

INTENSIDAD E INTENSIFICACIÓN EN LA PRIMERA MINERÍA Y METALURGIA DEL COBRE ESPECIALIZADA DE LA PENÍNSULA IBÉRICA (III MILENIO ANE): LA IDENTIFICACIÓN ARQUEOLÓGICA DE UN PROCESO REGIONAL DE DEFORESTACIÓN Y POLUCIÓN (*)

INTENSITY AND INTENSIFICATION IN THE EARLY SPECIALIZED COPPER MINERY AND METALLURGY OF THE IBERIAN PENINSULA (THIRD MILLENNIUM BC): THE ARCHAEOLOGICAL IDENTIFICATION OF A REGIONAL PROCESS OF DEFORESTATION AND POLLUTION

Francisco NOCETE (), Esther ÁLEX (**), José Miguel NIETO (***), Reinaldo SÁEZ (**), Nuno INÁCIO (**) y Moisés R. BAYONA (**)**

() Departamento de Historia I. Universidad de Huelva. Campus del Carmen. Avda. de las Fuerzas Armadas, s.n. 21007. Huelva. Correos electrónicos: nocete@uhu.es, esther.alex@dhis1.uhu.es, nunominacio@gmail.com, moises.rodriguez@dhis1.uhu.es**

(*) Departamento de Geología. Universidad de Huelva. Correos electrónicos: jmnieto@uhu.es, saez@uhu.es**

BIBLID [1138-9435 (2004-2005) 7, 1-282]

Resumen.

El desarrollo de la primera estructura política centralizada en el sur de la Península Ibérica durante el III Milenio ANE determinó una división territorial del trabajo, con unos procesos de intensificación en la explotación minera que provocaron el primer gran impacto local y regional sobre el medioambiente. Para evaluarla hemos seleccionado el principal metalotecto del suroeste de Europa, la Faja Pirítica Ibérica, así como una metodología basada en la correlación de análisis palinológicos, antracológicos y químicos, estos últimos sobre conchas de moluscos marinos procedentes de registros arqueológicos contextualizados espacial y cronológicamente en una secuencia entre el VI y II Milenio ANE. Los resultados muestran que la metalurgia del cobre desarrollada en el suroeste de la Península Ibérica durante el III Milenio ANE generó un incremento de la deforestación, una aceleración de los procesos erosivos y contribuyó a la contaminación regional de las aguas del Golfo de Cádiz por metales pesados, en el área correspondiente a la desembocadura de los ríos Tinto y Odiel.

(*) Fecha de recepción del artículo: 15-VI-2005. Fecha de aceptación: 20-XII-2005.

Palabras clave: III Milenio ANE, Suroeste de la Península Ibérica, polución, deforestación, minería y metalurgia del cobre, metales pesados.

Abstract.

The development of the first inter-settlement hierarchical framework in the South of the Iberian Peninsula in the Third millennium BC lead to a territorial division of labour, in which intensification of mining activities caused the first significant environmental impact on local and regional scales. To evaluate this impact we have selected the prime mining district in South-western Europe, the Iberian Pyrite Belt, and a method based on the correlation of pollen, charcoal and chemical analysis. The latter analyses were carried out on marine mollusc shells from spatially and chronologically contextualised archaeological records from a sequence ranging from the Sixth to the Second millennium BC. The results reveal that the copper metallurgy which developed in the South-western Iberian Peninsula in the Third millennium BC augmented deforestation, increased the rate of erosion processes and contaminated, at a regional scale, the waters of the Gulf of Cádiz - corresponding to the mouth of the Tinto and Odiel rivers - with heavy metals.

Key Words: III millennium ANE, south-western Iberian Peninsula, pollution, mining and smelting copper, deforestation, heavy metal.

Sumario:

1. Introducción. 2. El diseño de una metodología de contrastación. 3. Resultados y discusión. 4. Conclusiones. 5. Agradecimientos. 6. Bibliografía.

1. Introducción.

La asociación del origen y desarrollo de la Civilización Occidental a los de la metalurgia del cobre fue, y sigue siendo, el paradigma que ha centrado la mayor parte de los programas de investigación de la arqueología europea de los siglos XIX y XX.

En él, la tradición arqueológica española, basándose exclusivamente en los pocos registros del sureste y en los vacíos de investigación del suroeste peninsular, enfatizó, insistentemente, un origen reciente y un escaso desarrollo tecnológico y social, reduciendo la actividad metalúrgica a una escala doméstica hasta el I Milenio ANE (Champion *et al.*, 1984; Chapman, 2003; Cunliffe, 1994; Delibes y Fernández, 1993; Gilman, 1991; Montero, 2003; Rovira, 2002; Sherratt 1998; etc.) y convirtiendo el “supuesto” desarrollo desigual de la minería y metalurgia occidental en una eterna discapacidad. Ello se sustentaba sobre la tesis que relacionaba el escaso desarrollo tecnológico, productivo y social, con la tardía incorporación de

la Península Ibérica en el área de influencia de las civilizaciones mediterráneas (fenicios, griegos y romanos) y la ausencia de asentamientos mineros y metalúrgicos especializados hasta dicha época (Chernykh, 1991; Frank y Gills, 1992; Gills, 1995; Gills y Frank, 1993; etc.).

Sin embargo, la mayor antigüedad y escala de la explotación minera y metalúrgica del cobre en la Faja Pirítica Ibérica, uno de los más antiguos e importantes distritos mineros del mundo (Sáez *et al.*, 1996), se documentó en la década de los 90 desde un proyecto de investigación orientado a la evaluación y explicación del origen de la desigualdad social (Proyecto ODIEL) (Nocete, 2004; Nocete, Orihuela y Peña, 1993). La identificación de una densa red de asentamientos del III Milenio ANE orientados al control y explotación de las mineralizaciones de cobre y los resultados de la excavación y análisis sistemático de uno de ellos, Cabezo Juré, (Alosno, Huelva, España) (Nocete, 2004; Nocete, Lizcano y Nieto, 2004; Nocete, Lizcano y Orihuela, 2004; Nocete *et al.*, 1999a y b, 2001, 2004), propició una interpretación alternativa tras señalar la existencia, a inicios del III Milenio ANE, de enclaves minero-metalúrgicos especializados.

Ante esta aparente paradoja, diversos trabajos independientes al debate arqueológico, y procedentes del campo de la geología, aportaron una información crucial que apoyaba los resultados del Proyecto ODIEL. Paralelamente, señalaban que Cabezo Juré, lejos de la excepción, representaba el primer registro de un sistema intensivo de explotación minera en el suroeste peninsular del III Milenio ANE.

En los hielos preservados de Groenlandia, la presencia y datación de metales pesados ofreció la posibilidad de establecer una evaluación diacrónica de las actividades mineras del hemisferio norte desde su origen hasta la actualidad. En ella, los análisis de las asignaciones isotópicas de los metales pesados identificaban al distrito minero de la Faja Pirítica Ibérica (Suroeste Peninsular) como el principal responsable de las emisiones, con una proporción superior a los dos tercios de la contaminación total (desde el 150 ANE), en un proceso donde la relación cobre/aluminio permitía identificar su inicio entre el 5000 BP y el 3000 BP (Ferrari, Hong y Boutron, 1999).

De otro lado, el estudio de los sedimentos recuperados en el estuario del río Tinto (Leblanc *et al.*, 2000) identificaba la presencia de contaminación asociada a los procesos mineros y metalúrgicos desde el 5000 BP. Tras medir el contenido en elementos traza de los sedimentos estuarinos y registrar elevadas concentraciones de cobre, plomo, zinc y arsénico, se identificó el primer horizonte de contaminación por metales a mediados del III Milenio ANE. En este tramo de la columna sedimentaria se hallaron pequeños restos de escorias, así como diminutos fragmentos de carbón utilizados en el proceso metalúrgico, permitiendo una asociación inicial entre la contaminación y la actividad metalúrgica del III Milenio ANE.

2. El diseño de una metodología de contrastación.

La documentación de una amplia red de asentamientos minero-metalúrgicos especializados en la Faja Pirítica Ibérica, como Cabezo Juré, la información de los hielos de Groenlandia y los estudios sedimentarios del estuario del río Tinto, sirvieron de base para la génesis de un nuevo programa de investigación orientado a analizar la relación entre contaminación y minería-metalurgia, evaluando su origen e impacto ambiental y social (PIGMALIOM PB 98-0958, BHA2002-0437-C02-02). Para su desarrollo se seleccionó el período inicial de la minería y metalurgia especializada (III Milenio ANE), el ámbito espacial de la Faja Pirítica Ibérica y dos escalas de análisis: local y regional.

La primera escala se orientó a definir los procesos indirectos de la actividad minera y metalúrgica a través de su impacto sobre la cobertura vegetal. Para evaluarla, seleccionamos una metodología ya contrastada de análisis paleobotánicos (palinología/antracología) (Carrión, 2002; Carrión y Scott, 1999; Mighall, 2003) y a los registros del asentamiento de Cabezo Juré, dada su contextualizada e ininterrumpida secuencia cronológica (14 dataciones radiocarbónicas) a lo largo del III Milenio ANE y su asociación a la práctica intensiva de actividades mineras y metalúrgicas (Nocete, Lizcano y Nieto, 2004; Nocete, Lizcano y Orihuela, 2004; Nocete *et al.*, 2004). A fin de contrastar los resultados, se utilizó el registro polínico y antracológico de otro asentamiento, La Junta de los Ríos (Nocete, 2005), situado a 14 kilómetros de Cabezo Juré y cuya secuencia temporal (13 dataciones radiocarbónicas) lo sitúa en un desarrollo paralelo a las dos primeras fases de Cabezo Juré (cal. 2834± 80 ANE - 2475± 40 ANE).

La segunda escala de análisis se orientó a definir los procesos directos de contaminación asociada a la minería y metalurgia prehistóricas. Para evaluarla, y tras contrastar la asociación entre las actividades minero metalúrgicas e industriales y la presencia de contaminación por metales pesados en las aguas del Golfo de Cádiz (Nieto, Nocete y Sáez, 2001), diseñamos una metodología que fuese transferible a los registros arqueológicos del III Milenio ANE. Aunque no poseemos información sobre las aguas de hace cinco mil años, sí es recurrente en los registros arqueológicos de este periodo la presencia de un bioindicador directo de la calidad de las aguas: conchas de moluscos marinos.

Los moluscos bivalvos se alimentan filtrando el agua marina y, por tanto, todos aquellos elementos disueltos en ella quedan fijados tanto en las partes blandas como en las partes duras del molusco (Pérez, 1989; Gómez- Ariza, Giradles y Morales, 2000), permitiendo identificar la existencia de contaminación por metales pesados desde la cuantificación, mediante análisis químicos en ICP-MS de la fluctuación de elementos traza (Cu, Zn, As) (Nieto, Nocete y Sáez, 2001).

Esta metodología, aunque novedosa, es equiparable a otros modelos de bioacumulación de metales pesados ensayados en plantas, animales y seres humanos, cuyos resultados han sido contrastados (Grattan, Huxley y Pyatt, 2000; Pyatt *et al.*, 1999, 2000, 2002, 2005). Para ello se precisa un conjunto de muestras malacológicas marinas recurrentes (en diversos sitios

arqueológicos), numerosas (para ensayar variaciones estacionales), de una misma especie (para que la asimilación de los metales pesados se adecue a un mismo patrón), secuenciadas cronológicamente (C^{14}) y bien contextualizadas en niveles de consumo alimentario (para asegurar su representatividad cronométrica) (Nieto, Nocete y Sáez, 2001).

Ello nos condujo a un molusco de pequeño tamaño, de concha ovalada, valvas iguales, con la superficie surcada por estrías concéntricas y radiales que vive enterrado en la zona intermareal de rías, esteros y caños, en sustratos arenosos de granulometría guijarrosa-fangosa (Pérez, 1989), ampliamente registrado en contextos arqueológicos de consumo alimentario: *Venerupis Decussata*.

Para evaluar el III Milenio ANE volvimos a recurrir a los registros arqueológicos de el asentamiento especializado en la producción metalúrgica del cobre de Cabezo Juré (Figura 1), en cuyos contextos de consumo esta especie está ampliamente representada (2178 restos pertenecientes a 860 individuos) en una secuencia temporal ininterrumpida que oscila entre cal. 2873 ± 120 ANE y 2274 ± 100 ANE. (Nocete, 2004; Nocete *et al.*, 1999a y b, 2001, 2004).

Así mismo, y con el fin de introducir un elemento de contrastación con Cabezo Juré, en el III Milenio ANE, analizamos una secuencia de *Venerupis Decussata* de la misma cronología (entre cal. 2772 ± 50 ANE y cal. 2575 ± 50 ANE) procedente del asentamiento de Valencina de la Concepción (Queipo de Llano, 2004), ubicado en la desembocadura del Guadalquivir (Figura 1).

Por otra parte, y ante la necesidad de contar con un registro cualificado que informase del contexto cronológico previo al III Milenio ANE, en las aguas del Golfo de Cádiz, analizamos muestras malacológicas de *Venerupis Decussata* procedentes de cinco contextos arqueológicos del VI-IV Milenios ANE localizados a lo largo de la costa (Figura 1): Los asentamientos de Padrão (Vila do Bispo, Portugal) (Gomes, 1997), El Retamar y El Estanquillo (Puerto Real, Cádiz) (Ramos y Lazarich, 2002; Ramos, 1992), Papa Uvas (Aljaraque, Huelva), (Martín, 1987) y los concheros arqueológicos de El Grillito (Gibraleón), y de Cañada Honda (Aljaraque, Huelva) (Beltrán, López y García, 1997; Borja, Berral y García, 1994; Martín y Campos, 1997).

3. Resultados y discusión.

Los estudios palinológicos y antracológicos de Cabezo Juré permiten establecer un primer balance del impacto en el entorno vegetal que causó una comunidad minero-metalúrgica del III Milenio ANE en su necesidad de contar con combustible para la alimentación de los hornos metalúrgicos (Álex *et al.*, 2004; Nocete, 2004; Nocete *et al.*, 2005b)

En la primera ocupación del sitio (cal. 2873 ± 120 ANE), el porcentaje de polen arbóreo se cifra en un 13%, el arbustivo en un 21% y el herbáceo en un 66%. Sin embargo, tras esta ocupación, las proporciones se transforman paulatinamente con un proceso de decrecimiento del polen arbóreo que alcanza su mínimo (4%) en cal. 2600 ± 100 ANE y señala una rápida

deforestación. Paralelo a este proceso, el incremento de especies arbustivas y herbáceas (*Cistus* o *Erica*, entre las arbustivas; y *Compuestas Ligulifloras*, *Poáceas* y *Cariophyllaceas*, *Crucíferas*, *Urticas*, *Chenopodiaceas*, *Centaurea*, *Rumex*, *Scrophulariaceas*, *Umbellíferas*, *Artemisia*, *Plantago*, *Crasulaceas*, etc., entre las herbáceas) (Nocete *et al.*, 1999b) informa sobre la formación de un ruderal y señala que la deforestación no está relacionada con producción agraria alguna. Ello se confirma por la ausencia de polen de cereales y de instrumentos vinculados a la actividad agrícola en el asentamiento.

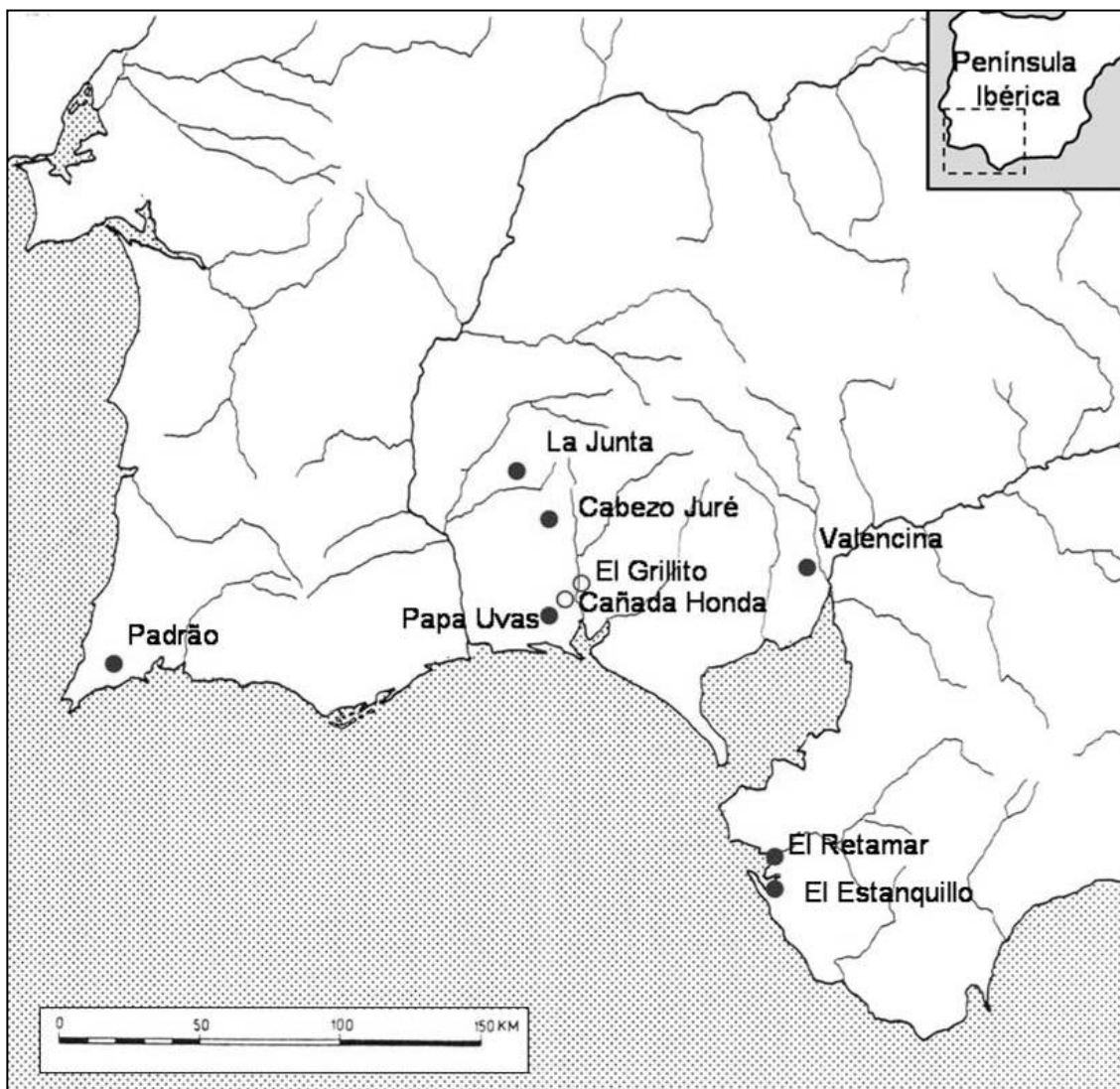


Figura 1. Localización de los asentamientos (círculos) y concheros (circunferencias) cuyos registros arqueológicos se han utilizado en los análisis palinológicos y químicos.

La relación inversamente proporcional entre polen arbóreo y restos y desechos de actividad metalúrgica, así como el hecho de que entre un 30 y un 60 % de la madera asociada a las estructuras de combustión metalúrgicas se corresponde con las especies arbóreas que mayor disminución experimentan (*Quercus* y *Olea*), expresa que los árboles talados en el entorno de

Cabezo Juré, además de proporcionar material para la construcción de las cabañas, o los trabajos mineros, se destinaron a proveer combustible para la producción metalúrgica (Nocete, Lizcano y Nieto, 2004).

Otra prueba de esta correlación (actividad minero-metalúrgica/deforestación) la hallamos en la última ocupación de Cabezo Juré (cal. 1920±51 ANE), donde la recuperación del estrato arbóreo coincide con la desmantelación de la actividad metalúrgica (Nocete, Lizcano y Nieto, 2004).

La recurrencia de este rápido proceso deforestador en el estudio polínico realizado en el asentamiento de La Junta de los Ríos (Puebla de Guzmán, Huelva) (cal. 2834± 80 ANE - 2475± 40 ANE), ubicado a 14 kilómetros de Cabezo Juré, no sólo confirma las inferencias previas, sino la existencia de un proceso de escala comarcal que afectó a la totalidad de la Faja Pirítica Ibérica (Bayona *et al.*, 2005; Nocete *et al.*, 2005b).

En este sentido, el análisis de la distribución vertical de biomarcadores terrestres y fitoplancton contenidos en los sedimentos del estuario del Guadiana, en la cuenca de drenaje de La Junta de los Ríos, y a 30 kilómetros de distancia (González *et al.*, 2003), confirman la deforestación comarcal y, como consecuencia de ello, una aceleración de los procesos erosivos con un punto de inflexión a inicios del III Milenio ANE que coincide, cronológicamente, con los registros de deforestación del análisis polínico de Cabezo Juré y La Junta de los Ríos, así como con los de una densa red de ocupación en el territorio.

La recurrencia de procesos semejantes de deforestación en los contextos mineros y metalúrgicos del II Milenio ANE como Copa Hill en Gales y Mount Gabriel en Irlanda (Mighall, 2003), señalan la generalidad de este modelo y, con él, las primeras minerías y metalurgias intensivas y especializadas de Europa Occidental.

Sin embargo, el impacto medioambiental de deforestación local y comarcal documentado a través de los estudios polínicos y sedimentarios, y su correlación inicial con las actividades metalúrgicas, tras su contrastación y confirmación mediante el análisis químico de conchas de moluscos marinos (*Venerupis Decussata*), permite establecer un balance de la intensidad minera y metalúrgica de mayor escala.

La evolución del nivel de metales pesados registrado en los moluscos recuperados en los sitios arqueológicos con cronologías comprendidas entre el 6000 y el 2200 ANE muestra el inicio de la contaminación por metales pesados (Cu, Zn y As), asociada a la minería y metalurgia en las aguas del Golfo de Cádiz, en el estuario de los ríos Tinto y Odiel, en la primera mitad del III Milenio ANE (Nocete *et al.*, 2005b).

Durante el VI-IV milenio ANE los valores de Cu, Zn y As son muy bajos, a pesar de que se han registrado elementos típicamente corticales de la superficie terrestre (Al, Li y Rb) que indican la presencia de procesos de arrastre erosivo y la consecuente actividad humana relacionada con el uso agrario intensivo de los suelos. No obstante, el *background* local de

metales pesados en el estuario Tinto-Odiel, proporcionado por los moluscos recuperados en los concheros arqueológicos de El Grillito (Gibraleón, Huelva) y Cañada Honda (Aljaraque, Huelva), a pesar de estar dissociado de actividad minera y metalúrgica alguna, es más elevado que el registrado en otros puntos del Golfo de Cádiz como Padrão (Vila do Bispo, Portugal), El Retamar y El Estanquillo (Puerto Real, Cádiz) (Figuras 1, 2; Tabla 1) como consecuencia de la lixiviación natural de algunos depósitos naturales (Moreno *et al.*, 2003). Además, la situación de sendos concheros en la zona interna del estuario, donde la influencia marina es menor, a diferencia del asentamiento de Papa Uvas (Aljaraque, Huelva), favorece una mayor asimilación de los contaminantes, arrastrados de forma natural, por parte de los diferentes organismos.

Al inicio del III Milenio ANE (Figura 2) se registra un cambio cuantitativo y cualitativo en esta situación. Teniendo en cuenta que Cabezo Juré es un asentamiento de 20.000 m², los resultados proporcionados por los análisis químicos y los estudios polínicos sugieren que éste no pudo ser el único causante y que el proceso está relacionado con la densa red de asentamientos que irrumpen en este territorio a inicios del III Milenio ANE.

El contenido de elementos traza registrado en las conchas de moluscos recuperadas en Cabezo Juré expresa que, coincidiendo con los primeros momentos de ocupación del asentamiento (cal. 2870±120 ANE), los niveles de contaminación eran moderados, superando levemente el *background* local definido por los restos malacológicos de los concheros de El Grillito y Cañada Honda o el asentamiento de Papa Uvas entre el VI y IV Milenio ANE. Sin embargo, esta situación empieza a cambiar de manera progresiva, con un notable incremento de Cu, Zn y As hacia el 2475±100 ANE (Figura 2). Este aumento del volumen de metales pesados en las conchas de *Venerupis Decussata* se correlaciona en el tiempo con el incremento de escorias y productos metálicos manufacturados en Cabezo Juré (Sáez *et al.*, 2003; Nocete, 2004).

La existencia de contaminación por metales pesados en otro ámbito espacial, el Valle del Guadalquivir, evaluada a través de los análisis químicos realizados sobre una secuencia de *Venerupis Decussata* del segundo cuarto del III Milenio ANE procedentes de Valencina de la Concepción (Sevilla, España) (Figura 1; Tabla 1), permiten contrastar la validez de la metodología empleada e informar de un proceso cuya escala supera a las cuencas de los ríos Tinto y Odiel.

El decrecimiento paulatino de los contaminantes tras el cal. 2340±100 B.C, coincidiendo con el inicio de la recuperación arbórea y el receso de la actividad metalúrgica y el cambio de estrategia económica de Cabezo Juré (Nocete, Lizcano y Nieto, 2004), volvería a confirmar la capacidad exploratoria de la metodología implementada, al mostrar su relación negativa y, adicionalmente, al contrastar la crisis de la minería y metalurgia del cobre en la Faja Pirítica Ibérica que se infería tras la reducción del poblamiento y la desmantelación de los asentamientos asociados a los metalotectos (Nocete, 2001) y que fue testada tras la excavación

sistemática del asentamiento de La Junta de los Ríos (Nocete, 2005).

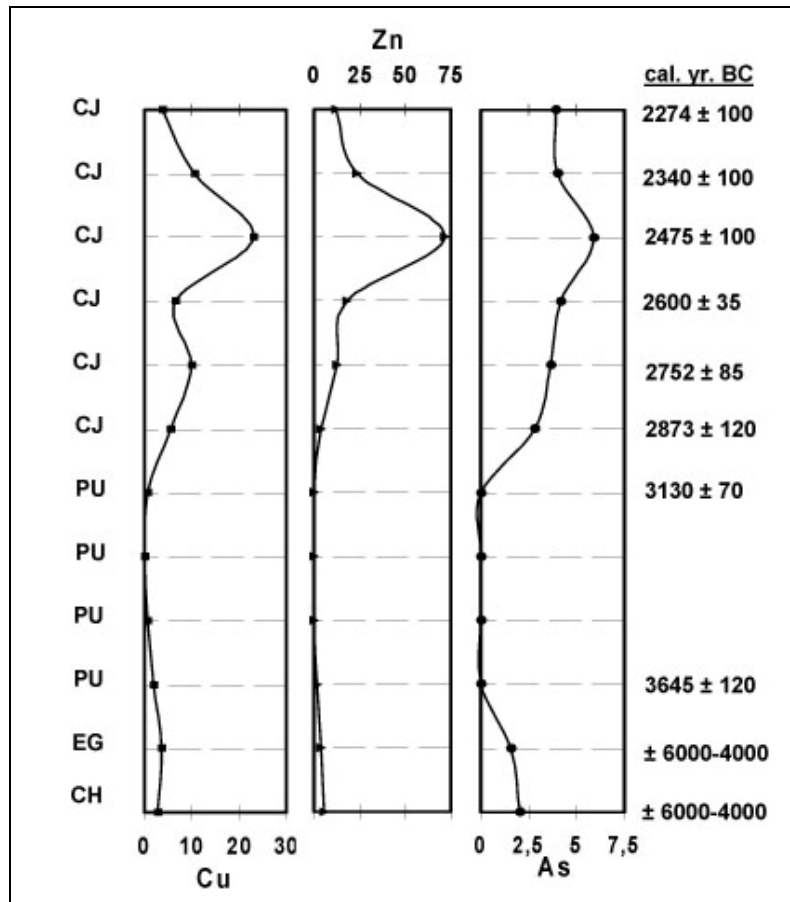


Figura 2. Representación gráfica de la evolución (6000 ANE-2200 ANE) de metales traza (en µg g⁻¹) en las muestras de *Venerupis Decussata* del estuario Tinto-Odiel: Cañada Honda (CH), El Grillito (EG), Papa Uvas (PU) y Cabezo Juré (CJ).

Tabla 1.

TABLA 1. METALES TRAZA (en $\mu\text{g g}^{-1}$) EN LAS CONCHAS DE <i>VENERUPIS DECUSSATA</i>														
	Muestra	Cu	Zn	Pb	As	Cd	Sr	Fe	Al	Li	Rb	Co	Ni	Años cal.
														ANE
Background	Aljaraque (CH)	2,68	5,61	1,52	2,03	0,028	1342	414	75,19	0,48	0,3	0,3	2,25	$\pm 6000-4000$
	Gibraleón (EG)	3,59	4,03	2,84	1,55	0,046	1335	402	23,45	0,79	0,25	0,74	2,79	$\pm 6000-4000$
	Retamar	1,39	2,11	1,96	1,43	0,056	1287	257	6,56	0,3	0,01	0,29	2,61	$\pm 6000-4000$
	Padrão	1,5	3,44	1,68	1,34	0,038	1233	351	27,22	0,55	0,15	0,58	2,76	$\pm 6000-4000$
	C/A-6, I - II	1,9	<1,5	<0,65	n.d.	n.d.	1230	763	234	0,63	0,11	0,28	1,1	3645 \pm 120
Papa Uvas	C/A-6, III	<0,73	n.d.	<0,79	n.d.	n.d.	1105	n.d.	24	0,53	<0,07	n.d.	<0,27	Entre 3645 \pm 120 y 3130 \pm 70
	C/A-6, IV	n.d.	n.d.	<0,72	n.d.	n.d.	1102	<181,9	146	0,57	0,17	<0,07	<0,33	Entre 3645 \pm 120 y 3130 \pm 70
	C/D-3.1, F. 10	<0,72	n.d.	<0,38	n.d.	n.d.	1260	<179,9	55	0,55	<0,08	<0,08	0,49	3130 \pm 70
	F/9134	5,52	3,62	1,18	2,82	0,013	1300	455	127,96	0,26	0,28	0,25	2,16	2873 \pm 120
Cabezo Juré	F/8262	9,88	12,52	1,1	3,63	0,045	1329	791	129,19	0,35	0,42	0,51	2,82	2752 \pm 85
	F/8257	6,62	18,14	1,1	4,15	0,04	1185	890	95,42	0,4	0,45	0,46	2,79	2600 \pm 35
	F/8055	22,96	71,57	1,42	5,9	0,0118	1043	559	68,77	0,48	0,35	0,43	2,69	2475 \pm 100
	F/7243	10,55	23,52	1,36	4,03	0,07	1157	1239	389,61	0,96	0,77	0,74	3,2	2340 \pm 100
	F/7101	3,85	12,29	1,12	3,92	0,032	1214	812	77,26	0,33	0,17	0,3	2,92	2324 \pm 100
	H/5613	3,93	16,8	0,81	3,12	0,027	1239	265	0	0,37	0,08	0,23	2,2	2873 \pm 120
	H/5659	16,09	31,83	0,95	7,83	0,075	1357	570	10,2	0,34	0,12	0,24	2,21	2752 \pm 85
	H/5503	9,17	13,88	0,37	3,7	0,015	1522	674	61,49	0,23	0,28	0,32	2,58	2600 \pm 35
	H/5596	27,55	44,05	1,02	6,65	0,083	1878	406	40,1	0,25	0,18	0,29	2,52	2475 \pm 100
	H/5564	7,7	12,9	0,88	4,46	0,032	1456	398	194,06	0,33	0,26	0,31	2,68	2340 \pm 100
	H/5555	14,42	22,49	0,74	5,45	0,052	1374	494	54,92	0,24	0,17	0,25	2,48	2324 \pm 100
	H/5620	41,95	78,09	1,11	8,9	0,156	727	618	47,52	0,23	0,23	0,31	2,39	2274 \pm 100
Valencina de la Concepción	M3-E-2/UE6	1,8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1100	<84,4	59	0,78	<0,05	n.d.	<0,25	2772 \pm 50
	M3-ZANJA/UE6	43	30	<0,33	<1,6	n.d.	945	<88,2	95	0,91	<0,05	<0,09	0,82	Entre 2772 \pm 50 y 2575 \pm 50
	M3/UE4	<1,6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	996	<163	235	0,56	0,2	n.d.	<0,36	Entre 2772 \pm 50 y 2575 \pm 50
	M3-C/2-ZANJA/UE2	51	<1,2	<0,37	n.d.	n.d.	1102	<86,4	119	0,68	<0,07	n.d.	0,56	2575 \pm 50

4. Conclusiones.

La evaluación general de los resultados de nuestro programa de investigación nos permite concluir que:

- Es posible contrastar y cuantificar empíricamente el impacto de la actividad minerometalúrgica prehistórica sobre su entorno, si contamos con registros arqueológicos cualificados contextualmente y un programa interrelacionado de análisis espacial y diacrónico de bioindicadores independientes como polen fósil, macrorrestos vegetales y conchas de moluscos marinos.
- Esta metodología ofrece un marco exploratorio, contrastable y predictivo, capaz de comparar modelos y patrones de poblamiento con actividades económicas en territorios explorados sistemáticamente, identificar procesos minerometalúrgicos en territorios aún no explorados con intensidad arqueológica sistemática y trazar evaluaciones supraregionales sincrónicas de la práctica minerometalúrgica desde el estudio comparado de diversas cuencas de drenaje.
- Igualmente, y en ámbitos territoriales con registros diacrónicos precisos, esta metodología proporciona un instrumento eficaz para la cuantificación histórica de la producción y fluctuaciones de la actividad minerometalúrgica.
- Al iniciarse el III Milenio ANE, la Faja Pirítica Ibérica desarrolló un repentino, masivo y coyuntural programa de ocupación del territorio articulado alrededor de la práctica de la minería y metalurgia intensiva del cobre, de la que Cabezo Juré sólo fue uno de sus múltiples exponentes.
- Su escala fue de tal magnitud que, directa (prácticas mineras y metalúrgicas) e indirectamente (incremento poblacional), provocó un impacto sin precedentes en el medio, con la deforestación sistemática de la masa arbórea, la aceleración de los procesos erosivos y el inicio de la contaminación por metales pesados en el estuario del Tinto-Odiel.
- Esta situación, recurrente en otros ámbitos del Golfo de Cádiz, como la desembocadura del Guadalquivir (Valencina de la Concepción), revela que nos hallamos ante un modelo histórico de práctica intensiva y especializada de la minería y metalurgia del cobre que escapa de la “escala doméstica y de escasa relevancia en el desarrollo social” señalado por la tradición arqueológica.
- La especialización que esta actividad adquirió, generando comunidades como Cabezo Juré o auténticos barrios metalúrgicos como en Valencina de la Concepción, y su articulación cronológica y económica (circulación de productos confirmada mediante isótopos de Pb) respecto a los primeros centros territoriales del Valle del Guadalquivir,

nos permite inferir su vinculación directa al desarrollo y colapso de un almacén intersocial de relaciones políticas Centro/Periferia (Nocete, 2001; Nocete *et al.*, 2005a). Prueba de ello es:

1. La correspondencia cronológica entre el desarrollo de Valencina de la Concepción como centro político, el desarrollo de la red territorial de los asentamientos asociados al control y gestión de la minería y metalurgia de la Faja Pirítica Ibérica como Cabezo Juré y La Junta de los Ríos, la drástica y rápida reducción de la masa arbórea y el inicio en la contaminación por metales pesados del Golfo de Cádiz tras el 3000 ANE.
 2. La correspondencia cronológica entre la desarticulación de Valencina de la Concepción como centro político, la desmantelación de la red territorial de los asentamientos asociados al control y gestión de la minería y metalurgia de la Faja Pirítica Ibérica como Cabezo Juré y La Junta de los Ríos, la recuperación de la masa arbórea y el receso en la contaminación por metales pesados del Golfo de Cádiz tras el 2200 ANE
- Paralelamente, que el drenaje ácido y la contaminación por metales pesados en la Ría de Huelva (Tinto y Odiel) y el Golfo de Cádiz no es el resultado de un proceso natural, incontrolable e insuperable. Su origen humano (hace 5000 años) y su evolución (oscilaciones temporales) señalan, mas allá de una simple asociación causal entre polución y actividades minerometalúrgicas activas (extracción y manufacturación) y pasivas (almacenaje de residuos), su carácter histórico y, por tanto, su reversibilidad.

5. Agradecimientos.

Este trabajo ha sido fruto de un programa de investigación auspiciado por dos proyectos de investigación. El primero (Proyecto ODIEL) financiado por la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía y el segundo (PIGMALIOM BHA2002-0437-C02-02) por el Ministerio de Ciencia y Tecnología. En su desarrollo ha sido crucial la colaboración de diversos compañeros y compañeras responsables de intervenciones arqueológicas y de la conservación de los bienes culturales como la Dra. R. Cruz-Auñón, el Dr. R. Lizcano, el Dr. A. Orihuela, el Dr. J. Carrión, el Dr. J. Ramos, Dña. J. Bedia, D. G. Queipo y D. D. Calado.

6. Bibliografía.

ÁLEX, E., NOCETE, F., NIETO, J. M., SÁEZ, R. y BAYONA, M. R., 2004: "Estudio del impacto ambiental de la metalurgia en el Andévalo onubense: contaminación de aguas, deforestación y erosión". En NOCETE, F., Ed.: *ODIEL: Proyecto de Investigación Arqueológica para el análisis de la desigualdad social en el Suroeste de la Península Ibérica*, pp. 325-342. Monografías de Arqueología 19. Consejería de Cultura. Junta de

Andalucía. Sevilla.

- BAYONA, M. R., NOCETE, F., SÁEZ, R., NIETO, J. M., ÁLEX, E. y ROVIRA, S., 2003: "The prehistoric metallurgy of Cabezo Juré (Alosno, Huelva, Spain). The metal objects production". En *International Conference Archaeometallurgy in Europe*, vol. II, pp. 175-184. Milán.
- BAYONA, M. R., NOCETE, F., LIZCANO, R., ÁLEX, E., SÁEZ, R. y NIETO, J. M., 2005: "Informe preliminar de excavación arqueológica de urgencia en el yacimiento de La Junta (Puebla de Guzmán, Huelva)". *Anuario Arqueológico de Andalucía 2003*, vol. III, pp. 565-574.
- BELTRÁN, J. M., LÓPEZ, M. A. y GARCÍA, J.M., 1997: "Intervención arqueológica de urgencia en el entorno de Cañada Honda (Aljaraque, Huelva)". *Anuario Arqueológico de Andalucía 1993*, vol. III, pp. 272.
- BORJA, F., BARRAL, M. A. y GARCÍA, J. M., 1994: "Los concheros arqueológicos de Cañada Honda y El Grillito (Estuario del Odiel, Huelva)". En ARAÑES, J., GARCÍA, J. M. y GÓMEZ, A., Eds.: *Geomorfología en España*, Sociedad Española de Geomorfología, pp. 339-353. Logroño.
- CARRIÓN, J. S., 2002: "Patterns and processes of Late Quaternary environmental change in a montane region of southwestern Europe". *Quaternary Science Reviews*, vol. 21, pp. 2047-2066.
- CARRIÓN, J. S., SCOTT, L., 1999: "The challenge of pollen analysis in palaeoenvironmental studies of hominid beds: the record from Sterkfontein caves". En *Journal of Human Evolution*, vol. 36, pp. 401-408.
- CHAMPION, T., GAMBLE, T., SHENNAN, S. y WHITTLE, A., 1984: *Prehistoric Europe*. Academic Press Inc.. Londres.
- CHAPMAN, R. W., 1982: "Autonomy, ranking and resources in Iberian Prehistory". En RENFREW, C. y SHENNAN, S., Eds.: *Ranking, Resource and Exchange. Aspect of the Archaeology of Early European Society*, Cambridge Univ. Press, pp. 46-51. Cambridge.
- CHAPMAN, R.W., 1990: *Emerging complexity, The Later Prehistory of Southeast Spain, Iberia and the West Mediterranean*. Cambridge University Press, Cambridge.
- CHAPMAN, R.W., 2003: *Archaeologies of Complexity*. Routledge. Londres.
- CHERNYKH, E. N., 1992: *Ancient Metallurgy in the URSS: The Early Metal Age*. Cambridge University Press. Cambridge.
- CUNLIFFE, B., 1994: *Oxford Illustrated Prehistory of Europe*. Oxford University Press. Oxford.
- DELIBES, G. y FERNÁNDEZ, M., 1993: *Los Orígenes de la Civilización. El Calcolítico en el Viejo Mundo*. Síntesis. Madrid.
- FERRARI, C. P., HONG, S. y BOUTRON, C. F., 1999: "Ice Archives of Atmospheric

- Pollution from Mining and Smelting Activities during Antiquity”. En YOUNG, S.M.M., POLLARD, A. M., BUDD, P. y IXER, A., Eds.: *Metals in Antiquity*, pp. 211-217. BAR International Series 792. Oxford.
- FRANK, A. G. y GILLS, B. K., 1992: *The Five Thousand Year World System: An interdisciplinary introduction*. Humboldt Journal of Social Change. Spring.
- GILLS, B. K., 1995: “Capital and Power in the Processes of World History”. En SANDERSON, S., Ed.: *Civilisation and World Systems. Studying World-Historical Change*, pp. 136-162. Altamira Press. Walnut Creek.
- GILLS, B. K. y FRANK, A.G., 1993: “World System Cycles, Crises, and Hegemonic Shift, 1700 BC. to 1700 AD”. En FRANK, A.G. y GILLS, B.K., Eds.: *The World System. Five hundred year or five thousand?*, pp. 143-199. Routledge. London.
- GILMAN, A., 1991: “Trajectories toward social complexity in the Later Prehistory of the Mediterranean”. En EARLE, T., Ed.: *Chiefdoms: Power, Economy and Ideology*, pp. 146-168. Cambridge University Press. Cambridge.
- GOMES, M. V., 1997: “Megalitismo do Barlavento Algarvio - Breve Síntese”. *Setúbal Arqueológica*. XI-XII, pp. 147-190.
- GÓMEZ-ARIZA, J.L., GIRALDEZ, I. y MORALES, E., 2000: “Temporal fluctuations of tributyltin in the bivalve *Venerupis decussate* at five stations in southwest Spain”. *Environmental Pollution*. vol. 108, pp. 279-290.
- GONZÁLEZ, F.J., POLVILLO, O., BOSKI, T., MOURA, D. y ANDRÉS, J. R., 2003: “Biomarkers patterns in a time – resolved holocene / terminal Pleistocene sedimentary sequence from the Guadiana river estuarine area (SW Portugal / Spain border)”. *Organic Geochemistry*, vol. 34, pp.1601-1613.
- GRATTAN, J.P., HUXLEY, S. y PYATT, F.B., 2003: “Modern Bedouin Exposures to Copper Contamination : An Imperial Legacy?”. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 55, pp. 108-115.
- LEBLANC, M., MORALES, J.A., BORREGO, J. y ELBAZ-POULICHET, F., 2000: “4500 Year-Old pollution in southwestern Spain: Long-term implications for modern mining pollution”. *Economic Geology*, vol. 95, pp. 655-662.
- MARTÍN, J. y CAMPOS, P., 1997: “El conchero de Cañada Honda (Aljaraque, Huelva). Estrategias predatorias y modelos en transición”. *SPAL*, vol. 4, pp. 9-23.
- MARTÍN DE LA CRUZ, J.C., 1987: *Papa Uvas II. Aljaraque. Huelva. Campañas de 1981 a 1983*. E.A.E. 149. Ministerio de Cultura. Madrid.
- MIGHALL, T.M., 2003: “Geochemical Monitoring of Heavy Metal Pollution and Prehistoric Mining: Evidence from Copa Hill, Cwmystwyth, and Mount Gabriel, County Cork”. En CRADOCK, P. y LANG, J., Eds.: *Mining and Metal Production. Through The Ages*, pp. 43-52. The British Museum Press. Londres.

- MONTERO, I., 1993: "Bronze Age Metallurgy in Southeast Spain". *Antiquity*, vol. 67, pp. 46-57.
- MORENO, C., CAPITÁN, M. A., DOYLE, M., NIETO, J. M., RUIZ, F. y SÁEZ, R., 2003: "Edad mínima del gossan de Las Cruces: implicaciones sobre la edad del inicio de los ecosistemas extremos en la Faja Pirítica". *Geogaceta*, vol. 33, pp. 67-70.
- NIETO, J. M., NOCETE, F. y SÁEZ, R., 2001: "Primeros indicios del drenaje ácido y contaminación por metales en la cuenca del río Odiel". *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, vol. 24A, pp. 109-110.
- NOCETE, F., 2001: *Tercer Milenio antes de nuestra era. Relaciones y contradicciones centro/periferia en el Valle del Guadalquivir*. Bellaterra. Barcelona.
- NOCETE, F., Coord., 2004: *Odiel. Proyecto de investigación arqueológica para el análisis del origen de la desigualdad social en el Suroeste de la Península Ibérica*. Monografías de Arqueología 19. Consejería de Cultura. Junta de Andalucía. Sevilla.
- NOCETE, F., Coord., 2005: *Andévalo, Patrimonio Arqueológico. El yacimiento de La Junta de los Ríos. Modelo de recuperación, análisis e interpretación del registro arqueológico en la Presa del Andévalo -Huelva-*. Ministerio de Medio Ambiente-Confederación Hidrográfica del Guadiana. Madrid.
- NOCETE, F., LIZCANO, R. y NIETO, J. M., 2004: "Aproximación a las prácticas sociales: contextos y tiempo en Cabezo Juré". En NOCETE, F., Ed.: *Odiel. Proyecto de Investigación Arqueológica para el análisis de la desigualdad social en el Suroeste de la Península Ibérica*, pp. 342-376. Monografías de Arqueología 19. Consejería de Cultura. Junta de Andalucía. Sevilla.
- NOCETE, F., LIZCANO, R. y ORIHUELA, A., 2004: "La excavación de Cabezo Juré (Alosno, Huelva)". En NOCETE, F., Ed.: *Odiel: Proyecto de Investigación Arqueológica para el análisis de la desigualdad social en el Suroeste de la Península Ibérica*, pp. 107-127. Monografías de Arqueología 19. Consejería de Cultura. Junta de Andalucía. Sevilla.
- NOCETE, F., ORIHUELA, A. y PEÑA, M., 1993: "Odiel. 3000-1000 A.N.E. Un modelo de análisis histórico para la contrastación del proceso de jerarquización social". *Anuario Arqueológico de Andalucía 1991*, vol. II, pp. 259-266.
- NOCETE, F., LIZCANO, R., ORIHUELA, A., LINARES, J. A., OTERO, R., ESCALERA, P., PARRALES, P. y ROMERO, J. C., 1999a: "I campaña de excavación arqueológica de Cabezo Juré (Alosno, Huelva), 1995". *Anuario Arqueológico de Andalucía 1994*, vol. II, pp. 86-92.
- NOCETE, F., ESCALERA, P., LINARES, J. A., ORIHUELA, A., OTERO, R., ROMERO, J. C. y SÁEZ, R., 1999b: "Estudio del material arqueológico de la primera campaña de

- excavación de C. Juré (Alosno, Huelva). Proyecto ODIEL”. *Anuario Arqueológico de Andalucía 1994*, vol. II, pp. 93-104.
- NOCETE, F., LIZCANO, R., LINARES, J. A., ESCALERA, P., ORIHUELA, A., PÉREZ, J. M., RODRÍGUEZ, M., GARRIDO, N., AQUINO, N., ALCÁZAR, J.M. y ÁLEX, E., 2001: “Segunda campaña de excavación arqueológica sistemática en el yacimiento de Cabezo Juré (Alosno, Huelva)”. *Anuario Arqueológico de Andalucía 1997*, vol. II, pp. 107-111.
- NOCETE, F., LIZCANO, R., NIETO, J. M., ÁLEX, E., INÁCIO, N., BAYONA, M. R., DELGADO, A., ORIHUELA, A. y LINARES, J. A., 2004: “La ordenación espacio-temporal de Cabezo Juré”. En NOCETE, F., Ed.: *ODIEL: Proyecto de Investigación Arqueológica para el análisis de la desigualdad social en el Suroeste de la Península Ibérica*, pp. 129-239. Monografías de Arqueología 19. Consejería de Cultura. Junta de Andalucía. Sevilla.
- NOCETE, F., SÁEZ, R., NIETO, J. M., CRUZ-AUÑÓN, R., CABRERO, R., ÁLEX, E. y BAYONA, M. R., 2005a: “Circulation of silicified oolitic limestone blades in South-Iberia (Spain and Portugal) during the third millennium ANE: an expression of a core/periphery framework”. *Journal of Anthropological Archaeology*, vol. 24 (2005), pp. 62-81.
- NOCETE F., ÁLEX E., NIETO J.M., SÁEZ R. y BAYONA M.R., 2005b: “An archaeological approach to regional environmental pollution in the south-western Iberian Peninsula related to Third millennium BC mining and metallurgy”. *Journal of Archaeological Science*, vol. 32(2005), pp. 1566-1576.
- PÉREZ, J.C., 1989: *Introducción a los moluscos onubenses. I: faunística*, Junta de Andalucía. Agencia de Medio Ambiente. Huelva.
- PYATT, F. B., BARRER, G. W., BIRCH, P., GILBERSTON, D. D., GRATTAN, J. P. y MATTINGLY, D. J., 1999: “King Solomon’s Miners-Starvation and Bioaccumulation?. An environmental archaeological investigation in southern Jordan”. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 43, pp. 305-308.
- PYATT, F. B., GILMORE, G. J., GRATTAN, P., HUNT, C. O. y MCLAREN, S., 2000: “An imperial Legacy? An Exploration of the Environmental impact of ancient metal mining and smelting in southern Jordan”. *Journal of Archaeological Science*, vol. 27, pp. 771-778.
- PYATT, F. B., AMOS, D., GRATTAN, J. P., PYATT, A. J. y TERRELL-NIELD, C. E., 2002: “Invertebrates of ancient heavy metal spoil and smelting tip sites in southern Jordan: Their distribution and use as bioindicators of metalliferous pollution derived from ancient sources”. *Journal of Arid Environments*, vol. 52, pp. 53-62.
- PYATT, F. B., PYATT, A. J., WALTER, C., SHEEN, T. y GRATTAN, J. P., 2005: “The heavy

- metal content of skeletons from an ancient metalliferous polluted area in southern Jordan with particular reference to bioaccumulation and human health". *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 60, pp. 295-300.
- QUEIPO DE LLANO, G., 2004: "Informe técnico de la excavación arqueológica de urgencias en Plan Parcial Matarrubilla, Sector Residencial 1 (Urbanización Valencina Parque)". *Anuario Arqueológico de Andalucía 2002*, Vol. III, pp. 735-745.
- RAMOS, J., 1992: "Informe de la excavación de urgencia realizada en el asentamiento prehistórico de 'El Estanquillo' (San Fernando, Cádiz)". *Anuario Arqueológico de Andalucía 1990*, vol. III, pp. 37-53.
- RAMOS, J. y LAZARICH, M., 2002: *El asentamiento de "El Retamar" (Puerto Real, Cádiz). Contribución al estudio de la formación Social Tribal y a los inicios de la economía de producción en la Bahía de Cádiz*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz. Cádiz.
- ROVIRA, S., 2002: "Metallurgy and Society in Prehistoric Spain". En OTAWAY, B.S. y WAGNER, E.C., Eds.: *Metals and Society*, pp. 5-20. BAR International Series 1061. Oxford.
- SÁEZ, R., ALMODÓVAR, G. R. y PASCUAL, E., 1996: "Geological constraints on massive sulphide genesis in the Iberian Pyrite Belt". *Ore Geology Reviews*, vol. 295, pp. 429-451.
- SÁEZ, R., NOCETE, F. y CÁMALICH, D., 2004: "La captación de materias primas para la metalurgia en Cabezo Juré". En NOCETE, F., Ed.: *Odiel. Proyecto de Investigación Arqueológica para el análisis de la desigualdad social en el Suroeste de la Península Ibérica*, pp. 265-272. Monografías de Arqueología 19. Consejería de Cultura. Junta de Andalucía. Sevilla.
- SÁEZ, R., NOCETE, F., NIETO, J. M., CAPITÁN, M. A. y ROVIRA, S., 2003: "The extractive metallurgy of copper from Cabezo Juré, Huelva, Spain: chemical and mineralogical study of slags dated to the Third Millennium B.C". *The Canadian Mineralogist*, vol. 41, pp. 637-648.
- SHERRATT, A., 1998: "La transformación de la antigua Europa agraria: el neolítico reciente y la Edad del Cobre, 4500-2500 a.C". En CUNLIFFE, B., Ed.: *Prehistoria de Europa*. Oxford Crítica, pp.169-202. Barcelona.