

ESTUDIO TIPOLÓGICO Y FUNCIONAL DE LAS TOBERAS DEL YACIMIENTO DE LA FONTETA (GUARDAMAR DEL SEGURA, ALICANTE)

A TYPOLOGICAL AND FUNCTIONAL STUDY OF THE TUYERES FROM THE SITE OF LA FONTETA (GUARDAMAR DEL SEGURA, ALICANTE)

MARTINA RENZI (*)

RESUMEN

El yacimiento fenicio de La Fonteta (Guardamar del Segura, Alicante), gracias sobre todo al descubrimiento de numerosos vertederos metalúrgicos, ha proporcionado abundantes materiales relacionados con la producción de hierro, cobre, cobre/plomo y bronce binarios y ternarios, y probablemente también con la obtención de plomo y de plata. Entre estos restos arqueometalúrgicos hay que destacar por cantidad y variedad un significativo conjunto de toberas, constituido por más de 400 fragmentos. Las piezas documentadas hasta ahora se enmarcan en un arco cronológico que va desde los comienzos del siglo VIII a.C. hasta finales del siglo VII a.C.

Actualmente, este conjunto de toberas se puede considerar el más abundante y variado conocido en un yacimiento fenicio de la Península Ibérica, y el estudio de este material nos permitirá definir la variabilidad de las formas y observar si ese cambio formal responde a algún factor tecnológico vinculado con actividades metalúrgicas o con el tipo de producto metálico procesado. Para ello, en este artículo definiremos los tipos, su frecuencia en las diferentes fases, su contexto de aparición y, en los casos en los que haya sido posible, se presentarán los resultados obtenidos por el análisis elemental de los restos escoriáceos adheridos a las bocas de estas toberas.

ABSTRACT

The Phoenician site of La Fonteta (Guardamar del Segura, Alicante), thanks mainly to the discovery of many

(*) Departamento de Prehistoria. Instituto de Historia, CSIC. C/ Serrano, 13. 28001-Madrid. Correo electrónico: martina.renzi@iol.it

Recibido: 10-I-2007; aceptado: 19-III-2007

metallurgical dumps, has yielded abundant material that can be related to the production of iron, copper, copper/lead and binary and ternary bronzes and probably to lead and silver. Among the archaeometallurgical remains discovered at the site, it is particularly worthy of attention a significant group of tuyeres, constituted by more than 400 fragments.

The tuyeres documented so far can be placed in a chronological phase that spans approximately from the beginnings of the VIII century to the end of the VII century B.C.

At present, this group of tuyeres can be considered the most abundant and varied known on a Phoenician site in the Iberian Peninsula. The study of this material allows us to define the variability of their shapes and to observe whether this morphological change reflects any technological factor related to metallurgical activities, or to the processed metallic product. To this end, in the present article we define the typologies of the above mentioned materials, their frequency during the different phases, and the context in which they were found. Wherever possible, we also present the results obtained through elemental analyses of the slagged parts adhered to the mouthpieces of these tuyeres.

Palabras clave: Toberas. Edad del Hierro. Fenicios. La Fonteta. Arqueometría. Metalurgia. Hierro. Cobre. Bronce. Plomo.

Key words: *Tuyeres. Iron Age. Phoenicians. La Fonteta. Archaeometry. Metallurgy. Iron. Copper. Bronze. Lead.*

1. INTRODUCCIÓN

El yacimiento arqueológico de La Fonteta está situado dentro del Parque Natural de dunas de arena de Guardamar, en la margen derecha de la desem-



Fig. 1. Localización de La Fonteta.

bocadura del río Segura, a 28 Km. al sur de Alicante (Fig. 1).

El poblado está rodeado por un imponente sistema defensivo (Fig. 2) cuya excavación ha permitido una más fácil distinción cronológica de las fases de frecuentación del yacimiento, pudiéndose distinguir claramente entre la época anterior a la construcción de la muralla, denominada Fonteta arcaica (desde comienzos del siglo VIII a.C. al tercer cuarto del siglo VII a.C.) y la posterior que corresponde a la fase Fonteta reciente (tercer cuarto del siglo VII hasta la mitad del VI a.C.). La última fase de ocupación del poblado corresponde al momento de destrucción y derrumbe de la muralla y coincide con una gran invasión de dunas de arena que afectó a toda el área alrededor del yacimiento (González Prats 1999).

Ya desde sus primeras fases de ocupación y durante toda su frecuentación, la obtención de metales fue uno de los intereses primarios de los fenicios que fundaron La Fonteta. A lo largo de las campañas de excavación llevadas a cabo desde 1996 hasta el 2002, gracias sobre todo al descubrimiento de numerosos vertederos metalúrgicos, se han podido recoger abundantes materiales relacionados con la producción de hierro, cobre, cobre/plomo y bronce binarios y ternarios. La obtención de plomo y plata también están documentadas, aunque de manera más reducida: tan solo una decena de nódulos de galena, algunos fragmentos de litargirio y de copela.

Además del material escoriáceo, se han recogido numerosos restos cerámicos empleados en las operaciones metalúrgicas. Entre estos restos hay que destacar por cantidad y variedad el conjunto de toberas que alcanza un total de 421 fragmentos.

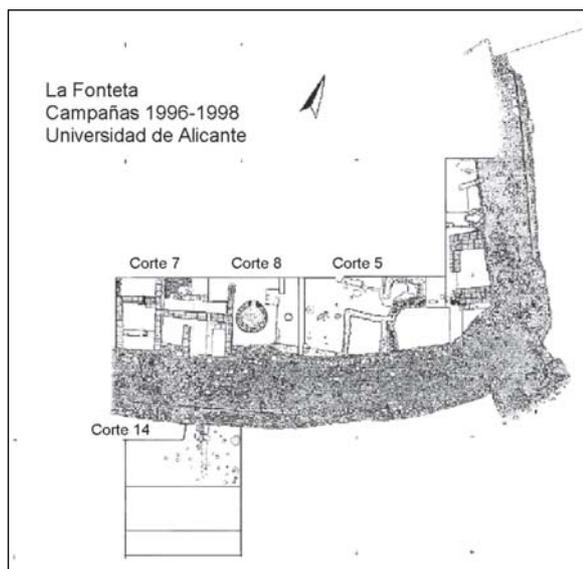


Fig. 2. Plano de la zona de excavación.

Excluyendo el caso de Huelva, con un conjunto de 87 ejemplares (González de Canales *et al.* 2004: 147-148), ningún yacimiento contemporáneo ha proporcionado hasta la fecha tal cantidad de toberas, por lo que su estudio nos permitirá definir la variabilidad de las formas y observar si ese cambio formal responde a algún factor tecnológico vinculado con actividades metalúrgicas o con el tipo de producto metálico procesado. Para ello definiremos los tipos que pueden identificarse, su frecuencia en las diferentes fases, su contexto de aparición y, en los casos en los que ha sido posible, el análisis elemental de los restos escoriáceos adheridos.

2. TIPOS DE TOBERAS

Dentro de este amplio conjunto de fragmentos de La Fonteta ha sido posible definir cuatro grupos fundamentales de toberas: cilíndricas, corniformes, de sección en D y prismáticas. En algunos grupos se han podido distinguir distintos subtipos.

a) TOBERAS CILÍNDRICAS

Las toberas cilíndricas presentan una amplia variedad de tamaños y grosores (Lám. I) pudiéndose distinguir dos subtipos: uno con paredes paralelas (Fig. 3b, 3d) y otro con tendencia cónica, donde las paredes se estrechan ligeramente a lo largo



Lám. I. Toberas cilíndricas.

de su desarrollo (Fig. 3a, 3c). Del primer subtipo hay pocos ejemplares y la sección a menudo resulta de tendencia irregularmente circular. La perforación en la mayoría de los casos no se encuentra en posición central, sino desplazada hacia un lado y también su sección puede resultar irregular (Fig. 3a-c). El diámetro externo de estas toberas varía entre los 3,3 cm y los casi 7 cm de los ejemplares mayores. Las perforaciones también presentan un diámetro variable cubriendo un rango que va desde un mínimo de 1,2 cm hasta un máximo de 1,8 cm.

Hay que hacer notar que en la mayoría de las piezas con sección completa pertenecientes a ambos subtipos, el tamaño de la perforación disminuye a lo largo de su desarrollo. Por ejemplo, en la tobera F31001 (Fig. 3c) la boca presenta un diámetro de 3,3 cm y una perforación casi central de 1,4 cm. El fragmento presenta un desarrollo conservado de 5,5

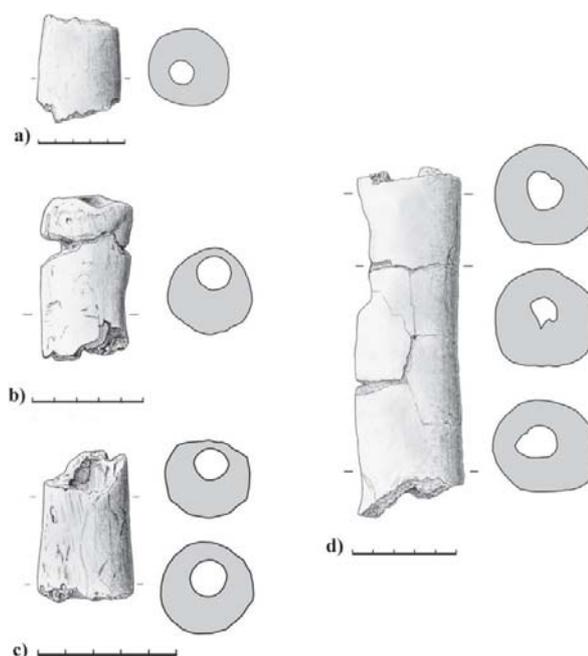


Fig. 3. Toberas cilíndricas: a) y c) con tendencia cónica; b) y d) con paredes paralelas.

cm disminuyendo los diámetros en el extremo hasta los 3 cm el exterior y 1,2 cm el de la perforación.

El ejemplar F21117 (Lám. II) es el mejor conservado de la colección, aunque esta reconstruido. Presenta una longitud de 16 cm y pertenece al tipo de paredes paralelas. Su diámetro externo se mantiene constante en 4,8 cm, sin embargo, las dimensiones de la perforación son irregulares, 1,7 y 1,2 cm en los extremos, con un engrosamiento central que alcanza los 2 cm. Gracias a su estado fragmentario, se ha podido apreciar un doblez en la sección (Lám. III), como si se hubiera fabricado la tobera enrollando una capa espesa de arcilla mezclada con material vegetal alrededor de un núcleo de caña o de una madera fina. Un desplazamiento de esta capa durante su secado o por la extracción del núcleo podría explicar la sección irregular de la perforación y la diferencia en su diámetro en el desarrollo de la pieza.

En general, la pasta cerámica característica de este grupo tiene un color claro, una composición bastante homogénea y una textura ligeramente porosa; la arcilla es depurada con presencia de abundantes desgrasantes vegetales. El efecto térmico de las operaciones metalúrgicas ha producido en la sección de las paredes una típica coloración estratificada con un núcleo central oscuro debido a un



Lám. II. Tobera cilíndrica F21117.

ambiente más reductor, y una capa externa más clara por haber sido expuesta a una mayor oxidación, como también se aprecia en la capa externa de las perforaciones. Algunos ejemplares, por el contrario, no parecen haber sido expuestos a la acción del fuego, presentando una pasta que por su color y textura podría definirse como cruda.

b) TOBERAS CORNIFORMES

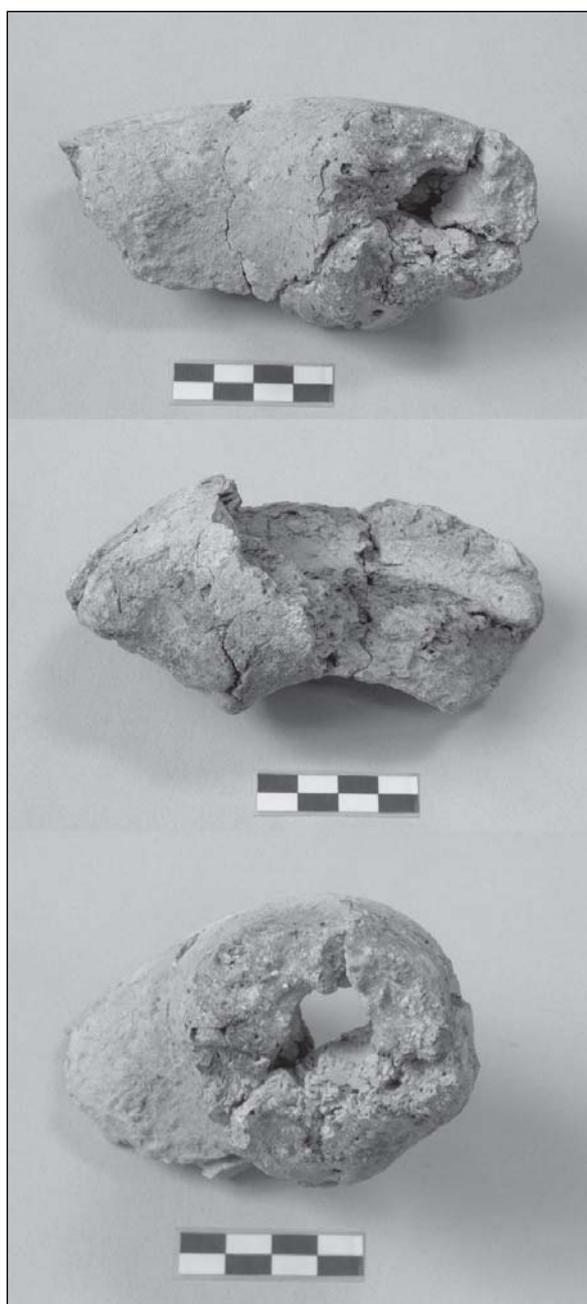
Este grupo se caracteriza por una marcada curva que empieza a desarrollarse a unos pocos centímetros de la boca (Lám. IV). El tamaño de estas piezas es de nuevo variable, tanto en sección como en las perforaciones que, también en este caso, apa-



Lám. III. Detalle del doblez de la sección de la tobera cilíndrica F21117.

recen descentradas. El diámetro de la boca puede variar entre 3,5 y 7,5 cm, mientras las perforaciones suelen medir aproximadamente 1 cm, hasta llegar a un máximo de 1,6 cm (Fig. 4a). No se aprecia ningún estrechamiento en el desarrollo de estas toberas. La pasta cerámica presenta las mismas características descritas para las toberas cilíndricas.

Se han encontrado sólo tres fragmentos atribuibles claramente a esta tipología, ya que su identificación resulta problemática debido al tamaño, a menudo reducido, de los fragmentos encontrados o a su mal estado de conservación. Además, como en el caso de las toberas cilíndricas, la sección de estas piezas es de tendencia circular y, a falta de fragmentos suficientemente grandes para que se apre-



Lám. IV. Toberas corniformes.

cie el arranque de la curva, la distinción entre toberas corniformes y cilíndricas resulta compleja.

c) TOBERAS DE SECCIÓN EN D

Este grupo se caracteriza por unas piezas cuyas secciones son en forma de "D", siendo la base de

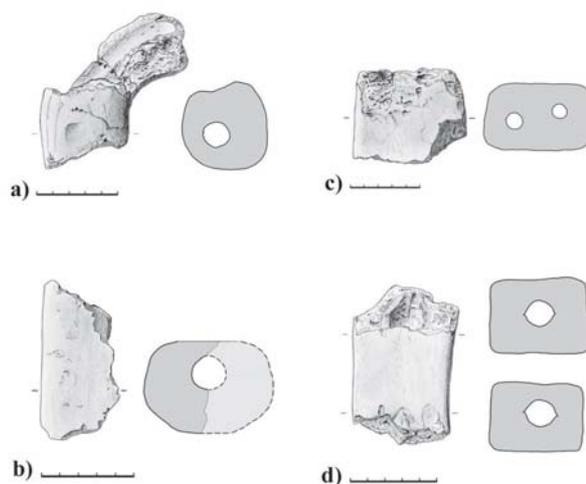


Fig. 4. a) Tobera corniforme; b) Tobera de sección en D; c) Tobera prismática de doble perforación; d) Tobera prismática de perforación individual.

tendencia plana y el resto de la sección en forma de semicírculo (Lám. V, Fig. 4b). En el estado actual de la investigación, sólo hay dos fragmentos que puedan ser incluidos con seguridad en este tipo. Su identificación presenta los mismos problemas encontrados para las toberas corniformes, por el estado fragmentado de los restos, pudiéndose confun-



Lám. V. Toberas de sección en D.

dir principalmente con toberas cilíndricas si se conserva solo una parte de la sección.

d) TOBERAS PRISMÁTICAS

Este tipo es fácilmente identificable por su típica sección cuadrangular o rectangular, aunque las paredes no siempre son rectas y los ángulos muy a menudo están redondeados. Como para los otros tipos, aquí también se ha constatado que las perforaciones tienen un diámetro variable y, en la mayoría de los casos, están desplazadas respecto al plano central de la sección.

Para la realización de estas toberas se han utilizado dos tipos distintos de pasta cerámica. Uno se caracteriza por su color rojizo-marrón, arcilla poco depurada mezclada con material vegetal con muchos desgrasantes evidentes a simple vista; el otro tipo se caracteriza por un color claro, como el de la pasta que se utilizó para la fabricación de las toberas de sección circular, también mezclado con elementos vegetales.

Los ejemplares con sección completa nos han permitido diferenciar dos subtipos: toberas de doble perforación (Lám. VI) y toberas de perforación individual (Lám. VII). En ambos se utilizan indistintamente los dos tipos de pasta cerámica y los ejemplares encontrados documentan un tamaño muy variado.

Se han clasificado como **toberas de doble perforación** las piezas que presentan una sección completa o reconstruible con parte conservada de una segunda perforación. Se han documentado distintos tamaños que varían entre los 6 y los 8 cm. de anchura. Las dos perforaciones suelen estar descentradas y en planos diferentes (Fig. 4c), además de



Lám. VI. Toberas prismáticas de doble perforación.



Lám. VII. Toberas prismáticas de perforación individual.

presentar en la misma pieza diámetro de perforación diferente, pudiendo variar entre 1 y 1,7 cm.

Algunos fragmentos relativamente completos permiten definir el subtipo de **perforación individual** (Fig. 4d). La sección de estas toberas varía entre 4 y 5,5 cm. La perforación muy a menudo está descentrada y presenta diámetros con un rango de entre 1,3 y 1,6 cm. Este subtipo se encuentra menos representado porque la mayoría de los fragmentos encontrados son ángulos que conservan parte de una perforación. Dada la variabilidad en el tamaño de la sección y el desplazamiento de las perforaciones, no es posible asegurar si se trata de ejemplares de una o dos perforaciones y, por tanto, se han clasificado genéricamente como toberas prismáticas.

En este tipo se ha clasificado una pieza que, aunque pueda ser enmarcada en el grupo de las toberas prismáticas de una sola perforación, se caracteriza



Lám. VIII. Embocadura de tobera.

por algunas peculiaridades. Tenemos sólo media sección conservada que resulta ser irregularmente cuadrangular con los ángulos redondeados y tiene una perforación central que no parece ser recta, sino más bien en forma de embudo (Lám. VIII). Ejemplares parecidos proceden de los niveles antiguos del asentamiento de Huelva (siglo IX a.C.) (González de Canales *et al.* 2004: 147-148) y se han interpretado como embocaduras de toberas, lo que justificaría un diámetro más ancho en su extremo que poco a poco se va estrechando para configurar una perforación central de paredes aproximadamente rectas y paralelas.

e) INDETERMINADOS

A estos cuatro tipos principales de toberas, hay que añadir uno más que ha resultado ser el conjunto más abundante de fragmentos y que se ha definido como "indeterminado". Aquí se incluyen todos aquellos fragmentos cuyas características morfológicas permiten su identificación como toberas, pero no es posible clasificarlas en ninguno de los tipos por su mal estado de conservación y/o su reducido tamaño.

3. DISTRIBUCION POR FASES

En el conjunto estudiado, el mayor número de fragmentos de toberas pertenece a las fases más antiguas, habiéndose constatado un registro significativo ya en la primera fase de ocupación de la Fonteta (fase I: primera mitad del siglo VIII a.C.-720 a.C. aprox.), con un aumento notable de hallazgos en la fase II (720-670 a.C.).

A partir de la fase III (670-635 a.C.), se nota un fuerte descenso de los hallazgos para llegar a la última fase, la fase IV (635-hasta finales del siglo VII a.C.), a la que pertenecen sólo 3 fragmentos.

La significativa diferencia en el número de ejemplares de toberas atribuibles a las diferentes fases de ocupación del yacimiento no debe interpretarse como reflejo de la situación real de actividad metalúrgica en La Fonteta. Esta distribución responde probablemente a las características específicas de la zona excavada, que es una parte bastante reducida de todo el asentamiento. Además, la distribución de los materiales depende de la funcionalidad de los ambientes, que fueron cambiando con el tiempo, produciéndose remodelaciones del espacio. Cada uno de ellos corresponde a una cronología concreta y, en la mayoría de los casos documentados, no cubre todas las etapas de vida del poblado.

Como se puede apreciar en la Tabla 1, la frecuencia de los materiales por fases cambia para cada corte concreto. Así, el Corte 14 refleja una actividad metalúrgica más o menos intensa en la fase II con una reducción de las evidencias en la fase III, para llegar a una casi total inactividad metalúrgica de la zona en las fases posteriores.

El registro de toberas del Corte 5 documenta, como en el caso del Corte 14, una intensa actividad de producción metalúrgica durante la fase II. El número de fragmentos recogidos alcanza los 58 y completa un significativo conjunto de materiales arqueometalúrgicos de distinto tipo. También en este corte, las fases más tardías presentan un relevante descenso de los testimonios de estas actividades y no han proporcionado ningún fragmento de tobera. Por lo que concierne a los Cortes 7 y 8, el número de hallazgos de toberas es muy escaso, siendo en el primer caso de 5 fragmentos –fechados entre las fases II y III–, y en el segundo de 4 fragmentos que corresponden a las fases III y IV.

El conjunto más representativo y variado de toberas procede de los vertederos metalúrgicos, Cortes 54 y 1. Son capas de vertidos que aparecieron debajo de los niveles fundacionales de la muralla y

	CORTE 14	CORTE 1	CORTE 54	CORTE 25	CORTE 5	CORTE 7	CORTE 8	TOT.
FASE I	0	10	56	0	0	0	0	66
FASE II	54	37	159	1	78	2	0	331
FASE III	18	0	0	0	0	3	1	22
FASE IV	0	0	0	0	0	0	3	3
TOT.	72	47	215	1	78	5	4	422

Tab. 1. Distribución de los fragmentos de toberas por fases y cortes.

que, aunque se hayan denominado de manera distinta por haberse abierto durante dos campañas de excavación diferentes, corresponden a la misma formación; solo se distinguen por tamaño, siendo el Corte I más pequeño.

La situación que encontramos en esta área documenta una intensa actividad metalúrgica durante la fase I, con un notable incremento de la producción durante la fase II, para interrumpirse del todo durante las fases sucesivas, cuando la construcción de la muralla amortiza esta zona de actividad metalúrgica. La erección del recinto murario, en la zona excavada hasta ahora, parece delimitar un perímetro más reducido para el poblado respecto a las fases anteriores, amortizando la mayoría de las áreas y de las viviendas empleadas para las operaciones de producción de metales.

La fase III parece, por tanto, haber sido una fase de transición en la que se asiste a un cambio neto en el destino de uso de la mayoría de los ambientes excavados, siendo abandonados algunos o reduciéndose las evidencias de la producción de metales en otros. Pero, en el estado actual de la investigación arqueológica en el yacimiento, no se puede afirmar si este cambio podría haberse debido a una reducción gradual de las actividades metalúrgicas o si la escasez de hallazgos perteneciente a las fases más tardías dependa de un eventual traslado de la zona de talleres a otra área del poblado.

La relación entre las diferentes tipologías de toberas y su distribución en las varias fases cronológicas (Tab. 2), no proporciona ninguna información adicional, limitándose a confirmar una actividad metalúrgica relativamente intensa en la fase habitacional más antigua del poblado y un incremento de la producción a finales del siglo VIII a.C. reflejada por la mayor concentración de fragmentos de la fase II, con una progresiva desaparición de las evidencias a lo largo de las fases sucesivas.

Fases	P	Cil.	Cor.	D	Indet.
I	16	31	0	1	18
II	76	70	3	0	181
III	9	3	0	0	11
IV	0	0	0	0	3

Tab. 2. Frecuencia de tipos de toberas por fases en el yacimiento de La Fonteta (P= prismática; Cil.= Cilíndrica; Cor.= Corniforme, D= Tipo en D).

4. FUNCIONALIDAD DE LAS TOBERAS

a) ANÁLISIS DE LAS TOBERAS DE LA FONTETA

Algunas de las toberas conservan su boca vitrificada en la que se puede apreciar a veces una capa de escoriación adherida. En los casos donde la parte escoriada presenta más espesor, se han realizado análisis por Espectrometría por Fluorescencia de Rayos X y se han extraído muestras para analizarlas con el Microscopio óptico y el Microscopio Electrónico de Barrido (1).

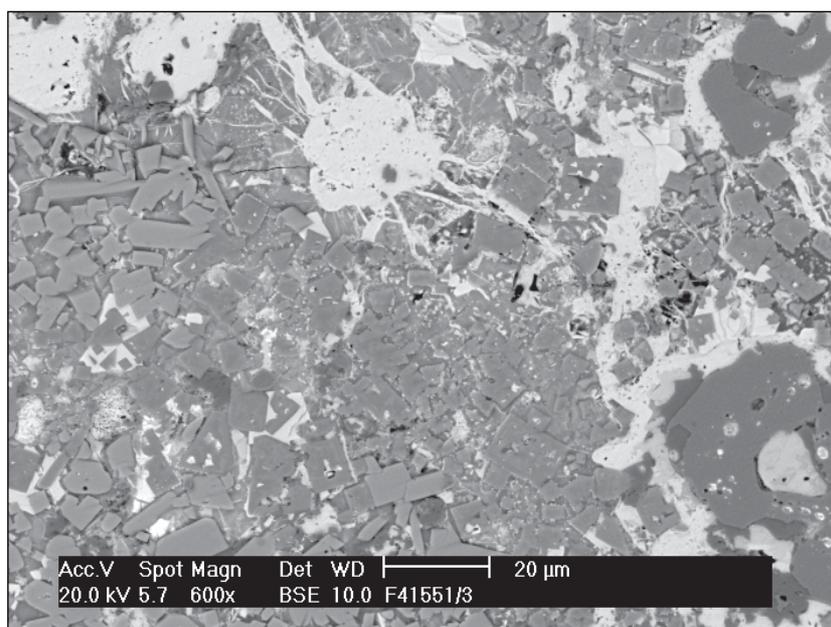
Por ejemplo, en el caso de las toberas cilíndricas, se ha detectado en varios puntos de la misma pieza, una composición principalmente cobrizada (PA12733a, b y c, Tab. 3). Otra tobera (F41551) presentaba, además de la escoriación de la boca, una adherencia de un nódulo de material verdoso, cuyo análisis con el Microscopio Electrónico de Barrido nos ha confirmado su vinculación con la producción de bronce ternarios, altamente plomados (Lám. IX).

Por lo que concierne a las toberas corniformes, dos de los fragmentos de boca encontrados presentan restos de escoriación y, en ambos se ha detectado presencia principalmente de plomo y cobre, con pequeñas cantidades de estaño, elementos que, como para el tipo anterior, nos sugieren su utilización en la metalurgia de base cobre (PA12732 y PA12734, Tab. 3).

Pasando a las toberas prismáticas, en algunas de las de doble perforación, la boca presentaba un simple vidriado superficial con una composición elemental principal que, desde un punto de vista analítico, corresponde a la de una arcilla rica en hierro y que, por lo tanto, no permite precisar su asociación con la producción de ningún metal en concreto.

Como se puede apreciar en la Tabla 3, en el caso del análisis PA12867 correspondiente al vidriado externo de una boca de tobera de doble perforación, si se compara su composición con el análisis de la pasta cerámica de la misma pieza (F41455, Tab. 3), el porcentaje más alto de hierro detectado en la vitrificación se puede justificar por la concentración

(1) Para los análisis por Fluorescencia de Rayos X se ha empleado el espectrómetro Metorex XMet 920 del Museo Arqueológico Nacional de Madrid; el Microscopio óptico utilizado es un Leica DMLM del Instituto de Historia del CSIC, mientras los análisis efectuados con el Microscopio Electrónico de Barrido se han llevado a cabo en los laboratorios del Servicio Interdepartamental de Investigación (SidI) de la Universidad Autónoma de Madrid.



Lám. IX. Imagen SEM de la tobera F41551 donde se aprecia la presencia de cristales cuadrangulares de casiterita (SnO_2) y una matriz gris de cobre con zonas blancas de plomo.

que se produce por el efecto de vidriado. También en el caso del PA12868 (Tab. 3), donde la capa de vidriado era menos evidente, el contenido en hierro es coherente con la composición férrica de la pasta cerámica.

Análisis	Tipo	Fe	Cu	Ag	Sn	Pb
PA12732	Cor.	1,05	1,73	nd	2,15	4,92
PA12734	Cor.	0,31	1,60	tr	1,08	48,8
PA12733a	Cil.	0,14	7,68	tr	0,84	0,86
PA12733b	Cil.	0,40	15,6	tr	0,82	0,79
PA12733c	Cil.	0,23	3,44	nd	0,82	0,72
PA12868	P2	1,41	nd	nd	nd	nd
PA12867	P2	4,28	nd	nd	nd	nd
F41455	P2	1,25	nd	nd.	nd	tr

Tab. 3. Análisis por XRF. Valores expresados en % en peso (nd= no detectado; tr= trazas). Tipo: Cor.= Corniforme; Cil.=Cilíndrica; P2= Prismática doble perforación).

Tanto en el grupo de toberas prismáticas de una sola perforación como en la de sección en D no se ha encontrado ningún ejemplar que presentase alguna escoriación adherida para poder efectuar análisis y averiguar a que tipo de metalurgia se vinculan.

b) OTROS CONTEXTOS

En la Península Ibérica los antecedentes conocidos de hallazgos de toberas son muy escasos; hay pocos fragmentos, en algunos casos de incierta interpretación, atribuibles a los niveles Calcolíticos y a la Edad del Bronce, documentándose un aumento del registro de estas piezas a partir de una época avanzada del Bronce Final y del período Orientalizante (Gómez Ramos 1996).

Por tanto, en el Calcolítico y en la Edad del Bronce podría haberse empleado un sistema más sencillo de aireación del horno, principalmente sin toberas cerámicas y usando probablemente tubos de ventilación obtenidos con material perecedero, como por ejemplo cañas. Un sistema de este tipo no resulta improbable si se considera que en estas épocas era común para la producción de cobre y bronce la utilización de crisoles y de las vasijas-horno (Rovira y Ambert 2002).

El aumento del número de toberas encontradas a partir del Bronce Final puede significar un cambio en la tecnología de los hornos y parece coincidir con la presencia estable de los fenicios en la Península Ibérica, como se ha podido constatar en las propias colonias y en alguno de los yacimientos indígenas con los que han tenido relaciones más directas.

Algunos ejemplares de toberas se han encontrado en el área de habitación del yacimiento de La Mesa de Setefilla (Lora del Río, Sevilla), en los niveles fechables en los siglos IX-VIII a.C. y en los niveles Orientalizantes (Aubet *et al.* 1983). La presencia *in situ* de escorias y nódulos de mineral de cobre podrían sugerir su vinculación con la producción de cobre o bronce. El fragmento más completo es una tobera cilíndrica de paredes paralelas con una perforación que se encuentra desplazada, similar al ejemplar de La Fonteta (F21117, Lám. II).

Otros datos proceden del yacimiento de Cerro Salomón (Riotinto, Huelva) (Blanco *et al.* 1969: 153-157), donde se han encontrado en el interior de las viviendas, además de fragmentos de jarosita, herramientas de minero, morteros y yunques, trozos de plomo, escorias y algunos fragmentos de toberas. Tres de ellos pertenecen al tipo corniforme y conservan su boca con una capa de escoria adherida. Otros dos fragmentos parecen enmarcarse en el grupo de las cilíndricas, aunque no se pueda excluir la posibilidad que, siendo los fragmentos de tamaño insuficiente para reconstruir la forma original y a falta del extremo de la boca, se tratara también de toberas corniformes. Se ha encontrado además un ejemplar de tobera prismática de doble perforación, un tipo – tanto el de doble perforación como el de perforación individual – que parece vinculado con el comienzo de la colonización fenicia en la Península Ibérica, siendo del todo desconocido en épocas anteriores.

Todas estas piezas estaban asociadas a restos de mineral argentífero y a escorias que, según resultó por los análisis efectuados, se relacionan con la producción de plata (Blanco *et al.* 1970).

Entre otros yacimientos indígenas en los que se han encontrado restos de toberas, cabe mencionar Can Roqueta (Sabadell, Barcelona). A los estratos de la primera Edad del Hierro pertenece una tobera prismática que tiene la peculiaridad de presentar una doble perforación en la boca que se va conformando en Y en el interior de la pieza, desembocando en una única perforación (Carlus *et al.* 1999: 175-176), una característica morfológica conocida ya por un ejemplar procedente del Cerro del Peñón (Vélez, Málaga) (Keesmann *et al.* 1989: Fig. 3) y por los ejemplares más tardíos (IV-II a.C.) hallados en Byrsa (Cartago) (Lancel 1979). En Can Roqueta, las evidencias de producción metalúrgica asociadas a esta tobera se relacionan con la obtención y el reciclaje de cobre/bronce.

La misma función puede ser atribuida a los ejemplares encontrados en el yacimiento Orientalizante de El Palomar (Oliva de Mérida, Badajoz), donde se han recogido varios restos de tobera de sección circular, entre los cuales algunos son claramente identificables como toberas corniformes (Rovira *et al.* 2005).

Relacionado con la metalurgia de plomo tenemos el fragmento de tobera prismática de perforación individual encontrado en el yacimiento del Calvari del Molar (Priorat, Tarragona), fechado dentro del siglo VII a.C. (Armada *et al.* 2005).

Otros ejemplares de toberas del tipo prismático de doble perforación se han encontrado en contextos de metalurgia de hierro, sobre todo en talleres para la forja, como nos documenta entre otros el yacimiento fenicio del Cerro del Villar (Guadalhorce, Málaga). En este poblado, ya desde la fase más antigua fechada en el siglo VIII a.C., se registran algunas toberas pero el conjunto más significativo, constituido por una treintena de fragmentos, procede de los estratos fechados en el primer tercio del siglo VII a.C. Estas piezas están siempre asociadas a capas con mucho carbón, escorias férricas, laminas y globulitos resultantes de las operaciones de la forja del hierro (Rovira Hortalà 2005).

A la misma cronología (VIII-VII a.C.) pertenecen los fragmentos de tobera recogidos en el Castillo de Doña Blanca en Cádiz (Ruiz Mata 1989), en sa Caleta (Ibiza) (Ramón 1991), en *Malaka* (Gran-Aymerich 1991), en la Plaza de San Pablo del centro de Málaga (Fernández *et al.* 1997), en el Morro de Mezquitilla (Algarrobo, Málaga) (Schubart 1985) o en el Cerro del Peñón (Keesmann *et al.* 1989) y Toscanos (Vélez, Málaga) (Niemeyer 1982; Schubart-Maass Lindemann 1984).

Ejemplares del mismo tipo y atribuibles a la misma fase cronológica han sido encontrados también fuera de la Península Ibérica, como documentan los fragmentos procedentes de Mogador en Marruecos (Jodin 1966), de Lacco Ameno (Ischia, Italia) (Niemeyer 1982: 117) o los ejemplares más tardíos de Byrsa.

En la mayoría de los casos, este tipo de tobera procede de contextos relacionados con tareas siderúrgicas, principalmente con la forja de hierro, pero no se puede asociar exclusivamente con la elaboración de este metal, ya que en los mismos contextos se han encontrado evidencias, aunque minoritarias, de producción metalúrgica de base cobre, como por ejemplo los yacimientos de la Plaza de San Pablo de Málaga, de Morro de Mezquitilla y de Toscanos.

5. VALORACIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES

En una tobera, por la cinética del gas encerrado a presión dentro del fuelle, cuanto más reducido sea el diámetro de la perforación, a más velocidad sale el flujo de aire, dentro de los límites razonables del trabajo aplicado por un hombre accionando el fuelle con los brazos o con las piernas.

En el caso de un horno, la función de una tobera es suministrar el oxígeno necesario para que se produzcan las reacciones químicas que favorecen la reducción de los minerales, incrementando la producción de monóxido de carbono y activando la combustión del carbón para subir la temperatura; en el caso de una hornilla para fundir metal, lo que se busca es simplemente subir la temperatura cuanto antes, para que se produzca el cambio de estado. Son dos funciones bien diferenciadas por sus objetivos, lo cual implica no sólo resolver adecuadamente cuestiones de caudal de aire sino también de geometría del sistema.

Un caudal adecuado pero a velocidad lenta, concentrará la combustión y las reacciones muy cerca de la boca de la tobera, mientras el mismo caudal a mayor velocidad, extenderá el área de reacción más lejos.

El diámetro del orificio de los tubos de ventilación es por tanto una condición clave ya que, además, la velocidad de la combustión, es decir la cantidad de calorías que se obtienen por unidad de tiempo (que son las que hacen subir la temperatura), depende de la velocidad de inyección de aire. Por tanto, un volumen de aire con más velocidad permite alcanzar temperaturas más altas y esto explica porqué el diámetro de las perforaciones de las toberas nunca excede los 2 cm, ya que un diámetro mayor no sería efectivo. Y quizá por ello, se podría explicar también la leve disminución del diámetro de las perforaciones de las toberas a lo largo de su desarrollo.

Una cuestión a comentar es el cambio que se produce en la sección de la tobera. Si en todas las toberas más antiguas conocidas, del Calcolítico y la Edad del Bronce, no sólo en España sino en toda Europa y el Mediterráneo, la sección es siempre circular, en la época objeto de nuestro estudio se registra la aparición de las toberas prismáticas, o sea con secciones cuadrangulares o rectangulares, conviviendo con las de sección circular.

El cambio de sección significa un cambio en el modo de insertar la tobera en la estructura de com-

bustión y, por ello, este nuevo rasgo hay que sumarlo a otros datos que nos revelan un cambio de tecnología de horno a partir de este momento cronológico relacionado con la colonización fenicia en la Península Ibérica, aplicable no solo a la metalurgia del hierro, sino también a la de base cobre.

Las toberas prismáticas presentan además, como hemos visto anteriormente, la característica de tener muy a menudo una doble perforación. Se podría pensar que estas toberas funcionarían con dos fuelles, uno para cada perforación y que los fuelles, empleados de manera alternada, permitirían mantener un flujo continuo y constante de aire evitando las oscilaciones de la temperatura cuando la tobera deja de soplar, que puede bajar en segundos más de 100° C. Pero, hay que hacer notar que la proximidad de las dos perforaciones dificultaría el acoplamiento de la salida de aire de cada fuelle, además, en este tiempo se conocen ya los acoplamientos en Y pensados precisamente para conectar dos fuelles a una tobera. Parece más razonable, por tanto, pensar que las toberas de doble perforación proporcionan un mejor reparto del caudal de oxígeno en una corriente más ancha, lo que mejoraría y quizás ampliaría el tamaño del núcleo del horno.

En el estado actual de la investigación, no se puede argumentar una clara diferenciación funcional de los distintos tipos de toberas. Las prismáticas, generalmente se han puesto en relación con la producción y especialmente con la forja del hierro por los hallazgos realizados en los yacimientos fenicios de la provincia de Málaga, en claros contextos siderúrgicos (Niemeyer 1982; Rovira Hortalà 2005). Esta idea, forjada a partir de un número reducido de hallazgos y a falta de un estudio de conjunto de las toberas en relación con sus contextos metalúrgicos de origen, debe ser matizada a la luz de los datos expuestos en el apartado anterior ya que, con los datos actualmente disponibles, no se puede afirmar con seguridad que las toberas prismáticas se vinculen exclusivamente al hierro, aunque predominen en esos contextos de producción.

Dentro de esta falta de datos para aclarar si un cierto tipo de tobera puede definir su función, las toberas corniformes constituyen una excepción ya que, además de las evidencias que las asocian a la metalurgia de la plata según los testimonios de Cerro Salomón y Monte Romero (Kassianidou *et al.* 1995), debe considerarse su empleo en la fundición de metal para colar en molde ya sea a partir de metal en bruto o de reciclaje de chatarra de base cobre, como sugiere el ya citado hallazgo de El

Palomar. Su forma curvada, además de no resultar adecuada para su inserción en un horno de reducción de mineral, induce a pensar en una posición que permite aportar la ventilación al crisol desde arriba, un tipo de ventilación que resulta conveniente tanto para la copelación de plata como para la fundición de metal en crisol.

De todos modos, aunque los datos apunten a un uso de las toberas en la producción de los diferentes metales, en la Fonteta—donde se están llevando a cabo operaciones metalúrgicas para la producción de distintos metales— la coexistencia de tipos tan variados de toberas, aunque no permite aclarar la distinta funcionalidad de los tipos, parece por lo menos confirmar la importancia que tuvo la producción metalúrgica en la economía del yacimiento. Los hallazgos de Huelva y del poblado minero de Cerro Salomón parecen mostrar una realidad análoga.

Finalmente, un mayor desarrollo de los análisis de los restos de escorificación adheridos a las toberas y un examen más atento de los contextos de procedencia de estos materiales, podrán aportar información fundamental para aclarar si realmente se puede hablar de una diferencia funcional de las distintas tipologías hasta ahora documentadas, o si la variedad pueda estar relacionada con un cambio en la estructura de los hornos o en la tecnología metalúrgica empleada.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Ignacio Montero y a Salvador Rovira la impagable ayuda que me han proporcionado para llevar a cabo este estudio y, además, la paciencia que han demostrado en su minucioso seguimiento de todo el proceso de redacción del artículo. Sin sus conocimientos y su contribución científica habría sido imposible la realización de este artículo.

BIBLIOGRAFÍA

- ARMADA PITA, J.L.; HUNT ORTIZ, M.A.; TRESSERRAS, J.J.; MONTERO RUIZ, I.; RAFEL FONTANALS, N. y RUIZ DE ARBULO, J. 2005: "Primeros datos arqueométricos sobre la metalurgia del poblado y necrópolis de Calvari del Molar (Priorat, Tarragona)". *Trabajos de Prehistoria* 62(1): 139-155.
- AUBET SEMMLER, M.E.; SERNA, M.R.; ESCACENA, J.L. y RUIZ DELGADO, M.M. 1983: *La Mesa de Se-tefilla. Lora del Rio (Sevilla). Campaña de 1979*. Excavaciones Arqueológicas en España. Madrid
- BLANCO, A.; LUZÓN, J.M. y RUIZ MATA, D. 1969: "Panorama tartésico en Andalucía Oriental". *Tartessos y sus problemas. V Symposium Internacional de Prehistoria Peninsular*. Jerez de la Frontera: 119-162.
- BLANCO, A.; LUZÓN, J.M. y RUIZ MATA, D. 1970: *Excavaciones arqueológicas en el Cerro Salomón (Riotinto, Huelva)*. Sevilla.
- FERNÁNDEZ, L.E.; SUÁREZ, J.; MAYORGA, J.; RAMBLA, A.; NAVARRO, I.; ARANCIBIA, A. y ESCALANTE, M.M. 1997: "Un poblado indígena del siglo VIII a.C. en la Bahía de Málaga. La intervención de urgencia en la plaza de San Pablo". En M.E. AUBET (coord.): *Los Fenicios en Málaga*. Universidad de Málaga: 215-251.
- GÓMEZ RAMOS, P. 1996: "¿Donde están las toberas de la Edad del Bronce en la Península Ibérica?". *Acontia* 2: 29-38.
- CARLÚS, X., FRANCÉS, J., MARTÍN, A. y MONTERO, I. (1999): "La producció metalúrgica". En P. GONZÁLEZ MARCÉN, A. MARTÍN y R. MORA, R. (eds.) 1999: *Can Roqueta. Un establiment pagès prehistòric i medieval (Sabadell, Vallès Occidental)*. Excavacions Arqueològiques a Catalunya 16. Barcelona: 169-176.
- GONZÁLEZ PRATS, A. 1999: *La Fonteta 1996-1998. El emporio fenicio de la desembocadura del río Segura. Exposición monográfica* (Guardamar del Segura, 9-11 abril 1999). Alicante.
- GONZÁLEZ DE CANALES CERISOLA, F.; SERRANO PICHARDO, L. y LLOMPART GÓMEZ, J. 2004: *El emporio fenicio precolonial de Huelva (ca. 900-770 a.C.)*. Colección Historia Biblioteca Nueva. Madrid.
- GRAN-AYMERICH, J. 1991: *Malaga phénicienne et punique. Recherches franco-espagnoles 1981-1988*. Paris.
- JODIN, A. 1966: *Mogador. Comptoir phénicien du Maroc Atlantique. Etudes et Travaux d'Archéologie Marocaine II*. Rabat.
- KASSIANIDOU, V.; ROTHENBERG, B. y ANDREWS, Ph. 1995: "Silver production in the tartessian period. The evidence from Monte Romero". *Arx* 1(1): 17-34.
- KEESMANN, I.; NIEMEYER, H.G.; BRIESE, C.; GOLSCANI, F. y SCHULZ-DOBRICK, B. 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.
- LANCEL, S. (eds.) 1979: *Byrsa I. Mission archéologique française à Carthage*. Collection de l'École française de Rome 41. Roma.
- NIEMEYER, H.G. 1982: "El yacimiento fenicio de Toscanos: balance de la investigación 1964-1979". *Primeras Jornadas Arqueológicas sobre Colonizaciones Orientales*. Huelva Arqueológica VI: 101-127.
- RAMON, J. 1991: "El yacimiento fenicio de sa Caleta". *I-IV Jornadas de Arqueología fenicio-púnica (Ibiza*

- 1986-89). Conselleria de Cultura, Educació i Esports Govern Balear. Ibiza: 177-196.
- ROVIRA HORTALÁ 2005: "Los talleres metalúrgicos fenicios del Cerro del Villar (Guadalhorce – Málaga)". *Acti del V Congresso Internazionale di Studi Fenici e Punici, Marsala-Palermo 2000*. Palermo: 1262-1270.
- ROVIRA LLORENS, S. y AMBERT, P. 2002: "Vasijas cerámicas para reducir minerales de cobre en la Península Ibérica y en la Francia Meridional". *Trabajos de Prehistoria* 59(1): 89-105.
- ROVIRA LLORENS, S.; MONTERO, I.; ORTEGA, J. y JIMÉNEZ ÁVILA, J. 2005: "Bronce y trabajo del bronce en el poblado Orientalizante de El Palomar (Oliva de Mérida, Badajoz)". *El periodo Orientalizante. Actas del III Simposio Internacional de Arqueología de Mérida: Protohistoria del Mediterráneo Occidental*. Anales de Arqueología Española XXXV. CSIC, Mérida: 1231-1240.
- RUIZ MATA, D. 1989: "Huelva, un foco temprano de actividad metalúrgica durante el bronce final". En M.E. AUBET: *Tartessos. Arqueología protohistórica del Bajo Guadalquivir*. Sabadell: 209-243.
- SCHUBART, H. 1985: "Morro de Mezquitilla. Informe preliminar sobre la campaña de excavaciones de 1982 realizada en el asentamiento fenicio cerca de la desembocadura del río Algarrobo". *Noticario Arqueológico Hispánico* 23: 142-174.
- SCHUBART, H. y MAASS-LINDEMANN, G. 1984: "Toscanos. El asentamiento fenicio occidental en la desembocadura del río de Vélez. Excavaciones de 1971". *Noticario Arqueológico Hispánico* 18: 39-210.