

SALVADOR ROVIRA LLORENS*

CONTINUISMO E INNOVACIÓN EN LA METALURGIA IBÉRICA

With the coming of Iron Age, bronze metalworking was subjected to important changes of strategy derived to the use of iron and steel for making tools and weapons. In spite of this, bronze production did increase, new smelting furnaces did appear and the assortment of metal objects was greater than before. New embellishing techniques such as gilding, plating and tinning were applied. Silver production was intensified and iron working introduced important technological changes.

I. INTRODUCCIÓN

La etapa transicional entre el Bronce Final y la Primera Edad del Hierro plantea todavía numerosas incógnitas en muchos puntos de lo que acabaría siendo la geografía del Mundo Ibérico. Por lo que hace a cuestiones de tecnología del metal (cuyos avances siempre van a la zaga de la investigación arqueológica) existen todavía vacíos evidentes. Afortunadamente, en los últimos años se han estudiado algunos yacimientos del período Ibérico Antiguo que nos permiten tender puentes de conexión tecnológica en algunos aspectos de la bronzística, a pesar de que las metalurgias locales del Bronce Final en toda el área levantina de la Península Ibérica tampoco están suficientemente investigadas.

Ello obliga a utilizar los datos metalúrgicos de forma global, a sabiendas de que a lo largo del tiempo que media entre los siglos VII y II a.C. debieron suceder cambios cuya magnitud sólo podemos atisbar.

II. LA BRONZÍSTICA EN EL BRONCE FINAL

Los estudios efectuados no hace muchos años ya habían permitido determinar un panorama regional poco homogéneo dentro de grandes áreas geográficas peninsulares en lo que se refiere a las proporciones medias de estaño y plomo empleadas en la elaboración de los bronce (Rovira, 1995; Rovira y Gómez Ramos, 1998).

La figura 1 ofrece un panorama general de las características de los bronce de este período en dos regiones que,

posteriormente, resultarán fuertemente iberizadas: Cataluña y el Levante.¹

Aunque la serie analítica catalana es más numerosa, se podría decir que ambos conjuntos presentan una distribución bastante semejante o, lo que es lo mismo, que los hábitos metalúrgicos a la hora de preparar los bronce son ciertamente similares. Los estadígrafos básicos apoyan esta afirmación: la media de estaño en los bronce de Cataluña es de $11,0 \pm 4,1\%$ y en el Levante $11,6 \pm 6,2\%$. Los bronce ternarios, con más del 1% de plomo en la composición, abundan en ambos conjuntos pero sin que observemos, salvo excepciones, metales muy plomados. Los puntos en la figura 1 se van enriqueciendo conforme se supera la cifra del 4%.

Las tres piezas que superan el 10% Pb son una punta de aletas del Mas del Coc (Soses), un fragmento de espada de Bétera y un hacha de apéndices de Elche.

Una de las características de los bronce de la fachada mediterránea es, precisamente, la poca tendencia a plomar los bronce, cosa que los diferencia en términos globales de los de otras regiones más directamente vinculadas a la metalurgia atlántica.

III. EL COBRE EN LA EDAD DEL HIERRO

Hay indicios suficientes para pensar que en los últimos tiempos del Bronce Final, quizás coincidiendo con contactos más frecuentes y fluidos con las civilizaciones del Mediterráneo oriental, tuvo lugar la introducción de nuevos conocimientos en materia de obtención de cobre.

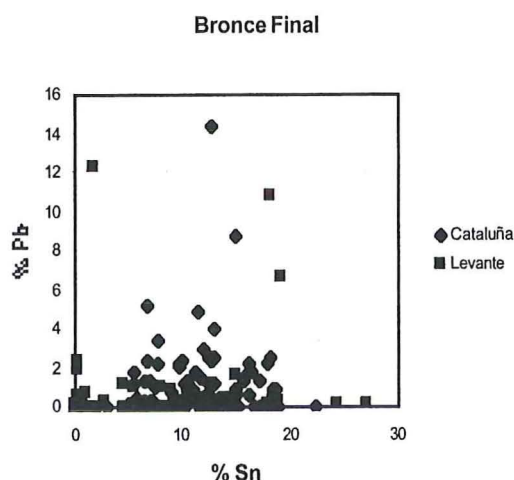


Figura 1. Gráfico de la composición de los bronzes del Bronce Final de Cataluña y Levante.

La extraordinaria riqueza en minerales cupríferos de la Península será uno de los focos de atención de los comerciantes mediterráneos, aunque quizás menos poderoso que la plata y el estaño.

Por desgracia, la intensa explotación en tiempos modernos ha borrado casi por completo los restos antiguos de laboreo de minas y apenas nada sabemos sobre la minería de la Edad del Hierro.

En España estaba profundamente arraigado el método de obtención de cobre mediante sencillas vasijas de reducción de minerales de cobre, una técnica que nació en el Calcolítico (Rovira, 1989) y seguía vigente en el período que nos ocupa, como se recoge en los estudios de Gómez Ramos (1999, 176).

Hay que decir, no obstante, que la única evidencia documentada hasta el momento en el área ibérica procede de L'Illa d'en Reixac (Ullastret), en el Baix Empordà, de donde se han analizado varios fragmentos fechados entre comienzos del siglo VI y mediados del IV (Rovira Hortalà, 1993a).

Por otro lado, a finales del Bronce Final entran en escena unos pocos lingotes planoconvexos de cobre (La Sabina en Baleares, Quinta de Everdal en Portugal, El Risco en Extremadura, entre otros) que, de no ser importaciones, ponen en evidencia la adopción de los verdaderos hornos de fundición de minerales de cobre. Conocemos al menos un lingote de este tipo hallado en un contexto minero-metalúrgico de Huelva, de época orientalizante, que indica que al menos en esa área ya se estaban utilizando los nuevos hornos convencionales en la Edad del Hierro.²

Es interesante hacer notar que la mayoría de testimonios tempranos de este cambio tecnológico proceden de zonas con fuerte implantación fenicia, por lo que nada tendría de extraño que fuera por esa vía por donde entró la idea. Por el momento desconocemos la morfología de los hornos.

Los estudios de las escorias de cobre, tan esclarecedores de muchos aspectos relacionados con la tecnología, son todavía escasísimos y, en general, incompletos. Así, por ejemplo,

las escorias del poblado del Cerro de las Nieves (Ciudad Real), fechado en los siglos V-IV son todavía poco maduras, simples nódulos formados en el interior del horno; no son escorias de sangrado (Gómez Ramos, 1999, 173). Ello parece remitir a un tipo de horno muy sencillo, un simple hoyo en la tierra o una estructura levantada con piedras revestidas interiormente con barro.

Mucho más evolucionada y moderna es la metalurgia del cobre practicada en la ciudad celtibérica de Segeda (Teruel). Allí las escorias son de sangrado, lo que implica la utilización de hornos más complejos dotados de piqueras para la evacuación de la escoria fundida en un momento dado del proceso. La propia estructura de fases mineralógicas de estas escorias hablan de los buenos conocimientos técnicos de los metalúrgicos para trabajar las menas, añadir la proporción de fundentes adecuada y operar el horno con habilidad.³

Hasta donde podemos deducir a través de los estudios publicados, durante la Edad del Hierro parece darse una dualidad tecnológica en la producción de cobre (Gómez Ramos, 1999, 176). Hay, por un lado, el procedimiento tradicional de la vasija de reducción, y por otros hornos más modernos que parecen ser de dos tipos: simples cubas sin dispositivo de sangrado (como en el Cerro de las Nieves) y hornos de chimenea provistos de salidas para la escoria líquida (como en Segeda). El grado de implantación y su secuencia temporal no parece posible establecerlos en el estado actual de nuestros conocimientos. La investigación futura deberá prestar especial atención a los análisis de escorias.

A partir de las escorias hemos podido conocer otro importante cambio metalúrgico de la Edad del Hierro, el beneficio de minerales sulfurados de cobre. Aunque un importante volumen del cobre producido se obtenía de los minerales oxidados (cuprita, azurita, malaquita), hay constancia de que en el Cerro de las Nieves se fundió sulfuro de cobre del tipo de la calcosina. También en las excavaciones del solar de la calle Puerto, 10 de Huelva, de ambiente orientalizante, se encontró calcosina, y el beneficio de piritas ferrocuprosas está atestiguado en Los Villares de Tartanedo (Guadalajara).⁴

IV. LA BRONCÍSTICA IBÉRICA

La multiplicación de objetos de bronce de la más diversa tipología nos habla, de una parte, del incremento en peso de la producción de metal, y de otra de la importancia que cobran las aleaciones de base cobre en la creciente (y floreciente) industria de los objetos de adorno personal. Pensemos por un momento en un objeto tan popular y característico como la fibula. Los pocos tipos del Bronce Final son mejorados e incrementados en número y variantes (anulares hispánicas, La Tène).⁵ A las fibulas hay que añadir los broches de cinturón, múltiples adornos en atalajes, vainas de armas, exvotos, colgantes, pendientes, pulseras y un largo etcétera.

Hace unos años efectuamos un estudio de la broncística ibérica cuyos resultados son plenamente vigentes en la actualidad (Gómez Ramos y Rovira, 1996), aunque la información

disponible actualmente ha mejorado en algunas regiones, como es el caso de Cataluña. Aquí, aunque repetiré ideas del mencionado trabajo, me interesa desarrollar nuevos enfoques.

Una primera cuestión que me planteo es si la Cultura Ibérica supone algún cambio en relación con los tipos de aleación habituales en el Bronce Final. De nuevo tomaremos como casos de estudio Cataluña y el Levante.

Los datos disponibles para Cataluña indican una tasa media de estaño del orden del $13,5 \pm 5,9\%$, cifra ligeramente superior al $11,0 \pm 4,1\%$ de la etapa anterior. La figura 2 permite ver con más detalle la distribución de los tipos de aleación.

Curiosamente, en época ibérica son más frecuentes los hallazgos de objetos de cobre. Casi todos ellos proceden de L'Illa d'en Reixac,⁶ y son anillas, colgantes, pendientes y pulseras, es decir, objetos de adorno. También hay algún instrumento (punzón), herrajes (grapas y tachuelas) y materia prima (un fragmento de lingote de Can Roqueta).

Los broncees pobres (con menos del 8% de estaño) son menos numerosos en época ibérica. Por lo demás, las aleaciones de calidad siguen una tendencia similar, en una curva abierta que dispersa los valores en torno a la media, fenómeno que explicaré más adelante.

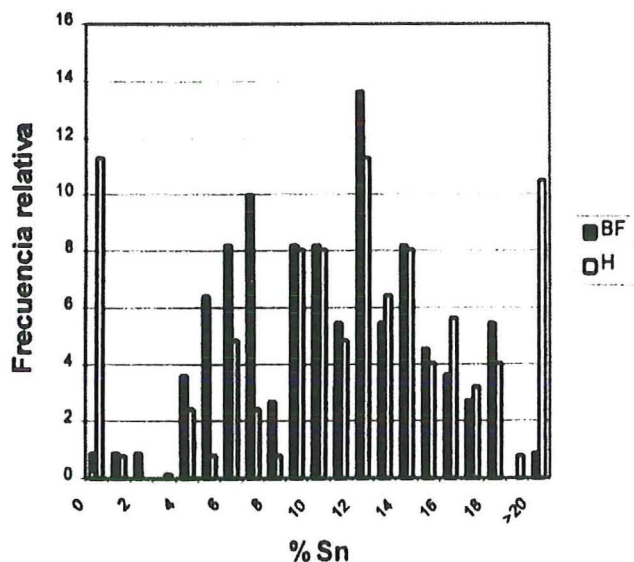


Figura 2. Contenido de estaño en los broncees del Bronce Final y de la Edad del Hierro en Cataluña.

Los broncees ternarios no son más abundantes en la metalurgia ibérica catalana que lo fueron en el Bronce Final (35% frente a 32%, sin computar las piezas de cobre) pero, eso sí, las cifras de plomo son más altas.⁷ Valores por encima del 5% de plomo son ahora más frecuentes. La figura 3 expresa la situación. El valor medio del plomo es ahora $3,6 \pm 8,7\%$, fren-

te al $1,0 \pm 1,8\%$ del Bronce Final. Es evidente la tendencia a plomar más los broncees, con porcentajes que se apartan mucho del valor medio.

Los objetos más plomados (pulseras, fíbulas, anillas, cuentas de collar, alfileres...) son de todas las cronologías. Hay materiales del Hierro I de la necrópolis del Pla de la Bruguera (Castellar del Vallés), y de L'Illa d'en Reixac fechados desde comienzos del siglo V hasta mediados del IV a.C.

En la región levantina la situación parece distinta, aunque resulta menos clara porque los datos disponibles tienen peor calidad. La media de estaño de los broncees ibéricos es del $10,4 \pm 4,8\%$, no muy distinta del $11,6 \pm 6,2\%$ de los de época anterior. Su distribución, como muestra la figura 4, es francamente abierta, sin una moda clara. Parecen desaparecer los broncees muy ricos en estaño del Bronce final, y los broncees pobres suponen cerca del 30%, cifra bastante superior a la observada en Cataluña (véase la fig. 2). Probablemente habría que tomar en consideración que casi todos los materiales levantinos proceden de yacimientos encuadrados en el Ibérico Antiguo (Torrelló del Boverot en Almassora, Puntal del Horno Ciego en Villargordo del Cabriel, Ladera Campillo en Tuéjar), y quizás no sean representativos de lo que luego sucedería en el Ibérico Pleno.

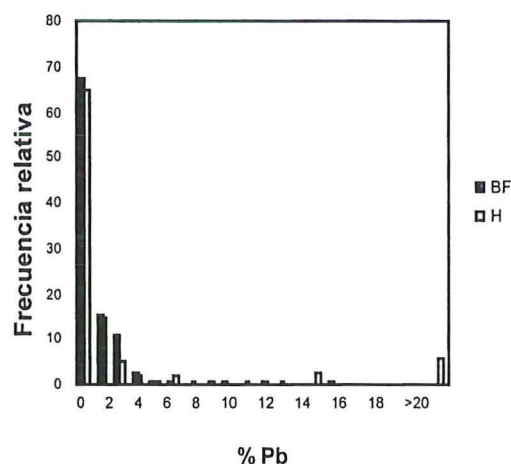


Figura 3. Contenido de plomo en los broncees del Bronce Final y de la Edad del Hierro en Cataluña.

Pero también valdría para decir que la tradición metalúrgica del Bronce Final es asumida en las tierras levantinas sin ninguna cesura en los nuevos tiempos en los que se está gestando la Cultura Ibérica, cuyos rasgos cristalizarán en el Ibérico Pleno.

En relación con los broncees ternarios, el porcentaje del 35% de aleaciones plomadas es parecido al visto en Cataluña, aunque aquí se aprecia un descenso de la tasa media de plomo, que pasa del $3,3 \pm 9,6\%$ al $1,8 \pm 4,2\%$ con una fuerte dispersión en torno de la media (fig. 5). El número de objetos plomados, en cambio, es discretamente superior que en el Bronce Final, lo que de hecho significa que también aumenta el uso de esta aleación ternaria.

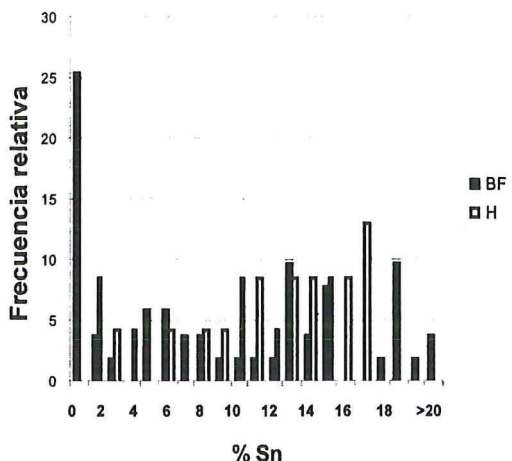


Figura 4. Contenido de estaño en los bronzes del Bronce Final y de la Edad del Hierro en el Levante.

Otra cuestión que podríamos plantear es si se observan diferencias valorables entre los hábitos aleadores del Ibérico Antiguo y del Pleno. Para aproximarnos a una respuesta tendremos que utilizar los datos analíticos de Cataluña, donde los bronzes de yacimientos como el Pla de la Bruguera, Can Roqueta, El Tossal de Cidamón, El Molà y el Coll del Moro, fechados en el Hierro I, podrían ser contrastados con materiales más modernos de L'Illa d'en Reixac y de otros lugares.

La media de estaño en los bronzes más antiguos toma un valor de $16,9 \pm 6,4\%$, frente al $12,2 \pm 5,1\%$ de los recientes, según la distribución dibujada en la figura 6.

En el Hierro I predominan los valores altos de estaño, con pocos bronzes pobres, mientras que posteriormente se aprecia un empobrecimiento de las aleaciones o, lo que es lo mismo, un mayor número de objetos con tasas de estaño bajas.

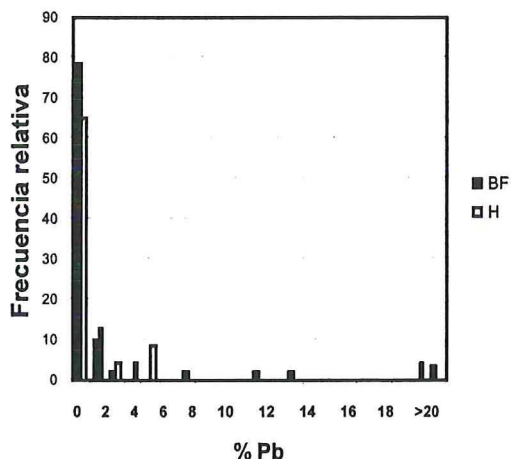


Figura 5. Contenido de plomo en los bronzes del Bronce Final y de la Edad del Hierro en el Levante.

El plomo da un valor medio del $3,6 \pm 7,6\%$ en los bronzes antiguos y un valor similar en los recientes, $3,6 \pm 9,1\%$. Su distribución en los objetos es, sin embargo, distinta, como muestra la figura 7. Hay menos bronzes ternarios en los yacimientos plenamente iberizados pero la variación composicional es

mayor.

Así, pues, al menos por lo que respecta al consumo de estaño, sí parece producirse un cierto cambio en los hábitos de los fundidores. Sin embargo el alcance de esta afirmación lo mantendría en cuarentena hasta en tanto no dispongamos de más datos y podamos efectuar cálculos con mayor validez estadística.

Una razón para esa cautela deriva de las posibles diferencias entre talleres metalúrgicos contemporáneos, un factor que creo ya importante en la Edad del Hierro, y que no estamos en condiciones de evaluar todavía. Son necesarios más estudios analíticos como los efectuados en L'Illa d'en Reixac (Rovira Hortalà, 1993a y b) y en el Pla de la Bruguera (Montero *et alii*, 1998), en otros yacimientos, y establecer las comparaciones pertinentes.

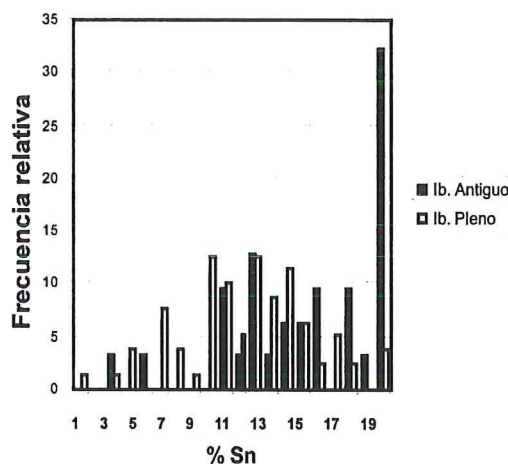


Figura 6. Distribución del contenido de estaño en los bronzes de Cataluña de la Edad del Hierro.

En la visión de conjunto elaborada por Gómez Ramos y Rovira (1996) sin tomar en consideración factores cronológicos y dejando aparte las figurillas votivas, los bronzes ibéri-

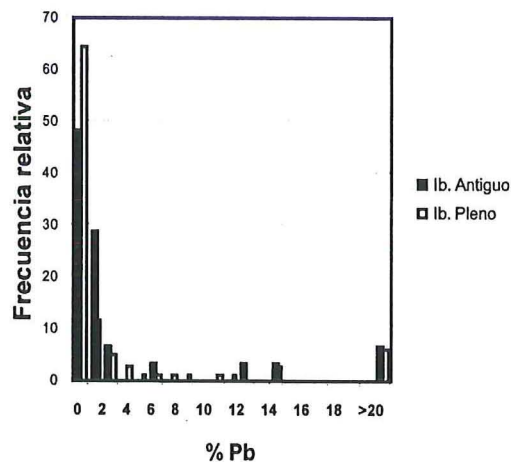


Figura 7. Distribución del contenido de plomo en los bronzes de la Edad del Hierro en Cataluña.

cos dibujaban un histograma fuertemente asimétrico debido a las numerosas piezas con menos del 8% de estaño en la liga. A esta situación contribuían principalmente las regiones del Levante, Oretania y Turdetania, cosa que no contradice las observaciones particulares que aquí se han expuesto. Esta particularidad puede deberse, a mi modo de ver, a tres factores: al método de producción del bronce, al reciclado generalizado de metal amortizado y a la falta de fluidez en la circulación del estaño.

Hasta donde nos permite conocer el estudio de los restos de fundición, se puede afirmar con bastante seguridad que la preparación de las aleaciones binarias y ternarias de base cobre se hacía por el método de la reducción conjunta de minerales de cobre y estaño en un pequeño horno o en un vaso de reducción, o de cobre metálico y mineral de estaño en un vaso o en un crisol. Tenemos evidencias en un par de yacimientos del empleo de estos métodos. En L'Illa d'en Reixac se excavó un horno en fosa de no más de 40-50 cm de diámetro en la solera, con restos de metalurgia no férrica en su entorno; pero lo más significativo para el tema que tratamos son varios fragmentos de cerámica con escorificaciones en su cara interna, fragmentos de vasijas de reducción de mineral.⁸ La analítica de las escorificaciones identifica los elementos básicos necesarios, cobre, estaño y en ocasiones plomo, certificando que lo que allí se obtenía era bronce binario o ternario. Hay, además, nódulos de mineral parcialmente reducido y de escoria cuyas composiciones insisten en lo mismo.

También en el yacimiento valenciano de Piedra de Àngels (Titaguas)⁹ se encontró un fragmento de revestimiento escorificado, parte de un horno en el que se producía bronce por reducción directa de minerales.

Este procedimiento, estudiado en detalle por Rostoker *et alii* (1983) sobre materiales arqueológicos y luego comprobado experimentalmente (Rostoker y Dvorak, 1991), es sencillo de realizar pero tiene un inconveniente: poco control sobre los resultados de la aleación. Efectivamente, en el caso de la reducción conjunta de minerales de cobre con casiterita, el metalurgo no posee un conocimiento preciso de las leyes metalíferas de las materias primas que va a fundir, aunque el color de los minerales puede darle alguna indicación aproximada y ayudarle en el momento de prepara las cargas ponderadas del horno. A esta incertidumbre se suma la que resulta del quimismo interno del horno durante el proceso, cuyas condiciones no siempre resultan controlables de modo estandarizado. Las aleaciones resultantes tendrán composiciones muy variadas, como refleja la analítica de los objetos de metal y de los restos de fundición. En ocasiones pueden resultar bronce muy ricos en estaño o muy pobres. Esta situación se puede intentar corregir refundiendo el bronce pobre en un crisol con más casiterita, pero, en todo caso, es un método que permite poco control de los resultados.

La refundición de bronce amortizados también puede redundar en una disminución de la tasa media de estaño, no sólo porque al refundir el estaño se oxida más que el cobre y se pierde sino porque tampoco se conocen con exactitud las

leyes de los objetos puestos en el crisol.

No tenemos, sin embargo, evidencias directas de esta práctica, que deberían consistir en hallazgos de depósitos de chatarra destinada a este fin. La mayor parte de los conocimientos sobre la metalistería ibérica los proporcionan los ajuares de las necrópolis, no los contextos de hábitat, y eso produce una información sesgada por tratarse de metal no circulante a partir del momento de su confinamiento en la tumba.

Los estudios de las impurezas de los bronce pueden resultar un indicador indirecto del grado de reciclado, ya que las refundiciones tienden a disminuir la tasa de elementos volátiles como el estaño y el antimonio o insolubles como el hierro, e igualar los porcentajes de los solubles como la plata. Del estudio realizado por Gómez Ramos y Rovira (1996, 362) se deducía una tendencia similar al reciclado en toda el área de implantación de la Cultura Ibérica, con mayor intensidad posiblemente en la Oretania, que interpretábamos como consecuencia de un mayor aislamiento de los circuitos de entrada de metal nuevo. Sin embargo, siendo crítico, debo decir que la falta de unos buenos patrones de referencia para el término intensidad de reciclado invalida en buena medida la correcta aplicación del concepto.

El tercer factor es de orden económico: la circulación o comercio de las materias primas. En el caso de los bronce, el estaño debe proceder de áreas periféricas ya que en los territorios ibéricos sólo se registran unas pocas mineralizaciones en Cataluña cuya puesta en explotación desconocemos. Parece lógico pensar que el estaño procediera de los criaderos extremeños o del noroeste, aunque las recientes prospecciones de Merideth (1998) no han ayudado mucho a aclarar la cuestión y la mayor parte de los restos de metalurgia que detecta son de época romana.¹⁰ Pero también es posible que, al menos los territorios costeros, dependieran del comercio marítimo mediterráneo donde el estaño siempre fue una mercancía de alto precio.

Lo que sí parece evidente es que la bronceística ibérica, al igual que la del Bronce Final, tiene más sabor mediterráneo que atlántico en cuanto a los hábitos de consumo de estaño. Hace unos años pude comprobar que, efectivamente, los bronce de la Hispania céltica son, por término medio más ricos en estaño que los ibéricos (Rovira, 1993, 51-52). No sé si ello obedece a problemas de comunicación y dificultades comerciales, a cuestiones tecnológicas, a la idiosincrasia social o a una mezcla de todo ello.

Los factores sociales apenas se habían valorado con anterioridad salvo para hablar con excesiva ligereza de bienes de prestigio. Carmen Rovira Hortalà (1993a) ya había detectado en L'Illa d'en Reixac que no parecía haber ninguna relación entre la calidad de la aleación (en cuanto a composición de los aleantes) y el objeto fabricado. Yo coincidí plenamente con esa observación y su explicación la encuentro no en que "todo vale" sino en que la sociedad ibérica demanda objetos de muy diversa calidad y precio. El mercado es dinámico, multiestratificado, y tanto el fabricante como el cliente saben respectivamente lo que producen y lo que quieren o pueden comprar.

Una demanda con diversidad de posibilidades adquisitivas lleva a unas producciones *ad hoc* para atenderla. Veámoslo con un ejemplo tan característico como la popular (por abundante y funcional) fibula anular hispánica del Ibérico Pleno y Final.

Dejando a un lado cuestiones de tipología, sistematizadas por Emeterio Cuadrado, básicamente estamos ante un objeto formado por un puente de fundición, un anillo y una aguja, éstos últimos generalmente constituidos por una varilla o alambre forjado. Para este estudio usaremos sólo los puentes de fundición de 40 fibulas en su mayoría halladas en tierras oretanas.

La figura 8 permite observar la gran diversidad de aleaciones utilizadas para fabricar los puentes. Tenemos un buen número de bronce pobres (incluso un par de piezas prácticamente de cobre), unos pocos bronce ricos, con más del 15% de estaño y el resto, la mayoría, en la proporción de los buenos bronce (9-13% de estaño).

Los bronce ternarios son también ciertamente abundantes, con cinco piezas que rebasan el 10% de plomo, dos de ellas extraordinariamente plomadas.

El aspecto cromático de un bronce limpio y pulido depende mucho de la proporción de estaño. Los bronce pobres son de color cobrizo, tanto más cuanto menos estaño tienen. La gama media tiene color amarillo que se va agrisando conforme se acerca al 15% de estaño. Por encima de esa tasa van tomando un color gris plateado, que se hace más intenso y firme en torno al 20%.

No hay duda que este efecto cromático tenía sentido para el consumidor pero, además, incide en el precio. La proporción creciente de estaño encarece el producto: cuanto más plateado, más caro.

El plomo en grandes proporciones (por encima del 10%) tiene un efecto similar al del estaño pero nunca se consigue una superficie gris continua porque mientras el estaño se segrega de manera uniforme en toda la masa metálica, el plomo lo hace de forma imprevisible, a rodajes, generando superficies de color irregular.

No se trataría, pues, de cuestiones tecnológicas. A estas alturas los fundidores sabían de sobra que a más estaño, más fácil resultaba preparar las coladas. Sabían de sobra que el plomo mejoraba la fusibilidad del material. Lo que está primando es el factor estético más que ningún otro, y no cabe duda que el color argentino tenía fuertes connotaciones socioculturales. De otro modo no se entendería que en esta época comenzara también la producción de bronce estañados cuya finalidad es sencillamente "platear" la superficie.

El estañado del bronce es un procedimiento innovador de embellecimiento superficial que aparece en la Edad del Hierro. Fue inventado por los galos, según Plinio el Viejo, para mejorar el sabor de los alimentos servidos en vajilla de cobre o bronce. En España los únicos ejemplares estudiados por ahora son una diadema formada por diversos colgantes en forma de 8 y el puente de una fibula de arco procedentes res-

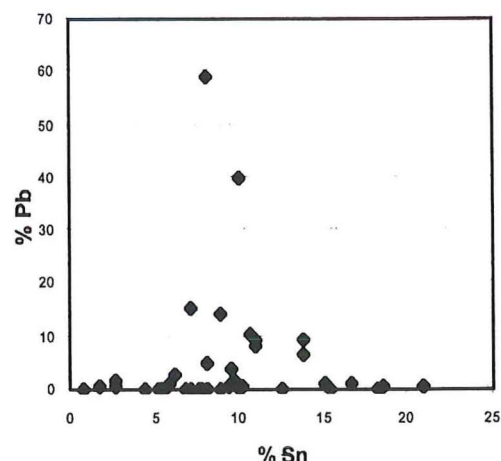


Figura 8. Composición básica de puentes de fibulas anulares hispánicas.

pectivamente de dos necrópolis de Guadalajara, Clares y Almaluez, más afines a lo céltico que a lo ibérico. Su estudio completo puede seguirse en Rovira *et alii* (1996).

El estañado se conseguía por tres procedimientos: mediante la inmersión del bronce perfectamente limpio y pulido en un baño de estaño líquido, mediante la aplicación de estaño sobre la superficie con un hierro caliente y recubriendo la superficie con limaduras de estaño aglutinadas con alguna cola orgánica. De las observaciones realizadas se deduce que el artesano conocía el estaño metálico que, o bien circulaba en pequeñas proporciones o se lo preparaba él mismo reduciendo la casiterita en el propio taller.

No es esta la única innovación de la Edad del Hierro para cambiar la apariencia de los bronce y darles mayor valor. Procedentes de la necrópolis ibérica de Castellones de Céel (Jaén), fechada en el siglo III a.C., se han documentado apliques de bronce chapados con una lámina muy fina de plata que, a su vez, está dorada por su cara vista (Chapa *et alii*, 1997, 211-212). El dorado no es con azogue (procedimiento que no se conocía todavía en esa época) sino por aplicación de pan de oro e interdifusión térmica.

He dejado para el final unos objetos tan característicos de la toréutica ibérica como son las figurillas metálicas que aparecen formando depósitos votivos en santuarios como los del Collado de los Jardines, Castillo de Alarcos, Castellar y otros. En el presente estudio, como ya hicimos en Gómez Ramos y Rovira (1996), se han utilizado los datos analíticos publicados por Lourdes Prados (1988) más los inéditos del Castillo de Alarcos.¹¹

La figura 9 representa las composiciones básicas de estas figurillas, viéndose que aproximadamente la mitad son bronce pobres con cargas elevadas de plomo. En realidad hay muy pocos bronce binarios cobre-estaño. Parece evidente que los talleres en los que se producían estos bronce utilizaban con largueza el plomo como aleante barato, para unas aleaciones fácilmente colables en moldes bivalvos o a la cera

perdida. Las prestaciones mecánicas del material son malas pero, ciertamente, adecuadas para unas figurillas con función de ofrenda estática.

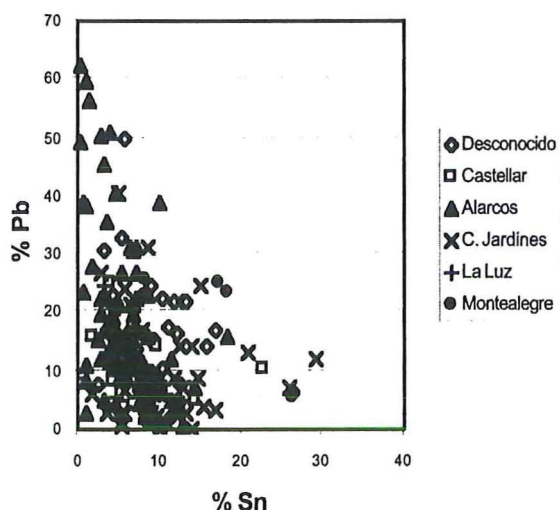


Figura 9. Composición elemental de los exvotos ibéricos.

Los datos analíticos no permiten diferenciar talleres por lo que hace a los hábitos aleatorios, aunque se observa una cierta tendencia en los bronce de Alarcos a ocupar la región de los bronce pobres más plomados, mientras que en el Collado de los Jardines hay más bronce ricos. Pero esta diferenciación no es tan clara como quisiéramos, y ambos conjuntos (los más numerosos) comparten una amplia zona intermedia en el gráfico en la que están también los bronce de los otros santuarios.

V. EL HIERRO

El hierro es la gran innovación en la metalurgia ibérica. Es innovación en cuanto al metal en sí, tan distinto del cobre y sus aleaciones. Lo es también en cuanto a los mecanismos de obtención y de trabajo en el taller.

La historia del hierro hispánico se inicia, hasta donde podemos saber por el registro arqueológico, en el siglo VIII a.C. con los primeros establecimientos fenicios en las tierras meridionales. Hay algunos hallazgos aislados anteriores (Tesoro de Villena, depósito de la Ría de Huelva, El Berruoco, etc.) que se suelen valorar como material exótico, fruto de contactos precoloniales que no llevaron a su proliferación.

Ya Radomir Pleiner (1980), en su síntesis sobre la metalurgia férrica europea, había supuesto, con los datos disponibles en aquel momento, que hacia la Península confluían dos vías, una mediterránea, la más precoz, conducida por los fenicios, y otra centroeuropea, algo más tardía, que desde territorio galo alcanzaría la Hispania céltica.

También se ha hablado de un posible monopolio fenicio del primer hierro, controlado desde sus factorías. Si fue así, el monopolio debió durar bien poco porque, curiosamente, los

restos más antiguos de actividad siderúrgica se han localizado en el yacimiento murciano de El Castellar de Librilla, fechado en los siglos VIII-VII a.C., en un contexto de Bronce Final-Hierro Antiguo de fuerte sabor indígena (Ros, 1989 y 1993a). En cambio los de la factoría fenicia del Cerro del Peñón de Toscanos (Málaga) se fechan en la segunda mitad del siglo VII (Keesmann y Niemeyer, 1989).¹²

Los objetos de hierro van siendo hallazgos cada vez más frecuentes en los contextos arqueológicos de los siglos VII y VI a.C. pero las evidencias de fundición de mineral de hierro son todavía escasas en esas fechas. La región mejor estudiada es Cataluña gracias a los excelentes trabajos de Carmen Rovira Hortalà de los últimos años (1991, 1993a y b, 1997 y 1998a y b).

Es probable que la estructura circular de fuego encontrada en el yacimiento de Els Vilars (Arbeca) y datada radiocarbónicamente en torno al 700 a.C. sea realmente un horno de fundición de minerales de hierro, aunque los residuos encontrados en su interior se reducen, al parecer, a un simple nódulo de mineral férrico y no se habla de escorias ni de otros subproductos pirometalúrgicos (Rovira Hortalà, 1997, 64; 1998, 65). Sus dimensiones y la morfología en cubeta encajan en lo que podrían ser hornos siderúrgicos prerromanos, según se deduce de los restos estudiados en otras regiones (Gómez Ramos, 1996), pero la falta de escorias impide que pueda ser aceptado como tal horno con toda garantía.

Hay escorias de reducción, con seguridad, a partir del siglo VI a.C., en poblados como L'Illa d'en Reixac, la Peña del Moro (Sant Just Desvem) y en otros más recientes. En ningún caso son escorias de sangrado sino que se han producido y permanecido en el interior del horno, coincidiendo con el tipo de metalurgia extractiva propuesta por Gómez Ramos (1996) consistente en reducir el mineral de hierro mezclado con un fundente silicatado en un pequeño horno de cubeta (horno bajo) para obtener una esponja ferrífera sólida. Aunque está por hacer una buena analítica de ese tipo de materiales, probablemente se parecerá bastante a las escorias fayalíticas más o menos inmaduras de otros sitios como el Cerro de las Nieves (Ciudad Real), generalmente con wüstita en exceso, lo que representa una importante pérdida de hierro en la escoria y es indicio de un procedimiento de obtención de rasgos primitivos (Gómez Ramos, 1996).

Es muy interesante la documentación hecha de restos de pequeñas labores mineras en el curso bajo del Llobregat fechables a partir del siglo VI a.C. (Rovira Hortalà, 1991). Por un lado son la evidencia de que la metalurgia del hierro escapa fácilmente del control (si es que lo había) allí donde hay abundancia de recursos minerales, y esa circunstancia metalotécnica se da en muchos lugares de España. Por otro lado, esa fecha del siglo VI en Peña del Moro, Calamot, L'Illa y otros sitios coincide con el comienzo de la documentación de hallazgos de escorias comentado antes. Un sugestivo modelo de implantación de la metalurgia férrica comienza a vislumbrarse. Doy por bueno que Castellar de Librilla y quizás Els Vilars son ejemplos de un rápido aprendizaje de los metalurgos indígenas de la nueva tecnología del hierro. Si durante el

siglo VII y parte del VI no hay demasiadas evidencias de fundiciones en los poblados (suponiendo que el registro arqueológico sea fiable en este sentido) a pesar de que los objetos de hierro son hallazgos frecuentes, quizás nos encontremos ante la posibilidad de que unos pocos centros comarcalizados capitalizaran la producción de este nuevo metal, que sería distribuido en forma de objetos acabados. Poco a poco los lugares de producción se diseminaban hasta llegar a la situación que encontramos en el Ibérico Pleno, cuando prácticamente cada poblado conocido tiene restos de metalurgia del hierro.

Esos hipotéticos centros de producción, que debían estar situados cerca de buenas mineralizaciones en cantidad y calidad, agotarían todas las fases metalúrgicas, desde la obtención del metal hasta la fabricación del objeto, pues no conocemos lingotes de hierro que evidencien el comercio del metal en bruto hasta prácticamente época romana republicana, que es cuando la siderurgia realmente se "industrializa" y claramente se separan el taller del fundidor y el del herrero. En la Cataluña ibérica este desdoblamiento se aprecia ya en época tardía, entre mediados del siglo III y comienzos del II a.C., en lugares como Castellruf (Santa María de Martorelles), Mas Castellar de Pontós (Gerona) y Ampurias (Rovira Hortalá, 1998).

Entremos, finalmente, en algunos aspectos tecnológicos. Los minerales oxidicos de hierro (magnetita, hematites, goethita), son algo más difíciles de reducir para extraer el metal que los de cobre porque requieren un ambiente más reductor en el horno. No sería posible obtener hierro de forma rentable usando vasijas de reducción, como en el caso del cobre o del bronce. La metalurgia del hierro va asociada, pues, a la noción de horno reductor, aunque sea una simple cubeta excavada en el suelo. Esta era una noción nueva para muchos metalúrgicos indígenas poco familiarizados con el empleo de hornos metalúrgicos y pudo significar, en un primer momento, una cierta especialización metalúrgica. También era un nuevo conocimiento la técnica de escorificación, imprescindible en siderurgia y no tanto en la metalurgia del cobre. Y un tercer y nuevo conocimiento es que el nuevo metal, el hierro, no se obtenía fundido ni se podía fundir, como el cobre, porque su temperatura de licuación en estado puro es de más de 1.500° C, imposible de alcanzar en un hogar con carbón. Había que aprender a trabajarlo y darle forma en estado sólido y en caliente, cosa que no podía hacerse con los broncees porque se rompían. Tendrían que aprender otras muchas cosas, entre ellas a carburar el hierro dulce para acerarlo, a soldar a la calda a golpe de martillo, etc.

Un buen bronceista del Bronce Final, habituado a manejar las artes del fuego podía aprender con cierta facilidad esta nueva tecnología, tan distinta de sus conocimientos tradicionales. Pero necesitaba maestros o espiar el trabajo de los nuevos metalarios venidos de fuera. La regla general, a la que nos apuntamos muchos, que dice que al conocimiento del hierro se llega a través de la evolución de los hornos de cobre y el desarrollo de las técnicas de escorificación para mejorar el

rendimiento del proceso cuprífero, es válida para los hititas y para pocos más. En la Península el hierro y su tecnología no tenían ninguna tradición de la que derivar. Se aprende, no se inventa o se deduce.

El tema clave es la escorificación, y nuestros metalúrgicos de la Edad del Bronce fueron bastante legos en la materia. Sólo al final, con la adopción del horno de chimenea para fundir minerales de cobre (otra idea que viene de fuera) aprenden algo sobre escorificación. La escorificación es el sistema que se emplea para la eliminación de la ganga que acompaña al mineral. Consiste en añadir un fundente, también mineral, que reacciona a alta temperatura con la ganga y forma un material nuevo, la escoria, que ha de reunir dos propiedades: fundir a una temperatura alcanzable en el horno (unos 1.200° C) y no ser soluble en el metal que se quiere obtener. De ese modo la ganga se separa del metal.

De un modo empírico, basándose en ensayos, los metalúrgicos de las regiones del Mediterráneo Oriental de finales del IV milenio y comienzos del III llegaron a descubrir que cuando la ganga es ferruginosa el fundente adecuado es la sílice y, al contrario, cuando la ganga es silicatada, hay que añadir óxido de hierro o hierro-calcio (cal).

Básicamente, una escoria es un silicato de hierro que cuando el compuesto predominante es la fayalita (cuya composición aproximada es 30% de sílice y 70% de óxido ferroso) funde a esa temperatura antes mencionada. Si hay sílice en exceso o hierro en exceso, la masa es más viscosa y tienen lugar mayores pérdidas de metal en la escoria.

En la metalurgia antigua del hierro, como los minerales son siempre variedades reducibles a óxidos, el fundente clásico es la sílice o la cal.

El producto de la fundición era una esponja ferrífera formada por hierro metálico sólido embebido en escoria, que había que afinar a golpe de mallo para que escupiera la escoria y quedara, primero, una lupia y luego un lingote de metal. Estas operaciones se realizaban con la masa al rojo vivo, calentándola en fraguas como las encontradas en Els Vilars y en otros poblados catalanes.

El hierro así obtenido podía ser ferrítico (hierro dulce) o acerado (hierro aleado con hasta un 0,7% de carbono). El hierro dulce es blando y maleable, con peor calidad que un buen bronce para ciertos usos; pero el acero es duro y resistente, frágil a veces, y aventaja en calidad y precio a cualquier bronce para usos instrumentales y armamentísticos.

No conocemos apenas las características técnicas de los primeros hierros hispánicos debido a que los estudios sobre el tema son prácticamente inexistentes, quizás porque el estado de conservación de las piezas lo impide. El hierro es un metal fácilmente oxidable y lo más común es que los objetos hallados estén totalmente corroidos, conservando la forma gracias a un precario agregado de óxidos, hidróxidos y carbonatos.

Tuvimos ocasión de metalografiar tres cuchillos de la necrópolis del Pla de la Bruguera, dos de los cuales apenas conservaban núcleo metálico y el tercero estaba oxidado por completo. Uno de estos cuchillos con metal era de hierro

dulce y el otro de acero templado (Montero *et alii*, 1998, 104).

Sin embargo, cuando hay poco metal sano los resultados metalográficos son poco fiables porque los objetos de hierro no están constituidos originalmente por una masa uniforme de metal (como los bronce) sino por diversas láminas formando un paquete o apilamiento, alternando el hierro dulce y el acero, soldadas a la calda. Estas estructuras empaquetadas se observan bien en hierros ibéricos más modernos y por tanto mejor conservados, como en la falcata de Almedinilla (Córdoba) estudiada por Nieto y Escalera (1970), la de La Peladilla (Valencia)¹³ y un tercer ejemplar de la necrópolis de la Osera (Ávila).¹⁴

El cuchillo templado del Pla de la Bruguera es particularmente importante porque demuestra que esta técnica de tratamiento para endurecer el acero ya era conocida en época muy temprana, cosa que llama la atención pues de los trabajos de Tylecote y Gilmour (1986) se desprende que los buenos tratamientos de temple son escasos incluso en época romana y no serán habituales hasta época altomedieval. Hay que decir también que es un *unicum* por el momento y que mi experiencia en metalografía de hierros protohistóricos y romanos (no más de un centenar) me hace pensar que la calidad de los aceros es muy irregular, predominando el hierro dulce y los aceros suaves. Este panorama lo reflejan también los hierros celtibéricos de Castilmontán (Soria) estudiados por Madroñero *et alii* (1992), yacimiento en el que también aparece un instrumento de acero templado pero ya tardío, de los siglos II-I a.C.

Sabemos que los herreros ibéricos, como lo de otras latitudes, sabían carburar el hierro dulce para acerarlo. Esta técnica se basa en la propiedad que tiene el hierro al rojo de absorber lentamente carbono de las brasas incandescentes que lo rodean. Hace falta pericia, no obstante, porque por el mismo mecanismo se puede perder carbono (descarburado) si el acero está demasiado tiempo en la fragua durante el proceso de forja. De ambas cosas tenemos buenos ejemplos en los estudios metalográficos.

En cualquier caso, soy bastante reacio a admitir al pie de la letra las excelencias de las armas de acero hispánicas de las que hablan las fuentes literarias clásicas, mientras no se hagan más estudios metalográficos. Las que conozco son, desde luego, materiales nada extraordinarios en cuanto a la calidad del metal (Lorrio *et alii*, 1999, 171).

VI. LA PLATA Y EL PLOMO IBÉRICOS

La producción de plata experimenta un constante incremento en Hispania desde que los criaderos de Tartessos se convirtieran en foco de atención para los comerciantes mediterráneos. La explotación de las jarositas argentíferas del Cinturón Piritífero del Suroeste debió ir extendiéndose por todo el área durante el período iberoturdetano hasta la crisis del siglo IV a.C., en que el resultado de la batalla de Alalia, la caída de Focea y, sobre todo, la puesta en plena producción de las importantes minas de Laurion en Grecia resta competitividad a la plata española. Los centros minero-metalúrgicos de

Riotinto y Tharsis languidecen y algunos no se recuperarán hasta la Segunda Guerra Púnica, cuando las necesidades dinerarias de los Bárcidas obliguen a nuevos trabajos en Riotinto (Pérez Macías, 1998, 148).

La situación es menos conocida en el Sureste, otro gran centro productor de plata a partir de los depósitos de galena argentífera del entorno de Nova Carthago y de la Cuenca de Vera (Villaricos, Herrerías, etc.).

También la plata de Sierra Morena es explotada en la Edad del Hierro, de la que se benefician emporios como Cástulo. No resulta ocioso recordar que los más importantes "tesoros" argénteos ibéricos han sido hallados en ese entorno.

Las disponibilidades de plata en los territorios ibéricos no son pocas: hay pequeñas mineralizaciones en Cataluña, en Castellón, en Guadalajara lindando con Teruel y en otros puntos.

Dos muestras de mineral recogidas en la actualidad en la mina del Barranco de Gatas (Segorbe), dieron leyes de plata del orden del 0,04% y 0,08 %, aprovechables para el beneficio del metal noble.¹⁵

Sin embargo no tenemos constancia de la explotación de estos recursos en la época que nos ocupa, por lo que, en principio, debemos suponer que la mayor parte de la producción argentífera de la Edad del Hierro fue extraída de la Hispania meridional.

Los restos arqueometalúrgicos más evidentes del beneficio de la plata fueron encontrados en los niveles púnicos del poblado de Punta de los Gavilanes (Mazarrón), donde se registra un taller con hornos en el que se fundía galena y se copelaba el plomo argentífero resultante (Ros, 1993a, 219-220). Algunas muestras de mineral y de litargirio fueron analizadas por Arana y Gálvez (1993), quienes diagnosticaron un proceso de copelación altamente eficiente al hallar apenas trazas de plata en los litargirios.

En el poblado alicantino de El Oral se encontró una gran porción de litargirio que todavía conserva 0,49% de plata (Abad y Sala, 1993, 196). En el estado en que se encontraba la excavación en aquel momento, los autores se mostraban cautos acerca de la importancia que esta actividad metalúrgica pudo tener en El Oral por la falta de evidencias suficientes.

Sin embargo, los cálculos que realicé en otro trabajo (Rovira, 1995, 486) indican que las máximas pérdidas de plata en los litargirios onubenses están por debajo del 0,03 %, es decir 30 gramos de plata en 100 kilos de plomo. En época romana las cifras son similares. Esto significa que al litargirio de El Oral todavía se le podía extraer del orden del 0'45% en peso de plata por el sistema habitual de copelación (tras la reducción del litargirio a plomo argentífero). Cabe la posibilidad de que no fuera un subproducto desechado de la metalurgia de la plata sino un material en espera de una nueva reducción y la copelación subsiguiente.

Quizás fuera aventurado sugerir, a partir tan sólo del litargirio argentífero de El Oral, que había una circulación de material de este tipo desde las fundiciones a los talleres locales. En las fundiciones se extraería la mayor parte de la plata

plata y en los talleres el resto, dando lugar a un doble circuito comercial: el de la plata más o menos refinada y el del plomo o litargirio argentífero. Recuerdo que en el poblado de El Risco, en Extremadura, habitado a finales del Bronce e inicios del Periodo Orientalizante, se encontró una porción de torta metálica con una composición de 64,1% de plata, 34,1% de plomo y 1,8% de cobre, a todas luces un fragmento de lingote de plata sin refinar (régulo) que serviría también como argumento para esa doble circulación que sugiero (Gómez Ramos *et alii*, 1998, 110).

A esta idea se opone la dificultad de conocer con precisión, con los medios de ensayo y control de calidad de aquel momento, la ley de plata del producto que se comercializaba, dato que influye en el precio de un metal tan costoso de obtener. Por esta razón y por otras que se verán más adelante, estas sugerencias habrá que mantenerlas en reserva, pues, hasta que se vaya definiendo mejor el panorama territorial de la metalurgia argentífera ibérica.

Lo que es evidente es que la producción de plata lleva aparejada una superproducción de plomo, del orden de 100 kg de plomo por cada kilo de plata, cuando se benefician galenas argentíferas. Una parte de ese plomo desplataado, en forma de litargirio o de plomo metálico, es probable que circulara hacia el Suroeste para sostener las fundiciones de jarositas del Cinturón Piritífero. Pero otra parte circulaba hacia los talleres locales, pues los hallazgos de plomo elaborado y de goterones son frecuentes en los asentamientos ibéricos. Sirvan como ejemplos los datos de la Tabla 1.

En dicha tabla hemos anotado también la plata residual. En unos cuantos objetos no se detecta plata (nd) o está en el ámbito de trazas (tr). En la mayoría no alcanza el porcentaje del 0,03% que considero como tope máximo de desplataado rentable. Sin embargo, la tabla muestra también objetos de plomo con contenidos de plata relativamente altos que no fueron desplataados: una especie de arandela del Castellet de Bernabé, un glande y un goterón del Puntal dels Llops, las tres piezas de Sant Miquel de Lliria, por no mencionar otras varias que están en cantidades ligeramente por encima del 0,03%.

Esto parece indicar dos cosas: que no siempre se desplataba al máximo (cosa bastante razonable y aquí podría haber el litargirio de El Oral), o que se obtenía a veces plomo con leyes rentables de plata sin saberlo y, por tanto, no se copelaba.

Pero, volviendo a la plata elaborada, los análisis practicados a varios tesoros ibéricos como los de Perotito, Salvacañete, Mengíbar, Mogón, Almadenes-Pozoblanco, Santisteban y otros hallazgos menores¹⁶ ponen de manifiesto la presencia de impurezas de cobre, plomo y oro en muchas de las piezas. La figura 10 dibuja los histogramas correspondientes.

La presencia de cobre puede tener dos causas. Cuando su porcentaje es pequeño puede ser una impureza natural del mineral de origen. Sin embargo el cobre se oxida fácilmente durante la copelación, por lo que su persistencia en la plata podría ser indicio de un refinado deficiente y de ser así, el metal en cuestión debería llevar también algo de plomo. Si el contenido de plata alcanza varias unidades estamos ante una

aleación intencionada del platero, bien para ahorrar plata o para conseguir un metal con mejores propiedades mecánicas a la hora de labrarlo. Esta mejora ocurre con una ley del 92,5% de plata y el resto cobre u otros metales. Es lo que actualmente se llama plata de 925 milésimas o plata esterlina. La figura 10 indica que los plateros ibéricos no conocían las propiedades de la plata esterlina, lo que me hace pensar que la adición de cobre tenía más que ver con la recuperación de mermas e incluso con un cierto grado de picaresca que con cuestiones tecnológicas.¹⁷

ANALISIS	OBJETO	YACIMIENTO	Ag
PA2904	Fragmento	Castellar Losa, V	0,015
PA1564	Arandela?	Castellet Bernabé, V	0,178
PA1562	Goterón	Castellet Bernabé, V	0,024
PA4442	Plomo inscrip.	Castellón, CS	nd
PA4439	Plomo inscrip.	Castellón, CS	nd
PA4440-D	Plomo inscrip.	Castellón, CS	nd
PA4441	Plomo inscrip.	Castellón, CS	nd
PA5158	Fragmento	Cerro Santos, AB	0,032
PA5157	Grapa	Cerro Santos, AB	0,013
PA5156	Grapa	Cerro Santos, AB	0,043
PA5141	Grapa	Cerro Santos, AB	0,053
PA0774	Botón	El Amarejo, AB	0,031
PA0714	Fragmento	El Amarejo, AB	0,002
PA0772	Plomo inscrip.	El Amarejo, AB	0,018
PA0771	Lámina	El Amarejo, AB	0,015
PA0791	Caja (frag.)	El Amarejo, AB	0,040
PA0706	Gancho	El Amarejo, AB	nd
PA0707	Plomo inscrip.	El Amarejo, AB	tr
PA0773	Lámina	El Amarejo, AB	tr
PA5139	Grapa	El Lobo, AB	nd
PA5140	Grapa	El Lobo, AB	0,021
PA1099	Exvoto antrop.	Gestalgar, V	0,013
PA1567	Lámina	La Seña, V	nd
PA4185	Grapa	Pozomoro, AB	0,037
PA4184	Grapa peq.	Pozomoro, AB	0,037
PA4488	Plomo inscrip.	Pujol, CS	0,029
PA1566	Glande	Puntal dels Llops, V	0,534
PA1565	Goterón	Puntal dels Llops, V	0,309
PA2906	Fusayola?	S-48/89-Tuéjar, V	0,006
PA2907	Goterón	S-48/89-Tuéjar, V	nd
A3272	Plomo inscrip.	Sagunto, V	nd
PA1570	Placa	San Miguel, V	0,069
PA1571	Glande	San Miguel, V	0,067
PA1569	Arandela	San Miguel, V	0,080
PA6790	Fragmento	Torelló Boverot, CS	tr

Tabla 1.

El reciclado de objetos de plata aleada con cobre puede ser también causa de que, de manera no intencionada, aparezca este metal en el análisis del objeto.

El oro procede generalmente del mineral de partida. No se puede eliminar en la copelación porque su nobleza es mayor que la de la plata. Sorprende encontrar porcentajes tan altos de oro en algunas piezas no sólo ibéricas sino también del área celta, como el tesoro de Arrabalde (Perea y Rovira, 1995). No es creíble que los plateros de la Edad del Hierro no practicasen el afinado total de la plata o desconocieran el procedimiento para separar la plata del oro cuando hay, junto a la platería, una pujante orfebrería heredera de los saberes de los talleres orientalizantes que requiere necesariamente la aplicación de los conocimientos de refinado para saber la calidad del metal que se está trabajando. Pero parece evidente que hay

bastantes casos en los que no refinaron el metal para extraerle el oro, quizás porque les pasaba inadvertido. Porcentajes del 2 ó 3% de oro no producen cambios de coloración apreciable.

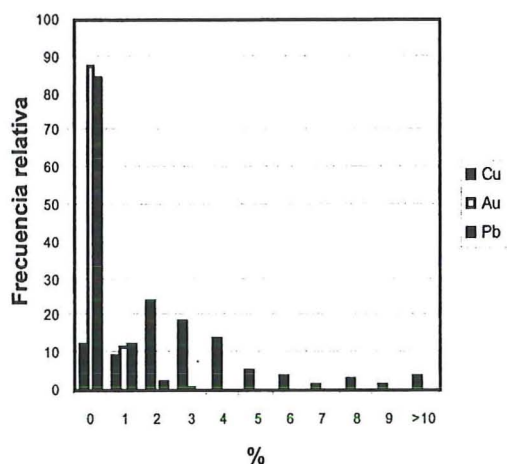


Figura 10. Porcentajes de impurezas en la plata ibérica.

Las impurezas de plomo en época ibérica son siempre debidas a un copelado imperfecto del régulo de plomo-plata.

Un último tema que quiero tratar, porque es también innovador, es el del dorado de la plata. Al estudiar los procedimientos de embellecimiento del bronce ya hablamos de los chapados con plata dorada por interdifusión térmica con pan de oro aplicado a la superficie. Ahora veremos este mismo procedimiento utilizado en fibulas zoomorfas y vajilla del tesoro de Perotito, placas de Mogón, un cuenco, una pátera y un colgante discoidal de Almadenes-Pozoblanco, etc.

Además de las piezas doradas por interdifusión térmica, se han analizado otras doradas a fuego con amalgama de mercurio (dorado con azogue); son cuatro fibulas: una de Cañete de las Torres y las tres restantes de Almadenes-Pozoblanco, tesoro este último que tiene piezas decoradas por los dos procedimientos (no en el mismo objeto). La cosa no tendría mayor trascendencia de no ser porque el dorado con azogue no se populariza hasta el siglo II de la era (Oddy, 1991, 129; La Niece, 1993, 207), lo cual hace necesaria alguna pesquisa suplementaria para explicar estos materiales ibéricos, que ya presentamos en Chapa *et alii* (1997).

Oddy (1993, 178-80) recoge algunos ejemplares célticos fechados en el siglo I a.C., haciendo buena una frase de Vitrubio en su obra *De Architectura*,¹⁸ escrita en la segunda mitad de dicho siglo. Por el sentido de la redacción de la frase parece ser que en la época en que Vitrubio escribió su Libro VIII el dorado con azogue era de uso común y no es aventurado pensar que su invención debió ser algo anterior, aunque no sabemos cuánto.

Estas fibulas ibéricas deben ser, por tanto tardías y el conocimiento de la técnica pudo llegar del área céltica, donde encontramos prototipos en La Tène II y III. Hay, además, otra cuestión que conviene recordar: la explotación de los depósitos españoles de cinabrio en Almadén para extraer mercurio

no parece comenzar hasta época romana republicana; con anterioridad se usaba el mineral como colorante (bermellón).

En todo caso, las fibulas azogadas son un síntoma de modernidad en el sentido de que los plateros ibéricos reciben y aplican rápidamente conocimientos en un momento en el que todavía no están demasiado difundidos.

NOTAS

¹ En Cataluña no se han tomado en consideración los más de un centenar de bronce del Depósito de Llavorsí (Consuegra *et alii*, 1991), cuyas características son marcadamente ultrapirenaicas. En el Levante incluimos los bronce analizados de Castellón, Valencia y Alicante. Los datos analíticos forman parte de la Base de Datos del Proyecto Arqueometalurgia de la P. Ibérica (1982-1996), muchos de ellos todavía inéditos. Quiero agradecer a todos los colegas (una larga lista) que en su momento nos facilitaron materiales para el desarrollo de dicho proyecto.

² Debo a Aurelio Pérez Macías la oportunidad de haber estudiado este lingote, todavía inédito.

³ Bajo la coordinación de Francisco Burillo se está realizando un amplio programa de análisis de materiales arqueometalúrgicos de Segeda y su entorno, cuyos resultados serán dados a conocer en su momento.

⁴ Véase el documentado inventario de minerales en Gómez Ramos (1999).

⁵ Véase, p. ej., Sanz Gamó *et alii* (1992).

⁶ Es el yacimiento que cuenta con la serie de análisis más numerosa, lo cual puede distorsionar el panorama general. Pero también puede que no.

⁷ En estos conjuntos no se han tomado en consideración los exvotos, generalmente muy plomados, a los que dedicaré un apartado.

⁸ Para detalles véase Rovira Hortalá (1993a y b).

⁹ Prospectado por Enrique Ruiz Val. Para detalles analíticos véase Gómez Ramos (1999: 176).

¹⁰ Creo que Craig Merideth equivoca su enfoque cuando trata de asociar minería y metalurgia extractiva en la Prehistoria reciente. Puesto que, efectivamente, hasta época romana no se comercia habitualmente con el estaño metálico, con anterioridad las minas suministraban el mineral, la casiterita, que era objeto de comercio. Es probable que se realizaran ensayos de bondad a pie de mina, pero dejan poco volumen de escoria. El meollo de la investigación está en el control del territorio y de sus recursos más que en la búsqueda de argumentos arqueometalúrgicos.

¹¹ Agradezco a Alfonso Caballero Klink la oportunidad de haber analizado el que, hoy por hoy, es el conjunto más numeroso de exvotos ibéricos con análisis químicos.

¹² Véanse las síntesis elaboradas por Rovira (1993) y Gómez Ramos (1999).

¹³ En estudio por Alberto Lorrio, a la que pude practicar una metalografía completa de toda la sección de la hoja por hallarse rota.

¹⁴ Estudio todavía inédito, efectuado dentro de un programa que coordina Isabel Baquedano.

¹⁵ Las muestras me fueron enviadas para su análisis por Pierre Guérin.

¹⁶ Los análisis fueron realizados por Ignacio Montero y por mí para una proyecto de María Luisa de la Bandera.

¹⁷ Todo platero sabe que durante el proceso de fabricación de una pieza hay una merma en peso de metal del 3 al 5%. Esta merma la asume el comprador, que se lleva menos plata de la que paga o la

compensa en peso el platero añadiendo cobre para que el objeto final pese lo mismo que el metal de partida, pero con menos metal noble en su composición.

¹⁸ "Sirve el azogue para muchas cosas: sin él no se puede dorar bien ni la plata ni el bronce" (Vitruvio, 1980: 188).

BIBLIOGRAFÍA

- ABAD, L.; SALA, F., 1993: Reflexiones sobre la metalurgia protohistórica: el poblado ibérico de El Oral (San Fulgencio, Alicante). *Metalurgia de la Península Ibérica durante el Primer Milenio a.C. Estado Actual de la Investigación*. Universidad de Murcia, Murcia, 189-203.
- ARANA, R.; GÁLVEZ, J., 1993: Minería y metalurgia de la plata en el asentamiento protohistórico de Punta de los Gavilanes (Mazarrón, Murcia).II. Estudio mineralógico. *Metalurgia de la Península Ibérica durante el Primer Milenio a.C. Estado Actual de la Investigación*. Universidad de Murcia, Murcia, 221-240.
- CHAPA, T.; GÓMEZ BELLARD, F.; GÓMEZ RAMOS, P.; LA NIECE, S.; MADRIGAL, A.; MONTERO, I.; PEREIRA, J.; ROVIRA, S., 1997: El ustrinum 11/126 de la necrópolis ibérica de Castellones de Ceal (Hinojares, Jaén). Estudio de sus materiales metálicos. *Verdolay*, 7, Murcia, 209-215.
- CONSUEGRA, S.; MONTERO, I.; ROVIRA, S., 1991; Estudi arqueometalúrgic del Dipòsit de Llavorsí. *El Dipòsit de Bronzes de Llavorsí. Pallars Sobirà*. E.A.C. Generalitat de Catalunya, Barcelona, 187-200.
- GÓMEZ RAMOS, P., 1996: Análisis de escorias férreas: nuevas aportaciones al conocimiento de la siderurgia prerromana en España. *Trabajos de Prehistoria*, 53 (2), Madrid, 145-155.
- GÓMEZ RAMOS, P., 1999: *Obtención de metales en la Prehistoria de la Península Ibérica*. BAR International Series 753, Archaeopress, Oxford.
- GÓMEZ RAMOS, P.; ROVIRA, S., 1996: La metalurgia ibérica del bronce: una visión espacial. *XXIII Congreso Nacional de Arqueología* (Elche, 1995), Vol. I, Elche, 359-368.
- GÓMEZ RAMOS, P.; MONTERO, I.; ROVIRA, S., 1998: Metalurgia protohistórica extremeña en el marco del Suroeste peninsular. *Extremadura protohistórica: paleoambiente, economía y poblamiento*, Cáceres, 97-117.
- KEESMANN, I.; NIEMEYER, H. G., 1989: Un centro primitivo de la elaboración de hierro en la factoría fenicia de Toscanos. *Minería y Metalurgia en las Antiguas Civilizaciones Mediterráneas y Europeas*, I, Madrid, 99-108.
- LA NIECE, S., 1993: Silvering. *Metal Plating and Patination. Cultural, technical and historical developments*. Butterworth-Heinemann Ltd., Oxford, 201-210.
- LORRIO, A. J.; GÓMEZ, P.; MONTERO, I.; ROVIRA, S., 1999: Minería y metalurgia celtibérica. *IV Simposio sobre Celtiberos. Economía*, Zaragoza, 161-180.
- MADROÑERO, A.; MARTÍN COSTEA, A.; LÓPEZ SERRANO, V.; GARCÍA CARCEDO, F.; ARLEGUI, M., 1992: Estudio arqueometalúrgico de útiles y restos minerometalúrgicos de hierro del yacimiento celtibérico de Castilmontán (Somaén, Soria). *Museo de Zaragoza. Boletín*, 11, Zaragoza, 47-88.
- MERIDETH, C., 1998: *An Archaeological Survey for Ancient Tin Mines and Smelting Sites in Spain and Portugal*. BAR International Series 714, Archaeopress, Oxford.
- MONTERO, I.; GÓMEZ RAMOS, P.; ROVIRA, S., 1998: Estudi analític d'alguns materials metàl·lics de la necrópoli del Pla de la Bruguera. *Excavacions arqueològiques de Catalunya*, 15, Barcelona, 101-104.
- NIETO, G.; ESCALERA, A., 1970: Estudio y tratamiento de una falca de Almedinilla. *Informes y Trabajos del Instituto de Conservación y Restauración de Obras de Arte, Arqueología y Etnología*, 10, Madrid, 5-30.
- ODDY, W. A., 1991: Gilding and tinning in Anglo-Saxon England. *Aspects of Early Metallurgy, British Museum Occasional Paper No. 17* (reprint), Londres, 129-134.
- ODDY, W. A., 1993: Gilding of metals in the Old World. *Metal Plating and Patination. Cultural, technical and historical developments*. Butterworth-Heinemann Ltd., Oxford, 171-181.
- PEREA, A.; ROVIRA, S., 1995: The gold from Arrabalde. *Prehistoric Gold in Europe. Mines, metallurgy and manufacture*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 471-490.
- PÉREZ MACÍAS, J. A., 1998: *Las minas de Huelva en la antigüedad*. Huelva.
- PLEINER, R., 1980: Early iron metallurgy in Europe. *The Coming of the Age of Iron*. Yale University Press, New Haven y Londres, 375-415.
- PRADOS, L., 1988: Exvotos ibéricos de bronce: aspectos tipológicos y tecnológicos. *Trabajos de Prehistoria*, 45, Madrid, 175-199.
- ROS, M. M., 1989: *Dinámica Urbanística y Cultura Material del Hierro Antiguo en el Valle del Guadalentín*. Murcia.
- ROS, M. M., 1993a: El trabajo del hierro en el poblado protohistórico de El Castellar (Murcia). I: análisis arqueológico. *Metalurgia de la Península Ibérica durante el Primer Milenio a.C. Estado Actual de la Investigación*, Murcia, 71-109.
- ROS, M. M., 1993b: Minería y metalurgia de la plata en el asentamiento protohistórico de Punta de los Gavilanes (Mazarrón, Murcia).I. Estudio arqueológico. *Metalurgia de la Península Ibérica durante el Primer Milenio a.C. Estado Actual de la Investigación*, Murcia, 205-220.
- ROSTOKER, W.; DVORAK, J. R., 1991: Some experiments with co-smelting to copper alloys. *Archaeomaterials*, 5, 5-20.
- ROSTOKER, W.; McNALLAN, M.; GEBHARD, E. R., 1983: Melting/smeltting of bronze at Isthmia. *Journal Historical Metallurgy Society*, 17 (1), 23-27.
- ROVIRA HORTALÀ, M. C., 1993a: Estudi arqueometalúrgic de l'Illa d'en Reixac. Ullastret (Baix Empordà). *Revista d'Arqueologia de Ponent*, 3, Lleida, 65-149.
- ROVIRA HORTALÀ, M. C., 1993b: Metal·lúrgia ibèrica: identificació i interpretació dels atuells de reducció i gresols arran de les troballes de L'Illa d'en Reixac (Ullastret, Baix Empordà). *Cypsela*, X, Gerona, 61-69.
- ROVIRA HORTALÀ, M. C., 1997: De bronzistes a ferrers: dinàmica de la metal·lúrgia protohistòrica al nord-est peninsular. *Cota Zero. Revista d'Arqueologia i Ciència*, 13, Vic, 59-70.
- ROVIRA HORTALÀ, M. C., 1998a: Les premiers objets en fer de Catalogne (VIIe-VIe s. av. n. è.). *Recherches sur l'économie du fer en Méditerranée nord-occidentales*, Montagnac, 45-55.
- ROVIRA HORTALÀ, M. C., 1998b: Le travail du fer en Catalogne du VIIe au Ier s. av. n. ère. *Recherches sur l'économie du fer en Méditerranée nord-occidentales*, Montagnac, 65-75.
- ROVIRA HORTALÀ, M. C.; SOLÍAS, J. M., 1991: Iron minery and metallurgy in the lower course of the river Llobregat (N.E. of Spain) during the Iberic and Roman Republican Period. *Materialy Archeologiczne*, XXVI, 53-57.
- ROVIRA, S., 1989: Recientes aportaciones para el conocimiento de la

CONTINUISMO E INNOVACIÓN EN LA METALURGIA IBÉRICA

- metalurgia primitiva en la provincia de Madrid: Un yacimiento Campaniforme en Perales del Río (Getafe, Madrid). *XIX Congreso Nacional de Arqueología (Castellón, 1987)*, Vol. I, Zaragoza, 355-366.
- ROVIRA, S., 1993: La metalurgia de la Edad del Hierro en la Península Ibérica: una síntesis introductoria. *Metalurgia de la Península Ibérica durante el Primer Milenio a.C. Estado Actual de la Investigación*, Murcia, 45-70.
- ROVIRA, S., 1995: De metalurgia tartésica. *Tartessos 25 años después. 1968-1993*, Jerez de la Frontera, 475-506.
- ROVIRA, S.; GÓMEZ RAMOS, P., 1998: The Ria de Huelva hoard and the Late Bronze Age metalwork: a statistical approach. *L'Atelier du Bronzier en Europe du XXe au VIIIe siècle avant notre ère. Actes du colloque international "Bronze'96" (Neuchâtel et Dijon, 1996) Tome I. Les analyses de composition du métal: leur apport à l'Archéologie de l'Age du Bronze*. CTHS, Paris, 81-90.
- ROVIRA, S.; GÓMEZ RAMOS, P.; MONTERO, I., 1996: Los bronceos estañados de la Edad del Hierro: estudio tecnológico. *Boletín del Museo Arqueológico Nacional*, XIV, Madrid, 31-37.
- SANZ GAMO, R.; LÓPEZ PRECIOSO, J.; SORIA, L., 1992: *Las fibulas de la provincia de Albacete*. Instituto de Estudios Albacetenses, Albacete.
- TYLECOTE, R. F.; GILMOUR, B. J. J., 1986: *The Metallography of Early Ferrous Edge Tools and Edged Weapons*. BAR British Series 155, Oxford.
- VITRUBIO, M. L., 1980: *Los diez libros de Arquitectura*. (Trad. A. Blázquez). Iberia, S.A., Barcelona.