

Boletín del Museo Arqueológico Nacional



ESTUDIO ESTRUCTURAL COMPARATIVO ENTRE PIEZAS METÁLICAS APARECIDAS EN LOS YACIMIENTOS TARDORROMANOS DE GETAFE (MADRID) Y FUENTESPREADAS (ZAMORA).

Por A. MADROÑERO DE LA CAL

1. INTRODUCCION

Uno de los cotidianos problemas con los que la arqueología se enfrenta continuamente, es, dados dos yacimientos datados como coetáneos y separados por una apreciable distancia geográfica, que presentan unas piezas metalúrgicas de tipología similar, establecer si estas piezas son *realmente* similares o si, por el contrario, su similitud no va más allá de su morfología externa. La forma de despejar la incógnita es siempre estudiar la composición y estructura interna de los restos metálicos, para, en base a su proceso de fabricación y a su calidad metalúrgica, establecer las diferencias o similitudes que existieron en la ejecución de las piezas metálicas.

En el caso concreto que nos ocupa, se trata de comparar unas piezas pertenecientes al yacimiento de Fuentespreadas (Zamora) con otras aparecidas muy recientemente en Getafe (Madrid). En ambos yacimientos aparecen piezas de aleación de cobre y hierros, que estudiaremos separadamente.

2. ESTUDIO DE LAS PIEZAS DE ALEACION DE COBRE

De entre los trozos sueltos de bronce o latón aparecidos en Fuentespreadas, insuficientes para cualquier otro uso, y por tanto destruibles, tomamos un trozo de chapa metálica cubierta de pátina verdosa que, por sus restos de decoración grabada y por su geometría, podía ser identificada como un pedacito de patera.

Analizada la pátina verdosa por difracción de Rayos X resultó contener:

Cu(OH)₂, 50%; Malaquita, 30%; Inidentificables, 20%.

No fueron detectados cloruros ni restos de recubrimientos superficiales tipo plata o estaño. Se trata pues de los productos típicos de la corrosión de un latón o bronce por exposición a la atmósfera y a la humedad.

La composición química del material de la muestra era:

13'41 % Zn, 0'03 % Ni, 0'24 % Fe, 0'39 % Pb, 0'01 % Sn, 0'01 % Sb.

Se comprobó asimismo la no existencia de plata y, desgraciadamente, la escasez de material nos obligó a prescindir del análisis del azufre.

La estructura metalográfica se expone en la fig. 1 donde puede apreciarse:

a) El contenido en Zn y Sn nos caracteriza la muestra como un latón «típico romano» (fig. 2). Estas aleaciones son satisfactoriamente aptas (por su carácter monofásico) para el trabajo por batido, lo cual las hace utilizables para conseguir espesores tan finos que no pueden obtenerse por moldeo. Las huellas del martilleado fueron borradas por un posterior recocido cuyas huellas son las maclas de recocido y la grieta de tensocorrosión, localizadas normalmente en una zona con acritud residual.

b) El bajo contenido en antimonio (< 0'1 %) y en Ag (< 0'1 %) nos induce a desechar la procedencia de menas de cobre complejas y el alto contenido en Fe y la presencia de sulfuros nos hace pensar en una mena sulfurada tratada por tostación (puede tratarse de mena calcopirítica muy bien procesada, pues

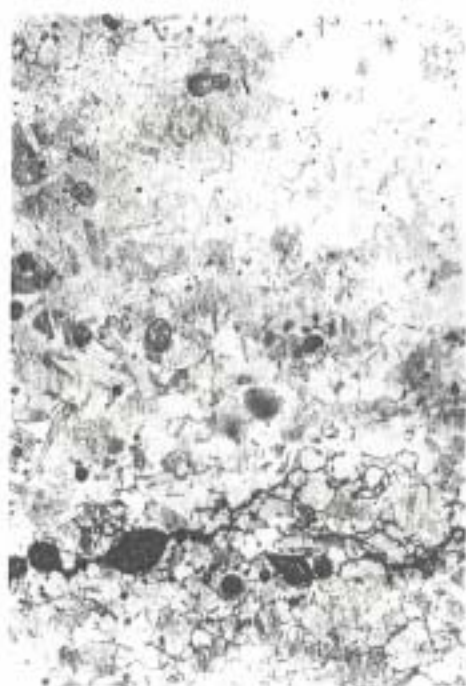


Fig. 1.—Microestructura de la pátina de Fuentespreadas.

tiene pocos sulfuros). En cuanto a la posible procedencia de la mena sólo sabemos que los cobres de Huelva llevaban mucho bismuto (que desgraciadamente no pudimos analizar por falta de muestra) que no parece haber aquí. En cuanto al Pb puede ser una adición intencionada (insuficiente para mejorar la aptitud al batido) o bien puede tratarse de una mena asturiana rica en Pb.

En cuanto a los cobres de Getafe tomamos también un trocito de bronce de un recipiente, recubierto por verdín. Analizado dio:

60 % de $\text{Cu}(\text{HO})_2$; 5 % de Cu_2O ; 10 % de Cu libre y 25 % de inidentificables.

Es decir, se trata, como en el caso anterior de productos de meteorización. La microestructura está expuesta en fig. 3 donde se observa:

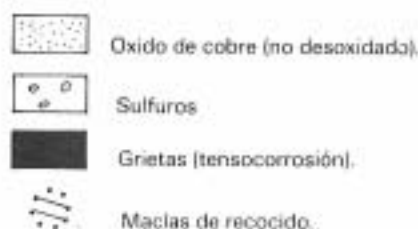
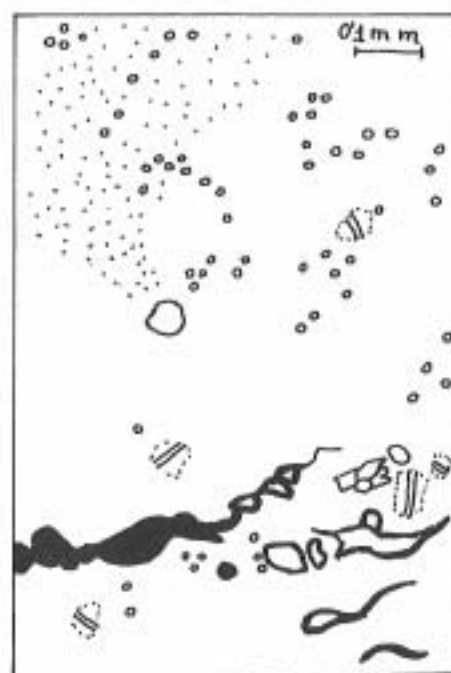
a) Existe un apreciable contenido en plomo, hasta el punto que llega a segregarse, lo que permite al material un mejor mecanizado en frío.

b) Las abundantes bandas de deslizamiento indican una deformación en frío (batido) mucho más intensa y factible.

c) La homogeneidad y limpieza del material son excepcionales.

En cuanto a la composición química, el análisis del material dio:

13'58 % de Zn, 0'06 % Ni, 0'30 % Fe, 3'76 % Pb, 2'70 % Su y nada de Ag.



Desgraciadamente tampoco aquí tuvimos muestra suficiente para analizar el contenido en azufre.

El material es similar al anterior excepto en los tan significativos añadidos de plomo y estaño. El contenido en Sn es tal que aumenta las posibilidades de trabajo en frío.

La traducción de estos resultados a nuestro problema valoración de la profesionalidad de los artesanos, es que los de Getafe, pese a estar igualmente romanizados (% en Zn), conservaban más la tradición «bronceista» prerromana. O bien que este recipiente se fabricó utilizando chatarras de bronce, lo cual es más plausible, puesto que aquí tanto estaño no era imprescindible, y había chatarras de cobre con estaño (bronces inintencionados) con casi un 4 % de estaño.

3. ESTUDIO DE LAS PIEZAS DE HIERRO

Pudimos estudiar una pequeña porción de barra como de 3 cm. de largo y 1 cm. de grueso que apareció en la excavación de Getafe, lo cual nos proporcionó la cantidad suficiente de material como para analizar y metalografiar cómodamente.

La composición química de la pieza era:
0'78 % C, 0'08 % S, 0'12 % Ni, 0'80 % Mn,
0'05 % Cu y nada de V y Mo.

La escasez del Cu, la existencia del Ni y, sobre todo la aparición del Mn nos indican una procedencia de la mena magnetítica, es decir, una metalurgia de La Tène. La microestructura se muestra en la fig. 4, donde puede observarse un resto de magnetita (había muy poca escoria dentro de la muestra, la mostrada en la micrografía es realmente excepcional) con ausencia total de restos sulfurosos. La cantidad de carbono concuerda perfectamente con el resultado del análisis, lo que corrobora la casi total ausencia de escoria carbonosa en el interior de la pieza. Se trata de un *acero* de calidad no inferior al que nuestras fargas catalanas y ferrerías vascas producían hace poco más de un siglo; el carbono está uniformemente repartido por el interior de la pieza, lo que demuestra un perfecto batido de la pieza en la forja.

Pasemos a examinar las muestras de *Fuentespreadas*. Empecemos por un trozo de clavo aparecido en la tumba 1. Su composición era 0'65 % de C, 0'10 % S, 0'02 % Mn, 0'03 % As, 0'09% Cu y su microestructura aparece en la fig. 5. Su nulo contenido en Mn le excluye de la metalurgia de La Tène y su bajo contenido en Cu y S le excluye de menas sulfurosas. En perfecto acuerdo con los hierros «blandos como el plomo útiles sólo para clavos y llantas» de San Isidoro y que se fabricaban a partir de almagre lavado en cualquier punto de nuestra península, muestra un contenido en arsénico que indica su tipo de metalurgia, anterior tecnológicamente hablando, al período de La Tène. La ferrita secundaria que nace en la periferia de los granos de perlita no resuelta indica un recocido prolongado a alta temperatura pero insuficiente para terminar de transformar a la magnetita de derretido que ocupa zonas enteras de la probeta.

En la fig. 6 mostramos la estructura de una pequeña esquirla de un bocado de caballo expuesto en las vitrinas del Museo Arqueológico Nacional y catalogado con el nº 70/67, freno de caballo 1. Se trata de un bocado típico de las llamadas «necrópolis del Duero». La pequeñez de la muestra sólo nos permitió analizar el Cu, Mn y As que dieron respectivamente 0'10 %, 0'05 % y 0'05 %. La microestructura muestra (fig. 6) un hierro típico obtenido de magnetita de derretido formada por el almagre que se usaba de escorificador en un horno de bronce. Los numerosos puntos negros corresponden a precipitados de cobre consecuencia de la maduración endurecedora, ya que el contenido en cobre está bien ajustado, señal de que llevaban practicando el proceso por muchas generaciones.

Igual composición tenía una esquirla de otro bocado catalogado con el nº 70/67, freno de caballo perteneciente al mismo tipo. Dado lo exiguo de la muestra no pudimos proceder a su examen metalográfico.

Por último, en la fig. 7 mostramos la sección de un pedacito de cencerro. Su composición química es:

0'46 % C, 0'06 % S, 0'03 % Mn, 0'03 % As, 0'03 % Ni y 0'36 % de Cu en el núcleo y 3 % de Cu

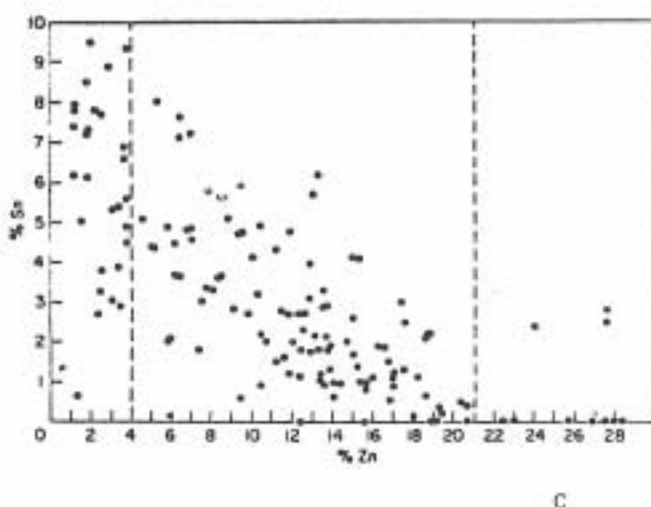
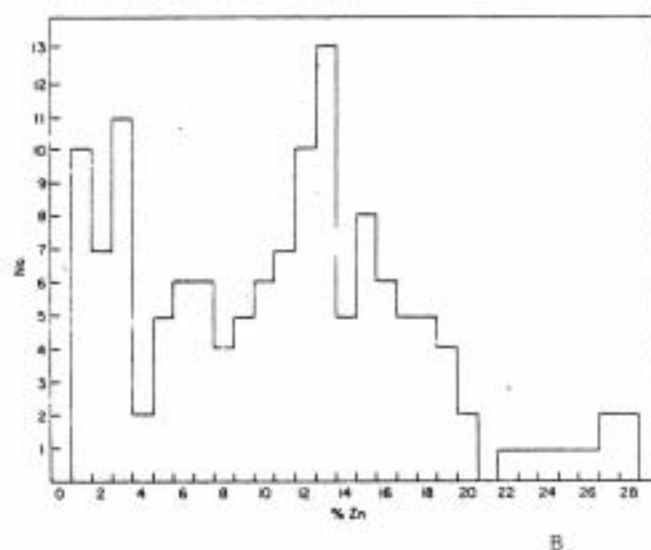
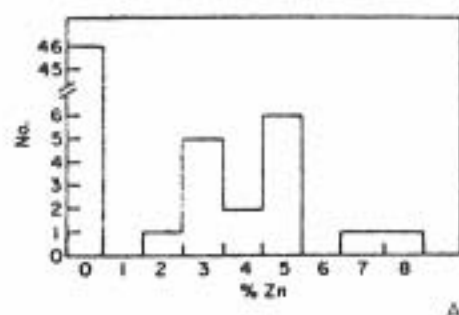
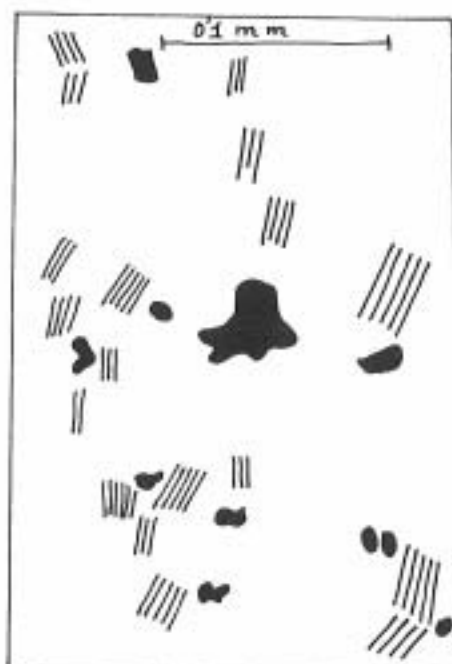




Fig. 2.— Evolución del contenido en Zn de los latones. A) Frecuencia de los contenidos de zinc en latones de Chipre; B) Frecuencia de los contenidos de Zinc en latones romanos; C) Relación entre el contenido en zinc y en estaño en bronce romanos.



Fig. 3.-Microestructura de la patera de Getafe.



-  Plomo segregado.
-  Bandas de deslizamiento (deformación en la dirección t).

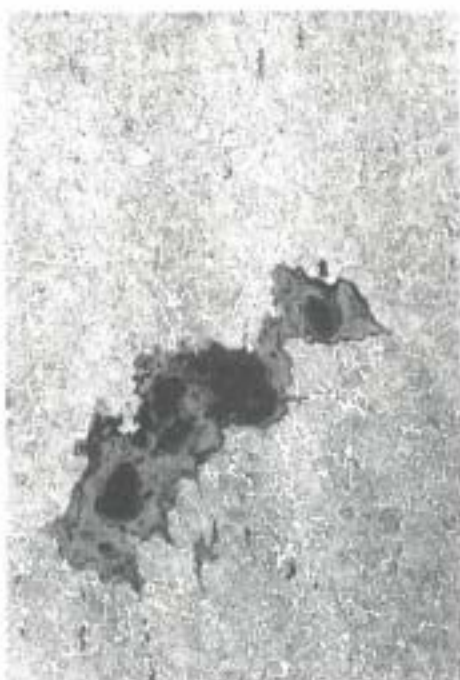





Fig. 4.-Microestructura de una pieza de hierro de Getafe.



-  Perlita no resuelta, bordeada de ferrita secundaria.
-  Restos de escoria.
-  Magnetita

(incluso más) en la periferia. La microestructura corresponde a un hierro obtenido de una magnetita de derretido y el elevadísimo contenido en cobre en la periferia indica la práctica habitual (los celtiberos lo hacían con el soliferrum, pero que sepamos no era habitual entre los vetones, por ejemplo) de mojar a la pieza acabada en cobre líquido (galvanizado) y calentar después para formar una pátina anticorrosión de magnetita-cobre, como habían señalado Caballero Zoreda en «La necrópolis tardorromana de Fuentespreadas (Zamora)» en «Excavaciones Arqueológicas en España» (1974) pág. 75 y González Salas en «Informes y Memorias de la Junta Superior de Excavaciones y Antigüedades» (1945) pág. 30 correspondiente a un yacimiento en el castro de Yecla (Burgos).

4. ANALISIS METALURGICO DE LOS BOTONES ARROBLONADOS Y PETRALES DE CABALLO Y BROCHES DE CINTURON DE LA TUMBA I

En la pág 87 de la publicación de Caballero Zoreda antes citada aparecen reflejadas los petrales y botones que junto con dos broches de cinturón constituyen objeto de nuestro estudio. Corresponden a piezas de bronce aparecidas en la tumba I de Fuentespreadas y de ellas nos fueron facilitadas una pequeña cantidad de viruta para su análisis químico. Desgraciadamente no pudo procederse a su examen metalográfico debido a que son piezas pequeñas, completas y catalogadas y a las que no se pueden dañar para examinar su estructura al microscopio.

En la tabla siguiente exponemos el resultado del análisis químico de las diez primeras piezas de la fig. 8 (todas tenían base Cu):

Evidentemente los resultados no tienen gran precisión por tratarse de un análisis espectrométrico semicuantitativo (la cantidad de viruta extraída no nos permitió realizar un análisis más preciso), pero son suficiente para comparar unas piezas con otras. Vamos a comentarlas. El bismuto y el hierro nada dicen, pues están con contenidos tan bajos que no influyen y su variación es tan poco acusada que no permite establecer conclusiones significativas. El plomo facilita el limado de las piezas (que aquí no parece importante) y entre un 5 % - 15 % aprox. mejora la colabilidad, (o sea la fluidez del caldo, lo que redonda en la capacidad de llenado de moldes. Es de especial interés en el moldeo de pequeñas piezas con detalles). El mismo efecto se logra con una adición de cinc en contenidos del 2 - 4 %. Cuando el Zn es superior al 10 % la aleación deja de ser «bronce moldeable» para ser solamente latón forjable.

En cuanto al estaño, hasta un 10 % es una aleación monofásica, (aunque la solubilidad del Sn en el Cu es 1 % a temperaturas bajas la precipitación del estaño a partir de la red del cobre es tan lenta, que puede decirse que se trata de una aleación monofásica). Es decir, bronce con Sn < 10 % son fácilmente trabajables en frío aunque poco forjables (en caliente). Su colabilidad no es mala, y mejora con adiciones (Pb y Zn). Cuando un metalurgo se para justo antes del 10 % Sn nos está diciendo que está pensando en terminar la pieza a martilleado en frío, y que no trabaja fundiendo chatarra, pues de otro modo no podría ajustar tan exactamente la composición. Tampoco le resulta el estaño demasiado caro porque podía habérselo ahorrado con algo de Zn y Pb.

Dicho esto es fácil mirar la tabla y ver que:

a) los broches de cinturón son los dos modernos (10 % Sn) pero el primero tiene el Pb y la Ag dife-

Nº de la pieza en la fig. 8	Tipología de la pieza	Análisis Químico %						
		S	Zn	Sn	Pb	Fe	Ag	Bi
Broche 1	Broche de cinturón	M.I.	In	10	M	0'1	0'3	0'005
Broche 2	Broche de cinturón	M.I.	In	10	~1	0'1	0'02	0'005
Petral 1	Petral o cabezal de caballo	0'0395	ILD	10	~7	0'1	~1	0'005
Petral 2	"	0'443	ILD	10	~7	0'1	~1	0'005
Botón 3	Botón grande, doble	0'1263	2	4	~5	0'1	0'03	0'005
Botón 4	Botón pequeño doble	0'0124	ILD	~4	M	0'1	0'3	0'005
Botón 5	Botón grande doble	0'0438	0'1	~2	1	0'1	0'02	ILD
Botón 9	Botón grande sencillo	0'0106	In.	~4	0'2	0'1	0'02	ILD
Botón 11	Botón pequeño sencillo	0'0229	ILD	~4	M	0'2	0'02	0'005
Anillo 14	Anillo de sección circular	0'0325	0'1	~10	M	0'2	0'1	0'005

M.I. = muestra en cantidad insuficiente

In. = indicios.

ILD. = inferior al límite de detección (≈ 10 p.p.m.)

M = del 12 - 18% (sin poderse precisar más)

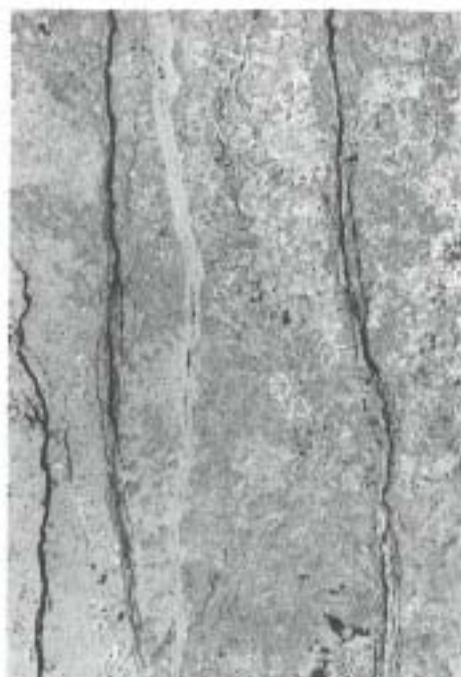
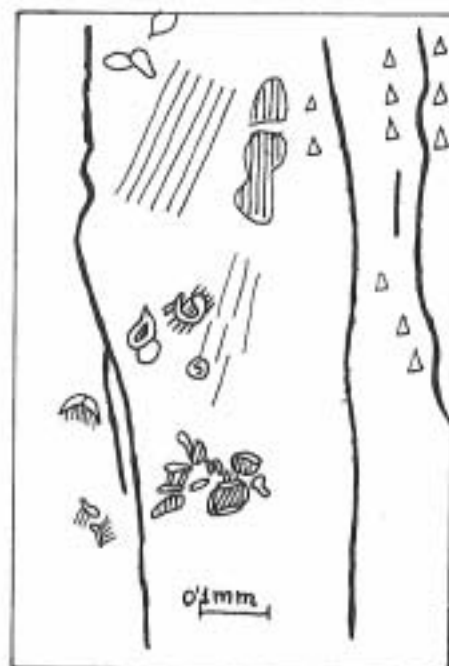


Fig. 5.—Microestructura de un clavo de hierro de la tumba 1 de Fuentespreadas (Zamora).









-  Perlita no resuelta.
-  Escoria alineada por forja.
-  Ferrita secundaria.
-  Magnetita de derretido.
-  Escoria y restos carbonosos.
-  Sulfuros.



Fig. 6.—Microestructura de un freno de caballo de Fuentespreadas (Zamora).



-  Hierro.
-  Escoria.
-  Magnetita.
-  Hierro con cobre.

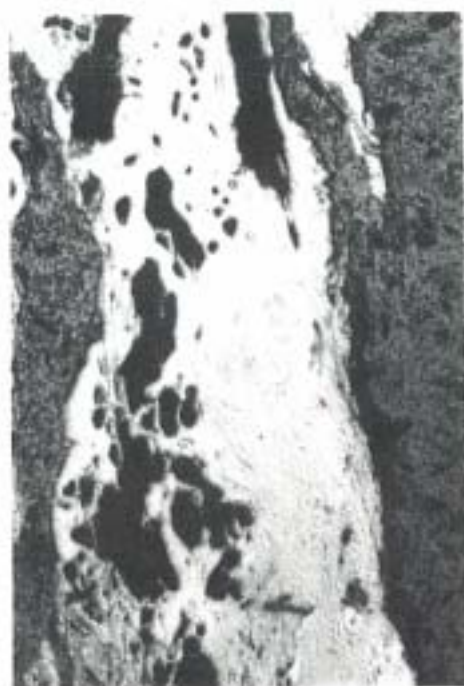
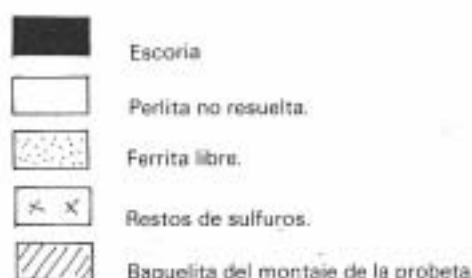


Fig. 7.-Fragmento de cincero cobreado de Fuentesprezadas (Zamora).



rentes del segundo. El efecto de ese contenido en plata es empeorar la forja en caliente, (aunque por compensación las características mecánicas a temperaturas moderadas van a resultar mejoradas, lo cual no es necesario en una pieza que va a trabajar a temperatura ambiente) y lo más probable es que su inclusión no sea intencionada, sino proveniente de un plomo rico en plata y que vemos abundante en la aleación. El alto contenido en Pb nos hace pensar en las hachas de talón galaicas y astures donde se exageraba el contenido en plomo para ahorrar estaño. El anillo circular (pieza 14 es de la misma familia.

b) los dos petrales (piezas 1 y 2) son de idéntico material.

c) la composición del botón grande nº 3 es totalmente destacable en muchos aspectos. Es casi un prodigio de equilibrio y de un buen hacer. Se trata de una aleación intermedia entre los actuales bronce C-352 (4 ~ 6 % Zn, 4 ~ 6 % Sn, 4 ~ 6 % Pb) y el C-321 (2 % Zn y 10 % Sn) constituyendo una aleación muy buena para el moldeo y excepcional para el mecanizado en frío (machacado, batido,

grabado, punzado). Lo más curioso es que, además ostenta el máximo contenido en azufre del grupo. Esto nos llama bastante la atención porque en la obtención del cobre a partir de los sulfuros los romanos eran excepcionalmente cuidadosos y el normal contenido en hierro no nos hace pensar en aprovechamiento de chatarra de la época de la transición del Bronce al Hierro.

d) en cuanto a los botones 4, 5, 9 y 11, se ve que el Zn no ha sido buscado y que el aleante importante es el plomo con el que incrementan la colabilidad del material destinado a pequeñas piezas (el contenido en plomo tiene un nivel bajo en los botones grandes y un nivel alto en los botones pequeños). Una vez más las razones de tipo técnico son determinantes, pues desde el punto de vista tipológico parece lógico asociar el 4 con el 5 y el 9 con el 11.

La continuación normal de este estudio sería el examen metalográfico de la estructura de las piezas, pero ello no es fácil sin deteriorarlas. Sólo así podríamos establecer qué parte de cada pieza está simplemente moldeada y qué parte sufrió un trabajo intenso en frío.

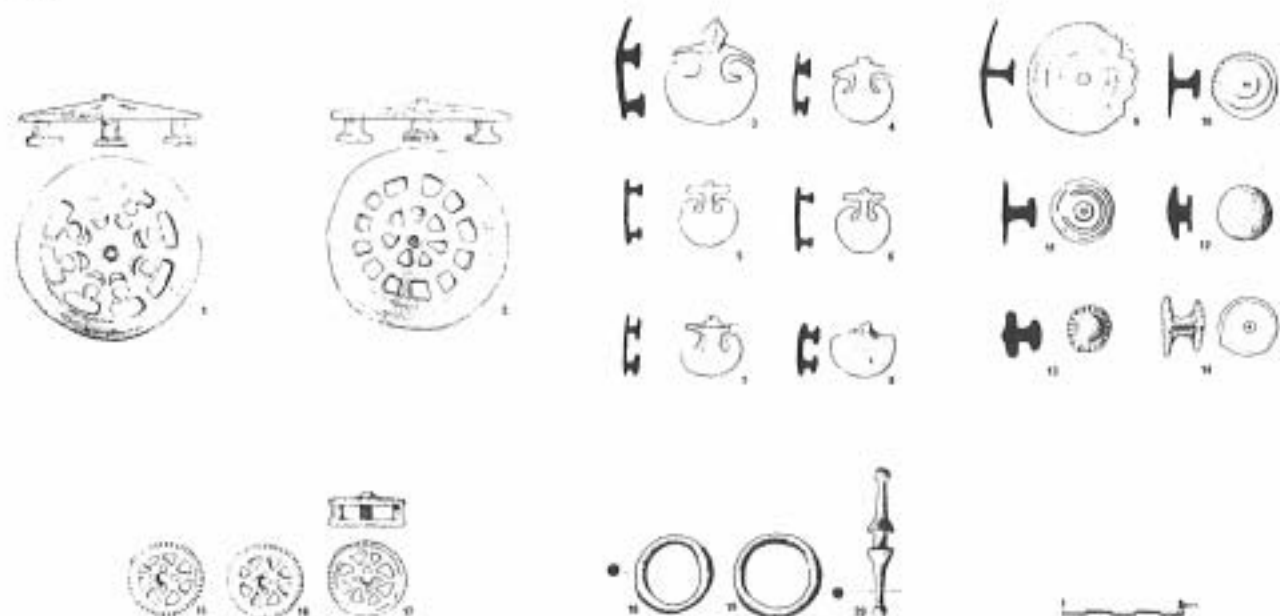


Fig. 8.—Petrales y botones de atalaje de Fuentespreadas (Zamora) estudiados en este trabajo (según L. Caballero). E. aprox. 1/12.

5. COMENTARIO FINAL

Como resumen diremos que la metalurgia del hierro ofrece un vivo contraste al pasar de Getafe a Fuentespreadas. En Getafe tenemos un acero típicamente romano. En Fuentespreadas donde eran unos bronceístas (latoneros, mejor dicho) expertos, el hierro que aparece es el obtenido como subproducto del beneficio del cobre aunque haya que descubrirse ante la habilidad de aquellos artesanos que hacían un producto de segunda calidad todo lo bien que podía hacerse.

En cuanto a la metalurgia del cobre, aparece una panorámica similar, ambos tienen un nivel tecnológico romano pero mientras que en Getafe (lejos de

cualquier yacimiento de cobre) la pátera puede ser traída de cualquier lejano taller, la pátera de Fuentespreadas tiene resonancias propias.

Evidentemente, cualquier enjuiciamiento que efectuemos sobre la valoración arqueometalúrgica de un poblado, obligaría a un examen de *todos* los restos metalúrgicos del mismo con un deterioro relativo de piezas museables. No obstante, un estudio como éste, en el que todos los resultados apuntan en una misma dirección, puede perfectamente considerarse rigurosamente válido.

Finalmente, el estudio de la composición de los botones de los atalajes, nos resulta un buen ejemplo en donde puede comprobarse que un examen técnico de las piezas debe preceder a su valoración tecnológica.