

# ESTUDIO DE LOS RESTOS METALÚRGICOS DE CERRO VIRTUD (CUEVAS DE ALMANZORA, ALMERÍA).

IGNACIO MONTERO RUIZ  
SALVADOR ROVIRA LLORENS

**Resumen:** Se presentan los análisis realizados mediante XRF, SEM, metalografía y C14 a los fragmentos de vasija-horno, minerales, escorias, crisol y punta Palmela recuperadas en las excavaciones de Cerro Virtud. La cronología Neolítica para las primeras actividades metalúrgicas queda fijada en la primera mitad del V milenio cal AC.

**Abstract:** This paper deals with the XRF, SEM, metallography and C14 analysis made to the vase-oven, copper ores, slags, crucible and a Palmela point from the rescue excavations in Cerro Virtud. The chronology for the first metallurgical activity has been established at the first half of the V millennium cal BC.

## INTRODUCCIÓN

Los restos aquí estudiados proceden de las excavaciones de urgencia realizadas en las campañas de 1994 y 1995 en Cerro Virtud, fragmentos de mineral de este mismo yacimiento depositados en el Museo Arqueológico Nacional de Madrid dentro de la colección Siret y bajo la denominación "Virtud de San José", así como muestras de mineral de cobre recogidas en la explotación a cielo abierto de la Mina Guadalupe en el año 1994.

Los análisis se han realizado dentro del marco del Proyecto de Arqueometalurgia de la Península Ibérica, habiendo sido subvencionados los análisis por microscopía electrónica de barrido (SEM) por la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía a través de un proyecto de Actividad arqueológica de estudio de materiales en el año 1997. Con esta ayuda económica se han realizado también algunas dataciones de carbono 14, entre ellas la correspondiente al nivel neolítico del corte B2 donde aparece un resto de vasija-horno.

Las características y ubicación del yacimiento, así como las fases de poblamiento, han sido descritos en otros trabajos (Montero y Ruiz Taboada, 1996; Montero, Rihuete y Ruiz Taboada, 1999; Ruiz Taboada y Montero, 1999). Ahora trataremos únicamente los restos vinculados con la actividad metalúrgica. Estos materiales proceden mayoritariamente de niveles de revuelto con materiales mezclados (neolíticos y calcolíticos), a excepción del fragmento de crisol del corte B1 de la fase calcolítica y un fragmento de vasija-horno del nivel neolítico del corte B2, que se adscribe a la fase II de ocupación del yacimiento.

## DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES

Los fragmentos de vasija horno presentan la pared interna con restos de escorias, y en algunos casos es posible percibir a simple vista puntos verdosos correspondientes a pequeñas gotas de cobre mineralizado. La superficie escorificada y los elementos metálicos en la pared interna presentan una distribución irregular según cada fragmento, siendo el Tr/3/9 el que menos restos conserva. Todos los fragmentos corresponden a zonas del cuerpo de las vasijas, a excepción del B7/254 que corresponde a un borde. El grosor de las paredes oscila entre 0,8 y 1,2 cm, siendo el color de la superficie exterior de color ocre/marrón u ocre/gris, con un tratamiento alisado y desgrasantes de tamaño medio con predominio de cuarzo.

El fragmento de crisol pertenece al borde, aunque por su pequeño tamaño no es posible calcular su diámetro. El grosor máximo de

pared alcanza los 2 cm, y prácticamente no quedan restos metálicos visibles en superficie. La sección conservada permite apreciar la poca profundidad del recipiente (Fig. 1). Tan sólo disponemos de una pieza de metal. Se trata de una Punta de flecha, que podría clasificarse de manera genérica en los tipos Palmela. Le falta parte del pedúnculo y la hoja es redondeada. Sus dimensiones son 25 mm de ancho y 69 mm de longitud conservada. Su peso es de 18,36 gr. El estado de conservación es bueno, conservando metal en su interior, lo que ha permitido la realización de una metalografía cuyo resultado se comentará más adelante.

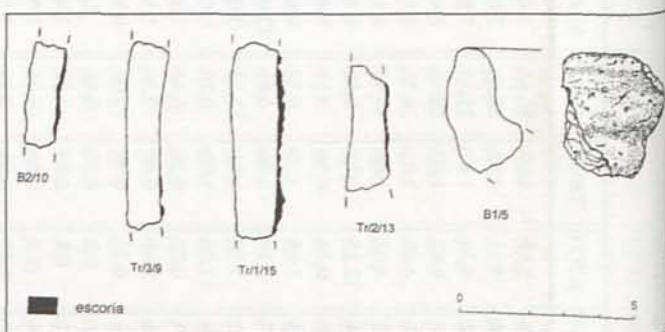


FIG. 1. Dibujo de las secciones de los fragmentos de vasija-horno y del crisol de la campaña de 1994 en Cerro Virtud. (Dibujo realizado por Oscar García Vuelta).

## ANÁLISIS POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X

Inicialmente se practicaron análisis por fluorescencia de rayos X con el espectrómetro Kevex mod. 7000 del Instituto de Patrimonio Histórico Español del Ministerio de Educación y Cultura. Los resultados obtenidos se recogen en las Tablas 1, 2 y 3. Aquellas piezas con contenidos metálicos suficientes fueron analizadas cuantitativamente, pero los fragmentos de vasija-horno B2/10, TR/2/13 y el fragmento de crisol B1/5 no presentaban suficiente cantidad como para establecer valores fiables, por lo que se optó por su análisis cualitativo (Tabla 1). El análisis se repitió de nuevo en algunos fragmentos de vasija horno para cuantificar en este caso las cuentas por segundo recogidas en el detector y que configuran los picos del espectro, e indicar de una manera relativa la presencia de los distintos elementos (Tabla 2).

De este modo se observa la aparición de cobre, hierro, plomo y antimonio en las tres vasijas horno de la campaña de 1994 como elementos significativos de su composición, y que también se detectan en la adherencia recuperada en la campaña de 1995 (PA7107B). En esta y la siglada como TR/1/15 (PA6270 y PA6516) se identifican también cantidades elevadas de arsénico e impurezas de plata. En consecuencia pueden distinguirse dos variedades en el mineral de cobre empleado durante la reducción, aunque en todos ellos son característicos los altos contenidos de plomo y antimonio, se diferencian en la alta proporción de arsénico que muestra uno de estos conjuntos.

En relación con las composiciones de las vasijas-horno se pueden mencionar los resultados de los análisis realizados a minerales encontrados en el propio yacimiento. De un fragmento recuperado por Siret y que se encuentra en el MAN con la adscripción Virtud de San José y una etiqueta que indica "del poblado primitivo" se han realizado dos tomas (PA5895 y PA6181) con resultados muy

**Tabla 1.- Análisis realizados por Espectrometría de Fluorescencia de rayos X en energías dispersivas (ED-FRX). Valores expresados en % en peso.**

Tipo: Crisol (frag.) Inventario: CV94/B1/5 N° Análisis: PA6395

Fe	Ni	Cu	Zn	As	Ag	Sn	Sb	Pb	Bi
det								det	--

Tipo: Adherencia cerámica Inventario: CV94/TR/1/15 N° Análisis: PA6270

Fe	Ni	Cu	Zn	As	Ag	Sn	Sb	Pb	Bi
11.29	nd	42.04	0.321	16.10	0.071	nd	1.710	28.46	--

Tipo: Adherencia cerámica Inventario: CV94/TR/2/13 N° Análisis: PA6272

Fe	Ni	Cu	Zn	As	Ag	Sn	Sb	Pb	Bi
det		det					det	det	--

Tipo: Adherencia cerámica Inventario: CV95/B7-235 N° Análisis: PA7107B

Fe	Ni	Cu	Zn	As	Ag	Sn	Sb	Pb	Bi
33.32	nd	37.16	nd	24.19	0.194	nd	0.520	4.597	--

Tipo: Punta Palmela Inventario: CV95/B7-234 N° Análisis: PA7106

Fe	Ni	Cu	Zn	As	Ag	Sn	Sb	Pb	Bi
0.056	nd	99.66	nd	0.176	0.017	nd	0.085	nd	--

**Tabla 2.- Análisis realizados por Espectrometría de Fluorescencia de rayos X en energías dispersivas (ED-FRX). Valores expresados en cuentas por segundo.**

Tipo: Adherencia cerámica Inventario: CV94/TR/1/15 N° Análisis: PA6516

Fe	Ni	Cu	As	Ag	Sn	Sb	Pb	Ba	Ca
24,6	0,0	26,8	2,3	2,0	0,0	15,7	13,6	283,3	0,0

Tipo: Adherencia cerámica Inventario: CV94/TR/2/13 N° Análisis: PA6512

Fe	Ni	Cu	As	Ag	Sn	Sb	Pb	Ba	Ca
16,7	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	2,0	1,7	61,7	1,0

Tipo: Adherencia cerámica Inventario: CV94/B2/10 N° Análisis: PA6510

Fe	Ni	Cu	As	Ag	Sn	Sb	Pb	Ba	Ca
16,7	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	3,6	1,1	228,0	0,0

similares que muestran un mineral muy rico en arsénico, con altas impurezas de antimonio, presencia de plata, pero sin plomo. Esta misma composición, aunque con valores más reducidos en el antimonio y plata, presenta el fragmento recuperado en la campaña de 1995 (PA7108). Las composiciones de estos minerales son claramente discordantes con el tipo de mineral procesado en las vasijas-horno, en las que la presencia de plomo resulta ser el elemento más significativo.

Si atendemos a las características de los minerales de cobre de la zona de Herrerías, tanto los analizados antiguamente por Siret (Tabla 3) como los recuperados en la explotación de 1994 (Tabla 4), observamos que la presencia de plomo es un rasgo característico de los mismos. Aunque Siret no cuantifica más elementos que el Cu, Pb y Ag, los análisis sobre los minerales muestreados en 1994 en la concesión Guadalupe también señalan la presencia de antimonio y algo de arsénico.

**Tabla 3.- Análisis de minerales del distrito de Herrerías realizados por Siret.**

PROCEDENCIA	Cu (%)	Pb (%)	Ag (gr/Tm)
Mina Guadalupe: explotación hacia 1900 a + 30 m. Mineral verde	23,46	0,60	6,19
Mina Guadalupe W a +12 m	26,50	5,46	4,82
Unión de Tres: mineral negro explotación 1878	20,00	41,00	14,14

**Tabla 4.- Análisis de minerales de Herrerías.**

Análisis	Procedencia	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Ag	Sn	Sb	Pb
PA6354C	Explotación 1994	22.80	nd	68.64	nd	nd	0.245	nd	8.296	nd
PA6354B	Explotación 1994	28.64	nd	68.10	nd	nd	0.072	nd	2.025	1.150
PA6354A	Explotación 1994	26.85	nd	66.12	nd	1.636	nd	nd	0.928	4.671
PA7108	CV95/B6/19	2.87	nd	51.20	nd	45.42	0.009	nd	0.486	nd
PA6181	Col. Siret MAN	13.98	nd	50.94	nd	32.97	0.044	nd	1.87	nd
PA5895	Col. Siret MAN	14.64	nd	47.54	nd	35.91	0.100	nd	1.80	nd

Por tanto, los minerales procesados en las vasijas-horno presentan mayor similitud con los extraídos de las explotaciones mineras de la ladera oriental del cabezo (Concesiones Guadalupe y Unión de Tres) que con los fragmentos recuperados en el propio yacimiento, aunque sin contexto estratigráfico.

El análisis de la Punta Palmela (Tabla 1) revela que es un metal muy puro, con impurezas bastante bajas de arsénico y antimonio y sin que se detecte presencia de plomo. Esta composición, a pesar de los cambios termo-químicos que sufrió el mineral de partida que produjo el metal, no apoya el uso de minerales plomados, ni tampoco muy arsenicados como en las muestras estudiadas de vasijas-horno. En cualquier caso, las limitaciones de la propia técnica de análisis cuantitativos, el poco control tecnológico en las condiciones de trabajo, además de unos minerales de partida heterogéneos en su composición, y la falta de una muestra de objetos metálicos suficiente para comparar las tendencias centrales de sus impurezas no permiten ni confirmar ni refutar el posible uso de uno u otro tipo de mineral comentado. Una utilización de mineral poco plomado, como el de las muestras de la mina Guadalupe, y en concreto la muestra PA6534A, podría llegar a producir en ciertos casos metal bastante puro como el de la Punta Palmela.

#### ESTUDIOS MEDIANTE SEM

El fragmento de vasija-horno B2/10, había sido inicialmente observado por XRF pero las escasas cuentas de elementos metálicos detectados (Cu, Sb y Pb) hacían necesario un estudio más detallado. Se tomó una pequeña muestra de la escoria, que fue embutida en metacrilato y pulida. Su aspecto al microscopio es de una textura poco homogénea. Se practicaron dos análisis cualitativos con la microsonda del SEM del Instituto de Patrimonio Histórico Español en ventanas amplias, con resultados muy similares, detectándose Si, Ca, Al, K, Mg, Fe, N, S, y Cl, si bien en una de ellas se identificó un pequeño pico de titanio. En este caso no pudo detectarse cobre. Ante estos resultados se optó por estudiar el fragmento completo, una vez metalizado con grafito para hacerlo conductor.

El análisis cualitativo puntual señalado como nº 1 (Lam. I) detectó la presencia de Si, Ca, Al, K, Mg, Na y Fe, con un pequeño pico de S. Se trata pues de un silicato complejo. Tampoco se detectó cobre.

El análisis cualitativo puntual en el área señalada como nº 2 (Lam. I) se detectan los mismos elementos más Ti y P, aunque con relaciones de señal distintas. Esta zona es más rica en calcio y aluminio, en detrimento del silicio. No se detecta cobre.

Dada la dificultad de acertar con la microsonda en un punto con cobre y la escasa sensibilidad del método cuando no se analiza puntualmente, se decidió emplear la opción de mapeado de elementos, para de forma gráfica localizar el cobre y otros elementos. El resultado fue la detección de cobre, plomo y antimonio, aunque muy diseminados, en varios campos microscópicos. De alguno de esos puntos con presencia de cobre se realizó un espectro que aparece representado en la figura (fig. 2).



FIG. 1. Fotografía tomada de la zona de analizada mediante SEM en la escoria del fragmento de vasija-horno B2/10.

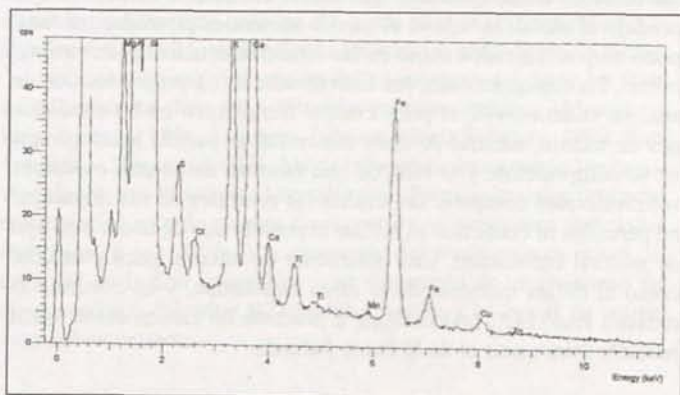


FIG. 2. Espectro realizado con SEM del fragmento de vasija B2/10 donde se detecta la presencia de cobre.

De ello se deduce que este fragmento de vasija-horno, a pesar de encontrarse muy lavado el material, parece que fue utilizado en un proceso de fundición de minerales de cobre que contenían, entre otras impurezas, plomo y antimonio como ya había sido detectado mediante el análisis por fluorescencia.

El estudio de las escorias que aparecen en las fases I y II de Cerro Virtud se realizó inicialmente a partir de la muestra B3/23 en el Servicio Interdepartamental de Investigación de la Universidad Autónoma de Madrid, después de haber sido observados con la fluorescencia varias muestras y sin que en ningún caso se detectase cobre. Estos primeros resultados (Tabla 5) quedan recogidos en la

Tesis del Dr. Pablo Gómez Ramos (1999: 67) y reflejan una composición de la escoria con una proporción muy alta de calcio.

Posteriormente se analizaron las muestras B2/12 (Fase II), que estaba adherida a un fragmento de marga arcillosa propia del cerro y especialmente los fragmentos B3/30 (2) (fase II), aparecido entre las costillas de uno de los inhumados conservados en posición primaria, y B3/30 (5) (fase II) recuperado junto a otros huesos humanos desplazados de la fosa de enterramiento múltiple de época neolítica.

Las muestras fueron adecuadamente incluidas en metacrilato y pulidas. El análisis de la matriz del fragmento B2/12 dio una composición similar al fragmento B2/10 (Si, Ca, Al, Mg, Na, K, Ti, Fe, Cl), sin cobre. El fragmento B3/30 (2), con un aspecto al microscopio de masa poco homogénea, fue analizado en 4 puntos de textura distinta. Tres de ellos han dado una composición de silicatos complejos similares a los ya vistos y el cuarto contiene, además baritina, hecho que se manifiesta por el crecimiento correspondiente a los picos de Ba y S.

La muestra B3/30 (5), correspondiente a una masa vítrea ligera de aspecto escoriáceo, fue analizada en el Microscopio Electrónico de Barrido del SIDI de la Universidad Autónoma. Una vez preparada y metalizada con oro se hicieron 6 tomas analíticas semicuantitativas (Tabla 6). La toma general (nº 6) corresponde a un silicato complejo con Ba, Ca, K, Al, Fe, Mg. Mediante análisis puntuales se ha detectado la presencia de baritina (sulfato de bario) y celestina (sulfato de estroncio) (nº 3), variedades minerales que yacen en paragénesis en las formaciones geológicas de la Cuenca de Vera, y en particular en Sierra Almagrera y Herrerías, pasando a los sedimentos productos de la erosión.

Tabla 5.- Análisis con microsonda electrónica (%) de la escoria B3/23 (Fase I)

SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	BaO	FeO
60,17	5,27	24,00	4,91	5,61

Tabla 6. Análisis por microsonda electrónica (%) de la escoria B3/30 (5)

	1	2	3	4	5	6
MgO	1.19	0.43		1.07	0.58	3.14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.87	1.24		3.74	4.57	2.88
SiO <sub>2</sub>	45.15	92.77		54.72	31.08	34.92
K <sub>2</sub> O	7.43	1.53	1.32	6.12	2.61	1.15
CaO	30.74	1.07	1.93	14.38	24.82	49.91
TiO <sub>2</sub>	5.52	1.29				
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.10	1.66		7.60	8.64	8.89
SrO			13.72			
SO <sub>2</sub>			30.39	1.93	1.31	0.21
BaO			52.64	8.67	26.38	4.04

En ninguna de las tomas se detecta cobre, lo que la descarta como escoria metalúrgica. Parece tratarse de un vidrio espumoso producido por un fuerte incendio. Este tipo de escoria denominada en la literatura inglesa como "fuel ash slag" (Biek y Bayley, 1979: 6) puede formarse a partir de fuegos accidentales en entornos arcillosos o simplemente en estructuras de madera incendiadas. Glumac y

Todd (1991: 16) mencionan su aparición frecuente en yacimientos neolíticos del Sudeste de Europa, como productos producidos en hogares de largo uso y por la destrucción de las cabañas construidas con madera y arcilla, señalando que su aspecto externo es similar a las escorias de cobre, aunque es posible diferenciarlas por la mayor gravedad específica de esas últimas.

El tipo de escoria formado en esas condiciones comparte un bajo porcentaje de hierro y calcio según los análisis realizados por Biek a escorias procedentes del incendio de un granero de época romana (1977). Sin embargo, la composición depende en gran medida de las características del medio en que se han producido. En Cerro Virtud, las condiciones del suelo constituido por el mineral de hierro-bario o por marga-arcillosa no son como las hasta ahora descritas por la literatura científica. Sin embargo la marga es una roca sedimentaria que contiene de un 40% a un 60 % de carbonato cálcico y el resto de arcilla. Es decir, puede responder al calor intenso o producir reacciones similares a las descritas para las arcillas, teniendo en cuenta que en nuestro caso la textura es bastante arcillosa. Además el alto contenido en calcio y el bario detectado en nuestras escorias, que nos indica que en su proceso de formación intervino un material con esas características, quedaría justificado. El contacto con la marga arcillosa necesario para su formación explicaría por qué sólo aparecen en los niveles inferiores de los cortes B2 y B3.

#### METALOGRAFÍA

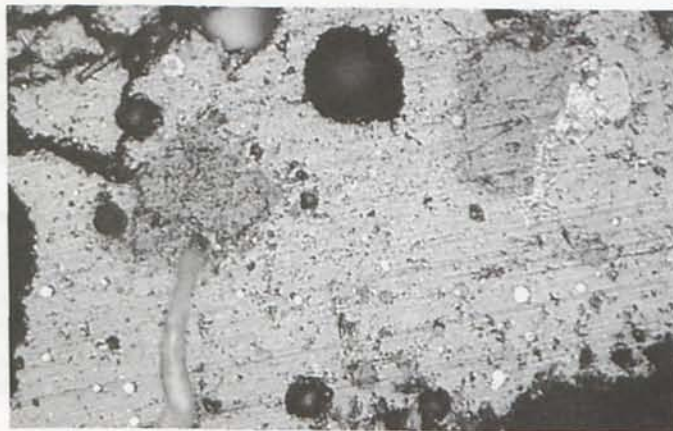
Se han realizado estudios metalográficos entre otros elementos a la punta Palmela y al fragmento de vasija horno B7-235. La descripción de éstas últimas es la siguiente.

La punta de Palmela se ha metalografiado en el arranque del pedúnculo, aprovechando el plano de fractura que presenta la pieza. El metal sin atacar presenta numerosas inclusiones de óxido cuproso repartidas con cierta uniformidad, lo que indica que la colada metálica se preparó en un ambiente excesivamente oxidante dando como resultado un cobre seco, frágil que facilitó la rotura de la pieza. Tras ser atacado el pulido metalográfico con un reactivo a base de cloruro férrico y ácido clorhídrico, se revela una microestructura de granos poligonales maclados, en los que se aprecian bandas de deslizamiento en frío, más abundantes cerca de la superficie (Lám. II). Todo ello indica que la punta, después de ser fundida en un molde, fue trabajada en frío, recocida térmicamente hasta recristalizar el metal, y finalmente fue martillada de nuevo a temperatura ambiente para acabar de darle la forma y endurecer el cobre. En la zona metalografiada este último tratamiento de conformado no fue muy intenso.

Del fragmento de vaso de reducción de minerales de cobre se ha estudiado una sección de la escorificación formada en el interior. No se aprecia ninguna textura específica en dicha escoria, en la que el óxido de cobre fundido ha reaccionado parcialmente con los silicatos de la cerámica; mayor reacción ha habido entre el óxido de hierro de la ganga del mineral y las cenizas del carbón con dichos silicatos, produciendo un material vítreo amorfo. Se aprecian numerosas bolitas microscópicas de cobre embebidas en ese material escoriáceo (Lám. III).

#### DATACIÓN DE CARBONO 14.

La cronología propuesta para los primeros tanteos metalúrgicos estaba basada en el material cerámico asociado, que presentaba rasgos similares a los niveles datados con anterioridad en el corte B3. Sin embargo, con el fin de fijar con mayor precisión la cronología del nivel neolítico donde se recuperó el fragmento de vasija-horno, se envió una muestra de restos óseos de la fauna recuperada en el nivel para su datación, que finalmente no proporcionó suficiente cantidad de colágeno. Ante la ausencia de muestras de carbón la



LÁM. II. Metalografía de la Punta Palmela (200x).



LÁM. III. Metalografía del fragmento de vasija horno B7-235 (200x).

única posibilidad restante era la datación del sedimento orgánico del propio nivel. Esta vez el resultado de la datación AMS fue positivo con el siguiente valor:

Muestra B2/12:

Muestra	Medida C14	C/13/C12 ratio	Edad convencional C14
Beta 118936	5760 ± 90 BP	-20.8 ‰	5830 ± 90 BP

La fecha calibrada nos proporciona el siguiente rango cronológico: 4800-4565 cal AC (68 % probabilidad), 4715 cal AC, 4915-4475 cal AC (95 % probabilidad). Por tanto la cronología que se propone queda englobada en la primera mitad del V milenio cal AC y sería en su mayor parte contemporánea de la fase II del yacimiento, momento en el que se produce un enterramiento colectivo que ha proporcionado fechas equivalentes, o en algún caso ligeramente más modernas (RuizTaboada y Montero, 1999).

Esta cronología sitúa los primeros inicios de actividad metalúrgica en la Península Ibérica en fechas anteriores a las conocidas en otras áreas del Mediterráneo occidental, y convierten el hallazgo de Cerro Virtud en el más antiguo de toda esta región, aproximándose bastante a la cronología conocida en los Balcanes, la más antigua en Europa.

## Referencias

- BIEK, L. and BAYLEY, J. (1979): "Glass and other vitreous materials". *World Archaeology*, 11(1): 3-25.
- GLUMAC, P. and TODD, J.A. (1991): "Early metallurgy in Southeast Europe: the evidence for production". *MASCA Research Papers in Science and Archaeology*, 8 (1): 9-19.
- GÓMEZ RAMOS, P. (1999): *Obtención de metales en la prehistoria de la Península Ibérica*. British Archaeological Reports, International Series, 753. Oxford.
- MONTERO, I. y RUIZ TABOADA, A. (1996): "Enterramiento colectivo y metalurgia en el yacimiento neolítico de Cerro Virtud (Cuevas de Almanzora, Almería)". *Trabajos de Prehistoria*, 53(2): 55-75.
- MONTERO, I.; RIHUETE, C. y RUIZ TABOADA, A. (1999): "Precisiones sobre el enterramiento colectivo neolítico de Cerro Virtud (Cuevas de Almanzora, Almería)". *Trabajos de Prehistoria*, 56(1): 119-130.
- RUIZ-TABOADA, A. y MONTERO, I. (1999a): "Ocupaciones neolíticas en Cerro Virtud: estratigrafía y dataciones". *II Congreso del Neolítico a la Península Ibérica, Valencia, 7-9 abril, 1999*. Saguntum-PLAV, Extra, 2: 207-211.
- RUIZ TABOADA, A. y MONTERO, I. (1999b): "The oldest metallurgy in western Europe". *Antiquity*, 73: 897-903.