

# Metales y metalurgia en la *Abdera* fenicia. Datos isotópicos sobre la procedencia e intercambio de materias primas<sup>1</sup>

## Metals and metallurgy in Phoenician *Abdera*. Isotopic data for the provenance and exchange of raw material

Susana Carpintero Lozano  
Universidad de Almería  
José Luis López Castro  
Universidad de Almería  
Ignacio Montero Ruiz  
Instituto de Historia, CSIC

### RESUMEN

Se presentan los primeros resultados de análisis isotópicos llevados a cabo a una selección de muestras de galena, goterones de plomo y objetos de base cobre del asentamiento fenicio de *Abdera* (Adra, Almería). Según los datos de isótopos de plomo, se pueden distinguir dos zonas diferentes de aprovisionamiento de mineral, Sierra de Gádor y la Cuenca de Vera (posiblemente Cerro Minado o Herrerías), todas ellas zonas mineras de la actual provincia de Almería (España). Los resultados ponen de relieve aspectos inéditos de gran interés sobre el comercio de metales entre los fenicios occidentales.

### SUMMARY

The first results of isotopic analyses are presented from a selection of samples of a galena nodule, lead droplets and copper-based objects from the Phoenician settlement of *Abdera* (Adra, Almería). According to the lead isotope data, there are two different areas of mineral supply, which can be located at the Sierra de Gádor and the Cuenca de Vera (probably from Cerro Minado or Herrerías), mining areas in the province of Almería (Spain). The results stress unknown and interesting aspects on the trade of metals between the western Phoenicians.

**PALABRAS CLAVES:** *Abdera*; Fenicios; Plomo; Base cobre; XRF-ED; Isótopos de plomo.

**KEY WORDS:** *Abdera*; Phoenicians; Lead; Copper-based; XRF-ED; Lead Isotope analyses.

### INTRODUCCIÓN

A pesar de que la búsqueda de los metales y la producción metalúrgica han sido habitualmente consideradas como una de las principales motivaciones económicas de la presencia fenicia en el Mediterráneo, el estudio de estos aspectos ha sido más bien escaso dadas las dificultades metodológicas y técnicas que presenta. En este trabajo presentamos los primeros resultados del análisis sistemático de los testimonios de producción metalúrgica de la antigua *Abdera* con el objeto de contribuir al conocimiento de la producción y el comercio de metales entre los fenicios occidentales en el sur de la Península Ibérica.

El yacimiento arqueológico del Cerro de Montecristo se identifica con la antigua ciudad fenicia y romana de *Abdera* conocida por las fuentes clásicas (Tovar 1974: 83-84; Roldán 2006, s.v.; López Castro 2006; López Medina 2006). Está situado en la actual localidad de Adra (Almería) sobre un promontorio de forma triangular de unas 5 hectáreas de extensión (Fig. 1), cuya cota máxima es de 49,38 metros sobre el nivel del mar y en la margen derecha del llamado río Grande o Adra, desviado algunos kilómetros al Este a finales del siglo XIX. Su cuenca formaba un estuario que se introducía en dirección Norte, conformando así un puerto natural que permitía el resguardo del asentamiento (Fernández-Miranda y Caballero

<sup>1</sup> Este trabajo es resultado de la actividad del Grupo de Investigación HUM-741 "El legado de la Antigüedad" (Plan Andaluz de Investigación) (CySOC UAI) y del Proyecto de Excelencia HUM 2674 "Los inicios de la presencia fenicia en el Sur de la Península Ibérica y Norte de África", financiado por la Consejería de Innovación, Ciencia y Empleo de la Junta de Andalucía. Asimismo se encuadra en las actividades del Campus de Excelencia Internacional CEI-Mar y del proyecto subvencionado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (HAR2010-21105-C02-02) "Relación entre materias primas locales y producción metalúrgica: Cataluña meridional como modelo de contraste"

1975: 7-8; Suárez *et alii* 1989: 135). El estudio de Hoffmann (1988: 49-53) sobre la antigua línea de costa confirma la cercanía del asentamiento al mar y muestra la colmatación del estuario por las tierras de aluvión del río Grande. Esta vía fluvial actuaba como ruta de acceso a las tierras del interior, donde se encuentran los yacimientos minerales de hierro y plomo de la Sierra de Gádor.

Las primeras investigaciones realizadas en el Cerro de Montecristo fueron estudios de materiales y excavaciones arqueológicas en los años 60 y 70 (Trías 1967-68; Fernández-Miranda y Caballero 1975). Posteriormente se realizó una excavación de urgencia en 1986 para evaluar el potencial arqueológico del yacimiento, en la que ya se registraron los primeros restos de actividad metalúrgica (Suárez *et alii* 1989: 148) como minerales, escorias, gotas de plomo y toberas, así como una gran variedad de objetos de hierro, plomo y base cobre (Carpintero Lozano, 2009). Durante la intervención puntual de 2004 (López Castro *et alii* 2009) y la excavación sistemática de 2006 (López

Castro *et alii* 2010) salieron a la luz más materiales de tipo arqueometalúrgico que venían a completar el repertorio material recuperado en anteriores campañas de excavación, presentándose como novedad el hallazgo de una pequeña estructura de combustión relacionada con actividades metalúrgicas.

Ha sido en estas últimas campañas de excavación cuando se ha establecido una cronología más precisa en base a dataciones radiocarbónicas y secuencias estratigráficas más completas, obtenidas principalmente de los cortes 3, 4 y 15 (Fig. 1) con algunas fases cronológicas coincidentes. Estas fases contemplan un marco cronológico amplio que abarca la primera mitad del siglo VIII a.C. hasta época romana (López Castro *et alii* 2010: 93-99). Posteriormente, en torno al siglo VII d.C., la población abandonó la ciudad de fundación fenicia para establecerse unos kilómetros más al Norte, en el asentamiento medieval de “La Alquería” (López Medina 2006: 54). Esta continuidad cronológica confirma una prolongación del desarrollo de la ciudad fenicia y romana sin intervalos ni

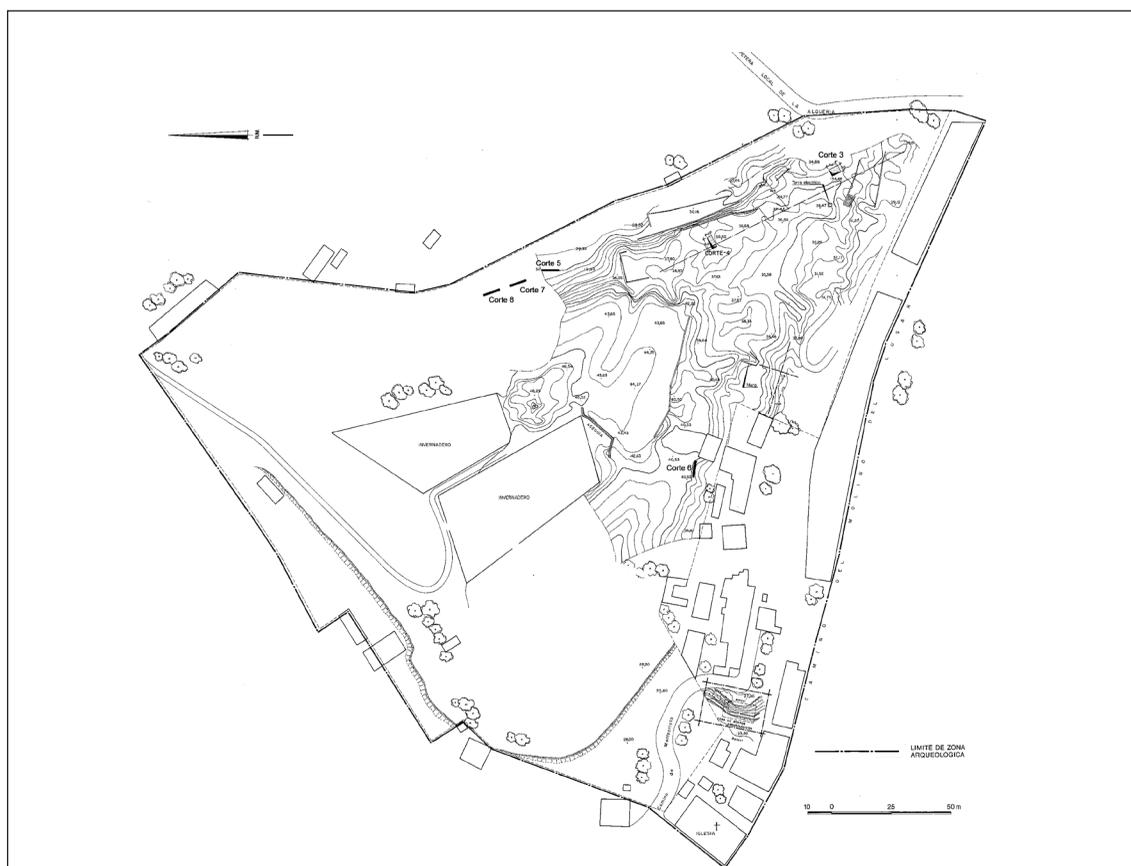


Figura 1. Localización de *Abdera* (Adra) y *Baria* (Villaricos) y planimetría del Cerro de Montecristo de Adra con localización de los cortes 3, 4 y 15 de las excavaciones de 1986, 2004 y 2006.

rupturas desde la época arcaica de la colonización hasta el momento en que las ciudades fenicias pasan a formar parte efectiva del Imperio romano (López Castro 1995).

## 1. METODOLOGÍA

Para el estudio arqueometalúrgico de los materiales recuperados en el Cerro de Montecristo se han empleado diferentes técnicas de análisis de manera complementaria, para obtener la información de los distintos tipos de materiales involucrados en este trabajo.

En primer lugar se utilizó el equipo de Difracción de Rayos X de monocristal de la Universidad de Almería (BRUKER SMART APEX CCD) para la determinación de las fases cristalinas del fragmento de galena. Se tomó una pequeña cantidad de muestra (aproximadamente 1 mg) y se introdujo en el interior de un capilar de vidrio. Se tomó como patrón de calibración un capilar de aluminio. El análisis de los resultados se realizó con el programa de evaluación EVA perteneciente al paquete Diffrac plus Evaluation de Bruker.

Posteriormente se realizaron una serie de análisis de XRF a través de dos equipamientos diferentes: el espectrómetro portátil del Museo Arqueológico Nacional (INNOV-X Systems modelo Alpha equipado con tubo de rayos X con ánodo de plata, condiciones de trabajo: 35 kV, 2µA, con filtro de aluminio de 2 mm y tiempo de adquisición 40 segundos). Debido a la baja precisión de este equipamiento en la determinación del contenido de plata en la galena, clave para su interpretación, se decidió completar la información con el análisis XRF con el espectrómetro BRUKER PIONEER de la Universidad de Almería. Para la determinación de la composición elemental se tomaron 5 gr de cada muestra y se procedió a su medida. El análisis de los resultados se realizó con el programa de evaluación Plus Evaluation perteneciente al paquete Spectra Plus de Bruker.

Por último, en las muestras arqueológicas analizadas por isótopos de plomo se ha utilizado la técnica de alta precisión MC-ICP-MS que permite reducir los márgenes de error en los resultados y así afinar la asignación de campos isotópicos de base geológica. Estos análisis se han realizado en el Laboratorio de Geocronología de la Universidad del País Vasco siguiendo la metodología descrita por Chernyshev y otros (2007). Las ratios isotópicas presentan un error estándar interno inferior al 0,01 % y cada muestra tiene su propia desviación estándar que se recoge en la tabla de resultados.

## 2. GEOLOGÍA DE LA SIERRA DE GÁDOR

La Sierra de Gádor ocupa 3900 hectáreas en la parte sur-occidental de la actual provincia de Almería, constituyendo un espacio bastante inusual donde montañas de considerable altitud enlazan con la zona sur de Sierra Nevada y avanzan prácticamente hasta la costa. La Sierra tiene una estructura geológica formada básicamente por mantos de micaesquistos del zócalo cristalino del complejo Nevado-Filábride, sobre el que se desarrolla una capa arcillosa de filitas o launa; a su vez, y deslizado sobre ella, se sitúa el llamado complejo Alpujárride, donde emergen calizas, areniscas y dolomías que conforman las rocas encajantes de los minerales de la sierra (Sánchez Hita 2007: 43-44). La formación de mineralizaciones primarias de galena se vio alterada durante el Terciario por una serie de calentamientos globales y en cuyo proceso de enfriamiento fueron cristalizando minerales como el sulfuro de plomo. Posteriormente, tras determinados procesos volcánicos e hidrotermales, los minerales se establecieron en los huecos resultantes o en bolsas de mineral muy puro, dando lugar a una gran riqueza metalífera en forma de filones y depósitos de galena con baja ley de plata, además de otras mineralizaciones de oro, pirita, zinc, barita y fluorita (Artero García 1986: 68; Sánchez Hita 2007: 43-46).

Las mineralizaciones que muestra el mapa metalogenético<sup>2</sup> de la Sierra de Gádor no destacan por su complejidad, observándose la presencia de plomo, hierro y carbonatos de cobre<sup>3</sup>. Los depósitos minerales de plomo en forma de galena ligada a cristales de espato flúor, caliza, cuarzo y fluorita (Domergue 1987; Cara Barrionuevo y Rodríguez López 1990: 85) se encuentran en la zona más elevada y central de la Sierra, tal y como ocurre de forma general en las Cordilleras Béticas (Ruiz Montes *et alii* 2002: 62), mientras que las bolsas de galena se encuentran diseminadas por la parte sur y oriental.

La pureza del mineral oscilaba en torno al 69-70% de plomo (Madoz 1848: 86), disminuyendo la proporción a medida que nos alejamos de esta zona central. Las dos variedades de galena —ligada a carbonatos o sulfatos— se concentraban en capas regulares o en bolsas de mineral, que en ocasiones afloraban hasta la propia superficie del terreno, pero que normalmente se encontraban entre 60 y 100 metros de la superficie (Cara Barrionuevo y Rodríguez López 1990: 85). La galena pobre en plata presente en la

<sup>2</sup> Extraído del Mapa Metalogenético de España, hojas 84/85 a escala 1:200.000. Áreas de Almería y Garrucha, IGME.

<sup>3</sup> Se citan solamente los minerales potencialmente explotados en la Antigüedad.

sierra se ve compensada en términos económicos con la gran pureza en plomo que presenta el mineral (Dormergue 1987: 4-5).

### 3. ANTECEDENTES HISTÓRICOS Y LABORES ANTIGUAS EN LA SIERRA DE GÁDOR

La presencia de explotaciones antiguas en el territorio de la Sierra de Gádor revela una larga trayectoria histórica ligada a la minería (Álvarez de Linera 1851). El trabajo de documentación de labores mineras preindustriales es bastante complejo si tenemos en cuenta que los sistemas de explotación antiguos se llevaban a cabo con técnicas muy rudimentarias, que apenas han dejado huellas arqueológicas y que en ocasiones pueden incluso confundirse con pequeñas explotaciones contemporáneas que usaban técnicas similares; a esta circunstancia hay que añadir la extracción masiva y descontrolada de mineral que sufrió toda la sierra durante los siglos XVIII, XIX y XX y que ocultaron o destruyeron las explotaciones antiguas.

Aunque tradicionalmente se ha atribuido a los fenicios el inicio de la explotación de los metales de la Sierra de Gádor<sup>4</sup> (Orbaneja 1699: 62), este hecho se ha podido confirmar en la actualidad, gracias al registro arqueometalúrgico recuperado en la antigua *Abdera* (Suárez *et alii* 1989; Carpintero 2009), mientras que los vestigios antiguos del laboreo de las minas en la propia sierra han quedado evidenciados a través de hallazgos posteriores importantes pero esporádicos. De época protohistórica, en el yacimiento ibérico del Cerrón de Dalías, se documentaron gran cantidad de laminillas de plomo y escorias en superficie que demuestran el beneficio de este metal antes de la llegada de los romanos (Cara Barrionuevo y Rodríguez López 1986: 14, 1990: 85). Sin embargo, será en contextos de época romana donde se documente un amplio y variado registro arqueológico relacionado con la minería. Descubrimientos de pozos antiguos y materiales como lucernas decoradas con peces, vasijas, sigilatas de distinta tipología, lingotes estampillados, algún pico de minero, una estructura de combustión dedicada al plomo e incluso cadenas asociadas a labores llevadas a cabo por esclavos aparecieron en el transcurso de labores mineras contemporáneas y de prospecciones arqueológicas de la zona (Madoz 1848; Cara Barrionuevo y Rodríguez López 1986: 14; 1990: 85-86, 2002: 15). Estos hallazgos documentan un

periodo extenso de explotación de las minas, primero en manos de particulares desde el siglo II a.C. y bajo dominio del Estado a partir del siglo I d.C. (López Medina 1996: 140-141).

A excepción de algunas noticias proporcionadas por Ibn Saïd sobre unas minas de plomo explotadas en Dalías y Berja en el siglo XII bajo dominio del rey nazarí y algunas explotaciones de los siglos XVI y XVII que no prosperaron como consecuencia del desarrollo de la minería en América, no sería hasta 1822 cuando comenzase a reactivarse dicha producción, hasta alcanzar su máximo apogeo en el marco de la Revolución Industrial (Cara Barrionuevo 2002: 16-25; Ruz Márquez 1981: 55-57). Este desarrollo histórico prácticamente lineal ligado a la explotación de los recursos metalíferos de la Sierra de Gádor demuestra su importancia como principal motor económico para los pobladores de la Baja Alpujarra desde la Antigüedad hasta prácticamente la mitad del siglo XX (Pérez de Perceval 1984), para lo que se contaba con el puerto de Adra como salida natural del mineral de plomo.

### 4. MATERIALES Y RESULTADOS

Las distintas campañas de excavación han sacado a la luz un interesante y variado conjunto de materiales arqueometalúrgicos procedentes de los cortes 4, 15 y 3, entre otros. La estratigrafía más antigua documentada en el Cerro de Montecristo se ha identificado en un contexto de habitación en el Corte 4, en la zona Este del asentamiento consistente en un horno doméstico de adobes dispuesto sobre la roca, cuya utilización y limpiezas sucesivas dio lugar a la superposición de diversos estratos que contenían abundantes materiales arqueológicos (Fig. 2). El conjunto de testimonios relacionados con la metalurgia en este corte está formado por escorias, fundamentalmente de hierro y otras de tipología indeterminada, objetos de base cobre como anzuelos, pequeñas varillas y un clavo, tres goterones de plomo y un fragmento de galena. Asociados a estos materiales aparecieron tanto en la excavación de 1986 como en la ampliación efectuada en 2004, cerámicas fenicias de engobe rojo (Suárez *et alii* 1989: 138, fig. 6: k-m, o-p) (Fig. 3: t-v), cerámicas con decoración a bandas (Suárez *et alii* 1989: 138, fig. 6: n) (Fig. 3: p-s), así como ánforas tipo Ramon T. 10 (Suárez *et alii* 1989: fig. 6: v, w, x) (Fig. 3: n-o) y cerámicas autóctonas a mano de tipología del Bronce Final del Sureste (Suárez *et alii* 1989: 138, fig. 6: a-j) (Fig. 3: a-m) en considerable cantidad, que datan esta terraza de habitación en el siglo VIII a.C., es decir, en época colonial arcaica (Suárez *et alii* 1989: 147; López

<sup>4</sup> "Alli se vén oy grandes escoriales, que llama el vulgo plomeras. (...) Y aunque los Fenicios fueron los primeros que rompieran estas minas, y desfloraron su riqueza, despues los Romanos no dieron lugar à que estuviessen ociosas bolviendolas à cultivar en su tiempo..."

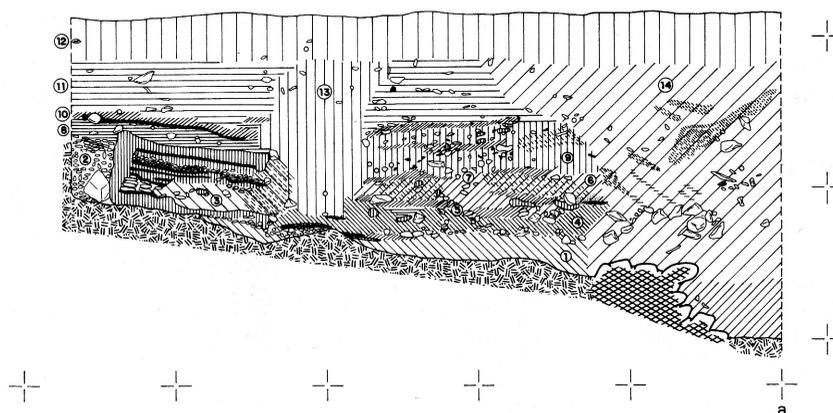


Figura 2. Perfil estratigráfico del Corte 4, con horno de adobes, campaña de 1986.

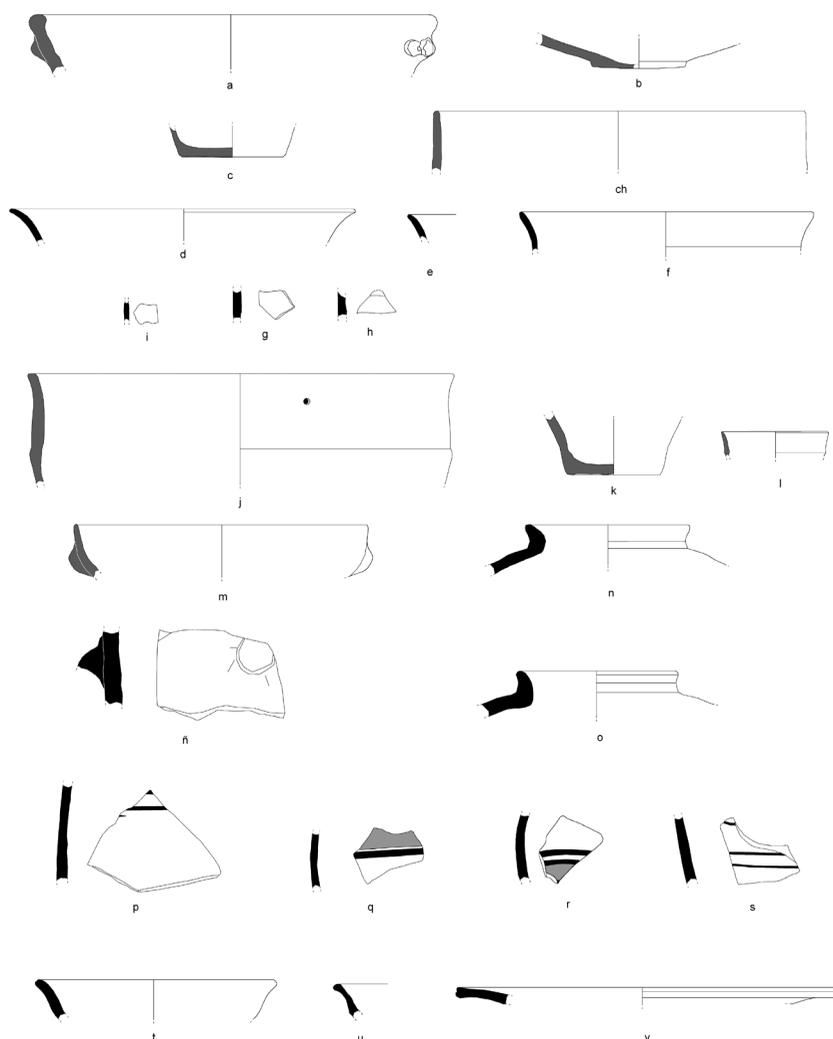


Figura 3. Cerámicas del siglo VIII a.C. del corte 4.

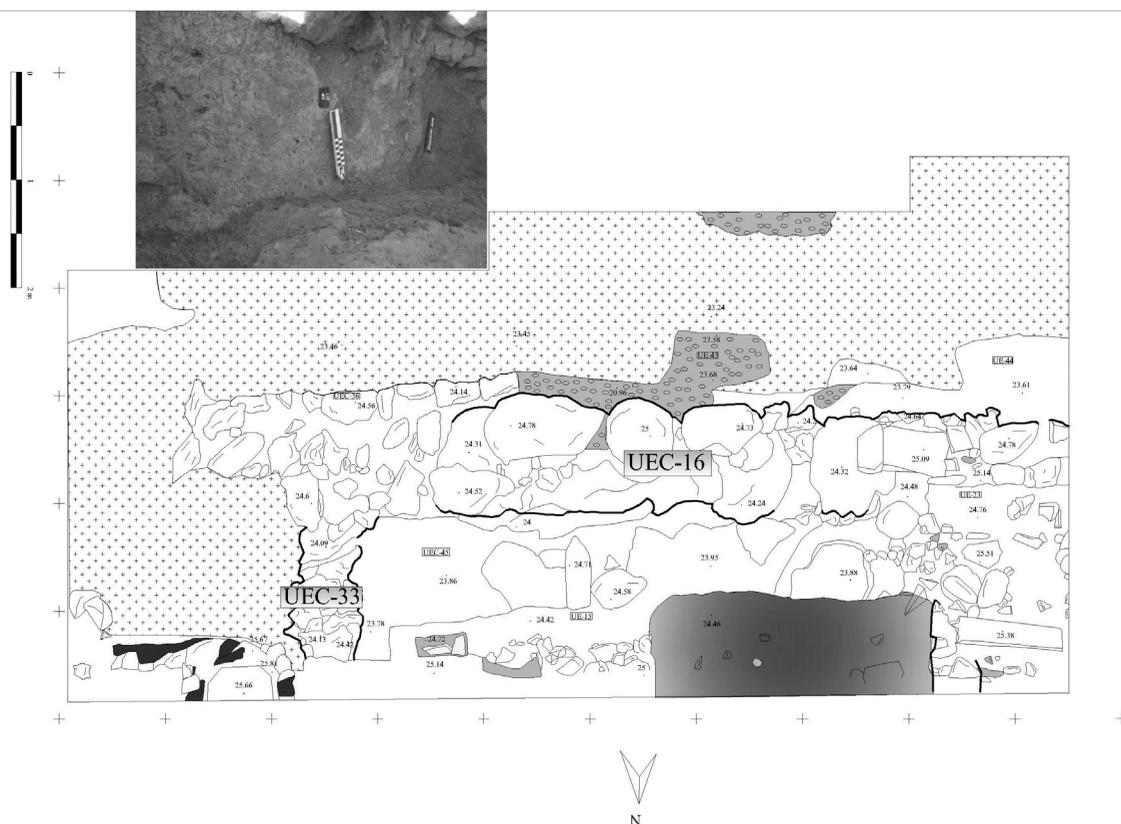


Figura 4. A: Planta del corte 15 con la muralla de *Abdera*. B: Detalle de la unidad estratigráfica 45 anterior a la muralla.

Castro *et alii* 2009: 3-4). Esta cronología queda corroborada mediante las dataciones radiocarbónicas<sup>5</sup> obtenidas en 2004 de una serie de muestras recogidas en los estratos asociados a la utilización del horno (López Castro 2007: 166).

En la campaña de 2006, en el Corte 15 se documentó un lienzo de muralla de tipo oriental de doble paramento con cajones rellenos de adobe (Fig. 4a), datada a finales del siglo VII o inicios del VI a.C. Bajo la muralla se documentó un nivel de ocupación algo anterior a su construcción, formado por un pavimento de cal, la unidad estratigráfica 45 (Fig. 4b), que posiblemente formó parte de una vivienda del siglo VII a.C. (López Castro *et alii* 2010: 97). Este contexto proporcionó restos de actividad metalúrgica

cuyos testimonios consisten en una escoria de hierro, distintos objetos de base cobre como anzuelos, varillas, clavos y un hacha de hierro, todos ellos de cronología antigua.

En el Corte 3, en la zona sur del asentamiento se excavaron diversas construcciones estructuradas hasta en seis fases constructivas (Fig. 5a) con una cronología que abarca desde el siglo VII hasta el IV a.C. de acuerdo con los materiales cerámicos. Del siglo VII a.C. se documentan ánforas T-10 (Fig. 6: 3879-9), así como la característica cerámica de engobe rojo representada por platos y cuencos y un fragmento de asa geminada de un *pithos* (Fig. 6: 3849-1, 31108, 3849-4) y platos de cerámica gris (Fig. 6: 31085-8). Características de finales del siglo V a.C. son las ánforas T-11 (Fig. 6: 3791-5), cuencos y fuentes decoradas con pintura a bandas (Fig. 6: 31205-2) y algunas importaciones griegas de barniz negro como copas y bolsales (Fig. 6: 31119). Entre los materiales del siglo IV a.C. señalaremos las ánforas T-12 (Fig. 6: 3998-14) y las cerámicas griegas de barniz negro y figuras rojas (Fig. 6: 31077-1).

<sup>5</sup> Las dataciones radiocarbónicas (KIA 2142 y KIA 2141) se efectuaron sobre dos muestras de semillas del Corte 4 (CM 86 4373 y CM 86 4347) que datan, respectivamente, el inicio y el final de la utilización del horno en  $2480 \pm 30$  BP ( $770 \pm 30$  cal BC como extremo del intervalo al 90,1% de probabilidad) y  $2515 \pm 25$  BP ( $700 \pm 25$  cal BC como extremo del intervalo al 71% de probabilidad).

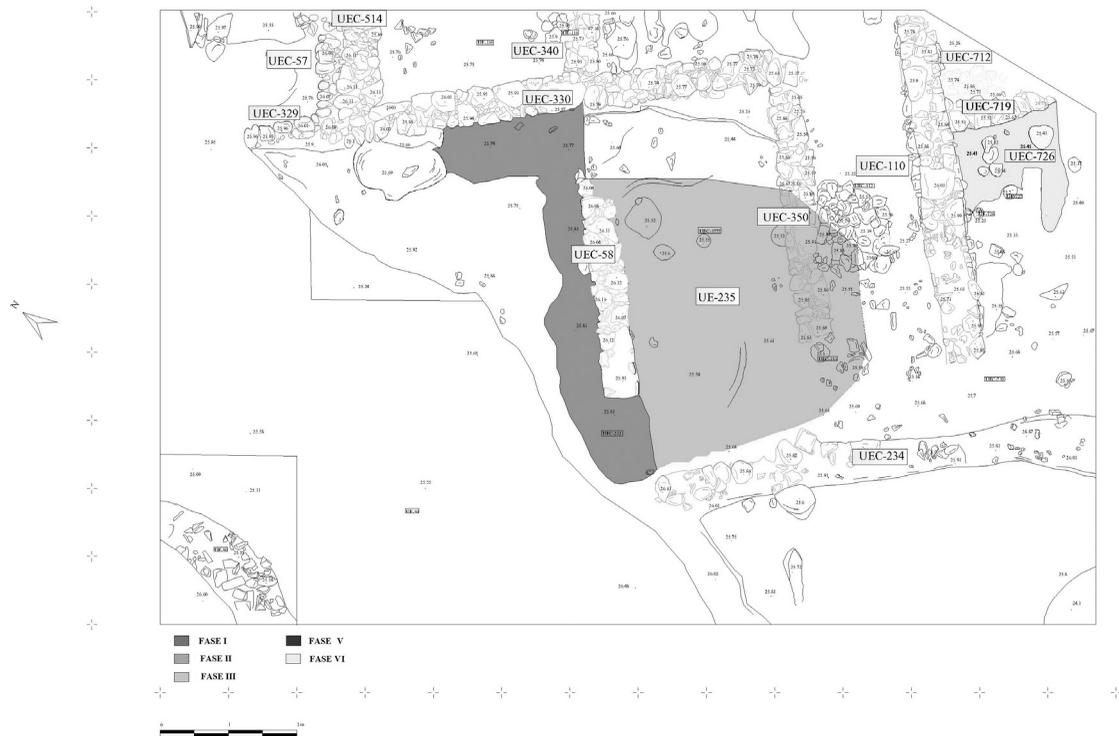


Figura 5. A: Planta de las fases constructivas del Corte 3. B: Estructura de combustión con uso metalúrgico de la fase VI.

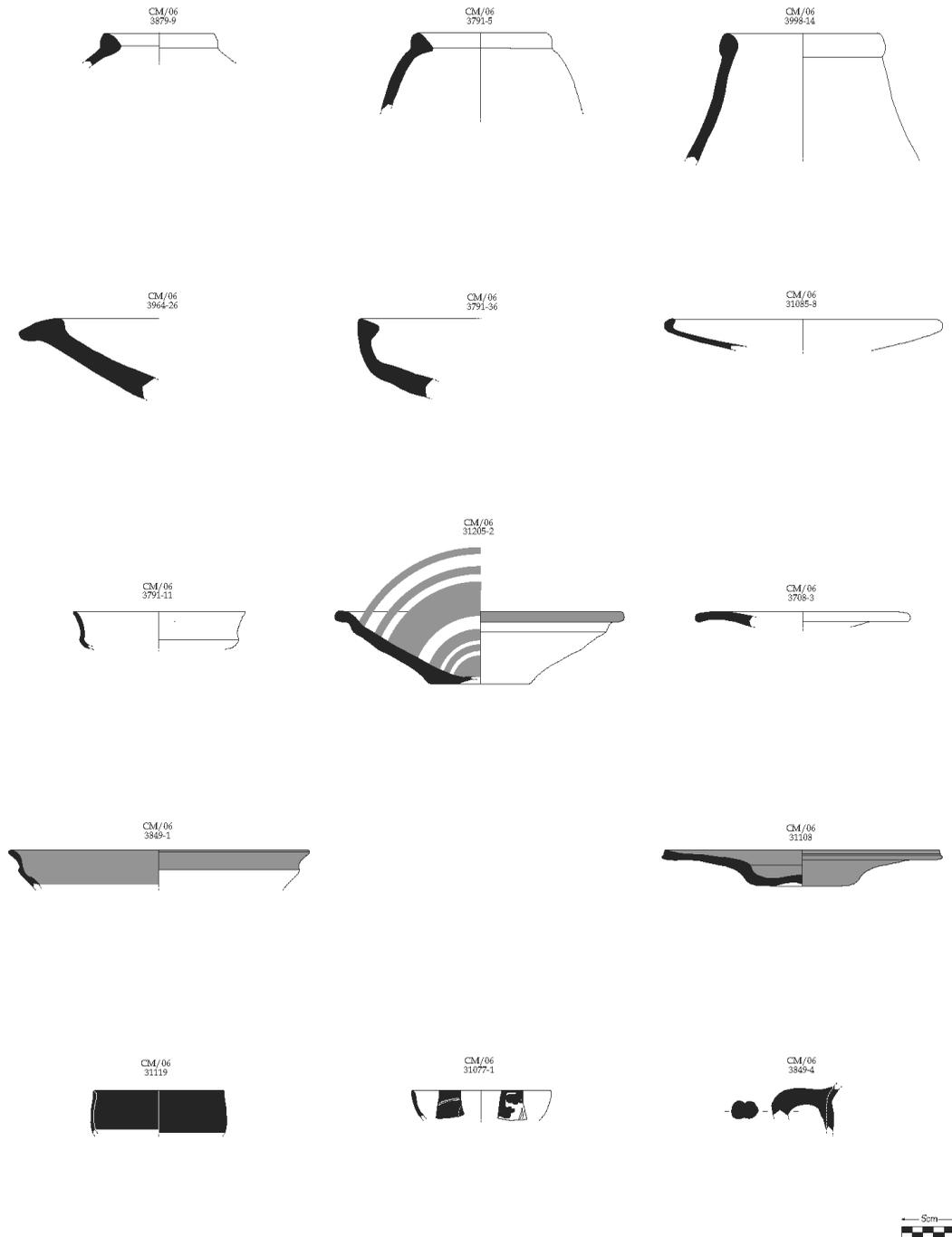


Figura 6. Cerámicas de las distintas fases constructivas del Corte 3.

Asociado a las fases constructivas mencionadas se recuperó un amplio y variado repertorio de materiales relacionados con la producción metalúrgica. Un hallazgo significativo en la fase I del Corte 3 fue un conjunto de fragmentos de toberas del siglo

vii a.C. de tipología prismática y doble perforación similares a las halladas en otros yacimientos fenicios de la misma cronología (Renzi 2007). Otros hallazgos relevantes fueron escorias y minerales de hierro, tres goterones de plomo y objetos de hierro, plomo y base

cobre de distinta tipología. Una serie de muestras seleccionadas de las fases constructivas II y V, datadas respectivamente en el siglo VI a.C. y hacia finales del V o principios del siglo IV a.C., han sido analizadas y presentamos en este estudio los resultados analíticos. Finalmente, en la fase constructiva VI del siglo IV a.C. se localizó una estructura de combustión más tardía de pequeñas dimensiones (Fig. 5b) que testimonia actividades metalúrgicas.

Las técnicas analíticas aplicadas a una selección de este conjunto de materiales arqueometalúrgicos han permitido realizar una caracterización preliminar de los recursos minerales utilizados en la *Abdera* fenicia, fundamentalmente relacionados con la metalurgia del plomo y base cobre. Los materiales analizados siguiendo la metodología descrita son: un fragmento de galena (Fig. 7), cuatro goterones de plomo (Fig. 8) y dos fragmentos de base cobre (Fig. 9).



Figura 7. CM/86-4205. Muestra de galena.

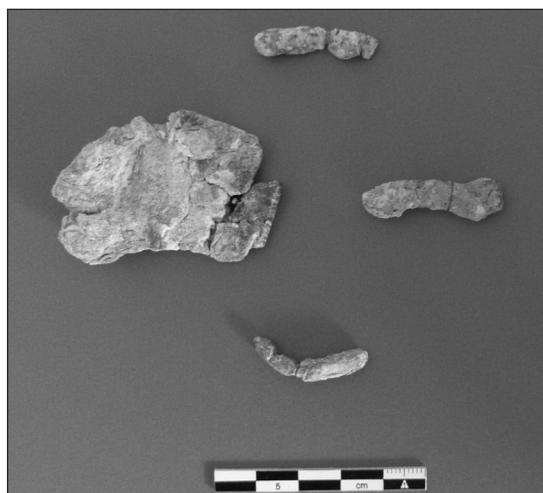


Figura 8. Goterones de plomo.



Figura 9. CM/04-4362 y CM-15132. Amorfo y clavo de base cobre.

Tanto la composición elemental (Fig. 10) como la Difracción de Rayos X (Fig. 11) confirman que el fragmento CM/86-4205 es un sulfuro de plomo, es decir, galena. Este mineral de plomo presenta una proporción de 407 ppm de plata, por lo que se encuentra en el rango de galena pobre en plata que no era beneficiada en la antigüedad por los fenicios. Este límite se sitúa en torno a las 500-600 ppm (Tylecote 1986).

Por otra parte, los dos objetos de metal (CM/04-4362 y CM/06-15132) presentan una composición diferenciada (Fig. 12). El fragmento indeterminado es un bronce pobre, característico de la metalurgia colonial, mientras el clavo es un cobre bastante puro con una presencia de plomo y antimonio como rasgos a destacar.

Los resultados de las ratios isotópicas de la galena, goterones de plomo y objetos de base cobre que centran el interés de este trabajo se recogen en la figura 13. En la representación gráfica comparativa resultante del análisis de isótopos de plomo se puede observar fácilmente la gran homogeneidad que presentan todos los elementos vinculados con el plomo, tanto la galena como los goterones. Teniendo en cuenta que la cronología de estas piezas va del siglo VIII al IV a.C. parece que existe una continuidad de abastecimiento en todo ese periodo. Asimismo, al compararse los resultados de las muestras arqueológicas con la información geológica disponible recopilada para la Península Ibérica y el Mediterráneo occidental podría sugerirse que la procedencia del plomo (galena y goterones) es la misma y única, siendo la opción

Muestra	Fe ppm	Ni ppm	Cu ppm	Zn ppm	Ag ppm	P ppm	S %	Pb%
Galena CM/86-4205	643	260	18	386	407	4458	6,69	66,56

Figura 10. Análisis elemental de una galena por XRF con el espectrómetro BRUKER PIONEER. Valores expresados en ppm en relación a un 100 %. S y Pb expresados en % en peso de la muestra analizada.

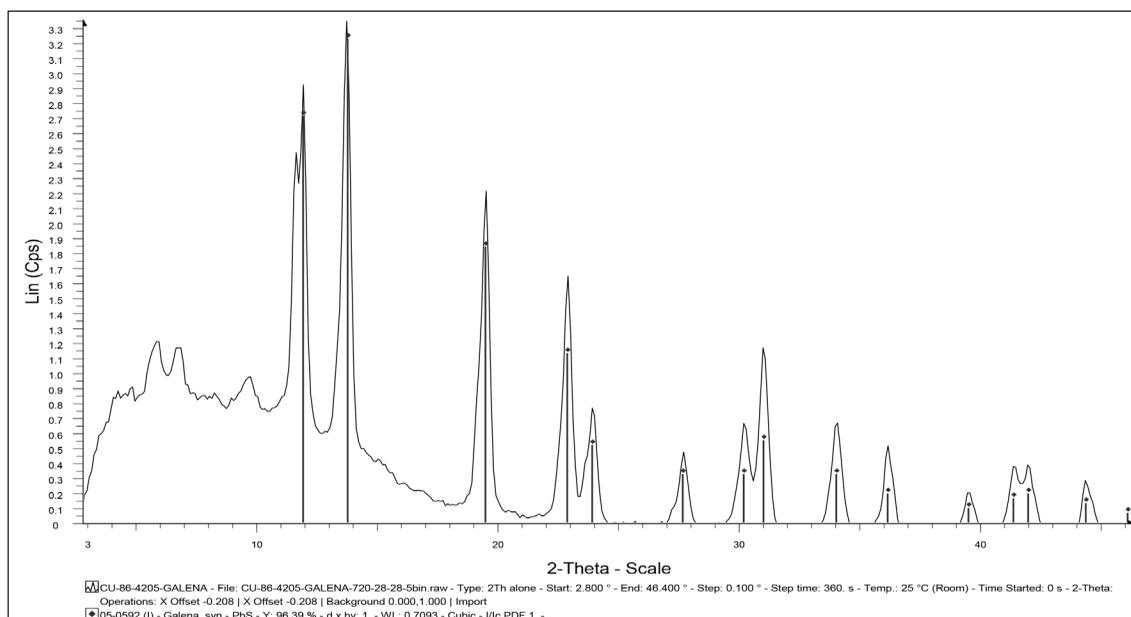


Figura 11. Análisis de la galena (CM/86-4205) por XRD con el equipo de monocristal BRUKER SMART APEX CC.

REFERENCIA INVENTARIO	REFERENCIA ANÁLISIS	MUESTRA	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Ag	Sn	Sb	Au	Pb	Bi
CM/06-3763	PA23439	Goterón plomo	--	--	0,14	--	--	--	--	--	--	99,86	--
CM/86-4205	PA23440	Galena	0,14	--	--	--	--	--	--	--	--	99,86	--
CM/04-3229	PA23441	Cinta de plomo	--	--	0,10	--	--	--	--	--	--	99,9	--
CM/06-3746-2	PA23442	Goterón plomo	1,28	--	--	--	--	--	--	--	--	98,72	--
CM/86-4050	PA23443	Goterón plomo	--	--	--	--	--	--	--	--	--	100	--
CM/04-4362	PA23444	Amorfo Base Cu	0,11	--	93,0	--	0,17	--	5,58	--	--	1,17	--
CM/06-15132	PA23445	Clavo Base Cu (vástago)	0,06	--	99,1	--	--	--	--	0,16	--	0,73	--

Figura 12. Análisis elemental de muestras de galena, plomo y base cobre por XRF con el equipo INNOV-X Alpha. Valores expresados en % en peso, ("--" = no detectado).

Referencia	Muestra	Cronología	$^{209}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$	Incertidumbre (2SE)	$^{207}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$	Incertidumbre (2SE)	$^{206}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$	Incertidumbre (2SE)	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	Incertidumbre (2SE)
CM-4362	Amorfo Base Cu	VIII a. C.	18,3547	0,0006	15,6808	0,0006	38,7275	0,0015	2,08721	0,00003
CM-4050	Goterón Pb	VIII a. C.	18,3456	0,0005	15,6819	0,0005	38,5611	0,0014	2,10193	0,00003
CM-4205	Galena	VIII a. C.	18,3444	0,0006	15,6809	0,0006	38,5554	0,0016	2,10175	0,00004
CM-15132	Clavo Base Cu	VII a. C.	18,6476	0,0006	15,6745	0,0005	38,7672	0,0014	2,07894	0,00003
CM-3229	Goterón Pb	VI a. C.	18,3454	0,0008	15,6816	0,0008	38,5623	0,0020	2,10201	0,00004
CM-3763	Goterón Pb	VI a. C.	18,3454	0,0005	15,6813	0,0005	38,5580	0,0014	2,10179	0,00003
CM-3746	Goterón Pb	IV a. C.	18,3458	0,0008	15,6809	0,0007	38,5583	0,0019	2,10175	0,00004

Figura 13. Ratios isotópicas de muestras de galena, gotas de plomo y objetos de base cobre obtenidos con la técnica de alta precisión MC-ICP-MS.

más probable las minas de la Sierra de Gádor. En las distintas gráficas (Figs. 14 y 15) se aprecia claramente cómo las muestras quedan integradas en el campo isotópico definido para Gádor, y en aquellas zonas en las que puede existir solapamiento parcial en alguno de los ejes, como pueden ser las minas del distrito de Molar-Belmont-Falset, la comparación revela claramente que sólo hay coincidencia plena con Gádor.

Esta coincidencia que señalan los isótopos de plomo es confirmada por la composición elemental. Las muestras de las minas de Fondón de la Sierra de Gádor analizadas en el proyecto “Arqueometalurgia de la Península Ibérica” presentan valores que van desde las 190 a las 210 ppm en plata, aunque una de ellas alcanza un valor de 890 ppm. Por tanto, aunque esporádicamente puedan presentar una concentración de plata elevada, la tendencia general y el contenido medio es que se trata de plomo que no se desplazaba. Esta idea se ve confirmada por las muestras de galena recuperadas en La Fonteta (Guardamar del Segura, Alicante) que se identifican por isótopos de plomo como procedentes de la Sierra de Gádor, con un valor medio de 170 ppm en plata (Renzi *et alii* 2009).

Las muestras de La Fonteta (Fig. 16) presentan una dispersión mayor por todo el campo isotópico de Gádor, sin embargo los plomos metálicos analizados de yacimientos como Santa Lúcia y Tossal del Mortórum en la provincia de Castellón (Montero Ruiz *et alii* 2014: 209-210), fechados principalmente en el siglo VII y primera mitad del VI a.C., se agrupan con los obtenidos en el Cerro de Montecristo. Sólo podemos distinguir la posición de cada uno de ellos si la representación gráfica se hace con mucho detalle y aun así la coincidencia entre los plomos de Santa Lúcia y los del Cerro de Montecristo es absoluta. También una galena recuperada en Huelva se ha identificado como procedente de Gádor y su cronología podría marcar el inicio de las explotaciones, al menos en el siglo IX a.C. (Murillo-Barroso 2013). Entre las escorias de Río Tinto clasificadas como “ibéricas” (Anguilano *et alii* 2010) también se detecta plomo procedente de Gádor (Murillo-Barroso 2013) lo que confirma que durante esta etapa del siglo IV a.C. se mantiene una exportación de plomo metálico o galena.

La interpretación de los dos objetos de base cobre es algo más compleja (Fig. 9). Los resultados muestran unas ratios diferentes a las del plomo y existen diferencias entre ellas. El fragmento indeterminado identificado como un bronce pobre podría ser un metal reciclado por esa baja tasa de estaño (< 6 % Sn), por lo que vamos a centrarnos en el clavo de cobre como elemento central en la discusión de los resultados. La comparación con los datos isotópicos de las mineralizaciones del SE nos llevan hacia la

zona de la Cuenca de Vera. En primer lugar porque existe una coincidencia bastante alta con un mineral de cobre procesado en el yacimiento Calcolítico de Almizaraque.

En la comarca existen diversas mineralizaciones de cobre, aunque desde el punto de vista isotópico la caracterización es todavía insuficiente. Tanto las minas de Cerro Minado como las de Herrerías podrían ser el origen del cobre. Sin embargo, si atendemos a la composición, el mineral de Cerro Minado suele ser muy arsenicado, presencia baja de antimonio y ausencia de plomo, mientras que el de Herrerías destaca por su contenido en plomo (Montero Ruiz 1994) y baja presencia de arsénico, pero también deben reseñarse contenidos de antimonio en las muestras minerales de análisis más recientes tras las excavaciones en Cerro Virtud. La composición del clavo, sin arsénico, con plomo y algo de antimonio parece más coincidente con los minerales de Herrerías. El campo isotópico señalado en las figuras 17 y 18 con línea discontinua, sin embargo, parece ser muy amplio, pero englobaría al cobre del Cerro de Montecristo y una parte de los minerales de Almizaraque. Lo que parece claro es que no podemos relacionar el cobre con las minas de Alcolea, geográficamente más próximas al yacimiento, en el borde occidental de la Sierra de Gádor. Estas minas de Alcolea tienen cobre asociado a arsénico, antimonio y plomo.

En este sentido, aunque el lingote de cobre de Can Roqueta (Barcelona), con datación poco precisa entre el Bronce Final y la primera Edad del Hierro, esté relacionado con las minas de Alcolea (Montero Ruiz *et alii* 2012) en la Sierra de Gádor y sugiera la explotación de esos recursos minerales, la cadena de eslabones de El Calvari (El Molar, Tarragona), vinculada también con los minerales de Almizaraque y las minas de Almería (Montero Ruiz *et alii* 2012), podría tener una procedencia similar a la del clavo del Cerro de Montecristo (Figs. 17 y 18), siendo Herrerías la opción más probable.

Por tanto, entre los siglos VIII y VII a.C., intervalo cronológico del amorfo y fragmento de clavo de base cobre, parece detectarse una comercialización del cobre de la Cuenca de Vera. Una posible explicación a esta situación de cobre con procedencia lejana detectada en el Cerro de Montecristo, y que necesitaría de futuros datos para su comprobación, es que, aunque con anterioridad al siglo VII a.C. las minas de Alcolea pudieron estar explotándose y suministrar mineral de cobre, a partir del VII a.C. se abandonara esa extracción para centrarse con exclusividad en la minería del plomo de la Sierra de Gádor.

En este intercambio de cobre, si Herrerías es la procedencia correcta, estarían involucrados los po-

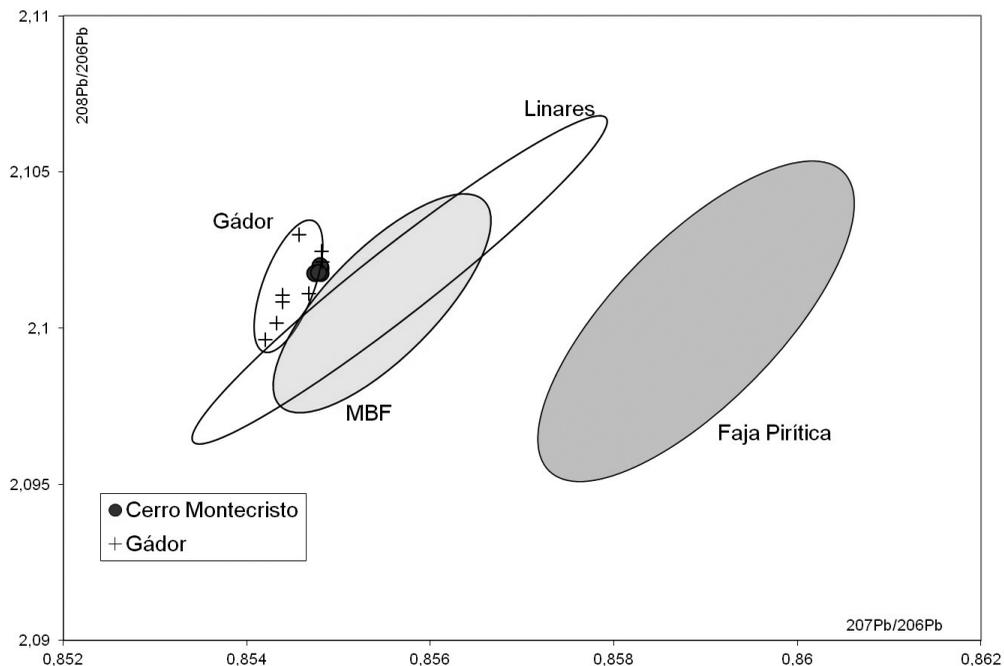


Figura 14. Relación de las ratios isotópicas del Cerro de Montecristo, la Sierra de Gádor, El Molar-Bellmunt-Falset (MBF), Linares y la Faja Pirítica.

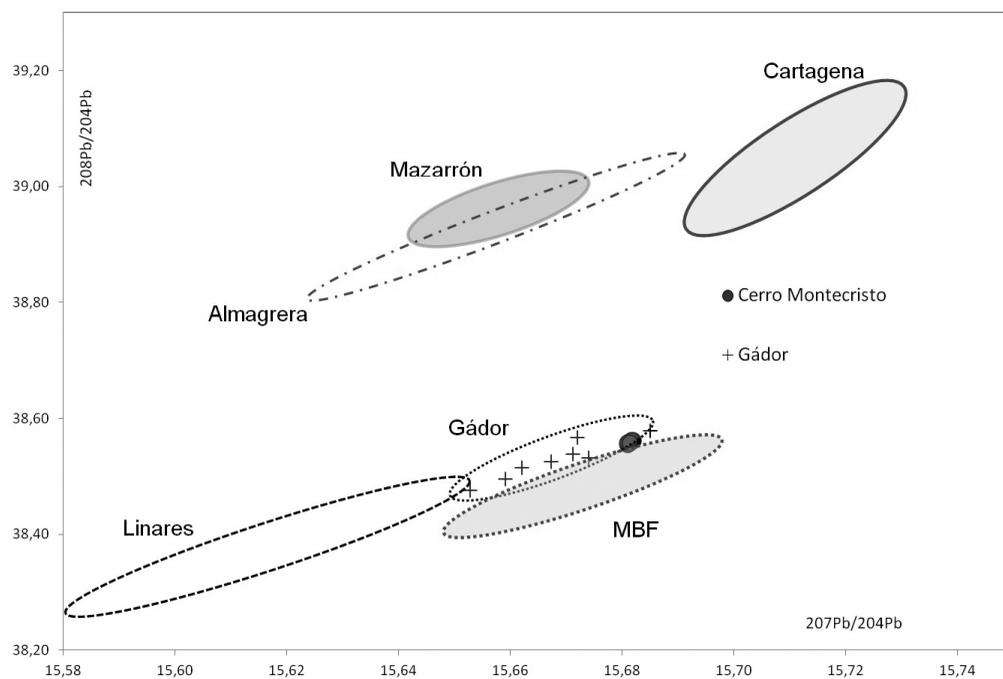


Figura 15. Relación de las ratios isotópicas de la Sierra de Gádor, el Cerro de Montecristo, El Molar-Bellmunt-Falset, Linares (MBF), Almagrera, Mazarrón y Cartagena.

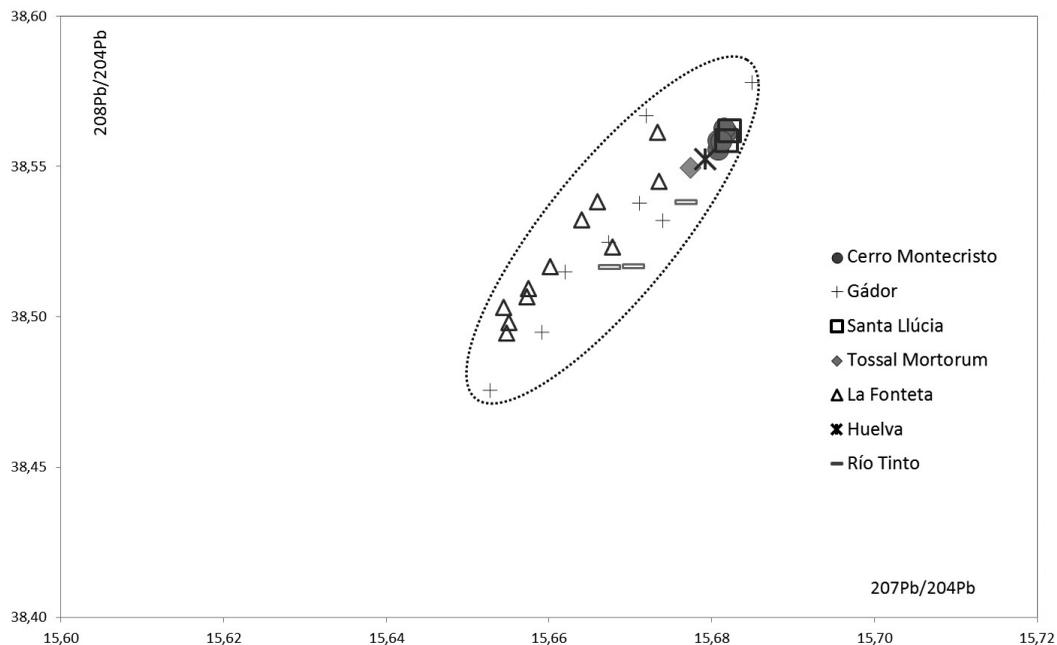


Figura 16. Relación de las ratios isotópicas del Cerro de Montecristo, Sierra de Gádor, Santa Lúcia, Tossal del Mortorum, la Fontela, Huelva y Río Tinto.

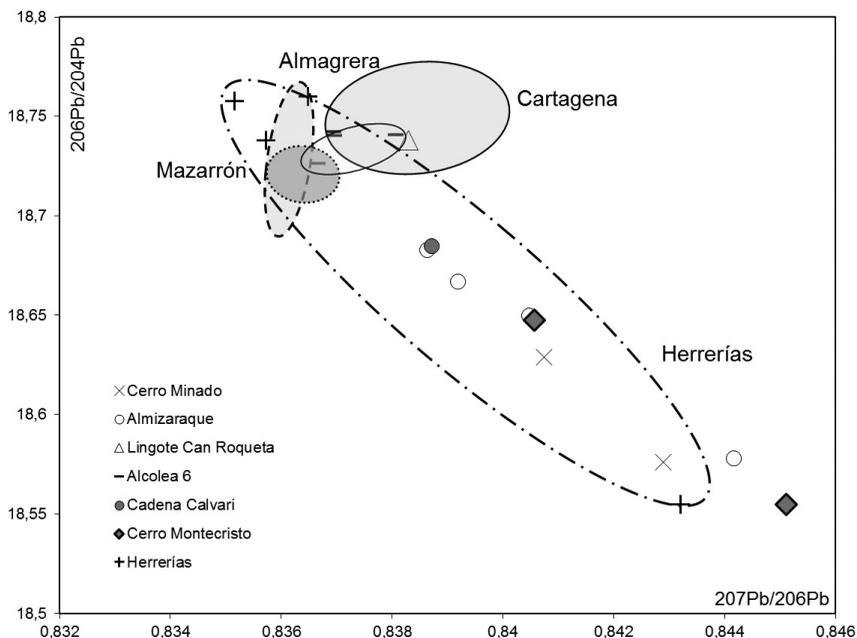


Figura 17. Relación de las ratios isotópicas del Cerro de Montecristo, Cerro Minado, Almizaraque, Lingote de Can Roqueta, Minas de Alcolea y la Cadena de El Calvari, en comparación con los campos isotópicos de Cartagena, Mazarrón, Almagrera, Alcolea y Herrerías.

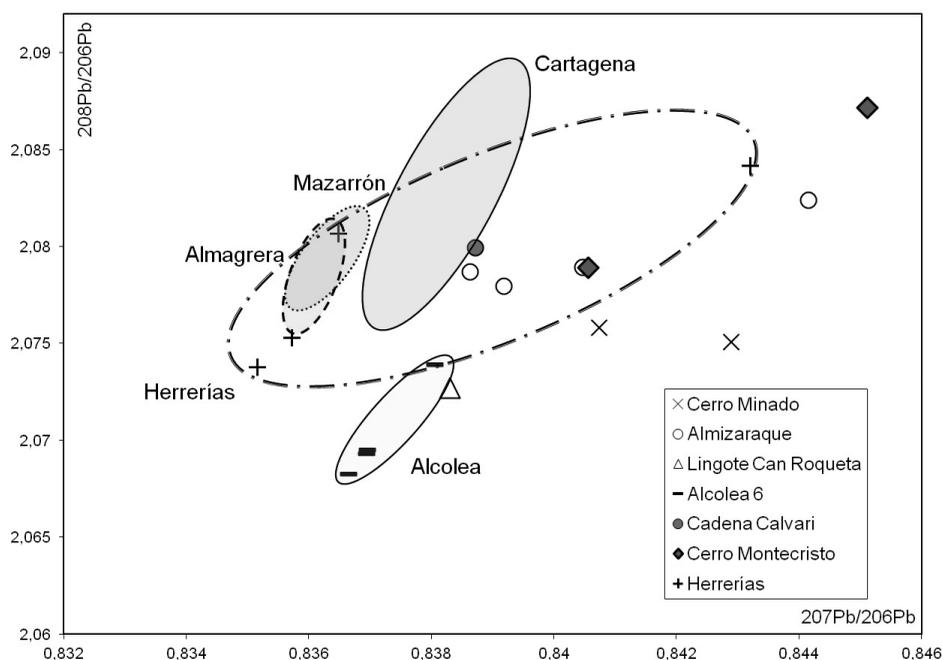


Figura 18. Relación de las ratios isotópicas de objetos de base cobre del Cerro de Montecristo, Cerro Minado, Almizaraque, Lingote de Can Roqueta y El Calvari en relación a los campos isotópicos de Cartagena, Mazarrón, Alcolea, Almagrera y Herrerías.

bladores que se enterraron en la necrópolis de Loma del Boliche (Lorrio 2014) y la ciudad fenicia de *Barria*. Llama la atención que hasta el momento no se haya identificado plomo de Sierra Almagrera entre el transportado hasta el suroeste de la Península, siendo abundante el procedente de Gádor, Linares o de las minas del distrito de El Molar (Murillo Barroso 2013). La explicación hay que buscarla en la galena de Almagrera, de tipo argentífero, no destinada, por tanto, al abastecimiento de plomo del suroeste como sucedía con el resto de zonas señaladas en las que la galena no es argentífera.

## 5. CONCLUSIONES

La riqueza metalífera de la Sierra de Gádor y las vías fluviales de comunicación que conectaban las zonas altas de la sierra con la costa mediterránea la convirtieron en un territorio idóneo para su explotación económica desde la Antigüedad. La articulación natural del territorio propia de la sierra promovió la creación de una red comercial por vía marítima con base en el monopolio del mineral de plomo. A ello contribuyó considerablemente la gran pureza de sus minerales de plomo en forma de sulfuros, con un contenido en plomo muy elevado de más del 66%.

Sin embargo, su escaso contenido en plata no pudo ser beneficiado en la época en que los fenicios explotaron la sierra.

Si bien las evidencias de metalurgia del plomo en *Abdera* quedan atestiguadas por la presencia de galena y gotas de plomo, la escasez de objetos y la ausencia de “lingotes” en este metal podría indicar que se comercializaba directamente con la galena, como así sugieren los datos obtenidos en el yacimiento fenicio de La Fonteta (Guardamar del Segura, Alicante), Huelva o Río Tinto. Su comercialización a través del Mediterráneo abre nuevas e interesantes posibilidades de investigación.

La cronología de las muestras estudiadas indica que el plomo estaba siendo explotado desde las fases más antiguas del asentamiento hasta el siglo IV a.C. y que existía una relación a través del intercambio de objetos de base cobre con la zona de la Cuenca de Vera desde los siglos VIII y VII a.C. evidenciada fundamentalmente en los datos isotópicos obtenidos de dos clavos de base cobre, de los que uno podría corresponder con las mineralizaciones de Herrerías. Asimismo, es interesante mencionar la construcción de la fortificación de tipo oriental de Altos de Reveque, en torno a la segunda mitad del siglo VI a.C., que indica el incremento en el control del territorio por parte de *Abdera* hacia la zona sur-oriental de la

Sierra de Gádor. Esta ampliación estaría relacionada con la explotación de los recursos metalíferos, aspecto que viene a reforzar la importancia estratégica de esta actividad en *Abdera* (López Castro *et alii* 2010; López Castro *et alii* en prensa).

Los datos isotópicos de los dos objetos de base cobre —dado que no ha sido documentada por el momento la metalurgia de base cobre en el asentamiento— sugieren que el metal pudo o bien importarse directamente como objetos utilitarios, o bien como lingotes en bruto desde la vecina ciudad fenicia de *Baria*, responsable de la explotación de los recursos metalíferos de Sierra Almagrera y Herrerías.

Los resultados obtenidos abren unas interesantes perspectivas de investigación y nos permiten realizar una interpretación preliminar en torno a la metalurgia fenicia del plomo y base cobre en dos de las colonias fenicias más importantes del Sureste de la Península Ibérica, *Abdera* y *Baria*, y su interrelación territorial y económica, aportando datos novedosos sobre el comercio de materias primas entre los fenicios occidentales, en particular el comercio de metales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez de Linera, A. 1851: “Sierra de Gádor”, *Revista Minera*, 417-424.
- Anguilano, L.; Rehren, T.; Müller, W. y Rothenberg, B. 2010: “The importance of lead in the silver production at Riotinto (Spain)”, *ArchéoSciences* 34, 269-276.
- Artero García, J. M. 1986: “Síntesis geológico-minera de la provincia de Almería”, *BIEA Ciencias* 6, 57-79.
- Cara Barrionuevo, L. 2002: *La minería de Sierra de Gádor, nuestro legado*, Berja.
- Cara Barrionuevo, L. y Rodríguez López, J. M<sup>a</sup>. 1986: “Notas para el estudio de la minería almeriense anterior al siglo XIX”, *BIEA Letras* 6, 11-24.
- Cara Barrionuevo, L. y Rodríguez López, J. M<sup>a</sup> 1990: “Memoria sobre la prospección arqueológica superficial de la Sierra de Gádor”, *AAA 1987*, vol. II, 84-86.
- Carpintero Lozano, S. 2009: “La metalurgia fenicia en Abdera durante el I milenio a.C.”, *Arqueología y Territorio* 6, 123-136.
- Chernyshev, I. V.; Chugaev, A. V. y Shatagin K. N. 2007: “High-Precision Pb Isotope Analysis by Multicollector-ICP-Mass-Spectrometry using 205Tl/203 Tl normalization: Optimization and Calibration of the Method for the Studies of Pb Isotope Variations”, *Geochemistry International* 45 (11), 1065-1076.
- Domergue, C. 1987: *Catalogue des mines et des fondries antiques de la Péninsule Ibérique. Tome I*, Madrid.
- Fernández-Miranda, M. y Caballero, L. 1975: *Abdera: excavaciones en el Cerro de Montecristo (Adra, Almería)*, Excavaciones Arqueológicas en España 85, Madrid.
- López Castro, J. L. 1995: *Hispania Poena. Los fenicios en la Hispania romana*, Barcelona.
- López Castro, J.L. 2006: “Abdera fenicia. Nueve siglos de historia”, J. Sánchez Real (coord.), *Historia de Adra, Farua extra 1*, Almería, 29-42.
- López Castro, J. L. 2007: “Abdera y Baria. Dos ciudades fenicias en el extremo Sureste de la Península Ibérica”, J. L. López Castro (ed.), *Las ciudades fenicio-púnicas en el Mediterráneo Occidental*, Almería, 157-185.
- López Castro, J. L.; Alcaraz, F. y Santos, A. 2009: “Informe preliminar de la intervención arqueológica en el Cerro de Montecristo (Adra, Almería)”, *Anuario Arqueológico de Andalucía, 2004, Vol. I, Actividades puntuales y sistemáticas*, 1-11.
- López Castro, J. L.; Alemán Ochotorena, B. y Moya Cobos, L. 2010: “Abdera y su territorio. Descubrimientos recientes”, *Mainake XXXII (I)*, 91-107.
- López Castro, J. L.; Manzano Agugliaro, F. y Alemán Ochotorena, B. 2010: “Altos de Reveque: un asentamiento fortificado fenicio-púnico en el litoral de Andalucía oriental”, *Archivo Español de Arqueología* 83, 27-46.
- López Castro, J. L.; Carpintero Lozano, S. y Alemán Ochotorena, B. en prensa: “La fortificación fenicia de Altos de Reveque y los recursos minerales de la zona sur de la Sierra de Gádor”, *VIII Congreso Internacional sobre minería y metalurgia históricas en el Sudoeste europeo. Presente y futuro de los paisajes mineros del pasado: estudios sobre minería, metalurgia y poblamiento*, Granada.
- López Medina, M<sup>a</sup> J. 1996: *El municipio romano de Abdera. Una aproximación histórica*, Almería.
- López Medina, M<sup>a</sup> J. 2006: “Abdera durante el Alto y Bajo Imperio y la Antigüedad Tardía”, J. Sánchez Real (coord.), *Historia de Adra, Farua extra 1*, Almería, 43-54.
- Lorrio, A. 2014: La necrópolis orientalizante de Boli-che (Cuevas del Almanzora, Almería), *Bibliotheca Archaeologica Hispana* 43. Madrid, Real Academia de la Historia.
- Madoz, P. 1988 [1848]: *Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de Ultramar*, Edición facsímil: Ámbito Ediciones, Madrid, 1845-1850
- Montero Ruiz, I. 1994: *El origen de la metalurgia en el Sudeste de la Península Ibérica*, Almería.

- Montero-Ruiz, I; Rafel, N.; Rovira, C.; Armada, X. L.; Graells, R.; Hunt, M.; Murillo Barroso, M.; Renzi, M. y Santos, M. 2012: "El cobre de Linares (Jaén) como elemento vinculado al comercio fenicio en el Calvari de El Molar (Tarragona)", *Menga. Revista de Prehistoria de Andalucía* 03, 167-184.
- Montero-Ruiz, I.; Aguilera, G. y Rovira-Hortalá, M.C. 2014: "Plomo metálico en yacimientos de la I Edad del Hierro en la Provincia de Castellón: Explotación de recursos mineros y circulación del metal", *Actas del X Congreso Ibérico de Arqueometría*, Castellón, 200-214.
- Murillo-Barroso, M. 2013: *Producción y Consumo de Plata. Un Análisis Comparativo entre la Sociedad Argárica y los Primeros Asentamientos Orientalizantes en el Sur de la Península Ibérica*, Universidad de Granada.
- Orbaneja, G. P. 1975 [1699]: *Vida de San Indalecio y Almería ilustrada. En su antigüedad, origen, y grandeza*, Edición facsímil: Instituto de Estudios Almerienses, Almería.
- Pérez de Perceval Verde, M. Á. 1984: *Fundidores, mineros y comerciantes: la metalurgia de Sierra de Gádor, 1820-1850*, Almería.
- Renzi, M. 2007: "Estudio tipológico y funcional de las toberas del yacimiento de La Fonteta (Guardamar del Segura)", *Trabajos de Prehistoria* 64 (1): 165-177.
- Renzi, M., Montero-Ruiz, I. y Bode, M. 2009: "Non-ferrous metallurgy from the Phoenician site of La Fonteta (Alicante, Spain): a study of provenance", *Journal of Archaeological Science* 36 (11), 2584-2596.
- Roldán Hervás, J. M. (dir.) 2006: *Diccionario Akal de la Antigüedad Hispana*, Madrid.
- Ruz Márquez, J. L. 1981: *Adra. Siglo XIX*, Almería.
- Sánchez Hita, A. 2007: *El camino de las fundaciones reales. Minería y fundición del plomo en el valle del Andarax y su entorno. ADR Alpujarra-Sierra Nevada. Rutas Temáticas del Patrimonio Histórico*, Almería-Granada.
- Suárez, A.; Aguayo, P.; Carrilero, M.; López Castro, J. L. y San Martín, C. 1989: "Abdera: una colonia fenicia en el Sureste de la Península Ibérica", *Madridier Mitteilungen* 30, 135-150.
- Tylecote, R.F. 1987: *The Early History of Metallurgy in Europe*, London, Longman.

Recibido: 31-07-2014

Aceptado: 14-11-2014