de plomo y plata

La abundancia de mineralizaciones en la Península Ibérica en general, y en Cataluña en particular condiciona la investigación a corto plazo como es un proyecto de tres años de duración. Por ello y ante la imposibilidad de poder abarcar todo el territorio bajo estudio centramos nuestros objetivos en mejorar nuestro conocimiento de primera mano sobre el entorno de las dos zonas elegidas y que constituyen los otros dos subproyectos dentro del proyecto coordinado: El Calvari de El Molar y Empúries.

Si en el área de Molar-Bellmunt-Falset (MBF) los datos geológicos hacían referencia a la existencia de minerales de plata y de plomo, en la provincia de Girona los datos mostraban únicamente mineralizaciones de plomo (galena). Teniendo en cuenta que en la antigüedad los niveles de rentabilidad y capacidad tecnológica de obtención de plata a partir de la galena argentífera son diferentes a las modernas era necesario valorar la cantidad de plata presente en esos minerales para poder considerarlos o no como recurso para la obtención de plata.

Con el fin de recoger muestras minerales se realizaron dos campañas de campo. En el área MBF la información de partida era más cuantiosa y concreta por disponer de la documentación histórica medieval (MARTÍNEZ ELCACHO 2004), de una mayor elaboración sobre la documentación de las explotaciones contemporáneas (ABELLA *et al.* 2001), además de existir el Museo de las Minas de Bellmunt. La tradición e historia minera que se remonta con datos concretos a época romana³¹ es, por tanto, un rasgo todavía reconocible debido a su riqueza, la intensidad de la explotación hasta épocas recientes y a la concentración de minas en explotación en un territorio relativamente pequeño

31. Abella *et al.* (2001: 32) menciona la recogida de lucernas romanas y utensilios en la mina Blancaderna (o Mina Regia) que se encuentran en el Museo de Arqueología de Reus.



Fig. 49. Explotación a cielo abierto en la mina Mineralogía (El Molar).

que ha dejado huellas en el paisaje. La obtención de muestras para análisis resultó fácil (fig. 49).

La situación es bien diferente en las minas gerundenses. Por una parte la información aunque abundante en indicios y datos (MATA 1990, ver capítulo de Empúries) por su carácter de menor intensidad en la mayoría de ellos resulta más difícil de contrastar. En algunos casos ya no son visibles los trabajos mineros y en otros sus huellas son muy reducidas. La memoria histórica sobre la actividad minera es más débil y la dispersión en su ubicación difumina la posible importancia que pudo tener. Las zonas mejor documentadas han sido la mina Leonor de Osor (fig. 50), que estuvo en explotación hasta 1979 (BRUGUERA 2004), y únicamente en Mont-ras se ha iniciado un proceso de recuperación patrimonial de estas minas, mediante rutas turísticas. La obtención de muestras minerales ha sido algo más complicada en parte por el reaprovechamiento de las escombreras a mediados del siglo xx.

En la zona de MBF se trabajó principalmente en las minas de Molar y Bellmunt. Desde el punto de vista geológico el curso del río Siruana sirve de límite entre las mineralizaciones aflorantes y la explotación de minas en profundidad. Con alguna excepción es toda la zona próxima al actual pueblo de El Molar donde se encontraban los afloramientos superficiales. Esta circunstancia resulta relevante para la ubicación de las explotaciones prehistóricas más antiguas. Durante la prospección minera se recogieron muestras principalmente de las escombreras y lavaderos de



Fig. 50. Mina Leonor (Osor).

Análisis	Mineral	Mina	Prov	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Ag	Sn	Sb	Pb	Bi
PA11657	Mineral plata	Ballcoll	T		det	nd	det	nd	70,1	nd	nd	tr	nd
PA11658	Mineral plata	Ballcoll	T		det	nd	nd	nd	51,1	nd	nd	0,12	0,03
PA11997	Galena	Barranc Fondo	T	nd	Nd	nd	nd	nd	0,02	0,08	0,023	99,8	nd
PA11998	Galena	Barranc Fondo	T	nd	Nd	0,6	nd	nd	0,019	0,08	0,002	99,3	nd
PA12274	Galena	Barranc Fondo	T	nd	Nd	nd	nd	nd	0,025	nd	0,003	99,9	nd
PA12275	SulfuroCu	Barranc Fondo	T	7,8	nd	50,7	nd	nd	0,028	0,38	0,009	41,0	nd
PA12757	Galena	CanFranquesa	B	nd	nd	tr	nd	nd	0,01	nd	0,03	99,9	nd
PA11967	Galena	Cova del Paraigües	T	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,2	0,008	99,7	nd
PA11968	Galena	Cova del Paraigües	T	nd	nd	nd	nd	nd	0,014	0,12	0,002	99,8	nd
PA11951	Galena	Linda Mariquita	T	nd	nd	nd	nd	nd	0,077	0,41	0,044	99,5	nd
PA11952	Galena	Linda Mariquita	T	nd	nd	nd	nd	nd	0,019	0,09	0,001	99,8	nd
PA11953	Galena	Linda Mariquita	T	nd	nd	nd	nd	nd	0,015	0,1	nd	99,8	nd
PA11954	Galena	Linda Mariquita	T	nd	nd	nd	nd	nd	0,037	0,14	nd	99,8	nd
PA11955	Galena	Linda Mariquita	T	nd	nd	0,5	nd	nd	0,013	0,08	nd	99,4	nd
PA11956	Galena	Linda Mariquita	T	nd	nd	0,6	nd	nd	0,046	0,13	0,05	99,1	nd
PA11996	Mineral cobre	Linda Mariquita	T	6,9	nd	28,5	0,81	54,6	0,467	0,22	4,363	3,96	nd
PA12007	Galena+Zn +Cd	Linda Mariquita	T				DET		0,077		0,217	99,7	
PA12008	Galena	Linda Mariquita	T	nd	nd	nd	nd	nd	0,016	nd	0,024	99,9	nd
PA12272	Galena	Linda Mariquita	T	nd	nd	nd	nd	nd	0,038	nd	0,008	99,9	nd
PA12273	Galena	Linda Mariquita	T	nd	nd	0,6	nd	nd	0,017	nd	nd	99,4	nd
PA12410	Galena	Mas Ros	GE			nd			0,02	nd	0,01	99,9	nd
PA12411	Galena	Mas Ros	GE			nd			0,02	nd	0,01	99,9	nd
PA12762		Mina al W	GE	nd	nd	nd	nd	nd	0,024	nd	0,054	99,9	nd
PA12289	Galena	Mina Jalapa	T	--	--	nd	--	--	0,06	0,16	0,02	99,8	nd
PA12376B	Galena	Mina Leonor	GE	nd	nd	1,4	nd	nd	0,04	nd	nd	98,5	nd
PA12377	Galena	Mina Leonor	GE	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,23	0,04	99,6	nd
PA12378	Galena	Mina Leonor	GE	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	nd	0,03	99,9	nd
PA12384	Galena	Mina Leonor	GE	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,09	0,02	99,8	nd
PA12385	Galena	Mina Leonor	GE	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,13	0,01	99,83	nd

Análisis	Mineral	Mina	Prov	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Ag	Sn	Sb	Pb	Bi
PA12386	Galena	Mina Leonor	GE	nd	nd	nd	DET	nd	0,02	nd	nd	99,9	nd
PA11568	Tenantita	Mina Linda Margarita	T	1,4	0,02	23	0,24	6,13	0,194	0,16	0,433	0,2	nd
PA10482	Galena	Mina Linda Mariquita	T	Det	nd	0,01	nd	nd	0,01	0,07	tr	99,9	nd
PA10483	Mineral cobre	Mina Linda Mariquita	T	0,9	0,14	86,17	nd	4,38	0,114	0,12	0,15	8,02	nd
PA12387	Galena	Mina Pepito	GE	nd	nd	nd	nd	nd	0,06	0,18	0,05	93,1	6,56
PA12388	Galena	Mina Pepito	GE			nd			0,02	0,09	0,04	92,8	6,97
PA11992	Galena	Mina Règia	T	nd	nd	nd	nd	nd	0,015	0,09	0,014	98,9	0,96
PA11993	Galena+Zn+Cd	Mina Règia	T	nd	nd	nd	25,8	nd	0,01	nd	0,053	72,9	nd
PA11957	Galena	Mina Renània	T	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,08	0,003	99,9	nd
PA11958	Baritina+Pb+Bi+Sb	Mina Renània	T	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	5,744	47,0	47,2
PA11965	Galena	Mina Renània	T	nd	nd	0,4	nd	nd	0,024	0,12	0,006	98,5	1,0
PA11966	Galena	Mina Renània	T	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,11	0,011	99,8	nd
PA12758	Galena	Torrent de les Bruixes	B	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,17	0,04	99,7	nd
PA11948	Galena	Mineralogia	T	nd	nd	nd	nd	nd	0,023	nd	0,07	99,9	nd
PA11949	Galena	Mineralogia	T	nd	nd	3,4	nd	nd	0,062	0,22	0,071	96,2	nd
PA11950	Galena	Mineralogia	T	nd	nd	nd	nd	nd	0,013	0,08	0,028	99,9	nd
Pa11985	Galena	Mineralogia	T	nd	nd	nd	nd	nd	0,053	0,08	nd	99,8	nd
PA11986	Galena	Mineralogia	T	nd	nd	nd	nd	nd	0,021	0,13	nd	99,8	nd
PA11987	Galena	Mineralogia	T	nd	nd	0,4	nd	nd	0,014	0,09	nd	97,4	2,1
PA11988	Galena	Mineralogia	T	nd	nd	nd	nd	nd	0,029	0,09	0,003	99,8	nd
PA11989	Pb+Fe	Mineralogia	T	nd	nd	0,1	nd	nd	0,015	nd	0,091	56,99	nd
PA11990	Galena	Mineralogia	T	nd	nd	nd	nd	nd	0,033	0,11	0,013	99,8	nd
PA11991	Galena	Mineralogia	T	nd	nd	nd	nd	nd	0,018	0,09	0,01	99,8	nd
PA12756	Galena	Mineralogia	T	nd	nd	0,4	nd	nd	0,01	0,11	0,01	99,1	0,34
PA12761	Galena	Pidevall Este	GE	nd	nd	tr	nd	nd	0,011	nd	0,019	99,9	nd
PA12389	Galena	Puig Parals	GE	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	nd	0,02	99,9	nd
PA12390	Galena	Puig Parals	GE	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	nd	0,02	99,9	nd
PA12391	Galena	Puig Parals	GE	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	nd	0,01	99,9	nd
PA11994	Galena	Raimunda	T	nd	nd	nd	nd	nd	0,021	0,14	nd	99,8	nd
PA11995	Galena	Raimunda	T	nd	nd	0,8	nd	nd	0,049	0,23	nd	97,2	1,76
PA12379	Galena	Sant Julià de Llor	GE	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	100	nd
PA12380	Galena	Sant Julià de Llor	GE	nd	nd	nd	nd	nd	0,13	nd	nd	99,8	nd

Fig. 51. Anàlisi ED-XRF de minerals recollits en prospecció geològica. Valors expressats en % considerant únicament la fracció metàlica (nd= no detectat; det= detectat; tr= trazas).

Mineral	Yacimiento	Datos	Cu	Zn	Ag	Sn	Sb	Pb	Bi
Galena	Empúries		nd	nd	nd	nd	nd	100	nd
Galena	Empúries	F20	0,8	Nd	0,03	nd	0,02	99,2	nd
Galena	Castellet de Banyoles	ue451	nd	nd	nd	nd	nd	100	nd
Galena	Castellet de Banyoles	ue451	nd	nd	nd	nd	nd	100	nd
Galena	El Calvari	CMV05-ue170	nd	nd	0,04	0,17	nd	99,8	nd
Galena	El Calvari	CMV05-ue177	1,3	nd	tr	0,42	0,027	98,2	nd
Galena	Puig de S. Andreu - Ullastret	PAS-95-1005	nd	nd	0,02	nd	0,01	99,9	nd

Fig. 52. Análisis por ED-XRF de galenas en contextos arqueológicos. Valores de la fracción metálica expresados en % en peso.

las minas, salvo en el caso de la Cueva del Paraguas en la que se extrajo galena de dos vetas del interior. Cuando fue posible se recogieron minerales de zonas diferentes de las minas para conseguir la mayor heterogeneidad posible en el muestreo. Además de plomo (galena) se han identificado algunos minerales de cobre (cobres grises) y de zinc (esfalerita).

Los análisis por XRF de las galenas (tabla 1) han identificado esporádicamente impurezas de cobre (Cu) y antimonio (Sb), y tan solo en 3 muestras se han identificado pequeñas cantidades de bismuto (Bi). Dos de las muestras de galena llevaban también zinc (Zn). En lo que respecta a la plata, los valores son generalmente bajos no superando las 400 ppm, siendo la media de las 33 galenas estudiadas de 270 ppm. El bario acompaña al plomo en los filones.

En consecuencia la galena de estas minas no debió ser usada en la antigüedad para obtención de plata y su explotación se vincula directamente al plomo.³² Las fuentes medievales confirman también que la plata obtenida en el distrito procedía de manera minoritaria de las galenas.

En Girona todas las muestras se obtuvieron de las escombreras, excepto una que nos fue proporcionada por José Luis Montoto, trabajador de las minas de Osor, que señaló su extracción de las galerías subterráneas de la Mina Leonor. D. José Luis Montoto también nos acompañó a unas catas de exploración minera realizadas en los años sesenta en el término de Sant Julià de Llor. Una de las muestras aquí obtenida es la que más contenido en plata han proporcionado (1.300 ppm), pero hay que tener en cuenta que no se trata de una mina explotada, sino simplemente de catas de exploración que no dieron resultados satisfactorios para su explotación.

En las galenas procedentes de las minas de Palamós (Mas Ros y Puig d'en Parals) se detecta plomo acompañado de zinc, mientras que en la mina Pepito (Mont-ras) se detectan cantidades apreciables de bismuto, pero no así de zinc. En cuanto a la plata el valor medio obtenido en estas minas es de 300 ppm. Las 6 muestras de Mina Leonor en Osor presentan menos impurezas que las del anterior grupo, sin bismuto y en tan solo una se ha detectado zinc. El contenido medio de plata de las muestras de esta mina es algo inferior (240 ppm).

32. Tylecote (1987: 140: tab. 4.8) ofrece una tabla con los valores considerados como aprovechables con la tecnología antigua, y salvo el caso de Laurion los valores sobrepasan los 400 ppm, incluso en época romana.

Ninguna de las galenas de las minas estudiadas presenta contenidos de plata suficientes para un beneficio en la antigüedad, y por tanto su explotación estuvo vinculada al plomo, como confirman los datos históricos que mencionan su explotación a principios del XIX por las tropas francesas para fabricar munición.

En nuestro estudio hemos podido incorporar dos muestras de galenas de las mineralizaciones de Can Franquesa y Torrent de les Bruixes en Santa Coloma de Gramanet (Barcelona) cedidas por el Museo Torre Balldovina. Ambas muestras presentan también contenidos de plata muy bajos, inferiores a las 200 ppm.

Finalmente se han analizado dos muestras de plata de la mina Balcoll en Falset cedidas por J. Abella que presentan impurezas de plomo (Pb) y níquel (Ni).

En la prospección de El Molar se recogieron también algunas muestras de minerales complejos de cobre que merecen el interés de ser señaladas por sus contenidos elevados de plata. Las muestras de la mina Linda Mariquita superan siempre las 1.000 ppm (0,1%) y en dos casos alcanzan hasta el 0,4% (fig. 51).

4. Materiales arqueológicos

A continuación iremos exponiendo los estudios realizados sobre los distintos tipos de materiales de procedencia arqueológica ordenados en la secuencia de la cadena productiva, empezando por los minerales de plomo y acabando por los objetos de plata.

4.1. Galenas

Se han estudiado galenas de 4 yacimientos: Empúries, Ullastret, El Calvari y Castellet de Banyoles. Estas galenas muestran en general los mismos rasgos que los señalados en las muestras geológicas, es decir, presencia reducida de contenido en plata, que en varios casos no llega al límite de detección del equipamiento de XRF (situado en las 10 ppm), e impurezas esporádicas de cobre y antimonio. Sí es importante destacar que ninguna de ellas va acompañada de bismuto ni de zinc.

La presencia de estas galenas en los yacimientos no está relacionada por tanto con su beneficio para extracción de plata (fig. 52).

4.2. Escorias

4.2.1. Escorias de El Calvari

Entre los materiales recuperados en las campañas de excavación de los últimos años, se encuentran fragmentos de escorias de pequeño tamaño y que han aparecido dispersas por diversas zonas. El escaso volumen y la falta de concentración son dos elementos que inducen a considerar que la producción no puede considerarse una actividad principal que se desarrollase en el poblado. El estudio detallado de estas escorias y su comparación con otras de cronología más reciente publicado en el trabajo de Gener *et al.* (2007) nos evita dar detalles. Sin embargo, conviene recordar las principales observaciones extraídas del estudio para enlazarlo con todo el resto de datos tecnológicos.

Las escorias, aunque pueden distinguirse tres grupos morfológicos, son todas residuos de la reducción de minerales de plomo (fig. 53). En una muestra se han detectado bolitas de plomo-cobre (análisis CVM-2-11/5), así como zinc en el vidrio de relleno de otras. La presencia de bario, con la formación en la escoria de cristales de alófana $[(K, Ba)Al(Si, Al)_3O_8]$, junto a cobre y zinc nos indican que esos metales debían estar en el metalotecto de origen de la galena.

Las pérdidas de plomo en estas escorias son importantes, la mayor parte formando los vidrios y en menor cantidad como segregados metálicos atrapados. Hay que señalar también que no se ha encontrado ningún mineral argentífero ni plata metálica en ninguna de las muestras analizadas. El análisis XRF-ED de alguna de ellas ha dado un contenido de plata del orden del 200 ppm o menor. Suponiendo que toda la plata fuera arrastrada por el plomo y éste reducido a metal en su totalidad, en las condiciones más favorables (escorias con mayor pérdida de plomo, alrededor del 50%) supondría como máximo 400 ppm con relación al plomo (400 g por Tm de plomo), cantidad en torno al límite del posible desplatao rentable con una tecnología como la romana (ROVIRA LLORENS 2000: 317). Estos

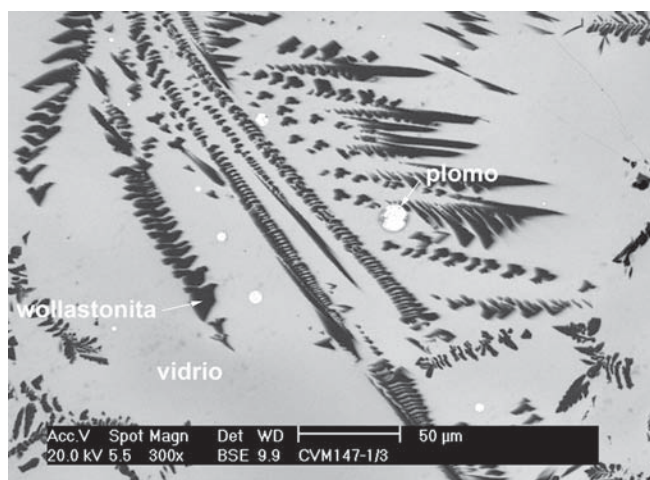


Fig. 53. Componentes estructurales de una escoria de plomo del segundo grupo de El Calvari. Los esqueletos de wollastonita sugieren un estado de re-disolución. Imagen SEM, electrones retrodispersados.

datos son coherentes con las cantidades de plata detectadas en las galenas anteriormente analizadas, tanto geológicas como arqueológicas.

Las escorias de El Calvari analizadas en el proyecto muestran un procedimiento de obtención de plomo muy sencillo y poco eficiente que, en algún aspecto como es la formación de escorias de “sílice libre”, recuerda las características de esta metalurgia de la misma época en el suroeste de la Península Ibérica. Sin embargo resulta muy llamativa la gran diferencia tecnológica que se percibe entre ambas áreas geográficas. Mientras en Monte Romero la escoria final es de sangrado y con composición y estructura sorprendentemente parecidas a las escorias metalúrgicas actuales, las de El Calvari son simples vidrios muy plomados.

4.2.2. Escorias de Empúries

Procedentes de las excavaciones en la Neápolis por Emili Gandia se recuperaron algunos fragmentos de escoria, aunque su contexto concreto es desconocido, salvo la muestra PA12419 que procede de una fosa con restos metalúrgicos datable en los siglos III/II a.n.e.

Los fragmentos de escoria analizados (PA12416, PA12517, PA12419) son pequeños nódulos de aspecto irregular, con incrustaciones de tierra y adherencias de sales de cobre en la superficie (fig. 54). Tanto desde un punto de vista morfológico como de composición, las muestras tienen unas características similares, con presencia mayoritaria de cobre y porcentajes significativos de plomo.

Dos de ellas se han analizado con más detalle mediante SEM (PA12416 y PA12419). La matriz de la escoria es un vidrio rico en hierro con algo de cobalto, en el que se ha concentrado magnetita en forma de dendritas muy bien desarrolladas. Las inclusiones metálicas atrapadas en la escoria tienen una composición aproximadamente de un 94% Cu, un 3% Fe y un 1% Co. En una de las muestras se ha detectado además una zona con muchos granos de sílice parcialmente disueltos (fig. 55).

Los porcentajes bastante elevados de cobalto detectados en estas escorias —un elemento muy a menudo presente en los minerales de cobre— sugieren que se trate de escorias de producción primaria de cobre, o sea escorias de reducción. Además, la presencia de cristales de sulfuro de cobre y el alto contenido en hierro de las inclusiones metálicas, que podrían derivar del mineral original, parecen también apoyar esta hipótesis.

De momento no contamos con ningún indicio concreto sobre la reducción de minerales de plomo o plata, a pesar de la existencia de las propias galenas recogidas también en las excavaciones de Gandia. En el caso del cobre nos encontramos con la situación contraria: escorias que prueban la reducción de mineral, pero ausencia de minerales de cobre.

Sin duda las actividades metalúrgicas en espacios de taller debieron estar presentes en la Neápolis, pero por desgracia la documentación conservada es escasa e incompleta como podremos observar en el resto de materiales estudiados.



Fig. 54. Escorias de cobre PA12416 y PA12419 de Empúries.

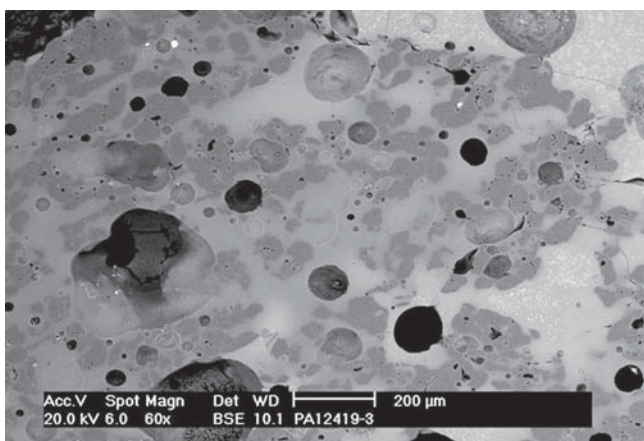


Fig. 55. Escoria PA12419. Granos de sílice parcialmente disueltos. Imagen SEM, BSE.



Fig. 56. Sección pulida del fragmento de copela PA12375.

4.3. Copelas

Uno de los materiales más interesantes que hemos podido estudiar son dos fragmentos de copelas de Empúries. Los materiales carecen de contexto arqueológico, pero su aparición en la Neápolis permite avanzar algo más en el conocimiento de la producción de plata en Empúries.

En un primer momento, este material por color, textura, composición y peso se había interpretado como litargirio. De hecho, la distinción entre litargirio y copela resulta problemática desde un punto de vista puramente morfológico, ya que durante el proceso de copelación el óxido de plomo, reaccionando con la sílice de la cerámica, acaba por sustituir los componentes cerámicos de la pared de la vasija. Los datos analíticos de estas copelas fueron presentados en el trabajo de Montero *et al.* (2007) en el Congreso *Archeometallurgy in Europe*, celebrado en Aquileia (junio 2007).

Uno de los dos fragmentos (PA12375) pudo ser seccionado para observar su estructura, que presenta

significativos cambios cromáticos, desde un rojo oscuro hasta un gris blanquecino, que parecen indicar como el óxido ha ido penetrando gradualmente en las paredes de la copela (fig. 56). Para determinar la composición elemental de esta copela, se realizaron una serie de análisis globales, abriendo ventanas de 100x en varios puntos a lo largo de la sección de la muestra, desde la parte superior hacia la zona inferior que conservaba todavía una fina capa cerámica adherida.

En la tabla de la figura 57, donde se recogen los análisis globales efectuados, se puede apreciar como la zona superficial de la muestra está casi enteramente constituida por litargirio (PbO), siendo el contenido de sílice inferior al 1,5%. Entrando en el interior de la pieza, se empieza a detectar una mayor presencia de los componentes cerámicos. Aumenta el contenido de sílice y se detectan aluminio y calcio, cuyos porcentajes también se incrementan a medida que nos vamos acercando al fondo de la copela, donde se ha detectado también la presencia de hierro. De todos

modos, parece haberse producido una homogenización entre los componentes cerámicos y el óxido de plomo en las distintas zonas de la vasija, ya que en los varios puntos analizados de la muestra no se ha conseguido detectar una significativa diferencia en la composición.

MUESTRA	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	FeO	PbO
PA12375-1	nd	1,41	nd	nd	98,59
PA12375-3	nd	8,48	12,81	nd	78,71
PA12375-4	1,81	7,04	12,85	nd	78,30
PA12375-5	2,93	7,78	12,85	nd	76,43
PA12375-6	3,58	8,07	13,31	2,58	72,46

Fig. 57. Resultados SEM-EDX de los análisis globales a 100x (% en peso, como óxidos) de la muestra de litargirio PA12375.

Los resultados de los análisis globales realizados en la zona superior e inferior de la otra muestra estudiada, la PA12374 (tabla de la fig. 58), también son coherentes con la composición elemental de una vasija cerámica que haya sido empleada en un proceso de copelación.

MUESTRA	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	K ₂ O	PbO
PA12374-1	nd	4,86	12,21	6,63	0,91	75,40
PA12374-2	1,93	4,16	10,99	10,47	nd	72,45

Fig. 58. Resultados SEM-EDX de los análisis globales a 100x (% en peso, como óxidos) de la muestra de litargirio PA12374.

Por tanto, estos dos fragmentos apoyarían la hipótesis de realización de actividades de copelación para la obtención de plata. Sin embargo, es necesario tener en cuenta otros aspectos para poder concretar la hipótesis ya que sabemos, por el pecio de Mazarrón, que el litargirio fue un material comercializado. Una argumentación detallada sobre la cuestión de la práctica o no de copelación en Empúries la realizaremos en el apartado de conclusiones.

4.4. Lingotes

La comercialización y transporte de metal está identificada únicamente en materiales de base cobre. De Empúries contamos con varios fragmentos metálicos. El fragmento de lingote de cobre (PA12521) es parte de una torta de mayor tamaño, probablemente de sección plano-convexa, como parecen sugerir la forma redondeada de uno de los lados de la muestra y el fondo convexo. Su composición muestra un cobre de gran pureza con impurezas significativas de plomo (0,9%). Desde un punto de vista metalográfico, la muestra presenta una estructura con bordes de granos rectilíneos, como cabe esperar en un metal que se ha ido enfriando lentamente en una lingotera.

Otras dos muestras de masas metálicas, como en el caso del lingote, también parecen haber formado parte de un material de mayores dimensiones. La muestra PA12412 es un pequeño fragmento de forma irregular, con oxidaciones cobrizas en su superficie. La muestra presenta una matriz compuesta

por plomo, en la que se han detectado abundantes segregados de un bronce muy rico en estaño, que llega a alcanzar casi el 30% Sn. Su análisis global da una composición de aproximadamente un 25% Cu, un 10% Sn y 65% Pb.

Definir el proceso en el que se ha formado este material resulta imposible, no habiendo elementos suficientes para suponer que se trate del resultado de un proceso para la obtención de bronce por co-reducción de minerales, por cementación o para afirmar que sea el producto de una operación de reciclaje de metal, ya que los segregados de bronce presentes en la muestra tienen una composición que no corresponde a la habitual en los bronce de la época. Por el momento es una incógnita sin solución pero que remite a una metalurgia compleja de bronce ternarios ricos en plomo.

El segundo fragmento de masa metálica aplanada (PA12523) tiene una forma de tendencia triangular y su superficie es irregular, cubierta por una fina capa de adherencias terrosas. La estructura y la composición de esta pieza resultan muy complejas, debido a la heterogeneidad del material que la constituye. En la macrografía de la muestra cortada y en la imagen obtenida en el SEM (fig. 59), se aprecia claramente que hay una zona de transición entre dos metales yuxtapuestos de distinta naturaleza.

El análisis global efectuado en la zona izquierda del fragmento muestra la composición de un bronce plomado, pobre en estaño (2% Sn) y con aproximadamente un 10% Pb. Por el contrario, la composición global de la zona derecha de la muestra presenta una matriz de óxido de cobre con una elevada cantidad de estaño (aproximadamente un 25% Sn) y con escasa presencia de plomo (en torno al 1% Pb). Lo realmente sorprendente es que el estaño se encuentra prácticamente todo oxidado en forma de agujas segregadas. En ninguna zona de la muestra se ha detectado estaño metálico, probablemente a causa de las condiciones oxidantes en las que se estaba operando.

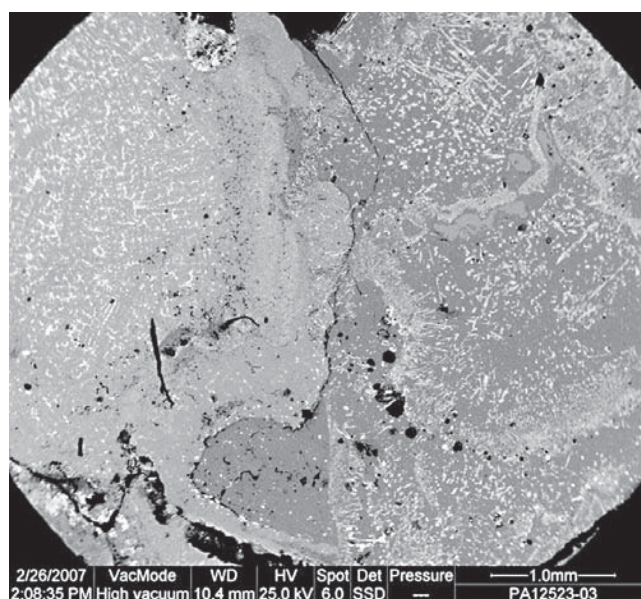


Fig. 59. Vista general de la muestra PA12523. Imagen SEM, BSE.

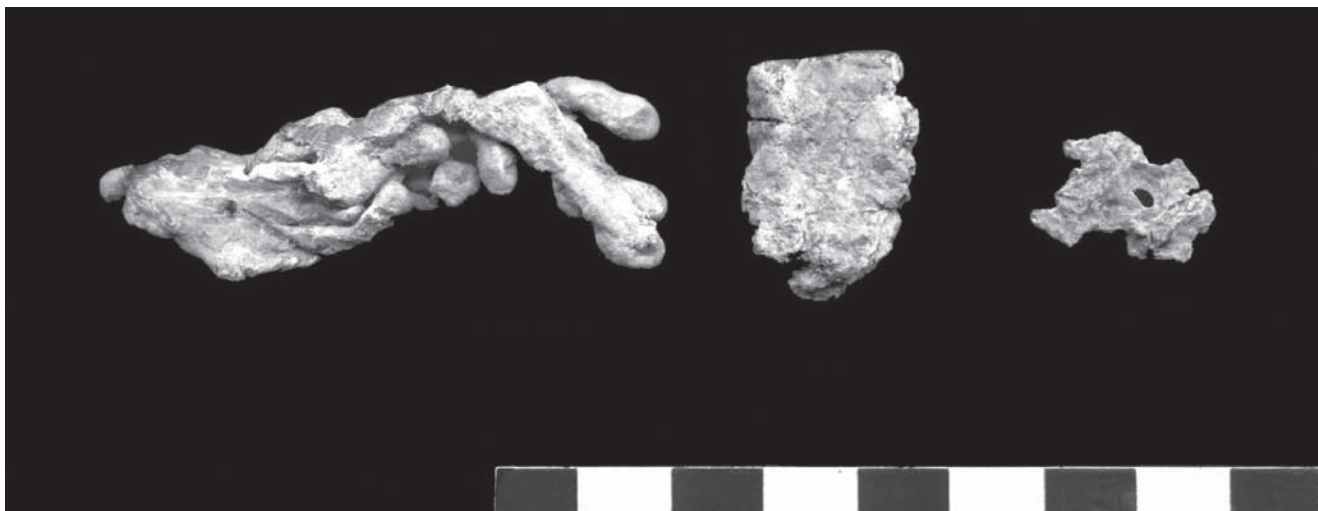


Fig. 60. Materiales de plomo de El Calvari: muestra 170 (17), 170 (18) y 170.

El estudio metalográfico muestra que el material rico en plomo tiene una microestructura dendrítica de fundición, pero en la zona de frontera entre los dos materiales se produce una transformación de esta estructura dendrítica hacia granos reticulares, por efecto de un calentamiento de la masa sólida rica en plomo. Parecen haberse producido fases de calentamiento-enfriamiento dentro de un margen relativamente estrecho de temperaturas y en tiempos cortos que propiciaban y detenían cambios de estado en regiones localizadas del material, lo que ha dado lugar a las distintas microestructuras observadas y que corresponden al final de la operación, hechos todos que sugieren que se trate de una metalurgia de crisol, más proclive a cambios térmicos significativos en tiempos cortos.

La formación en la superficie del material plomado de una capa rica en casiterita acicular que no puede ser debida a la migración hacia el exterior del estaño oxidado del núcleo (que apenas contiene estaño, como indican los análisis del metal sano), podría estar indicando el fracaso de un proceso de cementación de este metal plomado con un material rico en estaño, probablemente casiterita, encaminado a la obtención de un bronce ternario. Se trataría, pues, de un proceso de cementación que no ha podido completarse a causa de unas condiciones demasiado oxidantes en el medio que no han permitido que se llegara a formar un bronce ternario más o menos homogéneo.

Las dos masas metálicas analizadas podrían por tanto documentar un trabajo previo de taller para la producción de bronce ternarios; es decir, la producción de un metal bruto que se pondría en circulación para ser nuevamente refundido en el mismo u otro taller y obtener una aleación homogénea.

A esta serie de materiales hay que añadir otros fragmentos de lingote de Sant Jaume Mas d'en Serra que reflejan una práctica metalúrgica similar. Uno de estos lingotes es un cobre bastante puro con algo de plomo, mientras que otros cinco fragmentos son aleaciones de cobre-plomo, sin presencia significativa de estaño. Además en varios de ellos los porcentajes de plomo resultan mayoritarios (GARCÍA I RUBERT *et al.* 2007).

4.5. Plomo metálico

Entre los elementos de plomo metálico contamos con restos de fundición y objetos con formas definidas. Dado el bajo punto de fundición del plomo, es relativamente fácil que con un fuego puedan derretirse objetos y formarse masas amorfas de plomo, sin que su presencia señale necesariamente un lugar de trabajo de fundición de este metal.

La tipología de objetos es variada y cubre desde grapas, ponderales, glandes, pesos de red, láminas o simples goterones de fundición (fig. 60). En el caso de algunas piezas de Serra de l'Espasa podemos considerarlas lingotes ya que presentan huellas de recorte de fragmentos.

Una parte de estos plomos se analizaron en el Museo de Reus con un espectrómetro portátil, cuya resolución no ha permitido cuantificar las impurezas de plata, pero que en cualquier caso indican que los contenidos de este metal eran muy bajos.

Los datos de los análisis de plomos (tabla de la figura 61) revelan por tanto cantidades de impurezas muy bajas. Solamente dos piezas de Empúries (PA12296 y PA12297) muestran cantidades de bismuto, otras cuatro revelan presencia de cobre (dos objetos de Olérdola³³ y otros dos de Serra de l'Espasa) y algunas más de antimonio y estaño. En cuanto a los contenidos de plata la media es ligeramente inferior a las 200 ppm, aunque es de destacar que en varios de los análisis no llega a detectarse la presencia de plata, siendo el valor máximo de 460 ppm.

En consecuencia mayoritariamente se puede considerar que procederían de plomos no argentíferos y/o plomos secundarios obtenidos por copelación. Solo en los casos en los que se ha detectado alguna impureza significativa de estaño o cobre podría pensarse en un plomo de procedencia primaria no argentífero, como puede ser el lingote de Olérdola (OL98-8108-4).

33. Los materiales de Olérdola se analizaron a petición de Nuria Morell Cortes en relación con las investigaciones para su tesis doctoral.

Yacimiento	N.º análisis	Tipo	N.º Inv.	Cu	Ag	Sn	Sb	Pb	Bi
Empúries	PA12295	Resto fundición (goterón)	84-2-66	nd	0,01	0,090	nd	99,9	nd
Empúries	PA12296	Resto fundición (goterón)	84-2-66	nd	0,02	0,070	nd	98,9	0,97
Empúries	PA12297	Lámina Pb	MN5016	nd	0,02	0,090	nd	98,7	1,24
Empúries	PA12520	Goterón Plomo		nd	0,04	nd	nd	99,9	nd
Empúries	PA12294	Lámina Pb	1983-7-717-225	nd	0,01	0,360	nd	99,6	nd
Castellet de Banyoles	PA12449	Recorte	CB99-ue143	nd	0,02	nd	tr	99,9	nd
Castellet de Banyoles	PA12435	Goterón fundición	CB04-ue335-r48	nd	0,02	nd	nd	99,9	nd
Castellet de Banyoles	PA12437	Goterón fundición	CB99-ue79	nd	0,02	nd	nd	99,9	nd
Castellet de Banyoles	PA12446	Fragmento plomo	CB01-R30	nd	0,015	nd	nd	99,9	nd
Castellet de Banyoles	PA12438	Goterón fundición	CB01-terrera	nd	0,03	nd	nd	99,9	nd
Castellet de Banyoles	PA12448	Fragmento semicircular	CB00-Sup	nd	tr	0,07	nd	99,9	nd
Castellet de Banyoles	PA12447	Lámina con perforaciones	CB98-ue41	nd	0,01	0,09	nd	99,9	nd
Castellet de Banyoles	PA12436	Placa parc. fundida	CB04-ue335-r48	nd	0,02	0,07	nd	99,86	nd
Castellet de Banyoles	PA12450	Goterón fundición	CB99-ue111	nd	0,04	0,21	0,02	99,7	nd
El Calvari	PA11973	Resto fundición (goterón)	CVM05_UE170	nd	0,02	0,13	0,005	99,8	nd
El Calvari	PA11970	Escoria	CVM05_UE177	nd	0,015	0,13	nd	99,8	nd
El Calvari	PA13182	Plomo (lámina)	CVM05-UE177	nd	0,046	nd	nd	99,7	0,24
Mas Castellar	PA12355	Ponderal?	MC-s/n	nd	0,02	nd	nd	99,9	nd
Mas Castellar	PA12359	Ponderal	MC-s/n	nd	0,02	nd	nd	99,9	nd
Mas Castellar	PA12357	Pieza discoidal	MC30280-7-1	nd	0,02	nd	nd	99,9	nd
Mas Castellar	PA12358	Peso de red?	MC158-4-28	nd	0,02	nd	nd	99,9	nd
Mas Castellar	PA12361	Peso de red	MC132-4-1	nd	0,02	0,130	nd	99,8	nd
Mas Castellar	PA12360	Hacha votiva	MC-s/n	nd	0,02	0,16	nd	99,8	nd
Mas Castellar	PA12362	Anzuelo	MC20162-8-1	nd	0,04	0,040	nd	99,7	nd
Olérdola	PA13004	Grapa en cerámica		nd	0,011	0,14	nd	99,9	nd
Olérdola	PA13005	Espiral plomo		nd	0,007	0,01	tr	99,9	nd
Olérdola	PA13003	Glande plomo		tr	tr	0,08	0,002	99,9	nd
Olérdola	PA13006	Lingote		0,7	0,008	0,27	0,026	99,0	nd
S. Jaume-Mas Serra	PA11261	Resto fundición	ue1022,C1	nd	0,004	0,09	nd	99,9	nd
S. Jaume-Mas Serra	PA11262	Resto fundición	ue1006, A3	nd	0,011	0,09	nd	99,9	nd
S. Jaume-Mas Serra	PA11260	Lámina	ue1022,C1,209	nd	0,003	0,10	nd	99,9	nd

Fig. 61. Análisis ED-XRF de objetos de plomo. Valores expresados en % en peso (nd= no detectado; tr= trazas).

4.6. Objetos de plata

Debidos a las circunstancias de toma de muestras hay una serie de análisis cualitativos en los que se señala la presencia de los elementos detectados aunque no se cuantifica porque la muestra era demasiado pequeña y en el espectro conseguido la intensidad de los picos es pequeña, aunque suficiente para manifestar su presencia. En estos casos se señala la presencia del elemento sin valorar su proporción. El resto de análisis presenta la composición elemental de los distintos elementos detectados expresada en % en peso.

Teniendo en cuenta estas limitaciones comparativas entre análisis cuantitativos y cualitativos, las características generales de los objetos analizados pueden sintetizarse en que se trata de una plata bastante pura, con la presencia habitual de pequeños porcentajes de cobre e impurezas significativas en la mayoría de piezas de oro (Au) y plomo (Pb). El bismuto solo es detectado en 3 casos (tabla 6).

Sin embargo dentro de este panorama general hay una serie de datos que se apartan de la norma

y conviene resaltar. En primer lugar, destacan por su mayor pureza dos objetos de Empúries: el anillo incineración n.º 1 de la necrópolis paleoibérica de la muralla NE y el eslabón de la diadema o cinturón del museo de Girona. Curiosamente ambas son piezas a las que se atribuye una mayor antigüedad. En ninguna de estas dos piezas se detecta cobre ni oro, estando presente el plomo únicamente en el cinturón. La tercera pieza de cronología más antigua, el anillo PA12293, sin embargo, sí presenta ya mayores niveles de impurezas tanto de cobre como de oro y plomo, aunque sigue siendo una plata de alta pureza.

Tenemos dos piezas de Castellet de Banyoles con presencia de Zn. Los comentarios sobre esta presencia los desarrollaremos en el apartado de las monedas, ya que este fenómeno se detecta también en dos de ellas.

Una composición singular se ha detectado en el lingote de plata del Coll del Moro de la Serra de Almos, analizado con el espectrómetro portátil. Se realizaron varias tomas en diversas zonas, pero en

Yacimiento	TIPO	Nº inv.	Cu	Zn	Ag	Sn	Au	Pb
Castellet de Banyoles	Cubo	3198						99,4
Castellet de Banyoles	Placa oval remachada	5804						99,2
Serra de l'Espasa	Lingote-placa recortada	SE 239						99,1
Serra de l'Espasa	Lingote-placa recortada	SE 257						98,6
Serra de l'Espasa	Lingote barra prismática	3217; SE 220?						98,3
Serra de l'Espasa	Goterón de fundición plano	SE 266						98,2
Serra de l'Espasa	Goterón de fundición plano	SE 265?						97,6
Serra de l'Espasa	Goterón de fundición plano	SE 269						98,5
Serra de l'Espasa	Pondus troncocónico	SE 5778						98,4
Moleta del Remei	Lingote-placa	SE 7969						98,5
Serra de l'Espasa	Pondus prismático (frag.)	SE 240	0,22			1,1		96,5
Serra de l'Espasa	Pondus cilíndrico	SE 227				1,6		97
Serra de l'Espasa	Pieza discoidal perforada	SE 223						98,4
Serra de l'Espasa	Pondus pequeño	SE 226?						98,3
Serra de l'Espasa	Pesa hemiesférica	SE 224						98,3
Serra de l'Espasa	Proyectil de honda	SE 146	0,16				0,1	99,7
Serra de l'Espasa	Proyectil de honda	SE 165						99
Serra de l'Espasa	Proyectil de honda	SE 164				0,09		98,5

Fig. 62. Análisis XRF de objetos de plomo realizados en el Museo de Reus.

todas ellas se detectaba un pico muy elevado de hierro (Fe) con un valor cuantificado en torno al 8 % Fe. Aunque en algunas platas pueden detectarse impurezas de hierro, algunas veces por efecto de la corrosión, esta cantidad tan elevada no suele ser frecuente, entre otras razones porque la plata y el hierro no mezclan bien. Al tratarse de un lingote, debemos indagar en que factores han podido influir para generar esta aleación fortuita. La cantidad de hierro en las piezas manufacturadas a partir de un metal como el del lingote tendería a desaparecer, y esto es lo que podría haber sucedido con el pendiente analizado del mismo yacimiento, en el que todavía se observa la presencia clara de un pico de hierro, pero ya como impureza (0,2 %).

La última composición singular es la del pendiente de Santa Madrona. Se trata de una aleación de plata con oro. El valor cuantificado debe considerarse estimativo (27,8 %), pero revela una presencia inusualmente alta, ya que hasta un 3% puede llegar a encontrarse tanto en objetos como en monedas de

plata. Inicialmente sospechamos que pudiera tratarse un una superficie dorada, sin embargo la observación macroscópica con el binocular descarto esta opción. Es difícil decantarse por una intencionalidad en la manufactura de esta aleación ya que no encontramos argumentos solventes que justifiquen esa mezcla tan elevada de oro en un objeto de plata. En consecuencia optamos por la opción de un producto accidental del taller, en el que se mezcló en el crisol un residuo de oro.

Dentro del conjunto de piezas analizado (tabla de la fig. 62) destaca el elevado porcentaje de oro que presentan los objetos de Castellet de Banyoles, superando siempre el 1%, salvo en el anillo que lleva impurezas de zinc en el que se detecta en torno al 0,4% Au.

Desde el punto de vista de la manufactura hemos podido realizar metalografías a tres piezas (dos anillos y un brazalete). Las tres piezas presentan secciones diferentes: anillo de cinta, anillo de sección circular

Yacimiento	Nº Análisis	TIPO	Nº inv.	Fe	Cu	Zn	Ag	Au	Pb	Bi
Empúries	PA12524	Cinturón	23-023				Det.		Det.	
Empúries	PA12271	Lámina solar	Parking 1979	--	7,8	--	91,9	nd	0,28	nd
Empúries	PA12292	Anillo			nd		99,9	nd	nd	nd
Empúries	PA12293	Anillo secc. circular	4570	--	Det.	--	Det.	Det.	Det.	
Castellet de Banyoles	5802	Anillo	5802		0,9	0,46	96,9	0,42	0,94	nd
Coll del Moro de Gandesa	PA12927	Colgante con hilo plata	CMG-M87		Det.		Det.		Det.	Det.
Coll del Moro Serra d'Almós	5047	Pendiente	5047	0,2	1,05		97,5	0,53		0,18
Coll del Moro Serra d'Almós	5879	Lingote	5879	8,0	0,28		90,9	0,37		nd
Puig Castellet	PA12270	Colgante		--	3,0	--	94,8	2,15	nd	nd
Santa Madrona	PA12790	Pendiente	SM03-ue3/92		1,4		70,8	27,8	nd	nd
Tivissa	PA12264	Recipiente (frag. borde)		--	1,8	--	95,6	2,04	0,49	nd
Tivissa	PA12267	Recipiente (frag. borde)		--	2,3	--	94,9	2,91	nd	nd
Tivissa	PA12267	Recipiente (frag. borde)		--	2,90	Det.	94,9	2,17	nd	nd
Tivissa	PA12266	Recipiente (frag.)		--	3,80	--	94,3	1,07	0,84	nd
Tivissa	PA12265	Recipiente (frag.)		--	3,90	--	93,7	2,13	0,21	nd
Tivissa	PA12268	Brazalete trenzado de 3 ca		--	7,30	--	88,2	2,94	1,51	0,23
Ullastret	PA12405	Brazalete	3586		Det.		Det.	Det.	Det.	

Fig. 63. Objetos de plata analizados. Valores expresados en % en peso (nd= no de tectado; tr=trazas; Det.= detectado pero no cuantificado)

y brazalete trenzado de 3 cabos. Su cronología también es distinta: siglo VI a. n. e. y siglo IV a. n. e. y siglo III a. n. e. respectivamente. A pesar de estas diferencias se aprecia en todas ellas un denominador común que es la cadena de trabajo con la que se manufacturaron las piezas: el metal fue deformado para conseguir la forma deseada y se terminó con un recristalizado térmico de buena calidad.

- PA12268. Brazalete trenzado de Castellet de Banyoles. El metal presenta una microestructura de granos de sección poligonal, maclados. Indica que el metal fue deformado mecánicamente y luego recristalizado térmicamente (fig. 64 1).

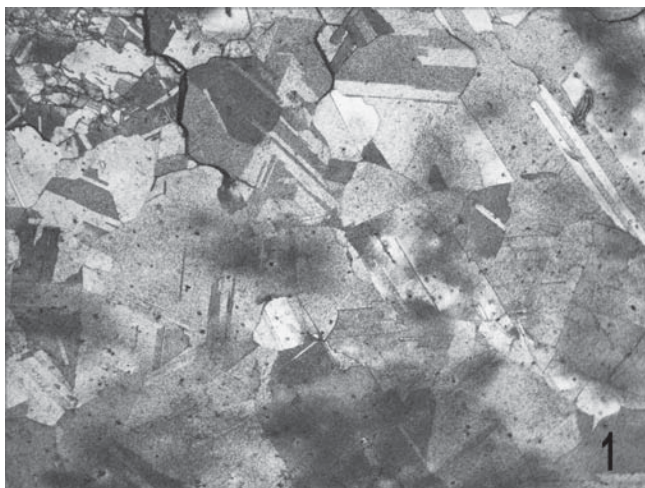


Fig. 64 1. Metalografías de los anillos de Plata: 1 (PA12268).

- PA12292. Anillo cinta de Empúries. La metalografía corresponde a un material martillado y recocido. El recocido es bueno, lográndose cristales maclados bien conformados. Fuerte ataque de la corrosión, muy penetrante, con amplias zonas de la muestra mineralizadas. (fig. 64 2).

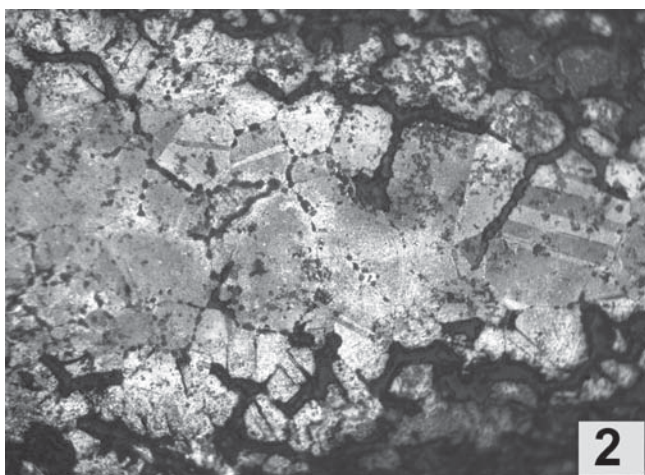


Fig. 64 2. Metalografías de los anillos de Plata: 2 (PA12292).

- PA12293. Anillo de sección circular de Empúries. La metalografía de la sección muestra restos morfológicos de dendritas en toda la periferia, deformadas mecánicamente. Hay corrosión interdendrítica penetrante en dicha periferia. El núcleo es compacto, con

una microestructura de cristales relativamente grandes, de sección poligonal, con maclas residuales. Curiosamente, dicho núcleo no presenta segregados de cobre como cabría esperar por la composición del metal. El cobre debió quedar confinado en la periferia por ser la zona donde primero solidificó el metal (cerca de la pared del molde) y se ha corroído por completo. En cambio el núcleo es de plata mucho más pura. Las deformaciones mecánicas apreciadas cerca de la superficie metálica indican que el anillo fue martillado en frío para acabar de darle la forma. Luego recibió un recocido suficiente para recristalizar el metal y eliminar casi todas las maclas (fig. 64 3).

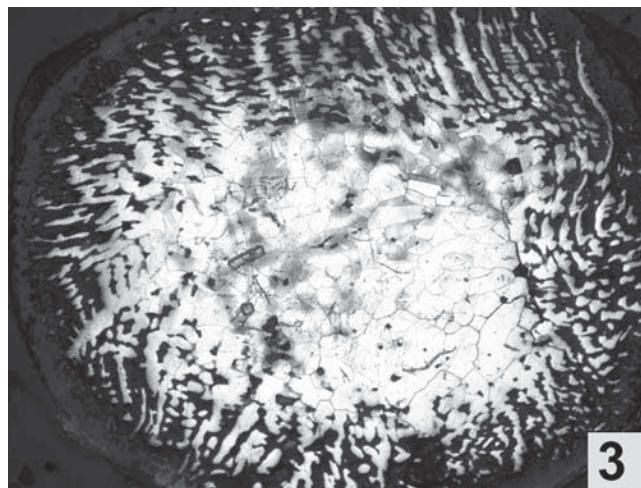


Fig. 64 3. Metalografías de los anillos de plata: 3 (PA12293).

Una pieza interesante es el colgante de Coll del Moro de Gandesa, ya que emplea una técnica de cubrición de un núcleo de bronce (12,5% Sn) mediante un hilo de plata arrollado. De esta manera se oculta el metal del interior y superficialmente aparenta ser un objeto de plata. Esta plata difícil de cuantificar, por la interferencia del metal de base, lleva impurezas de plomo, bismuto y probablemente de cobre.

4.7. Monedas de plata (tabla fig. 65)

Al margen de las monedas que se han estudiado para la determinación de su procedencia mediante la técnica de isótopos de plomo, se realizó un pequeño estudio sobre la composición del metal de tres de las principales cecas que acuñaron en plata en el NE con ejemplares del Gabinete Numismático del Museo Arqueológico Nacional: *Emporion*, *Iltirta* y *Kese*.

Aunque sobre las monedas de *Emporion* existen datos publicados (CAMPO 2000) que reflejan variaciones a lo largo del amplio periodo de acuñación, en la mayoría de las monedas analizadas se detecta un grado de pureza elevado, normalmente mayor del 95% Ag. La serie de monedas ahora estudiada refleja esa misma tendencia de plata con pocas impurezas (Cu < 3%), pero con algunas excepciones: tres monedas se alejan de este patrón, y podemos añadir una cuarta con el divisor n.º 6181 del Museo de Empúries. En tres de estos casos la devaluación sufrida es bastante notable quedando el contenido de plata próximo o inferior al 80%.

N.º análisis	CECA	N.º inv.	Cu	Zn	Ag	Sn	Sb	Au	Pb	Bi
PA12276	<i>Emporion</i>	1973/24/4503	1.70		97.3			0.41	0.57	nd
PA12277	<i>Emporion</i>	1973/24/4504	2.30		96.3			0.40	0.98	nd
PA12278	<i>Emporion</i>	1973/24/4506	18.7	Det.	80.9			nd	0.35	nd
PA12279	<i>Emporion</i>	1973/24/4507	tr		99.4			nd	0.20	0.40
PA12280	<i>Emporion</i>	1973/24/4508	0.50		98.8			tr	0.40	0.33
PA12281	<i>Emporion</i>	1973/24/4509	1.00		98.1			0.33	0.46	tr
PA12282	<i>Emporion</i>	1973/24/4510	nd		99.5			nd	0.23	0.27
PA12283	<i>Emporion</i>	1973/24/4511	2.10		95.8			0.42	1.68	nd
PA12284	<i>Emporion</i>	1973/24/4512	nd		99.6			nd	0.31	tr
PA12285	<i>Emporion</i>	1973/24/4513	9.60		89.8			0.39	tr	nd
PA12286	<i>Emporion</i>	1973/24/4514	25.60		73.4			0.60	0.40	nd
PA12287	<i>Emporion</i>	1973/24/4515	0.80		98.0			nd	1.17	nd
PA12247	<i>Iltirta</i>	1993/67/3445	0.58		96.2			2.08	0.48	0.69
PA12249	<i>Iltirta</i>	1993/67/3447	1.25		97.1			1.22	0.47	nd
PA12250	<i>Iltirta</i>	1993/67/3448	3.30		94.9			0.96	0.66	0.20
PA12251	<i>Iltirta</i>	1993/67/3449	2.50		96.2			0.84	0.50	nd
PA12252	<i>Iltirta</i>	1993/67/3450	2.20		95.4			1.97	tr	0.25
PA12252b	<i>Iltirta</i>	1993/67/3450	1.50		95.2			2.65	0.24	0.38
PA12253	<i>Iltirta</i>	1993/67/3451	2.70		79.8			2.31	14.80	0.32
PA12254	<i>Iltirta</i>	1993/67/3452	1.60	Det.	92.3			1.48	0.52	nd
PA12255	<i>Iltirta</i>	1993/67/3453	83.20	nd	0,11	11.5	0.109	--	0.59	nd
PA12256	<i>Iltirta</i>	1973/24/4575	1.60		95.5			1.52	0.91	0.47
PA12257	<i>Iltirta</i>	1973/24/4576	1.80		95.8			1.00	1.04	0.44
PA12258b	<i>Iltirta</i>	1973/24/4577	2.00		96.5			1.50	tr	tr
PA12224	<i>Kese</i>	2.2950	3.30		95.4			1.10	0.27	nd
PA12226	<i>Kese</i>	2.2954	3.10		95.4			0.91	0.52	nd
PA12227	<i>Kese</i>	2.2955	2.70		95.9			0.89	0.49	nd
PA12228	<i>Kese</i>	2.2956	2.20		96.5			0.90	0.36	nd
PA12229	<i>Kese</i>	2.2957	2.60		95.7			1.08	0.60	nd
PA12230	<i>Kese</i>	2.2958	3.30		95.4			0.85	0.45	nd
PA12231	<i>Kese</i>	2.2959	2.50		95.9			1.21	0.38	nd
PA12232	<i>Kese</i>	2.2960	1.90		96.8			1.10	0.24	nd
PA12225	<i>Kese</i>	2.2952	2.00		96.7			0.78	0.47	nd
PA11009	Mas Castellar	9,5 g	0.67		75.9			0.16	23.3	nd
PA11010	Mas Castellar	1,77 g	1.29		98.5			nd	0.19	nd
PA11013	Mas Castellar	0,67 g	2.33		94.1			2.09	0.46	1.06
PA11012	Mas Castellar	1,73 g	1.30		89.2			nd	9.55	nd
PA11011	Mas Castellar	0,3 g	11.4		86.7			1.06	0.15	0.78

Fig. 65. Análisis Ed-XRF de monedas del Gabinete Numismático del Museo Arqueológico Nacional. Valores expresados en % en peso (nd= no detectado; Det.= detectado pero no cuantificado; tr= trazas).

La moneda PA12278 presenta además la particularidad del contenido de zinc, inusual tanto en las acuñaciones como en los objetos de plata de la época. La explicación a esta presencia de zinc es difícil de determinar ya que puede deberse a dos circunstancias. La primera sería su presencia vinculada al cobre aleado, que en esta moneda alcanza un porcentaje del 18,7%. Es decir la aleación de la plata con un metal reciclado, en este caso un latón (aleación Cu-Zn), aunque todavía en este periodo los latones no son producciones habituales y no se han documentado en el NE peninsular (MONTERO y PEREA 2007). La segunda opción explicaría la presencia del zinc por la utilización de minerales Pb-Zn ya sea por ser estos argentíferos o por su aporte en el proceso de copelación. Sin embargo, este proceso aunque deja un rastro de plomo en la plata, ya que es el elemento mayoritario debería haber eliminado las impurezas de zinc, si bien es cierto que entre la plata y el zinc hay buena afinidad y podrían quedar atrapadas en pequeños porcentajes. Tenemos otros tres casos más en los que esta presencia de zinc es detectada, una moneda de *Itirta* (PA1222), un fragmento de recipiente (PA12267) y un anillo de Castellet de Banyoles (5802). En los tres casos los porcentajes de cobre aleados son muy bajos (1,6; 2,9 y 0,9% respectivamente) lo que descarta que el zinc procediera del latón aleado, ya que además los picos espectrales del zinc presentan mayor intensidad que los del cobre.

Una tercera opción podría vincular la presencia del zinc al procesado de minerales argentíferos, sin necesidad de copelación, pero las impurezas de plomo y oro de estas piezas descartan directamente la opción al tratarse de plata copelada.

Es probable que en los tres casos se trate de impurezas producidas en el proceso de obtención de la plata, aunque sería necesario indagar más en esta cuestión para obtener una respuesta satisfactoria.

Las monedas de *Itirta* presentan también una plata de alta pureza, con presencia de cobre normalmente inferior al 3% (media de 1,9% Cu), pero con dos excepciones. La moneda PA12253 que presenta un contenido muy elevado de plomo (14,8% Pb) y la moneda PA12255 que en realidad es un bronce (83,2% Cu y 11,5% Sn). En el primer caso la devaluación se ha producido añadiendo plomo, elemento inusual ya que habitualmente se rebaja el porcentaje de plata añadiendo cobre al metal. En el segundo caso, está claro que se trata de una falsificación. La presencia también extraña de mercurio (Hg) nos hace sospechar que se debió intentar ocultar su verdadera apariencia, aunque el mercurio se empleaba habitualmente para dorar. La opción de que se tratara de un plateado con mercurio debido a que no se detecta en el análisis ningún residuo de oro, no es descartable, ya que se ha identificado en denarios romanos del siglo I a.n.e. (INGO *et al.* 2004).

Lo más habitual en las monedas es la técnica de forrado bien documentada en emisiones de denarios anteriores al cambio de era.

En las monedas de *Kese*, la tendencia a acuñar plata de alta pureza se confirma también. El valor medio del cobre es de 2,6%, y en todas las monedas se detecta la presencia de plomo y oro en valores

medios de 0,5% y 1% respectivamente. En ninguna de estas monedas se ha detectado bismuto.

Como rasgo más llamativo hay que destacar que las impurezas de oro son significativamente más bajas en las monedas de *Emporion*, que en las otras dos cecas comentadas, no solo porque no se detecta en todas las monedas, sino porque cuando aparece lo hace en porcentajes bajos, y en la mayoría de los casos inferiores a los contenidos de plomo. Estas impurezas de oro son más elevadas en la ceca de *Itirta*.

Finalmente incluimos en esta sección las piezas de plata monetiformes sin acuñar de Mas Castellar de Pontós, de las que se han analizado 5 de las 7 conocidas (ver referencias en este volumen). Destaca la heterogeneidad en la composición, a pesar de formar parte de un mismo conjunto. Por un lado la pieza más pesada (PA11009) es una aleación muy devaluada con 23,3% Pb, paralelizándose en el modo de devaluarse con la moneda ya comentada de *Itirta*. Otra de estas piezas lleva también un contenido elevado de plomo, aunque menor (9,5% Pb). Por otra parte las dos piezas de menor peso (0,6 g) se diferencian de las otras tres por la presencia de impurezas elevadas de oro y bismuto. Y por último una de ellas (PA11011) se diferencia de la otra por un contenido alto en cobre (11,4% Cu). Como se puede apreciar en la figura 65 solo una de ellas (PA11010) presenta una pureza similar, con contenido de plata superior al 95%, a las monedas acuñadas, coincidiendo con la composición de las monedas de *Emporion*.

5. Estudios de procedencia

Las posibilidades de interpretación de los datos de los análisis de isótopos de plomo dependen de la información geológica comparativa disponible. Afortunadamente en los últimos años han aparecido diversos trabajos, tanto de carácter arqueológico como geológico, que nos permiten disponer de una buena información de base sobre las mineralizaciones de plomo del Mediterráneo occidental.

Para el área del nordeste de la Península Ibérica, zona en la que se centra esta investigación, disponíamos de información sobre las Cordilleras Costeras Catalanas publicada por Canals y Cardellach (1997). Sin embargo considerábamos insuficientes estos datos para poder realizar el estudio de procedencia de los materiales arqueológicos de Cataluña dentro del proyecto coordinado "Plata Prerromana en Cataluña". Por ello se realizaron prospecciones para la recogida de muestras geológicas en la zona del Molar-Bellmunt en Tarragona, vinculada a las investigaciones del yacimiento de El Calvari, y en algunas minas del entorno de Empúries en Girona, con el fin de poder determinar si los recursos locales formaban parte de la estrategia de aprovechamiento de materias primas.

Por otro lado, a nivel comparativo hemos contado con los datos del trabajo de orientación arqueológica de Hunt (2003) para el SW, cuya información geológica se completa con los análisis de Marcoux (1998) para la Faja Piritica y de Tornos y Chiarada (2004) para las minas de Ossa Morena. El trabajo de Santos Zalduegui *et al.* (2004) se centra en las minas de Linares-La Carolina, Valle de La Alcuñia y

Los Pedroches. El SE de la Península Ibérica cuenta con datos conseguidos por Stos-Gale *et al.* (1995) que completan los primeros análisis de Graeser y Friedrich (1970). Cerdeña, que jugó un papel importante en las rutas comerciales del Mediterráneo, dispone de una amplia información tanto geológica como de materiales arqueológicos gracias a los trabajos de Stos-Gale *et al.* 1995 y Valera *et al.* 2005, y de otros autores como Ludwig *et al.* (1989) y Boni & Koeppl (1985). Para la Toscana hemos podido recopilar la información publicada por Stos Gale *et al.* (1995), mientras que los datos utilizados del sur de Francia proceden de los trabajos de Le Guen *et al.* (1991), Brevart *et al.* (1982) y el más reciente de Baron *et al.* (2006).

Toda esta información se ha recopilado en una base de datos que cuenta en la actualidad con 967 registros de muestras de minerales, y en la que no están contabilizados los minerales recuperados en contextos arqueológicos. La aportación de minerales del proyecto ha sido de 46 muestras, todas minerales de plomo, salvo dos (un mineral de plata de Falset y otro de cobre de Linda Mariquita) (fig. 66).

En primer lugar se ha comparado la información de las diferentes regiones geográficas para determinar aquellos ratios y campos isotópicos más característicos y tener en cuenta para estudios de mayor detalle aquellas áreas de solapamientos de mineralizaciones. En general, las mineralizaciones de galena de las áreas más próximas a la costa en Cataluña, excluyendo por tanto el área pirenaica, presentan solapamientos parciales con los campos isotópicos de minas del sur de Francia, Linares y Cerdeña. Con Linares el solapamiento es mínimo en algunos ratios, y presentan una buena discriminación en la ratio $206^{Pb}/204^{Pb}$ (fig. 67). El caso de Cerdeña es más complejo, debido a que algunas muestras de galenas del dominio Herciniense (minas de Tubillos, Serra S'Ilix y Correboi) se

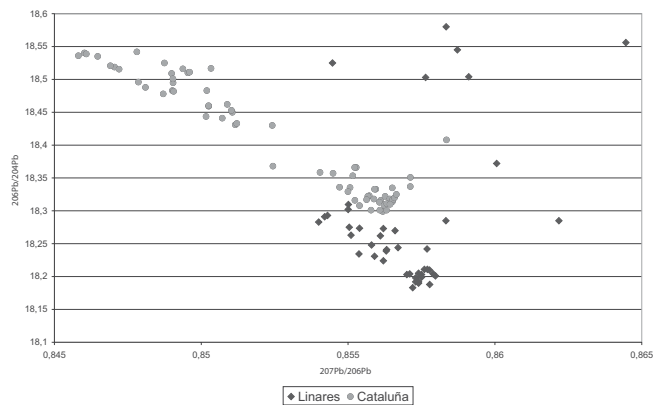


Fig. 67. Distribución comparativa entre los minerales de Cataluña y Linares.

superponen a muestras de Cataluña, en concreto del área de Molar. Sin embargo, los análisis de materiales arqueológicos de Cerdeña no encajan en estos rangos isotópicos, perteneciendo todos los plomos analizados a mineralizaciones del Cámbrico (VALERA 2005: 47-48 y 51-59). Desde el punto de vista geológico se señala además que estas mineralizaciones del Herciniense son de bajo potencial extractivo. En consecuencia, no se tendrán en cuenta estas mineralizaciones sardas en las comparaciones que realicemos.

El mayor grado de similitud en las ratios isotópicas de los minerales de Cataluña se produce con algunas minas del sur de Francia, aunque en las ratio $207^{Pb}/204^{Pb}$ y $208^{Pb}/206^{Pb}$ se produce la mayor discriminación (fig. 68). En consecuencia, con un análisis detallado de la posición de los materiales en distintos ratios es factible discriminar la procedencia en la mayoría de los casos.

Se han podido estudiar dentro del marco del proyecto un total de 55 muestras arqueológicas, de

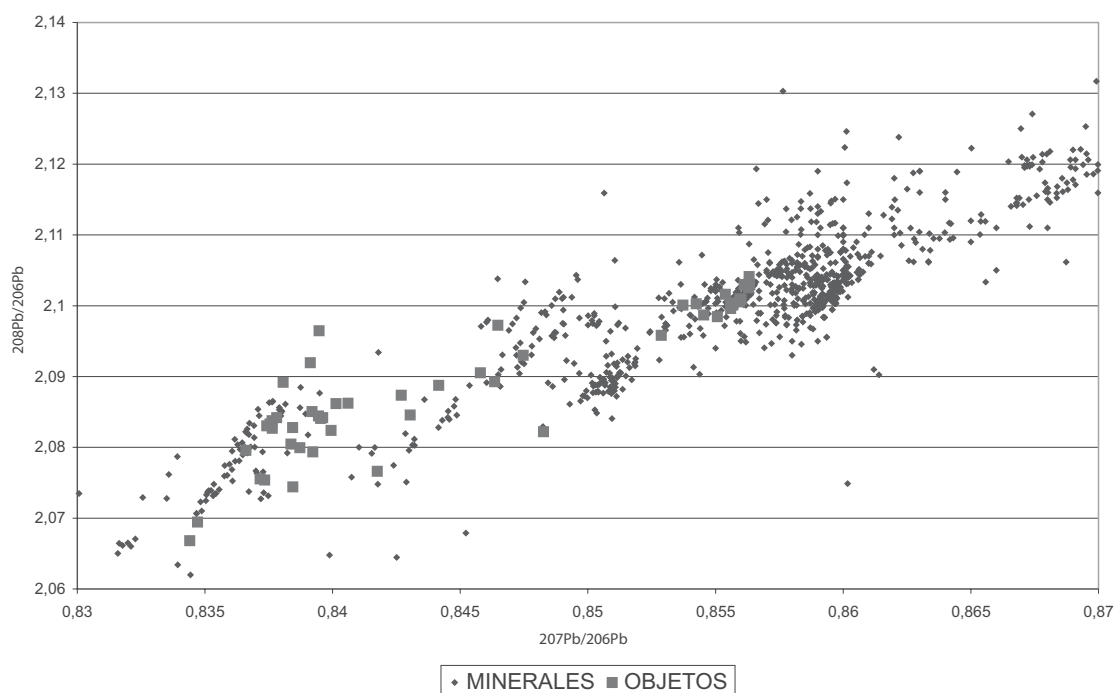


Fig. 66. Distribución general de los objetos analizados en el proyecto en relación a todas las muestras minerales de las regiones del Mediterráneo occidental.

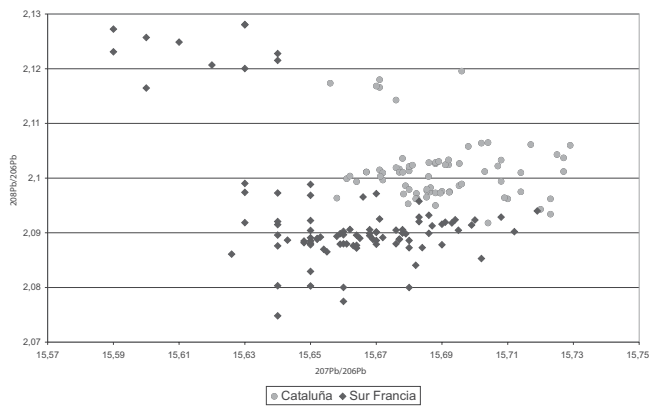


Fig. 68. Distribución comparativa entre los minerales de Cataluña y Sur de Francia

ellas 4 no dieron resultado (una moneda y un anillo de plata de Empúries, una escoria de El Calvari y un lingote Cu-Pb de Sant Jaume).

La distribución por yacimientos y tipo de material se ofrece en la tabla de la figura 69.

El estudio de procedencias lo presentamos en cuatro apartados diferentes: por un lado el material arqueológico de El Calvari, en relación con las minas del área Molar-Bellmunt, después analizaremos por separado los materiales de plomo (galena, litargirio y plomo metálico), los de plata y los de base cobre del resto de yacimientos muestreados.

La adscripción de procedencia de las muestras arqueológicas a zonas concretas se ha realizado solo en aquellos casos en los que existe coincidencia plena con los campos definidos por las muestras geológicas. En unos pocos casos se ha identificado con una región amplia como el SE, debido a que la caracterización es insuficiente para precisar dentro de las distintas mineralizaciones. Otras muchas muestras han quedado en zonas no definidas por ninguna muestra geológica conocida.

5.1. Muestras de El Calvari

La finalidad principal del estudio era confirmar el aprovechamiento de los recursos locales de plomo, dada la proximidad geográfica entre el poblado y en concreto la mina Linda Mariquita. El relativo amplio estudio realizado sobre muestras geológicas recogidas en la prospección nos ha permitido confirmar el grado de concordancia entre las muestras arqueológicas y las geológicas y considerar algunos aspectos con cierto detalle. El estudio de estos materiales se presentó inicialmente en el Congreso Internacional de Arqueometría celebrado en Québec en mayo de 2006 (MONTERO *et al.* en prensa), pero con posterioridad a esa fecha se recibieron nuevos datos que perfilan mejor el panorama ya entonces señalado.

En primer lugar, tanto las galenas, como las escorias y los plomos metálicos se agrupan en la misma región isotópica (figura 70). Esta coincide con las muestras recogidas de la zona de las mineralizaciones aflorantes, es decir de las minas Linda Mariquita,

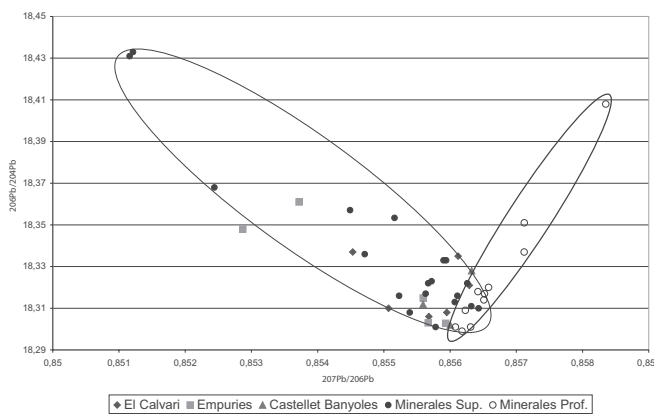


Fig. 70. Distribución de los materiales de plomo de El Calvari, Empúries y Castellet de Banyotes que concuerdan con las mineralizaciones en superficie del área de El Molar.

Yacimiento	N.º Muestras	Galena	Escoria/Litargirio	Plomo	Metal base Cu	Objetos plata	Monedas
Empúries	19	2	2	6	2	2	5
Castellet de Banyotes	7	1		2		4	
Coll del Moro de Gandesa	1					1	
Coll del Moro de la Serra d'Almós	2					2	
El Calvari	9	2	2	2	3		
Mas Castellar de Pontos	5						5
Puig Castellet	1					1	
Sant Jaume	4			4			
Serra de Daró	1					1	
Ullastret	2	1					1
Total	51	6	4	14	5	11	11

Fig 69. Distribución de las muestras analizadas mediante la técnica de isótopos de plomo dentro del proyecto "Plata Prerromana en Cataluña".

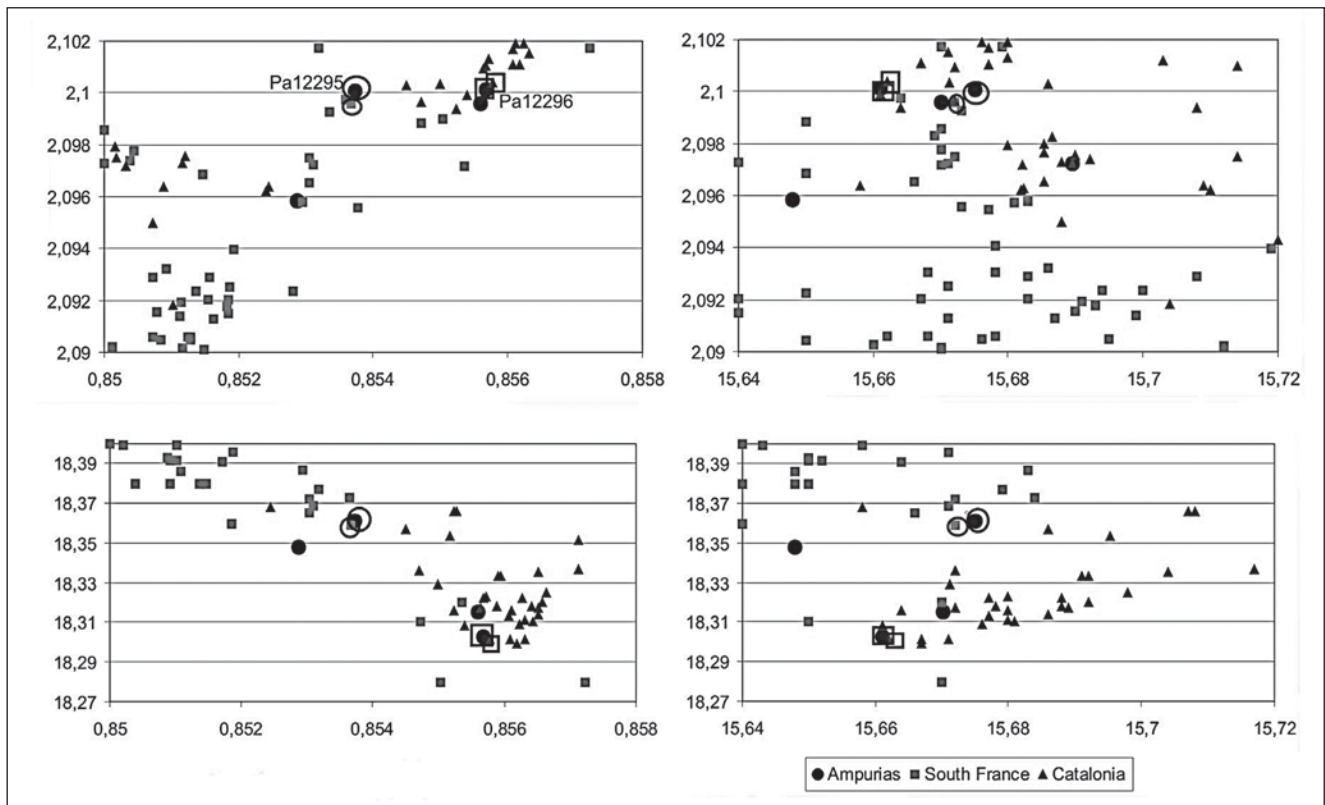


Fig. 71. Distribución comparativa en varios ratios de los objetos de Empúries relacionadas con minerales del sur de Francia y del área de El Molar.

Jalapa, Barranco Hondo y Raimunda. Ninguna de las muestras arqueológicas entra el campo de distribución de las minas en profundidad (Mina Regia, Mineralogía y Bellmunt). Tampoco en esta región se produce de momento ningún solapamiento con mineralizaciones de otras regiones con datos de isótopos disponibles. En consecuencia la asignación de procedencia cuenta con un alto grado de fiabilidad.

Curiosamente la distribución de las muestras arqueológicas en el diagrama de ratios $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ frente al $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ presenta una localización periférica con lo que sería el campo isotópico definido para estas mineralizaciones aflorantes de El Molar-Bellmunt. Esta disposición puede servirnos de indicador que el muestreo geológico es representativo, pero todavía no define al 100% el grado de variabilidad isotópico, ya que en alguna ratio alguna de las muestras arqueológicas quedarían justo en el borde externo, este sería el caso de una de las galenas recuperadas en el poblado.

Las piezas que mayor concordancia presentan con la mineralización Linda Mariquita son la escoria de la ue 149 y un goterón de plomo de la ue170-16. Por el contrario la escoria ue177 es consistente con el campo que definen las muestras de la mina Barranco Hondo.

5.2. Procedencia de muestras de plomo

Las muestras de plomo analizadas por isótopos de plomo incluyen principalmente materiales de dos de los principales yacimientos bajo estudio: Empúries y Castellet de Banyoles. Además solo disponemos de un análisis de una galena de Ullastret, y también se

incluyeron en el estudio muestras del yacimiento de Sant Jaume Mas d'en Serra, contemporáneo de El Calvari y del que se había realizado también un estudio detallado sobre su metalurgia (GARCIA I RUBERT *et al.* 2007).

En el caso de la galena de Ullastret los resultados muestran su concordancia con las mineralizaciones del Prepirineo gerundense en general, y dentro de estas presenta mayor afinidad con la distribución de los minerales de Osor. Esta muestra arqueológica es la única que de momento tiene correspondencia con las mineralizaciones gerundenses.

Por lo que respecta a Castellet de Banyoles las tres muestras de plomo analizadas (dos plomos y una galena) encajan perfectamente en el campo definido por las mineralizaciones de superficie de Molar-Bellmunt y presentan también una gran similitud en sus valores con tres de las muestras de plomo de Empúries (dos galenas y una lámina). Por tanto las tres muestras de mineral en bruto (galenas) de ambos yacimientos pueden atribuirse con fiabilidad a las minas de El Molar, y encontramos plomo metálico también concordante con la misma zona de origen (fig. 70).

El caso de Empúries es algo más complejo. Ya hemos señalado la concordancia de tres muestras con el campo isotópico de El Molar. El resto de plomos investigados proceden probablemente en tres casos del sureste, sin que podamos precisar más salvo en el disco de Pb(N-3-6201) que tiene mayor similitud con las muestras de la zona de Cabo de Gata. Un goterón de plomo de las excavaciones del parking tiene un origen en el sur de Francia (fig. 70), con muchas opciones de que proceda de las minas de

Vialas en Mont Lozère, en concreto es muy semejante a la muestra de Le Colombert B (BARON *et al.* 2006). Una última muestra, procedente también del parking, no tiene de momento asignación de procedencia concreta.

Tampoco es posible asignar una procedencia a los materiales de Sant Jaume, salvo para la muestra SJ-1022-C1 que pudiera proceder de las minas de Cartagena (fig. 72). Las otras tres muestras quedan en una región desconocida, de la que por el momento no sabemos si podría ser consecuencia en algún caso de metal reciclado, con mezcla de varias procedencias, o de minas aún por caracterizar.

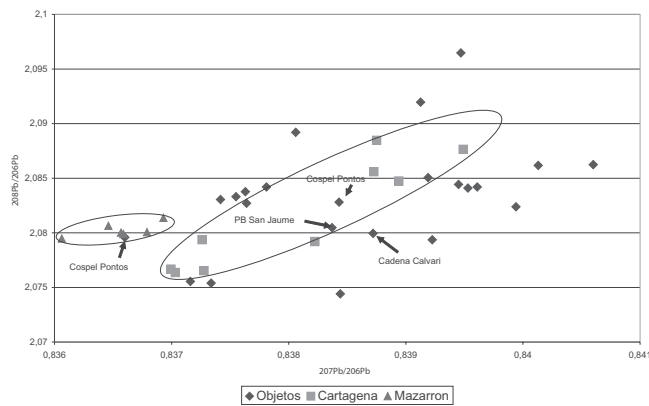


Fig. 72. Materiales que presentan concordancia con las ratios isotópicas de las minas de Cartagena y Mazarrón.

Finalmente queda comentar los resultados de los dos fragmentos de copela. La composición de ambos es diferente y por tanto es una confirmación de que se trata de fragmentos de procesados distintos y no de una única copela (fig. 73). Sin embargo la asignación de procedencia no es del todo clara, una de ellas parece encajar con las mineralizaciones del SE, con valores próximos a los de las minas murcianas de Cartagena y Mazarrón, y la otra con bastante probabilidad tenga también su origen en el SE, si aceptamos un mayor tamaño de la región del que hoy día disponemos por la escasez del muestreo analizado.

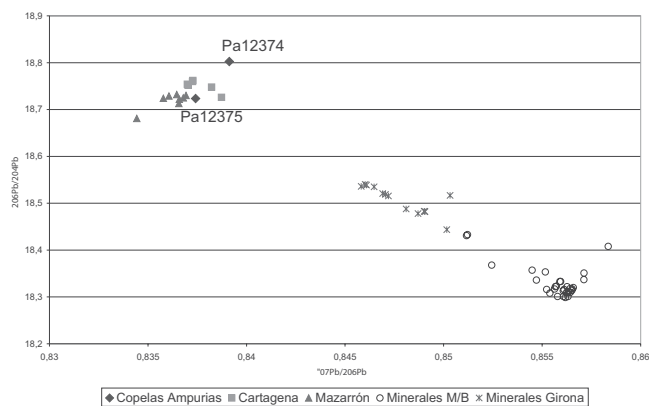


Fig. 73. Posición comparativa de los fragmentos de copela de Empúries en relación a las minas de Cartagena, Mazarrón, minerales de Girona y del área de Molar/Bellmunt.

5.3. Procedencia de muestras de plata

La asignación de procedencia a los objetos y las monedas de plata de momento ha tenido menos éxito que en las muestras de plomo, ya que bastantes de estos materiales quedan en zonas sin definición o no acaban de ajustar plenamente con los datos conocidos. Solo en 9 de las 22 muestras podemos proponer una procedencia probable.

Con un origen probable en minerales de Cataluña solo podemos asignar el anillo de cinta de Empúries y la arracada de Coll del Moro de la Serra d'Almos ambos fechados en el siglo VI a.n.e. En ambos casos habrá que esperar a mejorar la caracterización de las minas de Falset para precisar si es posible esta adscripción concreta, aunque en el caso de la arracada los valores isotópicos se encuentran más próximos a la plata de Balcoll que el anillo de Empúries, que ajusta mejor a los valores de la Mina Linda Mariquita. Sin embargo, el solapamiento parcial con algunas mineralizaciones del sur de Francia complica un tanto el panorama, aunque su concordancia con las platas mencionadas es menor que el de las mineralizaciones comentadas de Cataluña.

La dracma de Empúries 5832 aunque también se encuentra próxima a los valores de distribución de los minerales de Girona, sin embargo ajusta mucho mejor con las minas del sur de Francia (fig. 74). En el caso del Lingote de Coll del Moro de Serra d'Almos no es posible discernir si procede del sur de Francia o de las mineralizaciones de Girona.

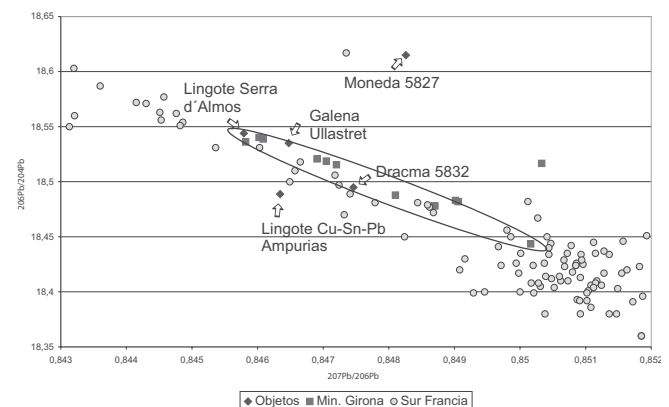
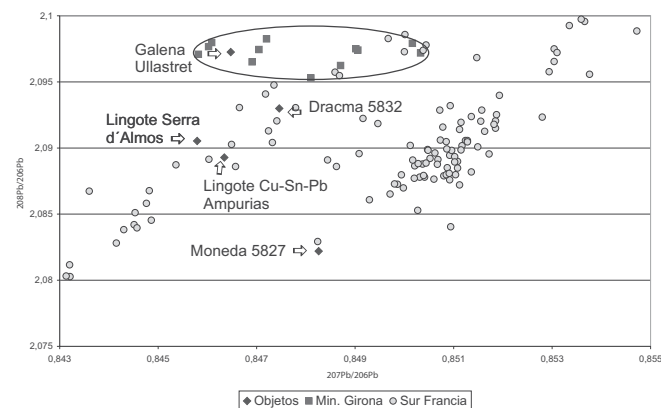


Fig. 74. Distribución comparativa de materiales concordantes con mineralizaciones de Girona y sur de Francia en el rango $>0,845 < 0,85$ $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$.

Las platas monetiformes de Mas Castellar de Pontos, al igual que mostraban una heterogeneidad compositiva, presentan ratios isotópicas bastante diversas. Podemos adscribir con bastante fiabilidad el ejemplar PA11013 a las minas de Cartagena y el ejemplar PA11010 a las minas de Mazarrón. La pieza PA11012 muestra unas ratios completamente desplazadas que la colocan en una posición donde no tenemos ninguna referencia geológica, y que tampoco permite pensar en la posibilidad de mezcla de metales de dos procedencias. Las otras dos piezas quedan en el área intermedia entre las minas del SE y las de Cataluña y sur de Francia, sin que se pueda determinar un origen en ninguna de ellas.

Entre los objetos que pueden encajar en las ratios isotópicas del SE como área general se encuentran dos monedas de Empúries (5130 y 27794), y un fragmento de recipiente de Tivissa, aunque en este caso podemos asignarle una procedencia probable de las minas de Cartagena (fig. 75). La última pieza a la que se puede dar adscripción es un anillo de Tivissa que encaja con mineralizaciones de Toscana, de las minas de las regiones de Bocchegiano o Grosseto. Esta región isotópica es algo conflictiva porque hay un alto grado de solapamiento entre las muestras de Cartagena y las de Toscana, sin embargo en el diagrama con las ratios $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ y $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ se aprecia claramente su vinculación a las minas italianas.

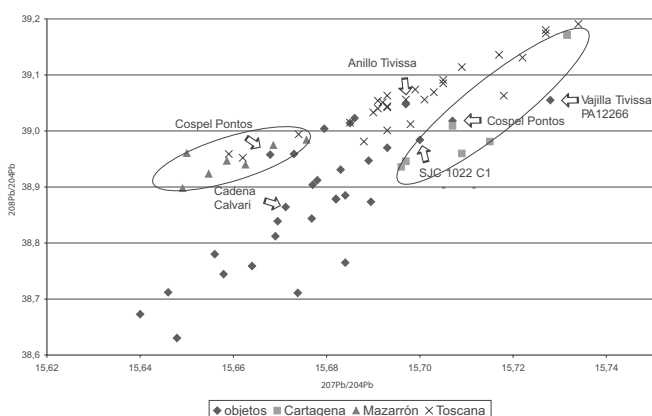


Fig. 75. Materiales concordantes con las mineralizaciones de Cartagena, Mazarrón y Toscana.

Del resto de muestras es difícil con la información disponible en estos momentos otorgar una posible procedencia. Habrá que esperar a mejorar la caracterización del SE y de otras zonas con mineralizaciones, como el área al sur del Ebro o la propia isla de Ibiza para determinar si esas ratios isotópicas obedecen o no a mezclas de metales.

5.4. Procedencia de muestras de base cobre

De manera complementaria se han analizado muestras de metales de base cobre de los yacimientos de Empúries y El Calvari. En este segundo caso la finalidad era determinar si las mineralizaciones de cobre que aparecen en la zona junto al plomo fueron también aprovechadas. Se eligieron tres fragmentos de piezas diferentes de los materiales recuperados en la zona de la necrópolis. Estos metales eran bronce ternarios con proporciones de plomo entre el 5 y 10% (tabla de la fig. 76).

El resultado del análisis de isótopos de plomo refleja una realidad distinta de la esperada al coincidir el brazaletes sogueado y la aguja de fíbula con los valores de las minas de Linares. La asignación tiene un alto grado de fiabilidad ya que las muestras de El Calvari se integran perfectamente en el campo isotópico de esa región minera, quedando descartado con los datos disponibles su origen local en las minas del Priorat. La cadena de eslabones por el contrario muestra unas ratios isotópicas diferentes que la sitúan en el campo de mineralizaciones del SE.

En el caso de Empúries se analizaron dos masas metálicas o lingotes, uno de ellos (PA12521) es de cobre sin alear, aunque con impurezas elevadas de plomo y los resultados lo relacionan sin ningún tipo de duda con mineralizaciones de Chipre, y más en concreto con los de la región de Larnaca (fig. 77). Sobre la circulación de metal de cobre desde el Mediterráneo oriental en este periodo podemos citar el estudio de las monedas púnicas de Tharros (Cerdeña occidental) en el que se asigna al metal una procedencia de Lárnaca en 8 casos de los 11 asignados a Chipre. Teniendo en cuenta que de las 16 monedas con asignación concretas solo 4 corresponden a metal de Cerdeña, 11 a Chipre y uno a la

Análisis	Tipo	Yacimiento	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Ag	Sn	Sb	Pb	Bi
PA12521	Lingote de Fundición	Empúries	nd	nd	99,0	nd	nd	0,046	nd	0,033	0,94	nd
PA12523	Lingote	Empúries	0,88	nd	26,0	nd	nd	0,019	20,1	0,063	52,9	nd
PA12792	Brazaletes sogueado	El Calvari (necrópolis)	0,59	nd	82,9	nd	nd	0,066	10,4	0,071	6,04	nd
PA12793	Aguja fíbula	El Calvari (necrópolis)	0,74	nd	78,8	nd	nd	0,058	11,3	0,034	9,1	nd
PA12794	Cadena eslabones	El Calvari (necrópolis)	0,68	nd	80,1	nd	nd	0,026	13,8	nd	5,4	nd

Fig. 76. Análisis Ed-XRF de los metales de base cobre analizados por isótopos de plomo. Valores expresados en % en peso (nd=no de tectado; tr=trazas).

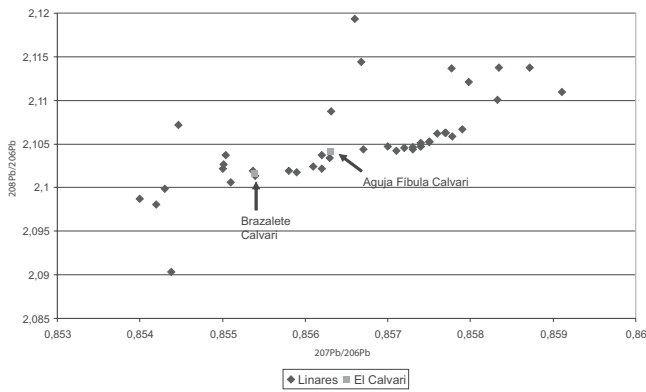


Fig. 77. Localización del lingote de Cu de Empúries en relación a los minerales de Lárnaca (Chipre).

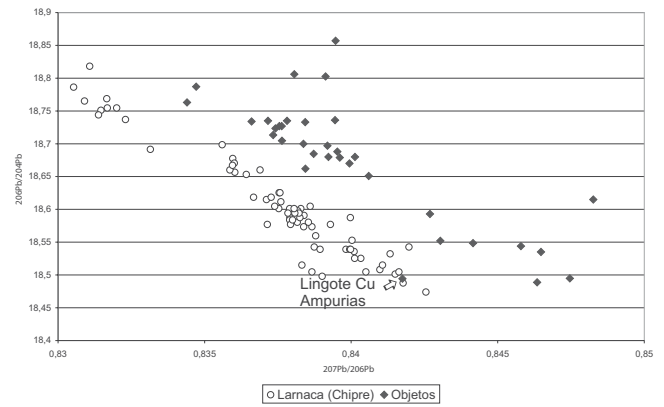


Fig. 78. Resultados de las muestras analizadas por Isotopos de plomo, y asignación de procedencia tras el estudio comparativo con la información geológica

Península Ibérica (ATTANASIO *et al.* 2001), parece claro que el cobre fue un recurso ampliamente comercializado desde el Mediterráneo oriental.

El otro lingote o masa metálica (PA12523) con una aleación ternaria en la que el plomo cubre el 50% y el resto se lo reparten casi en proporciones similares el cobre y el estaño (tabla fig. 75), presenta una asignación algo más complicada porque se localiza en zonas donde existe cierto solapamiento entre las mineralizaciones del sur de Francia y Cataluña, pero encaja mejor con las muestras francesas (fig. 74).

6. Conclusiones

A la luz de los datos manejados podemos deducir unas cuantas pautas en relación al aprovechamiento de los minerales de plomo y plata en el nordeste de la Península. El aprovechamiento de la galena tuvo una importancia relevante durante el primer milenio a.C. pero sin vinculación directa con la extracción de plata. Tanto en la zona de El Molar-Bellmunt como en las mineralizaciones de Girona, la galena contiene impurezas de plata insuficientes para su beneficio en la antigüedad. Sin embargo arqueológicamente está atestiguada su explotación no solo por la existencia de galenas recuperadas en contextos arqueológicos, sino también por su aprovechamiento en objetos de plomo como parecen confirmar los análisis de isótopos de plomo.

No contamos con datos sobre beneficio de la plata ya que los materiales del yacimiento de El Calvari sólo reflejan una metalurgia de plomo, y carecemos de materiales que se relacionen con la copelación de plata, salvo dos fragmentos de copelas de Empúries, que desde el punto de vista de la procedencia no encajan con mineralizaciones del NE y sí más probablemente con el SE.

Los datos sobre procedencia (fig. 78) tampoco avalan un aprovechamiento significativo de plata del NE, ya que tanto las monedas como los objetos, aunque tienen en gran parte un origen indeterminado, no parece probable que correspondan con mineralizaciones del NE y cuando la procedencia es conocida se relacionan principalmente con el área del sudeste. Solo una parte minoritaria parece vincularse con las minas de Tarragona y del sur de Francia. Sin embargo, no deja de ser interesante que sean los materiales de cronología más antigua (siglo VI

ane), aunque no todos, los que tengan relación con mineralizaciones del NE.

El plomo y la plata llegan desde el SE hasta los yacimientos catalanes desde al menos el siglo IV a.C., mientras que el abastecimiento desde el sur de Francia se detecta en Empúries solo en la fase final (siglo II-I a.C.).

En lo que respecta al SE, en Empúries hay 4 que presentan ratios muy similares. El plomo escrito, una lámina de plomo del parking, una dracma y un fragmento de litargirio. Se ubican en una zona próxima a las minas de Cartagena, aunque con los datos actuales no puede asegurarse esa procedencia, siendo más correcta su atribución genérica al SE. Estas muestras señalan un rango cronológico amplio, siglos IV/III-I a.C., que proporciona una referencia de continuidad en el abastecimiento.

En el caso de Empúries, donde se constata un amplio abanico en la procedencia de los materiales, no tenemos pruebas concluyentes sobre actividades de copelación de plata. Los dos fragmentos de copelas podrían ser un argumento favorable, sin embargo una reflexión pormenorizada sobre todo el conjunto de datos disponible hace que la opción sobre un control en la obtención de plata disminuya sus posibilidades concretas. Debemos tener en cuenta los siguientes elementos:

- Las copelas/litargirio fueron un elemento comercializado en la antigüedad dada la posibilidad de su reaprovechamiento como plomo.
- Dado que el aprovechamiento de galenas argentíferas no requiere el añadido de plomo, las copelas/litargirio como subproducto de su beneficio reflejan la procedencia de los minerales procesados y por tanto no obedecen a una posible mezcla de minerales de distinta procedencia. En las muestras de Empúries los datos apuntan a regiones isotópicas vinculadas al sudeste.
- Como no tenemos constancia del aprovechamiento de galenas argentíferas del NE, dado su bajo contenido en plata, la procedencia del SE parece consistente.
- Esta procedencia implicaría que para que se realizase en Empúries la copelación debería haber llegado la galena en bruto desde el SE. Sin embargo las muestras de galena conocidas en Empúries no contienen plata y proceden del área del El Molar.

Yacimiento	Objeto	Inventario	Cronología	Procedencia	Metal	206/ 204	207Pb/ 204Pb	208Pb/ 204Pb	207Pb/ 206Pb	208Pb/ 206Pb
Castellar de Pontós	Cospel	10 (PA11010)		SE (Mazarrón)	Ag	18,734	15,67	38,96	0,8366	2.0796
Castellar de Pontós	Cospel	13 (PA11013)		SE (Cartagena)	Ag	18,733	15,71	39,02	0,8384	2.0828
Castellar de Pontós	Cospel	11 (PA11011)			Ag	18,552	15,64	38,67	0,843	2.0846
Castellar de Pontós	Cospel	9 (PA11009)			Ag	18,806	15,76	39,29	0,8381	2.089
Castellar de Pontós	Cospel	12 (PA11012)			Ag	18,857	15,83	39,54	0,8395	2.0965
Castellet de Banyoles	Anillo	5802	III a ne	TOSCANA	Ag	18,735	15,7	39,05	0,8378	2.084
Castellet de Banyoles	Galena	PA12433	III a ne	MOLAR	Pb	18,302	15,67	38,45	0,856	2.101
Castellet de Banyoles	Lámina Ag PA12268	PA12268	III a ne		Ag	18,67	15,68	38,88	0,8399	2.0824
Castellet de Banyoles	Plomo	PA12435	III a ne	MOLAR	Pb	18,312	15,67	38,46	0,8556	2.1004
Castellet de Banyoles	Plomo	PA12449	III a ne	MOLAR	Pb	18,328	15,69	38,55	0,8563	2.1031
Castellet de Banyoles	Recipiente Ag	PA12264	III a ne		Ag	18,735	15,68	38,89	0,8372	2.0756
Castellet de Banyoles	Recipiente Ag	PA12266	III a ne	SE (Cartagena)	Ag	18,736	15,73	39,06	0,8395	2.0844
Coll del Moro Gandesa	Colgante	CMG M87	VII-VI a ne		Ag	18,68	15,69	38,97	0,8401	2.0862
Coll del Moro Serra d'Almos	Arracada	5047	VI a ne (segunda mitad)	CATALUÑA Falset?	Ag	18,32	15,65	38,48	0,8542	2.1003
Coll del Moro Serra d'Almos	Lingote	5879	VI a ne (segunda mitad)		Ag	18,544	15,68	38,77	0,8458	2.0905
El Calvari	Escoria	CVM05-177	VII-VI a ne	MOLAR	Pb	18,308	15,67	38,46	0,856	2.1010
El Calvari	Escoria Pb	UE 149	VII-VI a ne	MOLAR	Pb	18,337	15,67	38,48	0,8545	2.0987
El Calvari	Galena	UE 154	VII-VI a ne	MOLAR	Pb	18,31	15,66	38,42	0,8551	2.0985
El Calvari	Galena (frag. Pequeño)	CVM-177-13 (PA11972)	VII-VI a ne	MOLAR	Pb	18,335	15,7	38,56	0,8561	2.1030
El Calvari	Goteron Pb	CVM-170-16 (PA11973)	VII-VI a ne	MOLAR	Pb	18,321	15,69	38,52	0,8563	2.1025
El Calvari	Plomo	CVM-170-17	VII-VI a ne	MOLAR	Pb	18,306	15,66	38,45	0,8557	2.100
El Calvari (necrópolis)	Aguja Fibula?	PA12793		LINARES	Br	18,247	15,63	38,4	0,8563	2.1041
El Calvari (necrópolis)	Brazalete Sogueado	PA12792		LINARES	Br	18,273	15,63	38,4	0,8554	2.1016
El Calvari (necrópolis)	Cadena Eslabones	PA12794		SE?	Br	18,685	15,67	38,86	0,8387	2.0800

Yacimiento	Objeto	Inventario	Cronología	Procedencia	Metal	206/ 204	207Pb/ 204Pb	208Pb/ 204Pb	207Pb/ 206Pb	208Pb/ 206Pb
Empúries	Anillo Ag de cinta	2226 (PA12292)	VI a ne	CATALUÑA?	Ag	18,348	15,65	38,45	0,8529	2.0958
Empúries	Cinturón Ag	PA12524			Ag	18,549	15,66	38,74	0,8442	2.0888
Empúries	Disco Pb	N-3-6201	IV-III a ne	SE (Cabo de Gata)	Pb	18,787	15,68	38,88	0,8347	2.0695
Empúries	Divisor <i>Emporion</i>	5130 (PA12291)		SE?	Ag	18,763	15,66	38,78	0,8344	2.0668
Empúries	Divisor <i>Emporion</i>	6181 (PA12290)			Ag	18,662	15,65	38,71	0,8384	2.0744
Empúries	Dracma <i>Emporion</i>	27794	II a ne (inicios)	SE	Ag	18,705	15,67	38,96	0,8376	2.0827
Empúries	Dracma <i>Emporion</i>	5832	II a ne (inicios)	SUR FRANCIA	Ag	18,495	15,67	38,71	0,8475	2.0930
Empúries	Galena	PA12373		MOLAR		18,315	15,67	38,47	0,8556	2.0996
Empúries	Galena	PA12519		MOLAR	Pb	18,303	15,67	38,45	0,8559	2.1005
Empúries	Goterón Pb	84-2-66 (PA12295)	II-I a ne	SUR FRANCIA	Pb	18,361	15,68	38,56	0,8537	2.1001
Empúries	Lámina Pb	MN5016 (PA12296)	IV a ne	MOLAR	Pb	18,303	15,66	38,44	0,8557	2.100
Empúries	Lámina Pb	1983-7-717 (PA12294)	II-I a ne	SE	Pb	18,727	15,69	39,02	0,8376	2.0838
Empúries	Lingote Cu	PA12521		CHIPRE	Cu	18,494	15,57	38,41	0,8417	2.0766
Empúries	Lingote Cu-Sn-Pb	PA12523		SUR FRANCIA?	Br	18,489	15,65	38,63	0,8463	2.0893
Empúries	Lingote Pb	1980-28-163	II-I a ne		Pb	18,651	15,68	38,91	0,8406	2.0862
Empúries	Copela	PA12375		SE	Pb	18,724	15,68	39	0,8374	2.0831
Empúries	Copela	PA12374		SE?	Pb	18,803	15,78	39,34	0,8391	2.0920
Empúries	Moneda Ag	5827	IV a ne (segunda mitad)		Ag	18,615	15,66	38,76	0,8483	2.082
Empúries	Pb escrito	2618	IV-III a ne	SE	Pb	18,727	15,69	39,01	0,8376	2.0833
Puig Castellet	Colgante	PA12270			Ag	18,593	15,67	38,81	0,8427	2.0874
Sant Jaume	Goterón Pb	SJ-1022-C1		SE (Cartagena?)	Pb	18,697	15,7	38,98	0,8392	2.0851
Sant Jaume	Goterón plomo	SJ-1006-278	VII-VI a ne		Pb	18,7	15,68	38,9	0,8384	2.0805
Sant Jaume	Grapa	SJ-1004-705	VII-VI a ne		Pb	18,679	15,68	38,93	0,8396	2.084
Sant Jaume	Lámina plomo	SJ-1022-209	VII-VI a ne		Pb	18,688	15,69	38,95	0,8395	2.084
Serra de Daró	Brazaletes Ag	3586	V-III a ne		Ag	18,713	15,67	38,84	0,8373	2.0275

Yacimiento	Objeto	Inventario	Cronología	Procedencia	Metal	206/ 204	207Pb/ 204Pb	208Pb/ 204Pb	207Pb/ 206Pb	208Pb/ 206Pb
Illa d'en Reixac -Ullastret	Dracma Rhode	4237	III ane		Ag	18,68	15,68	38,84	0,8392	2.0794
Puig de Sant Andreu -Ullastret	Galena	PA12407		GIRONA	Pb	18,535	15,69	38,87	0,8465	2.0973

- Dado que hay objetos de plomo con probable procedencia del SE, es evidente que llegó plomo de esa región, pero debido a su pureza pudo ser plomo reaprovechado como subproducto de la copelación.
- Si llegó plomo en mineral desde la zona de El Molar, también pudo llegar desde el SE.
- Sin embargo no tenemos ningún indicio que descarte la posibilidad de que la plata pudiese llegar a Empúries en estado metálico ya procesada o semirrefinada, acompañada de plomo, ya fuese de galena o de litargirio.
- Otros datos de procedencia señalan tanto la presencia de plomo como de plata de la zona del sur de Francia en los siglos II-I ane. Por tanto se repite el modelo de procedencia de los dos metales, sin que sepamos si llegó como materia prima o como lingotes de metal.

Tras estas consideraciones, en el caso de que llegase la galena del SE y se copelase, Empúries tendría un control sobre la producción de plata. En caso contrario dependería su abastecimiento de plata principalmente, según los datos actuales, del SE. Sin embargo, las dos opciones no son necesariamente excluyentes, aunque de momento no podemos afirmar con certeza la existencia de una producción de plata. Las toberas recuperadas en el yacimiento podrían estar destinadas al proceso de copelación completo (RUIZ DE ARBULO 1989) o simplemente intervenir en un proceso de refinado final de la plata.

En el caso de Castellet de Banyoles la plata tampoco tiene un origen claro en el NE, orientándose hacia el SE. Sin embargo llaman la atención las altas proporciones de oro que aparecen mezcladas en la plata, situación paralelizable a la que presentan las monedas de *Iltirta* analizadas.

En conclusión, salvo excepciones en alguna moneda o casos singulares en los objetos por la elevada presencia de otros elementos diferentes al cobre, la plata tanto en monedas como objetos suele tener una elevada pureza (entre 99-94% Ag), aunque con impurezas de cobre que se mantienen por debajo del 4%. En general no se observan pautas de devaluación del metal frecuentes, aunque los procesos tecnológicos en la obtención y manufactura de la plata muestran algunos rasgos llamativos como la presencia de zinc (materiales de Castellet de Banyoles), hierro (lingote de Coll del Moro de la Serra d'Almos) o contenidos inusuales de oro (pendiente de Santa Madrona) que requieren un estudio más detallado para explicar su presencia.

Consideraciones finales

Núria Rafel Fontanals, Ignacio Montero Ruiz, Pere Castanyer (coordinadores)

Los resultados de los tres años de trabajo dedicados al desarrollo del proyecto "Plata prerromana en Cataluña", que hemos sintetizado en los apartados anteriores, bosquejan un panorama que sin duda supera el absoluto vacío de datos contrastables del que partíamos, pero que, a la vez, se aleja en algunos aspectos de las hipótesis de partida y abre nuevas perspectivas que serán objeto de comprobación en los próximos años en el marco del proyecto "Aprovechamiento de recursos de plomo y plata en el primer milenio aC: interacción comercial y cultural en el Mediterráneo Occidental" (HUM2007-62725-C03-00).

Por lo que respecta a la explotación de los recursos de plata del nordeste peninsular, la evidencia con que contamos hasta la fecha es aún algo imprecisa; no obstante, emerge con claridad el abastecimiento de plata del sudeste peninsular (Murcia y Almería) al menos desde el siglo V ane y hasta el siglo I ane. Junto a esta fuente de aprovisionamiento, se documenta, en una medida mucho menor y en materiales de cronologías más recientes (fines del siglo III-I ane), la presencia de metal manufacturado procedente de la Toscana (Castellet de Banyoles) y posiblemente del sur de Francia (Empúries). Para el siglo VI ane hay indicios, que deberán comprobarse en el futuro, de una posible explotación de los minerales de plata del Priorat (anillo de la necrópolis de la Muralla NE de Empúries y arracada del coll del Moro de Serra d'Almos). Exceptuando la galena hallada en el yacimiento de Ullastret, que parece proceder de las mineralizaciones prepirenaicas, no hay ninguna evidencia hasta la fecha de que éstas últimas fueran explotadas por los griegos emporitanos.

El panorama para el plomo, sin embargo, es radicalmente distinto. Las evidencias indican netamente la explotación del plomo prioratino durante todo el período cronológico objeto de este estudio. El mineral de plomo del Priorat, de gran pureza y, por lo tanto, poco rentable para el posible beneficio de la plata³⁴

34. Esta era ya nuestra hipótesis de partida, que la analítica, tanto del mineral muestreado en las minas como del mineral