

EL DEPÓSITO DE LA RÍA DE HUELVA: DATOS ISOTÓPICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE SU PROCEDENCIA

Mark A. Hunt Ortiz¹⁾

Resumen

Desde su descubrimiento en 1923, el Depósito la Ría de Huelva, compuesto por 400 objetos metálicos del s. X a.C., ha sido objeto de diversas interpretaciones sobre su deposición y procedencia. Muestras de cinco objetos de diversa tipología de este Depósito han sido analizadas por medio de Isótopos de Plomo, confrontándose sus composiciones con los campos isotópicos de mineralizaciones regionales, peninsulares y mediterráneas. Los resultados indican que los objetos que componen el Depósito tendrían varios orígenes foráneos, siendo consistentes en algún caso con mineralizaciones de Cerdeña. Tecnológicamente, el carácter de importación del Depósito concuerda con el registro arqueológico regional.

Palabras clave: Bronce Final, depósito Ría de Huelva, isótopos de plomo, procedencia.

1. INTRODUCCIÓN

En 1923, durante el dragado de la ría de Huelva, a escasa distancia del muelle de mineral de Tharsis, una draga de tipo rosario sacó a la luz un extenso conjunto de objetos metálicos, que se conoce con la denominación de "Depósito de la Ría de Huelva" [1]. Este conjunto, parece que extraído de un estrato homogéneo, estaba formado por 400 objetos de bronce (y uno de hierro de adscripción dudosa) en el que predominaban las armas (espadas, puñales, puntas de lanza y regatones, puntas de flecha) aunque también aparecían fíbulas, broches de cinturón y algunos tipos más.

Desde el momento del hallazgo se iniciaron las interpretaciones, en gran medida condicionadas por la realidad del momento: la explotación de los grandes depósitos minerales de la Faja Pirítica se hallaba en su momento de mayor auge. En la Ría de

¹⁾ Costa de la Luz, 11, Bajo B. 41005 Sevilla.

Huelva, millones de toneladas de mineral eran embarcados para su exportación en los diversos muelles (uno de ellos el de Tharsis) construidos al efecto.

En esa vorágine minera, no se planteaba otra posibilidad a la que esos depósitos minerales habrían sido explotados intensamente ya desde la edad del Cobre [2] y la ausencia de objetos metálicos en los primeros momentos de ese período se explicaba (recurriendo a la contemporaneidad) simplemente por la existencia de una primera fase de producción del metal dedicada plenamente a la exportación [3].

Esta misma visión de los depósitos de la Faja Pirítica como proveedores de materia prima a los yacimientos prehistóricos alejados de ellas se refleja en las consideraciones respecto al origen de los minerales de Amarguillo II, Setefilla [4] o Ardales (en Málaga) [5].

Respecto al Depósito de la Ría de Huelva (en adelante DRH), esa “condicionante contemporánea” se ve en consideraciones como que “este depósito nos prueba que entonces los yacimientos de Río Tinto y Tharsis alimentaban, en la época de este hallazgo, una industria metalúrgica propia de un pueblo de origen europeo” [6] y las vías férreas que se construyeran en el siglo pasado para unir las minas con los puertos serían, así, meras modernizaciones de las sendas utilizadas por los tartesios [7].

En efecto, una de las hipótesis más extendidas sobre el origen de la materia prima es su origen local (o regional), que estaría respaldado por las características y homogeneidad compositivas que, tras su estudio analítico, presentaban todos los objetos [8 y 9], confiriendo al depósito personalidad propia aunque (como parte de una koiné tecnológica perimediterránea) con rasgos tecnológicos que lo acercan, por un lado, a depósitos de bronce europeos (tasa de Sn) y, por otro, a los centro-mediterráneos (bronce binarios).

Pero también se han propuesto otras procedencias, como el Egeo, el Mediterráneo Central, o Europa centro-occidental, o varias de ellas simultáneamente [10]. Esta última hipótesis, la de procedencia múltiple, quedaría con poca base por los resultados compositivos tan homogéneos de los objetos, abogándose por una procedencia única (con independencia de que algunos tipos tengan prototipos foráneos) y más o menos contemporánea, planteándose la necesidad de investigar si los materiales proceden de un taller único o de varios con características similares o fuentes de aprovisionamiento similares [8].

También la “funcionalidad” del DRH está bajo discusión, habiendo propuesto unos su interpretación como cargamento de barco hundido (entrando o saliendo, chatarrero o no) mientras otros piensan en que el depósito tendría un carácter votivo (bien funerario o ritual) [10].

La cronología de DRH, establecida por radiocarbono a partir de restos de madera de astiles de regatones, es bastante homogénea, siendo las dataciones extremas las siguientes [11]:

(C.S.I.C.-202) 880 ± 70 ane	1099-912 ANE
(C.S.I.C.-204) 850 ± 70 ane	1049-858 ANE

Así, se considera aceptable su datación en el siglo X a.C. (mientras las fechas para el inicio de la colonización fenicia en Andalucía Occidental se situarían a mediados del siglo IX a.C.), siendo problemática asignar fechas tan tempranas al poblamiento de Huelva [10].

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

Con estos antecedentes, se planteó un proyecto de investigación concreto para tratar de obtener datos sobre el posible origen de los objetos metálicos que componen el DRH, así como establecer si ese origen era único (como parecía resaltar su homogeneidad compositiva) o podían diferenciarse fuentes diversas.

Para ello se recurrió al método de Isótopos de Plomo, una técnica bien establecida y con amplia aplicación a la resolución de problemas arqueológicos, especialmente de proveniencia (para una visión del método ver [12]).

Este proyecto sobre el DRH se inscribe dentro de uno más amplio que abarca el Suroeste de la Península Ibérica [13], llevado a cabo en el Isotrace Laboratory de la Universidad de Oxford, al que se estuvo adscrito como Research Visitor gracias a una beca de investigación otorgada por la Dirección General de Bienes Culturales, Consejería de Cultura, Junta de Andalucía. También se tuvo la oportunidad de realizar el análisis de algunas de las muestras en la Smithsonian Institution (Washington, D.C.) mediante una beca otorgada por ese centro.

El método de Isótopos de Plomo, complejo y con numerosos factores de diversa índole que hay que tener en consideración, se basa en que distintos depósitos minerales pueden tener distinta composición isotópica y que, consecuentemente, es posible determinar la composición isotópica de la muestra arqueológica (actualmente cualquier muestra que contenga cantidades nanogramáticas de Pb) y ver su correlación con la de los depósitos minerales [14]. Así, expuesto de una manera simple, desde los primeros momentos en que se intenta aplicar a la Arqueología, este método se basa en dos principios fundamentales [15]:

a) Que los plomos de depósitos minerales tienen composiciones isotópicas (distintas proporciones relativas de los cuatro isótopos de plomo estables ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb , y ^{208}Pb) más o menos homogéneas en sí mismos y diferenciadas de otros depósitos.

Por mencionar uno de esos aspectos, la homogeneidad interna de la mayoría de los depósitos minerales, independientemente del tipo de mineral analizado y de su procedencia topográfica dentro del yacimiento, ha quedado bien establecida por diversos investigadores [16, 17 y 18], siendo el caso también del depósito mineral de Aznalcóllar, donde fueron analizados isotópicamente tanto los sulfuros primarios y los carbonatos secundarios [13], considerándose que para la buena caracterización isotópica de un de-

pósito mineral es necesario un número suficiente de muestras, sugiriéndose entre 12 y 20 [19].

En la práctica, y para el SO peninsular también se ha hecho, depósitos no bien caracterizados, incluso con sólo una o dos muestras analizadas, son utilizados en las comparaciones, siguiendo el principio de que tener alguna referencia, aunque pudiera resultar incompleta, es mejor que no tener ninguna.

b) Que esa composición característica de un depósito mineral continúa inmutable a lo largo de todos los procesos a que pudiese someterse el mineral, cosa que ocurre tanto en procesos naturales químicos, físico-químicos o bioquímicos [20] como en procesos artificiales (fundición, refinado...) hasta su conversión en objeto [16 y 18].

Es cierto que desde los primeros momentos se apuntaron las posibles limitaciones de ese método aplicado al campo arqueológico, que serían fundamentalmente:

- La mezcla de plomos de distinta procedencia [14].
- La existencia de depósitos minerales con distinta ubicación geográfica con composiciones isotópicas similares y la limitación que supone el banco de datos disponible [21 y 22].

Además, se detectaron depósitos minerales "anómalos", con un campo isotópico amplio, que podían presentar dificultades interpretativas aunque, por ejemplo, en el área mediterránea parecen ausentes [16].

Por estas últimas razones, se considera que el verdadero valor del método de Isótopos de plomo está en establecer conclusiones definitivas negativas sobre la procedencia de una determinada muestra de una región minera [16, 17, 18 y 21].

Consecuente y estrictamente, se debería afirmar que, en el caso de que la composición de un objeto se incluya dentro de un campo isotópico de un depósito mineral concreto, el metal del objeto es "consistente" con la composición del depósito, con tener su origen en él. Por el contrario, si la composición de un objeto no concuerda, la afirmación sería absoluta: ese objeto **no** provendría de ese determinado depósito mineral [16].

Para lo que aquí interesa en relación con el DRH, un aspecto importante a considerar es la posibilidad de haberse mezclado "plomos" de distinta procedencia.

Es cierto que a lo largo de los procesos metalúrgicos y transformadores hay muchos estadios en que distintos elementos que contienen plomo pueden ser añadidos o mezclados (fundentes, aleaciones, reciclado de distintos metales...), lo que supondría una alteración de la composición isotópica [18].

En cuanto a la metalurgia extractiva, para la gran mayoría de los minerales sería necesaria tanto la reducción del mineral como separar la ganga. Para ello es necesario introducir en el horno otros elementos además del mineral original, lo que podría

ocasionar cambios en la composición isotópica. Los principales componentes que intervienen en la fundición son: mineral con su ganga, fundentes y combustible.

La gran mayoría de las escorias producidas en épocas antiguas son silicatos de hierro [23]. En el SO esto es así, siendo la ganga común el cuarzo [13] por lo que para separarla se habría de añadir a la carga un fundente de mineral de hierro, normalmente óxidos de hierro como hematita o limonita. Un rasgo común a los depósitos aflorantes de cobre en el SO de la Península Ibérica con evidencias de explotación prehistórica, normalmente con sílice como ganga principal, es la presencia en las partes lixiviadas superficiales de abundantes óxidos de hierro (que servirían de hecho para su detección), que también aparecen como ganga de los minerales secundarios. Así, en caso de necesidad de adición de fundentes, se recurriría a las especies minerales del propio depósito mineral, por lo que la composición isotópica del metal producido no variaría respecto a la del depósito. De cualquier forma, el registro arqueológico indica que la producción de escoria hasta la Edad de Hierro se debería al uso de minerales muy impuros y no a la utilización intencionada de fundentes [13].

El tipo de combustible empleado en las fundiciones parece haberse limitado a la madera, al carbón vegetal, que contiene tan bajo contenido de plomo [19] que no afectaría a la composición isotópica.

Así, para el caso de la producción de cobre en el SO de la Península Ibérica, si se da por cierto que el mineral fundido procede de un sólo depósito mineral (aunque hay yacimientos como el calcolítico de La Pijotilla (Badajoz) que parecen abastecerse de fuentes minerales diversas) el producto final sería fiel reflejo de la composición isotópica del mineral original [18].

Una circunstancia que sin duda puede variar la composición isotópica es la mezcla de metales de distintos orígenes. Este hecho es considerado como un grave inconveniente para la aplicabilidad del método de Isótopos de Plomo, sobre todo con la aparición de los bronceos [22].

En el caso del DRH hay que tener en cuenta que los objetos están realizados con bronceos binarios (Cu + Sn), siendo las escasas cantidades de Pb presentes explicables por el contenido original del mineral utilizado para la obtención del cobre.

El mineral más común de estaño es la casiterita, que se encuentra en un estado bastante puro en la naturaleza y que ha sido la fuente de estaño básica en momentos prehistóricos [24]. La adición de este mineral de estaño muy raramente conllevaría la introducción de plomo suficiente como para alterar la composición del plomo en el mineral de cobre utilizado. Así, en ninguno de los ejemplares analizados de minerales de casiterita de minas del centro de la Península Ibérica se detectó Pb [25]. Por ejemplo, un 10% Sn sólo introduciría cantidades muy pequeñas de plomo respecto a las cantidades presentes en los minerales de cobre. Por ello, no se considera la adición de estaño un factor de contaminación de consideración respecto a la composición isotópica [16 y 19]. Suponiendo que fuera importado el Sn para combinarlo con cobre pro-

ducido a partir de minerales locales (que contienen normalmente porcentajes considerables de Pb) la composición isotópica final sería la de los depósitos minerales de Cu.

Por otro lado, en los bronce con el Pb en niveles discretos (desde ppm hasta 2%), que se consideran que no son aleaciones intencionadas, su composición isotópica reflejaría la de los minerales de cobre altos en Pb [16].

Respecto al reciclado, puede ser difícil de detectar, aunque la fundición de objetos con orígenes minerales distintos y con distintas composiciones isotópicas, crearía una dispersión difusa de la composición isotópica de los nuevos objetos [19]. De cualquier forma, el uso de metal reciclado no parece probable en el caso del DRH, ya que "el uso de bronce reciclado dificulta la obtención de aleaciones de composición constante al partir de una materia prima de composición desconocida" [8].

Al ser necesario, como se ha indicado, tener una base de datos isotópicos lo más amplia posible de depósitos minerales, se ha dedicado especial esfuerzo a este aspecto, centrado en mineralizaciones con evidencias de explotación prehistórica localizadas en los distintos y complejos dominios geotectónicos en que se dividen las tres zonas geológicas del Macizo Hespérico (con mineralizaciones ubicuas) presentes en el SO peninsular. Especial interés se tuvo en comprobar la posibilidad de diferenciación isotópica entre depósitos minerales de la misma zona geológica (especialmente en el Complejo Volcano-Sedimentario).

Adicionalmente, los resultados del SO peninsular se han comparado con los datos isotópicos de otras zonas más alejadas: mineralizaciones de la zona central del S (Jaén), y del SE (Almería y Murcia) de España y áreas mineralizadas del Mediterráneo Central (Cerdeña-Italia) y Oriental (Egeo, Chipre, Creta) [12]

A pesar del esfuerzo analítico realizado, sólo se cuenta con un escaso porcentaje de depósitos minerales caracterizados, aunque sea mínimamente, isotópicamente. La investigación ha de ampliarse, aunque ya es posible establecer, más que aseveraciones absolutas, tendencias de comportamiento.

3. LAS MUESTRAS ANALIZADAS DEL DRH

Las muestras que fueron analizadas, depositadas en el Museo Arqueológico Nacional (MAN) y obtenidas gracias a la intermediación del Dr. Salvador Rovira, fueron:

Tipo	n° Inventario MAN	Denominación propia
Punta de lanza	(24/60/5)	RH1
Punta de lanza foliácea (frag.)	(32422)	RH2
Regatón (frag.)	(32500)	RH3
Regatón (frag.)	(32526)	RH4
Espada (frag. empuñadura)	(38237)	RH5

Estas muestras habían sido analizadas por XRF, siendo sus composiciones en % [8].

N° análisis	Cu	Sn	Pb	Ag	Sb	As	Fe	Ni
RH1 (AA0295)	78.6	19.9	0.47	nd	nd	nd	0.58	0.38
RH2 (AA0285)	84.7	14.8	0.28	0.005	0.01	0.05	0.09	0.02
RH3 (AA0438)	83.58	16.14	0.21	0.024	0.01	nd	0.02	0.01
RH4 (AA0361)	87.51	11.23	0.80	nd	nd	nd	0.58	0.38
RH5 (AA0294)	84.9	13.6	0.50	nd	nd	nd	0.37	0.46

Los resultados de los análisis de isótopos de plomo son los siguientes:

Depósito de la Ría de Huelva				
MUESTRA	TIPO	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
RH1	P. Lanza	2,11661	0,86810	18,013
RH2	P. Lanza	2,11463	0,87145	17,951
RH3	Regatón	2,07443	0,84196	18,571
RH4	Regatón	2,11382	0,86973	17,977
RH5	Espada	2,06322	0,84216	18,497

4. CONFRONTACIÓN ISOTÓPICA

Como se puede apreciar en la tabla de resultados isotópicos, las muestras estudiadas del DRH forman compositivamente dos grupos completamente diferenciados (figura 1). El primer grupo está formado por las muestras RH1, RH2 y RH4 y en cuanto a su composición isotópica no son consistentes con ninguna de las mineralizaciones caracterizadas de la Península Ibérica, situándose en los gráficos bivariados ($^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ frente a $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ y $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ frente a $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$) alejadas de las composiciones peninsulares, incluyendo las de la Zona Surportuguesa.

Al confrontar los resultados de este grupo del DRH con las mineralizaciones mediterráneas se observa que tienen composiciones muy similares a las de la mineralización de Sa Duchessa, en Cerdeña, siendo estrictamente consistente con esa mineralización sarda la RH2.

El segundo grupo lo forman las muestras RH3 y RH5 que presentan composiciones diferenciadas respecto a los depósitos de la Zona Surportuguesa, aunque similares a las del depósito mineral (del dominio Elvás-Cumbres Mayores de la Zona de Ossa-Morena) de Cala, que precisamente tiene, aunque distinguible de los de la Zona Surportuguesa, un rango de composiciones anormalmente amplio, probablemente derivado de la existencia de dos mineralizaciones distintas en ese mismo depósito [26].

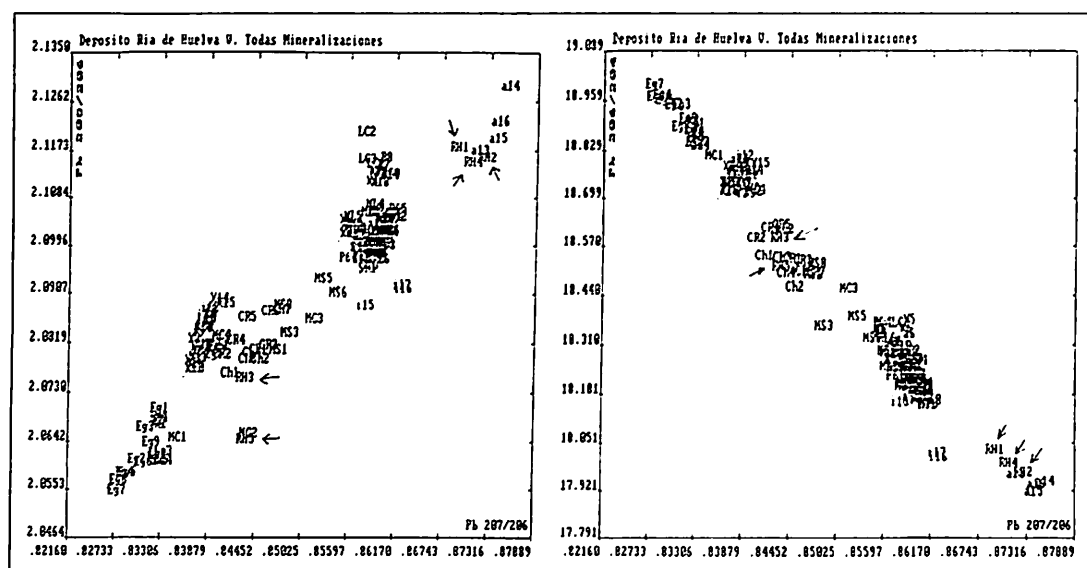


Figura 1. Gráficos bivariados de las composiciones isotópicas de todas las mineralizaciones y las cinco muestras del DRH.

Este grupo, por otra parte, tiene también composiciones isotópicas muy similares a las que presentan depósitos minerales de Chipre y Creta, aunque, estrictamente, las muestras RH3 y RH5 no son consistentes con ninguna de las mineralizaciones, ni españolas ni mediterráneas, consideradas.

5. CONCLUSIONES

A pesar de la notable homogeneidad de las composiciones elementales de los bronce binarios, los datos isotópicos expuestos indican que las cinco muestras analizadas del Depósito de la Ría de Huelva estarían fabricadas al menos a partir de dos fuentes minerales de cobre diferenciadas.

Esta diversa procedencia no tiene una relación directa con los tipos ya que, si bien las dos puntas de lanza (RH1 y RH2) tienen composiciones de isótopos de plomo similares, las de los dos regatones (RH3 y RH4) son completamente diferenciadas.

Aunque la investigación isotópica en la Península Ibérica está aún en sus inicios y es necesario incrementar el banco de datos disponible, en base a los datos isotópicos considerados se puede afirmar que el mineral utilizado no tendría su origen en las mineralizaciones de la Zona Surportuguesa y, más aún, el grupo de muestras RH1, RH2 y RH4 no tendría origen peninsular, siendo la RH2 consistente con una mineralización concreta de Cerdeña, la de Sa Duchessa.

El grupo de muestras RH3 y RH5 tiene composiciones isotópicas similares, aunque no consistentes, a la que presenta la mina de Cala (mineralización que requiere un estudio específico) pero también a las mineralizaciones de Chipre y Creta.

La hipótesis de un origen foráneo, mediterráneo, de los objetos que componen el DRH estaría respaldada, por otra parte, tanto por determinados aspectos tecnológicos como por conexiones ya conocidas (por ejemplo, entre Cerdeña —que también se relaciona con el Egeo— y la Península Ibérica) [27] y también por el registro arqueológico del propio SO peninsular, donde los escasos yacimientos conocidos con metalurgia —como Trastejón, Sierra de la Lapa o San Cristobal y Chinflón— continúan con producción exclusiva de cobre (arsenical o no) y una tecnología primitiva que presenta muy escasa evolución respecto a momentos anteriores [13].

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ruiz-Gálvez Priego, M., 1995, Ritos de Paso y Puntos de Paso. La Ría de Huelva en el Mundo del Bronce Final Europeo, *Complutum*, Extra nº 5, 59-68, Universidad Complutense, Madrid.
- [2] Blanco Freijeiro, A. y Rothenberg, B., 1981, *Exploración Arqueometalúrgica de Huelva*, ed. Labor.
- [3] Cerdán Márquez, C., Leisner, G. y Leisner, V., 1952, Los Sepulcros Megalíticos de Huelva, *Informes y Memorias* 26. Ministerio de Educación Nacional. Madrid.
- [4] Aubet, M.E., Carrulla, N. y Ferres, S.L., 1987, Avance de los análisis geomorfológicos y biogeográficos del territorio de Setefilla (Sevilla), 1985. *Anuario Arqueológico de Andalucía 1985 II*, 42-50.
- [5] Duran Valsero, J.J., 1987, Informe sobre la composición elemental de dos utensilios prehistóricos procedentes del enterramiento de la Edad del Bronce denominado Morenito I, sito en el término municipal de Ardales (Málaga), *Anuario Arqueológico de Andalucía 1986 III*, 245-246.
- [6] Almagro Basch, M., 1975, Depósito de Bronces de la Ría de Huelva, en *Huelva. Prehistoria y Antigüedad*, 214-220. Editora Nacional. Madrid.
- [7] Pinedo Vara, I., 1963, *Piritas de Huelva*, ed. Summa.
- [8] Rovira Llorens, S., 1995, Estudio Arqueometalúrgico del depósito de la Ría de Huelva, en Ritos de Paso y Puntos de Paso. La Ría de Huelva en el Mundo del Bronce Final Europeo (ed. Ruiz-Gálvez Priego, M.), *Complutum*, Extra nº 5, 33-57, Universidad Complutense, Madrid.
- [9] Rovira, S. y Gómez-Ramos, P., 1995, The Ría de Huelva Hoard and the Late Bronze Age Metalwork: A Statistical Approach, *L'Atelier du bronzier en Europe* (ed. Mordant, C., Pernot, M. y Rychner, V.), 81-90, Paris.
- [10] Ruiz-Gálvez Priego, M., 1995, El hallazgo de los bronce de la Ría de Huelva en su marco paleográfico, en Ritos de Paso y Puntos de Paso. La Ría de Huelva en el Mundo del Bronce Final Europeo, (ed. Ruiz-Gálvez Priego, M.), *Complutum*, Extra nº 5, 15-20, Universidad Complutense, Madrid.
- [11] Castro Martínez, P.V., Lull, V. y Mico, R., 1996, *Cronología de la Prehistoria Reciente de la Península Ibérica y Baleares (c.2800-900 cal ANE)*, BAR International Series, 652.
- [12] Hunt Ortiz, M.A., 1998, Análisis de Isótopos de Plomo aplicados a la Arqueología, en Arqueometalurgia del Bronce. Introducción a la Metodología de Trabajo, *Studia Archaeologica* 86 (ed. Fernández Manzano, J. y Sarabia Herrero, F.J.), 45-68.

- [13] Hunt Ortiz, M.A., 1998, *Minería y Metalurgia Prehistóricas en Andalucía Occidental*. Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla.
- [14] Brill, R.H., Shields, W.R. y Wampler, J.M., 1973, New Directions in Lead Isotope Research, *Application of Science in Examination of Works of Art* (ed. W.J. Young), 73-83. Museum of Fine Arts, Boston.
- [15] Brill, R.H. y Wampler, J.M., 1965, Isotope ratios in Archaeological objects of lead. *Application of Science in Examination of Works of Art*, 155-166. Museum of Fine Arts, Boston.
- [16] Gale, N.H., 1989, Lead isotopes analyses applied to provenance studies. A brief review. en *Archaeometry. Proceedings of the 25th. International Symposium* (ed. Maniatis, Y.), 469-502.
- [17] Gale, N.H. y Stos-Gale, Z.A., 1986, Oxhide copper ingots in Crete and Cyprus and the Bronze Age Metals Trade. *The Annual of the British School of Archaeology at Athens* 81, 81-100.
- [18] Begemann, F., Schmitt-Strcker, S. y Pernicka, E., 1989, Isotopic Composition of Lead in Early Metal Artefacts, *Der Anschnitt* 7, 269-278. Bochum.
- [19] Rohl, B.M., 1995, *Application of Lead Isotope Analysis to Bronze Age Metalwork from England and Wales*. Ph.D. Thesis. Faculty of Physical Sciences. University of Oxford. Inédita.
- [20] Russell, R.D. y Farquhar, R.M., 1960, *Lead Isotopes in Geology*, Interscience Publishers.
- [21] Pernicka, E., Begemann, F., Schmitt-Strecker, S. y Grimani, A.P., 1990, On the composition and provenance of metal artifacts from Poliochni on Lemnos. *Oxford Journal of Archaeology* 9 (3), 263-298.
- [22] Catling, H.W., 1991, Bronze Age Trade in the Mediterranean: a View, *Bronze Age Trade in the Mediterranean* (ed. N.H. Gale), *Studies in Mediterranean Archaeology* XC, 1-13.
- [23] Bachmann, H.G., 1982, The identification of slags from archaeological sites. *Institute of Archaeology Occasional Publication* 6. Institute of Archaeology, Londres.
- [24] Tylecote, R.F., 1984, *A History of Metallurgy in Europe*, The Metals Society, Londres.
- [25] Merideth, C., 1998, An Archaeometallurgical Survey for Ancient Tin Mines and Smelting Sites in Spain and Portugal. Mid-Central Western Iberian Geographical Region. *BAR International Series*, 714. Oxford.
- [26] Vázquez Guzmán, F., 1983, *Depósitos minerales de España*, I.G.M.E., Madrid.
- [27] Giardino, C., 1992, Nuragic Sardinia and the Mediterranean, *Sardinia in the Mediterranean: A Footprint in the Sea* (ed. Tykot, R.H. y Andrews, T.K.), 304-316. Sheffield.

DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE PIEZAS METÁLICAS HISTÓRICAS: APLICACIÓN A UN BRONCE ROMANO

J.M. Gallardo Fuentes⁽¹⁾, B. Gómez Tubío⁽²⁾,
A. Bouzas⁽³⁾, F.G. Cuevas⁽¹⁾ y R. Villegas⁽³⁾

Resumen

La determinación de la composición química media de un bronce arqueológico no siempre es fácil. Algunos problemas a resolver son la heterogeneidad de la composición química, la dificultad de extracción de muestras o la importancia de los elementos traza. En la comunicación se discute en primer lugar la metodología y técnicas de análisis apropiadas para la determinación de la composición de bronce singulares. Por último, se describe un procedimiento de obtención de viruta, cuasi no destructivo, para realizar análisis por procedimientos convencionales. La validez y el significado de los resultados se discuten mediante la aplicación del procedimiento a un bronce de origen romano: el Hypnos hallado en la villa romana de El Ruedo, en Almedinilla (Córdoba).

Palabras clave: análisis cuantitativo, extracción de muestras, Hypnos de El Ruedo.

1. INTRODUCCIÓN

Para el análisis de los componentes de una aleación se pueden utilizar numerosas técnicas analíticas, algunas de ellas bien asentadas en la industria metalúrgica. La metodología de análisis que se utilice y las técnicas instrumentales correspondientes vienen dictadas por (i) el tipo de información que se requiera y el nivel de precisión que se desee obtener de los resultados, (ii) la limitación impuesta por la necesidad de preservar inalterado el objeto de la investigación y (iii) el tiempo de respuesta, sobre todo cuando se trata de realizar el diagnóstico para adoptar medidas de urgencia [1]. Una

⁽¹⁾ Dpto. Ingeniería Mecánica y de los Materiales, Escuela Superior de Ingenieros, Universidad de Sevilla. Camino de los Descubrimientos, s/n. 41092 Sevilla.

⁽²⁾ Dpto. Física Aplicada III. Escuela Superior de Ingenieros, Universidad de Sevilla.

⁽³⁾ Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico. Isla de la Cartuja, 1. 41071 Sevilla.