

# Minería y metalurgia calcolíticas en el sudeste de la península ibérica. Hacia un modelo interconectado

Nicolau Escanilla Artigas (\*)

## Resumen

Los recientes trabajos sobre el Calcolítico en la península ibérica enfatizan una complejidad y un dinamismo que nos obliga a replantear los modelos vigentes en torno a la minería y metalurgia del cobre. En este artículo se revisarán las nuevas evidencias arqueomineras en el valle del Guadalentín y el estudio de los residuos metalúrgicos de asentamientos calcolíticos. Los resultados se relacionarán con las transformaciones sociales acontecidas a lo largo del III milenio cal ANE. Con estos datos se construirá un modelo de interpretación histórica de la producción metalurgia acorde con el dinamismo de las prácticas sociales.

## Palabras clave

Calcolítico; valle del Guadalentín; Minería Prehistórica; Minerales de cobre; Primera Metalurgia

## Abstract

Recent work on Copper Age in the Iberian Peninsula emphasizes a complexity and dynamism that forces us to rethink the current models around copper mining and metallurgy. This article will review the new archaeological evidence in the Guadalentín valley and the study of metallurgical debris from chalcolithic settlements. The results will be related to the social transformations that took place during the third millennium cal BC. With this data, I will propose a more dynamic model for the metallurgical production from Copper Age on the basis of the transformation of social practices.

## Keywords

Copper Age; Guadalentin valley; Prehistoric Mining, Copper Ore, Early Metallurgy.

Recibido: 12-octubre-2017 / Aceptado: 25-octubre-2017

## 1. INTRODUCCIÓN

Es obvio que el interés primigenio por la primitiva producción metalúrgica del sudeste se debe a la existencia de entidades arqueológicas emblemáticas para la historia de la arqueología, como son Los Millares para el Calcolítico y El Argar durante el Bronce antiguo. Ambas fueron tempranamente reconocidas y caracterizadas durante los pioneros trabajos de los hermanos Henry y Louis Siret (1890, 2001). Los trabajos de este último en los yacimientos de Los Millares y Almizaraque (Siret 2001, 1948) son especialmente relevantes ya que marcaron toda la construcción histórica del Calcolítico peninsular durante más de 50 años. La prosecución de las excavaciones en ambos yacimientos a finales de siglo XX (Delibes *et al.*, 1996; Molina y Cámara, 2005) sirvieron para refrendar aún más la importancia historiográfica

del sudeste en la construcción histórica del Calcolítico peninsular.

El debate en el Sudeste en torno a la producción metalúrgica a lo largo de los siglos XX y XXI se ha desarrollado en dos frentes, de los que el segundo puede subdividirse en sub-tramas secundarias:

1. El origen independiente o difusionista de la primera metalurgia del mediodía peninsular.

2. El rol de la metalurgia en el desarrollo de las sociedades prehistóricas y la intensificación de las disimetrías sociales.

- 2a. El desarrollo y circulación local y/o regional de la minería y metalurgia prehistóricas.

- 2b. La no mutación de la tecnología metalúrgica prehistórica.

\* ASOME (Grup d'Arqueoecologia Social Mediterrània), Departament de Prehistòria, UAB.

2c. La intencionalidad o accidentalidad de la aleación de cobre y arsénico.

Recientemente, en un artículo firmado por I. Montero y M. Murillo-Barroso (2016) abordan los dos frentes principales. Sin embargo, su trabajo se centra en el carácter de invención e innovación de la metalurgia (Roberts y Radivojević 2015), dando a conocer la situación histórica relativa al metal existente en Próximo Oriente y los Balcanes durante el V milenio cal ANE. Es en la primera mitad del mismo cuando se datan las escorias y el fragmento de vasija de reducción de Cerro Virtud (Herrerías), que supone la primera manifestación metalúrgica peninsular y resulta la clave para aceptar una invención independiente de la misma (Montero y Ruiz-Taboada 1996; Ruiz Taboada y Montero 1999). Respecto a publicaciones anteriores (Murillo-Barroso y Montero 2012), el artículo aborda de una manera más ambigua la trascendencia de Cerro Virtud como origen de la metalurgia peninsular. Consideran que la invisibilidad de los objetos metálicos durante los 1.500 años, que separan la invención de la metalurgia en Cerro Virtud de su consolidación a finales del IV milenio cal ANE, puede explicarse por “la ausencia de las condiciones necesarias que posibilitaran una innovación exitosa” (Murillo-Barroso y Montero 2016: 23). A este punto faltaría argumentar cómo puede una invención fracasada pervivir durante tantos siglos y transmitirse de generación en generación sin convertirse en innovación.

Aún y aceptando la antigüedad de Cerro Virtud como invención metalúrgica independiente, el marco más razonable es que los impulsos que permitieron que la metalurgia del cobre se asentara definitivamente en la península ibérica a finales del IV e inicios del III milenio cal ANE procedan de una invención o difusión independiente de ésta.

En el citado artículo de I. Montero y M. Murillo-Barroso, la invención de la metalurgia se imbrica con el valor social de los objetos que con ella se producían. Se compara el valor social de los artefactos de base cobre de Próximo Oriente y los Balcanes con la península ibérica, vinculados al estatus y prestigio en el primer caso, pero con un exclusivo valor de uso en el segundo. Aquí, el cobre se diferencia de otras materias primas como el marfil, el ámbar, la variscita, los huevos de avestruz o el cristal de roca en que no aparece como un marcador social en las sepulturas distinguidas del Calcolítico inicial y pleno (Mora *et al.*, 2012).

Todos los materiales arriba enunciados pueden considerarse materias primas exóticas. Algunas de ellas, como el ámbar, el marfil o los huevos de avestruz, eran importadas respectivamente de Sicilia, Próximo Oriente y el Norte de África, (García Sanjuán *et al.*, 2013; Murillo-Barroso y García Sanjuán 2013; Nocete *et al.*, 2013; Schuhmacher, Cardoso y Banerjee 2009). A falta de tener más datos sobre el Norte

de África, tanto en el Mediterráneo Central como en Próximo Oriente, la metalurgia extractiva estaba completamente asentada a mediados del IV milenio (Dolfini, 2014; Thornton 2009). En consecuencia, las comunidades de estos lugares pudieron actuar como transmisoras de la idea y el conocimiento básicos para la reducción de minerales de cobre. Aunque desconocemos la naturaleza de estos contactos, la presencia de defensas enteras de elefante o núcleos de ámbar (Murillo-Barroso y García Sanjuán, 2013; Nocete *et al.*, 2013) permite dos deducciones.

La primera determina que el contacto entre las diferentes comunidades era lo suficientemente directo para que llegara la materia prima no transformada. En el caso del marfil se encuentran porciones de grandes dimensiones o incluso defensas enteras. A diferencia de lo que sucede a partir del campaniforme y durante la Edad del Bronce, con una disminución muy significativa del tamaño de la materia prima y de los objetos manufacturados (López Padilla, 2011, 2006a).

En segundo lugar, el hecho de que el valor de cambio lo tuviera la materia prima y no el objeto manufacturado sugiere que no había una intención políticamente transformadora en estos intercambios. En consecuencia, no hay una penetración ideotécnica externa y las comunidades receptoras aplican su propia tecnología, cadena operativa y funcionalidad en la transformación de las materias primas. Ello choca con la imagen (cargada con los prejuicios de las colonizaciones modernas) del colono que enseña sus habilidades a unos “primitivos” indígenas, mientras que, por otro lado, no excluye la posibilidad de que fueran las comunidades importadoras las que se desplazaran por el mediterráneo intercambiando ideas y materias.

A diferencia de las materias primas exóticas, el mineral de cobre no es raro y se encuentra ampliamente distribuido en el sur peninsular, por lo no puede otorgársele esta categoría. Además, hemos visto como a las comunidades de finales del IV milenio solamente les importaría cubrir sus necesidades de obtención de materias primas, no de objetos metálicos con un valor simbólico o ideológico añadido del que carece el mineral. En consecuencia cabe deducir que habría sido el conocimiento de la transmutación del mineral al metal lo que estaría circulando junto al marfil y el ámbar por el Mediterráneo.

Además, no podemos obviar que en los Balcanes (Radivojević, 2015), en Próximo Oriente (Hauptmann 2007, 2003) y en otras regiones europeas (Craddock, 1999) la metalurgia extractiva a lo largo del IV milenio cal ANE se realizaba en contenedores cerámicos y en condiciones tecnológicas de poco control del oxígeno conocido en inglés como crucible smelting. Es la misma tecnología que define la me-

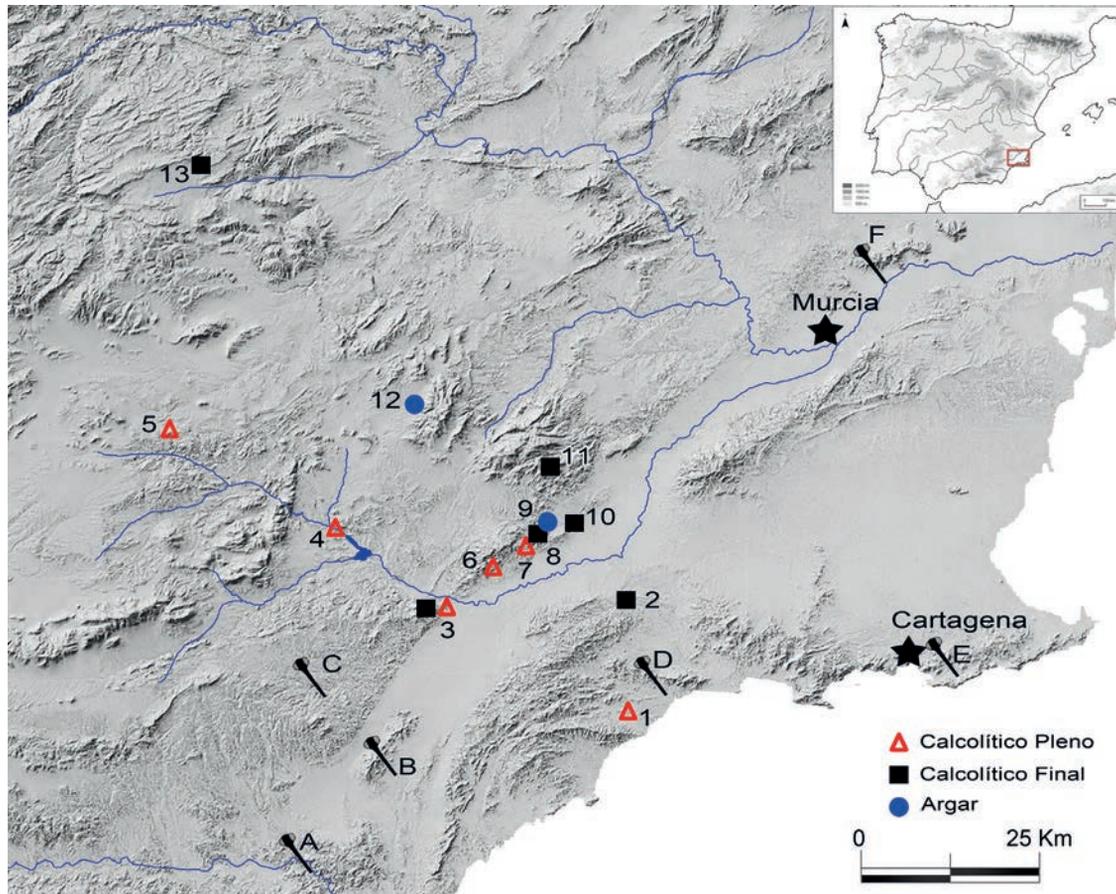


Figura 1. Mapa del valle del Guadalentín con los sitios nombrados en el texto. 1: Parazuelos; 2: La Ciñuela; 3: Casco Urbano de Lorca; 4: Agua Amarga; 5: El Estrecho; 6: Cerro de la Virgen de la Salud; 7: Carboneros; 8: Las Anchuras; 9: La Bastida; 10: Carcel Vieja; 11: Cerro de la Cueva de la Moneda; 12: Cerro de las Viñas de Coy; 13: Cerro de las Víboras de Bagil; A: Cerro Minado; B: Segunda Santa Isabel; C: Minas de Merzu S.A.; D: Balsicas; E: Filón Consuelo; F: Cerro de la Fuente.

talurgia calcolítica peninsular del III milenio cal ANE y que perdurará, a diferencia de las demás regiones europeas, hasta el inicio de la Edad del Hierro (Gómez Ramos, 1999; Rovira y Ambert, 2002). Esta relación ahonda en la posibilidad de una transmisión del conocimiento para reducir de minerales de cobre, pese a que el uso de vasijas cerámicas como contenedores de reducción es también la solución más simple por sus propiedades refractarias.

Por otro lado, queda el aspecto de la implantación de los artefactos de cobre en la esfera de la producción de objetos. Su implantación fue lenta y poco importante, enfocada en sus inicios a producir herramientas y no adornos u otros artefactos con cargados de valor ideológico o simbólico. No obstante, en las recientes revisiones del rol del metal en la prehistoria, se acepta que ya durante el Calcolítico final el cobre pudo haber jugado su papel como marcador social dentro de las nuevas prácticas sociales acontecidas con el Campaniforme (Murillo-Barroso y Montero, 2016: 24). Esta lectura contrasta con postulados anteriores que negaban su potencial transformador hasta mediados del II milenio cal ANE (Montero, 2002, 1999, 1994).

A continuación se revisarán las principales evidencias arqueomineras y arqueometalúrgicas del valle del Guadalentín (Fig. 1). Estas permiten sostener como la producción metalúrgica es afectada por las transformaciones sociales que se desarrollan a lo largo del III milenio cal ANE, culminando en la formación del Estado Argárico a comienzos del II milenio cal ANE (Lull *et al.*, 2014).

Para el estudio se ha trabajado analíticamente en cuatro frentes: la minería prehistórica; los minerales como recursos económicos; el análisis crítico de los registros arqueometalúrgicos de los asentamientos y su cronología y el estudio analítico de materiales de los asentamientos calcolíticos de Parazuelos (Lorca), Agua Amarga (Lorca), Carboneros (Totana) y La Ciñuela (Mazarrón) (Escanilla, 2016a).

## 2. ANCLAJES TEMPORALES DEL REGISTRO METALÚRGICO EN EL VALLE DEL GUADALENTÍN

Las primeras manifestaciones metalúrgicas con anclaje cronométrico en el valle del Guadalentín pueden considerarse contemporáneas a las de otros asentamientos del sureste como Las Pilas, Almizaraque o Los Millares (Mederos, 2016;

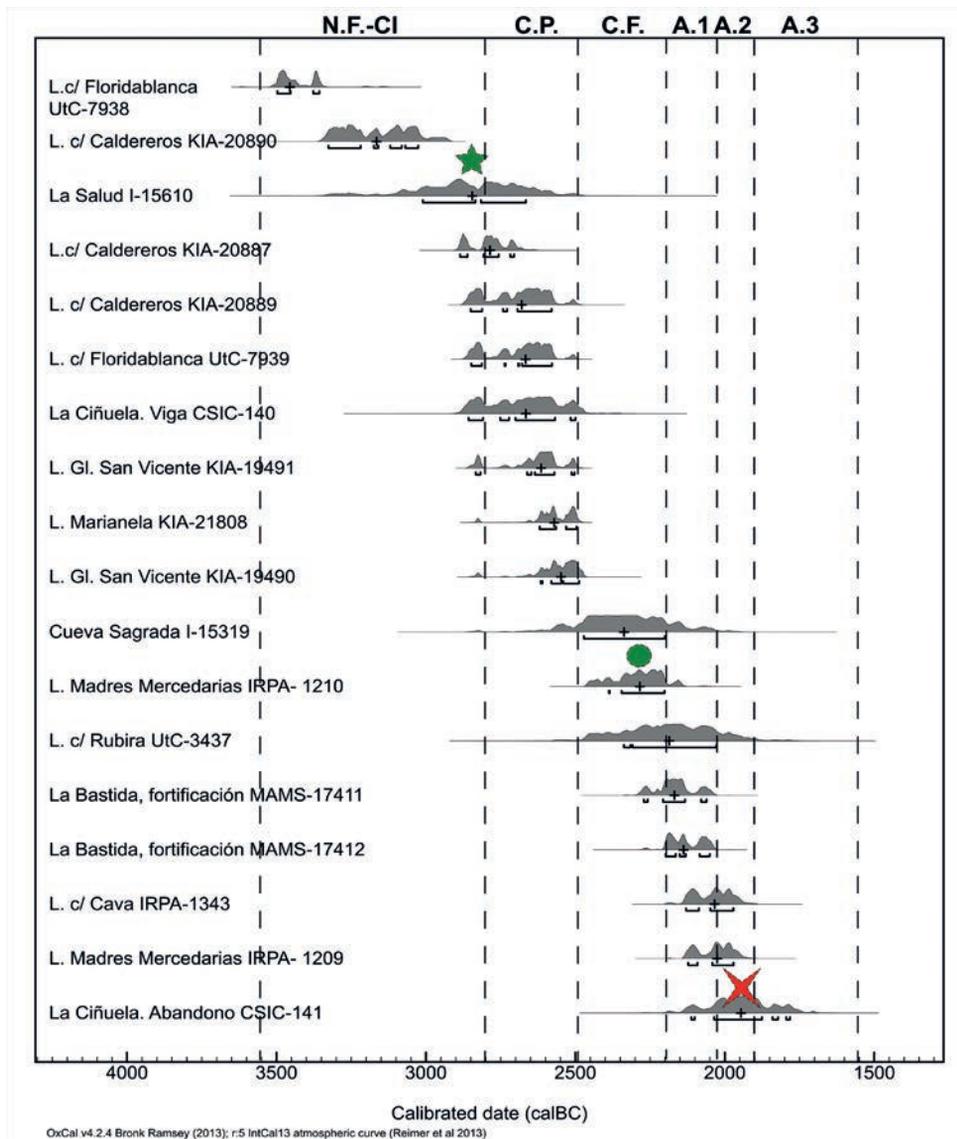


Figura 2. Dataciones de Carbono 14 calibradas para el Calcolítico del Valle del Guadalentín. Se han representado los principales fenómenos metalúrgicos: estrella: primera escoria; círculo: nódulos de fundición y minerales dominan sobre las escorias; Cruz: Fin de la presencia de metalurgia extractiva en los poblados. Leyenda superior: N.F.: Neolítico Final; C.P.: Calcolítico Pleno; C.F.: Calcolítico Final; A.1: Fase 1 El Argar; A.2.: Fase 2 El Argar; A.3: Fase 3 El Argar

Murillo-Barroso *et al.*, 2017), mientras que serían unos siglos posteriores que las evidencias registradas en Cabezo Juré (Nocete *et al.* 2011).

En el Guadalentín, la primera metalurgia se da en los inicios del Calcolítico pleno (Fig. 2). La datación radiocarbónica más antigua se asocia al sellado de un silo que marca el abandono del asentamiento en el Cerro de la Virgen de la Salud, en Lorca (Eiroa, 2005). La datación (I-15610: 4250±110BP/3011 (2846) 2666 cal ANE)<sup>1</sup>, con una elevada desviación estándar, posiciona esta metalurgia en el primer cuarto del III milenio cal ANE. Tanto la estratigrafía como los ma-

teriales hallados en el sitio son consistentes con una ocupación de corta duración (Lomba, 2001), que tendría lugar en los momentos finales del Calcolítico inicial y el comienzo del Calcolítico pleno.

El hallazgo de metalurgia en La Salud no está exento de ambigüedad. Primero se afirma que se halló un fragmento informe de cobre en el nivel A del cuadro EFG-10-12-14, al que se le deben sumar un número indeterminado de escorias de fundición halladas en la segunda campaña (Eiroa, 2005: 30). En la misma publicación, el hallazgo se transforma en un fragmento de mineral de cobre con tratamiento

<sup>1</sup> Si no se especifica lo contrario todas las dataciones han sido calibradas con el programa OxCal 4.2 (Bronk Ramsey, 2009) utilizando la curva de calibración IntCal13 (Reimer *et al.*, 2013). Las calibraciones se expresan siempre a 1 sigma y con la mediana entre paréntesis.

térmico en el cuadro IJK-10.12.14, donde se halló el silo fechado, y “sin otro indicio que pudiera indicar una actividad relacionada con la producción de artefactos de cobre” (Eiroa, 2005: 198).

El casco urbano de Lorca es el yacimiento que permite un mejor acercamiento cronológico a la metalurgia del Calcolítico pleno, sin que por el momento se haya realizado ningún estudio arqueometalúrgico de los restos. Son tres las excavaciones que han aportado residuos asociados a la producción de metales durante este período. Las más antiguas son las escorias del Nivel 1 de Carril de Caldereros que cuenta con dos dataciones (KIA-20887: 4200±30BP/2886 (2786) 2706 cal ANE y KIA-20889: 4105±40BP/2871 (2680) 2501 cal ANE) coincidentes con las fechas obtenidas en La Virgen de la Salud (Delgado-Raack, 2008: 19-20, 479; Pérez Asensio, 2004).

En la calle Floridablanca, también del casco urbano de Lorca, volvemos a encontrar residuos metalúrgicos asociados al Calcolítico pleno. En este caso se encontró mineral de cobre, un fragmento de crisol o vasija de reducción y un lingote asociado a materiales cerámicos con decoración de círculos incisos, cuencos con almagra interior, fuentes y vasos de paredes rectas. Este nivel se dató a partir de la colmatación de un canal excavado en la tierra (UTC-7919: 4100±35BP/2849 (2667) 2579 cal ANE cal ANE), que nos sitúa temporalmente en niveles avanzados del Calcolítico pleno (Martínez Rodríguez y Ponce García, 2004: 297; Delgado Raack, 2008: 22).

Finalmente, en la calle Juan II esquina calle Leonés, restos de mineral y “pepitas de cobre” se encontraron en el relleno sedimentario de estructuras negativas tipo silos o fondos de cabañas. Pese a no contar con dataciones radiocarbónicas asociadas estos materiales se relacionan con la fase del Calcolítico pleno (Pujante, 2011, 2003; Verdú, 2004).

Tampoco contamos con dataciones radiocarbónicas válidas de los dos asentamientos con la producción metalúrgica más relevante del valle del Guadalentín e incluso de todo el sudeste. Parazuelos<sup>2</sup> (Siret y Siret, 1890), con más de 20 kg de escorias y 10 kg de mineral de cobre, y Agua Amarga, con 600 gr de escorias y medio centenar de fragmentos de cerámicas metalúrgicas recuperadas en superficie (Escanilla, Bourgarit y Mille, 2016; Gris Martínez y Gris Martínez, 2007). Tampoco de Carboneros, que a pesar de una menor cantidad de registro, presenta materiales interesantes como un fragmento de posible lingote (Cuadrado Ruíz, 1935; Es-

canilla, 2016; López, 1988; San Nicolás del Toro, 1988). Los dos primeros asentamientos presentan una ocupación que, a partir del registro material, asociamos exclusivamente al Calcolítico pleno, mientras que en Carboneros los materiales sugieren una larga ocupación hasta el Calcolítico final. Más al Norte, en Caravaca, tenemos el sitio de El Estrecho, también asociado al Calcolítico pleno, pero sin dataciones (Verdú, 1995). Aquí se recuperaron dos escorias ferruginosas en un revuelto del Sector C.

El mejor anclaje temporal para la metalurgia del Calcolítico final volvemos a encontrarlo en las excavaciones del casco urbano de Lorca. En la calle Tintes confluencia con calle Escalinatas (Martínez Rodríguez y Ponce, 2002), 17 residuos metalúrgicos se asocian a dos unidades de habitación con zócalos de piedra y materiales del Calcolítico final campaniforme. Estos residuos se reparten en seis minerales, 1 escoria indeterminada, 3 nódulos de cobre y 4 posibles restos de fundición. Todos ellos se encuentran en un estado de corrosión muy avanzado y excepto dos de los minerales, con un peso de 20 gr, el resto de elementos apenas supera el gramo de peso cada uno.

El segundo poblado con metalurgia del Calcolítico final es el de La Ciñuela. Excavado por los Siret en el s. XIX fue reexcavado en los años 70 del s. XX (Zamora, 1976). Los restos metalúrgicos de las excavaciones de los Siret los conocemos a través de los trabajos del proyecto Arqueometalurgia (Rovira, 2005, 2002a, 2001) ya que en la escueta nota que le dedican los Siret a La Ciñuela, no hay ninguna referencia (Siret y Siret, 1890: 15; Siret, 2001: 219). Por su parte durante las excavaciones de A. Zamora no se identificaron residuos metalúrgicos, o al menos estos no se recogieron<sup>3</sup> ni se mencionan en la única publicación de la excavación. De estas últimas excavaciones sí contamos con dos dataciones radiocarbónicas. La primera que marcaría el inicio de la ocupación (CSIC-140: 4090±70BP/2858 (2666) 2500 cal ANE) data una viga carbonizada del techo y es posible que esté afectada por el efecto de madera vieja. La segunda datación (CSIC-141: 3590±70BP/2113 (1947) 1783 cal ANE) fecha el abandono del asentamiento a comienzos del II milenio cal ANE. A falta de información contextual que permita una mayor precisión de la cronología de los residuos metalúrgicos, el abandono La Ciñuela supone la fecha indirecta más reciente para evidencias de reducción de minerales en el valle del Guadalentín. Además, también es la única datación que se adentra (para la mediana de CSIC 141) en la Fase II de El Argar (c. 2025-1900 cal ANE) (Lull *et al.*, 2014).

<sup>2</sup> De Parazuelos existe una datación sobre concha recogida en superficie que no puede considerarse válida (Lomba y Eiroa, 1997).

<sup>3</sup> Según se ha podido constatar en la revisión de los mismos en el Museo de Murcia (*infra*).

Diferente es el caso del Cerro de las Víboras (Bagil). Aquí los materiales metalúrgicos, en la Terraza 2, se asocian a niveles Campaniformes. Al situarse fuera de la zona nuclear argárica, estos materiales son contemporáneos a las primeras fases de El Argar y en consecuencia de la Edad del Bronce (Eiroa, 1998a; Eiroa, 1998b). Un apoyo a esta adscripción tardía sería el molde de escoplo en arenisca, cuya aparición se asocia al inicio de la Edad del Bronce (Lull *et al.*, 2015) y al que se le asocian varias escorias y fragmentos de posibles crisoles en arcilla (Eiroa, 1998: 85). El conjunto de restos es, además, poco consistente con la metalurgia extractiva y podría ponerse en relación con la fundición y moldeado del metal.

Hay otros asentamientos que han aportado registros de metalurgia extractiva pero que mantienen un alto grado de incertidumbre cronológica en la adscripción de sus materiales (Escanilla, 2016). Entre ellos cabe citar el Cerro de la Cueva de la Moneda (Totana), Las Anchuras (Totana), la Cárcel Vieja (Totana) o el Cerro de las Viñas (Coy, Lorca).

En cinco de los sitios arriba mencionados el registro arqueometalúrgico ha podido ser contabilizado<sup>4</sup>: Parazuelos, Agua Amarga, Carboneros, La Ciñuela y calle Tintes confluencia con calle Escalinatas. De Parazuelos, únicamente se ha contabilizado el registro depositado en el Museo Arqueológico de Murcia, si bien sabemos que L. Siret recogió en el sitio más de 20 kg de escorias y 10 Kg de minerales. Aun así, los Siret no especifican el número de cerámicas metalúrgicas que encontraron en el yacimiento, pese a que éstas están presentes entre los materiales del MAM. Igualmente, sabemos que parte de los materiales originalmente recogidos y entregados al MUAL del poblado de Agua Amarga fueron devueltos al sitio. Las prospecciones nos han permitido observar una gran cantidad de escorias y cerámicas metalúrgicas en la parte baja del asentamiento, aunque desconocemos si se trata del material devuelto o de posibles contextos metalúrgicos.

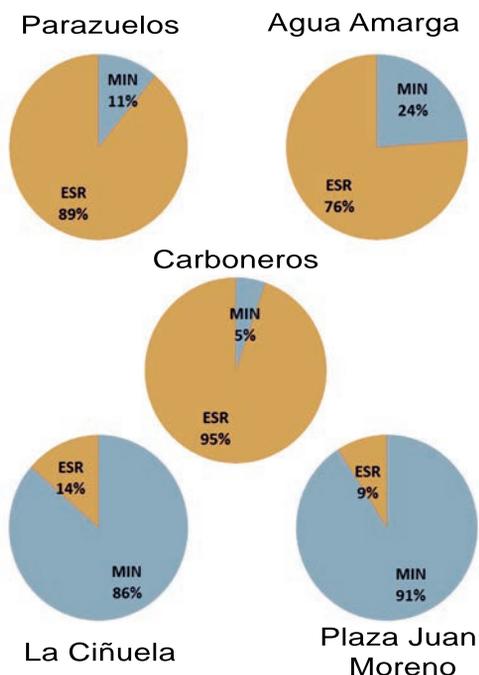


Figura 3. Proporción por entre el peso global de minerales y escorias en los poblados Calcolíticos.

Si comparamos los diferentes tipos de residuo entre los asentamientos (Tabla 1 y Fig. 3) observamos como en los poblados asociados al Calcolítico pleno el número de fragmentos de escorias es netamente superior al de los minerales, mientras que los minerales dominan en los poblados del Calcolítico final.

Este patrón de proporción entre escorias y minerales se repite en poblados del Calcolítico pleno del sudoeste como Cabezo Juré y Valencina (Costa Caramé, 2013; Nocete *et al.*, 2008; Nocete, 2004) y también en los incompletos registros de Los Millares (Keesmann, Moreno y Kronz, 1991). Especialmente interesante es la evolución de Cabezo Juré, en la que observamos un descenso drástico en el volumen de escorias

Tipo	Tintes-Escalinatas			La Ciñuela			Agua Amarga			Parazuelos			Carboneros		
	N	Media	Total	N	Media	Total	N	Media	Total	N	Media	Total	N	Media	Total
MIN	7	4.57	32	7	15	105	23	7.8	178.6	4	4.6	18.3	1	1.3	1.3
ESR	1	3.2	3.2	4	4.1	16.6	73	7.9	573.2	16	9.3	148.3	13	1.8	23.3
CU	11	0.35	3.8	1	0.2	0.2	1	3	3	0	-	-	3	7.1	21.2
CM	0	-	-	3	5.1	15.3	41	17.8	730.9	5	14.1	70.4	3	23.5	70.4
<b>Totales</b>	<b>19</b>	<b>8</b>	<b>39</b>	<b>15</b>	<b>24</b>	<b>137</b>	<b>138</b>	<b>37</b>	<b>1486</b>	<b>25</b>	<b>28</b>	<b>237</b>	<b>20</b>	<b>48</b>	<b>116</b>

Tabla 1. Registro por peso y número de fragmentos de los residuos metalúrgicos en diferentes poblados del valle del Guadalentín.

<sup>4</sup> Para el estudio de los registros arqueometalúrgicos se han efectuado vistas a los almacenes del Museo Arqueológico de Murcia (MAM) y Museo Arqueológico de Lorca (MUAL). Quiero agradecerles a sus directores y técnicos la disponibilidad y la amabilidad en consultar sus fondos.

a partir de su Fase 3, datada a comienzos del Calcolítico final, mientras que el volumen de mineral se incrementa ligeramente durante esta fase (Fig. 4).

Por el contrario el registro metalúrgico de la Fase 9 de Las Pilas, muestra igualmente una mayor cantidad de escorias que de minerales, pero con un peso global superior de estos últimos, algo que solo se repite en La Ciñuela y en Tintes-Escalinas, todos del Calcolítico final.

Dado que a excepción del casco urbano de Lorca, en nuestro caso las muestras no proceden de actuaciones arqueológicas sistemáticas, no podemos considerar como representativa la disminución de escorias en proporción a los minerales como característico del Calcolítico final. Pero no se pueden desdeñar las posibles implicaciones que conllevaría de ser así, ya sea en la gestión de los recursos minerales o en los procesos pirotécnicos desarrollados durante la reducción.

### 3. MINERÍA, MINERALES Y METALURGIA

Durante años se ha mantenido que el sudeste era una región rica en minerales de cobre ¿Pero realmente es así? Para poder responder a esta pregunta primero se tiene que desambiguar la palabra mineral, y diferenciar, como ocurre en la lengua inglesa, los recursos explotables económicamente en un período determinado, *ore*, de los recursos que carecían de interés productivo, *mineral* (Killick, 2014). En efecto, para poder distinguir que recursos tenían potencial e interés para la metalurgia calcolítica, debemos remitirnos al estudio de los minerales que hallamos en contextos metalúrgicos y compararlos con los recursos disponibles en el territorio. Ello también permitiría resolver si hay un patrón selectivo en el abastecimiento de minerales y el conocimiento de sus propiedades. Pero sin duda, la evidencia directa más consistente es el propio registro de explotación minera prehistórica y la reducción de minerales locales.

#### 3.1. Minería

Hasta hace pocos años había un desconocimiento completo de la minería prehistórica en el sudeste (Hunt Ortiz, 2005; Montero, 1999) pese a algunas suposiciones aún por verificar (Rothenberg *et al.*, 1988). Únicamente C. Domergue (1987) había conseguido identificar evidencias de minería, que él atribuyó a la Edad del Bronce, en el Filón Consuelo (Cartagena). Además, en su libro se hacía una referencia indirecta a mazas y picos de minero en Cerro Minado (Huércal-Overa). Aún con ello, las evidencias de Cerro Minado nunca se dieron por probadas y las de Filón Consuelo pasaron desapercibidas debajo del cúmulo de hallazgos púnicos y romanos que monopolizan la minería cartagenera.

Esta situación ha cambiado en los últimos años gracias a la revisión y prospección sistemática de los depósitos de la fa-

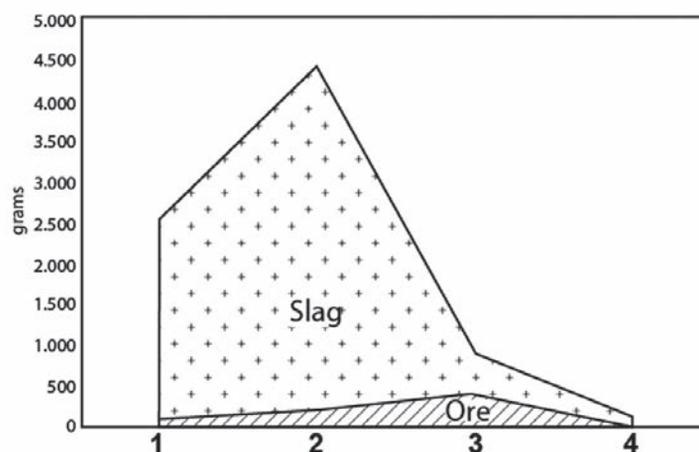


Figura 4. Gráfico acumulado del peso de escorias y minerales en las distintas fases de Cabezo Juré (Redibujado a partir de Nocete 2004: Fig. 12.3)

chada prelitoral y litoral murciana (Escanilla, 2016; Escanilla y Delgado-Raack, 2015). Ello nos ha permitido confirmar el registro de Filón Consuelo y Cerro Minado, este último con más de 60 percutores y picos identificados en superficie (Delgado-Raack, Escanilla y Risch, 2014). A ellas se les ha sumado la pequeña explotación de Balsicas (Mazarrón), de la que había noticia de labores antiguas por parte de F. Villasante (1892), sin que nunca fueran relocalizadas. Igualmente, es posible que haya existido una explotación prehistórica en el cerro de la Fuente de Santomera (Brandherm *et al.*, 2014), aunque falta por confirmar la funcionalidad y el uso de los instrumentos macrolíticos allí encontrados. En Minas de Merzu SA, la documentación histórica menciona la existencia de un esqueleto humano en su interior (García Ruíz, 2001) que nos plantea ciertos paralelismos con los enterramientos en el interior de minas del Norte Peninsular a lo largo del IV y III milenios cal ANE (Borrell, Bosch y Majó, 2015; de Blas, 2003).

Aunque el cobre es un recurso mineral muy extendido en el sudeste, por lo general sus mineralizaciones son de baja calidad y de poca entidad. A diferencia de otras regiones como el sudoeste, sierra Morena o la cordillera Cantábrica, y pese a los centenares de demarcaciones que encontramos en los registros, solo cinco minas tuvieron una mínima explotación económica en el levante murciano durante los s. XIX y XX (Escanilla, 2016: 67-73; Estevan, 1966; García Ruíz, 2001; Sánchez Gómez, 1989; Vilar y Egea, 1990). Incluyo en esta lista la almeriense de Cerro Minado al formar parte de las prospecciones realizadas. De entre ellas, cuatro, son las que hemos mencionado arriba como minas prehistóricas, completando el grupo la mina de Segunda Santa Isabel, en Almendricos (Lorca) de la que no se ha podido establecer su posible explotación prehistórica.

Pero no solo la minería moderna fracasó en la explotación de las minas de cobre del levante del sudeste. Igual-

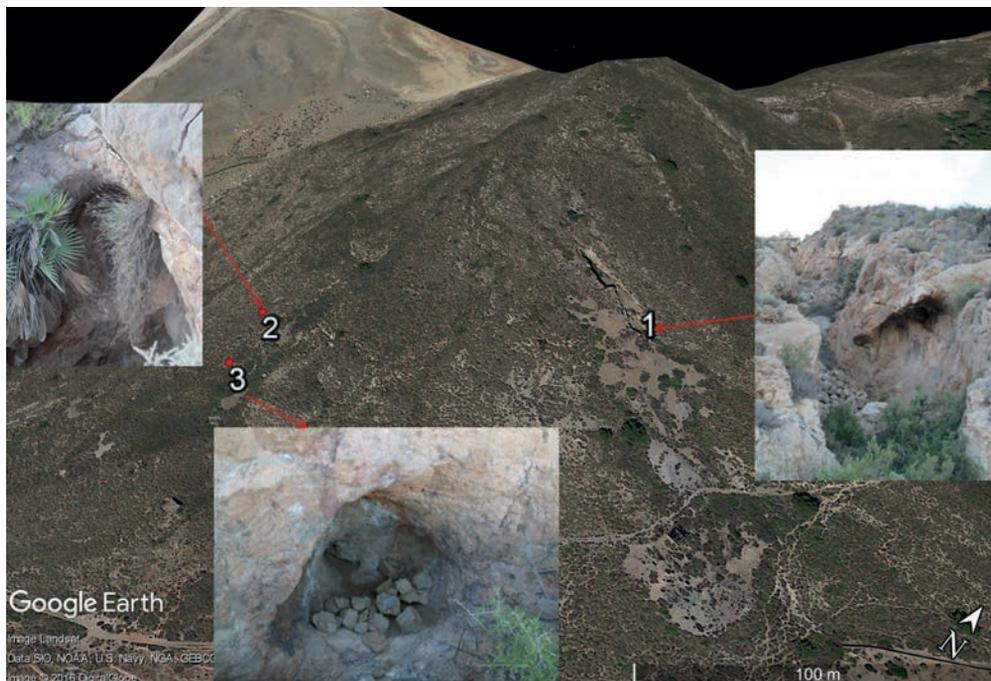


Figura 5. Imagen en perspectiva del Filón Consuelo con la localización de las diferentes labores prehistóricas.

mente relevante es la ausencia de minería de cobre durante el período orientalizante y la Edad del Hierro, concentrada en los depósitos plumbíferos enriquecidos en plata. En este sentido, el contraste con el registro del sudoeste es absoluto, donde los sulfuros complejos enriquecidos en cobre se explotaron sistemáticamente, primero en época orientalizante y posteriormente por la minería romana (Hunt Ortiz, 2003). Es debido a esta ausencia de registro protohistórica que la minería prehistórica del cobre ha pasado prácticamente desapercibida hasta ahora.

Una atenta prospección ha permitido identificar no solo el instrumental lítico prehistórico, si no también tramos de galerías que se han conservado pese a tratarse de las minas de la región con una explotación posterior más intensa. De entre ellas destaca por su variedad y conservación Filón Consuelo, donde pueden observarse diferentes técnicas extractivas, desde galerías sub-horizontales con arranque por fuego a pequeñas extracciones laterales en tramos mineralizados (Fig. 5). En Cerro Minado, únicamente se conserva un pequeño tramo de galería horizontal, que se encuentra a más de 10 m de profundidad y a más de 30 m de distancia horizontal del exterior original del cerro.

En el caso de Cerro Minado y Filón Consuelo, además del instrumental de extracción de mineral, como picos y percutores, también se presentan artefactos vinculados a un tratamiento del mineral in situ. En Cerro Minado se ha encontrado un molino de tipo saddlequern (Fig. 6), de los que existen paralelos en Cabezo Juré (Nocete 2004: fig. 12.4) y en Coppa Hill (Timberlake, 2003; Timberlake y Craddock,

2013). Estos molinos/morteros se asocian con la trituration en fracción fina del mineral y posiblemente esté señalando la práctica de metalurgia extractiva en la propia mina, tal como ha sido documentado en las minas de El Áramo o Ross Island (de Blas, Rodríguez del Cueto y Suárez Fernández, 2013; O'Brien, 2004). Junto a este mortero aparecieron, igualmente en superficie, restos de cerámica a mano, uno ellos conservando la base y un arranque de pared correspondiente a una fuente abierta, muy común a lo largo del Calcolítico en la zona. Otro fragmento de cerámica a mano, en este caso informe, fue localizado a pocos metros. Más incierta es la funcionalidad o uso prehistórico de un grupo de lajas de arenisca de 5 a 6 cm de grosor y de los que también tenemos paralelos en Cabezo Juré, donde han sido asociados a la forja (Nocete Calvo, 2004: 24). En Filón Consuelo, la única referencia a instrumental vinculado con el procesado de minerales procede de las prospecciones de C. Domergue y se trata de un yunque en anfíbolita (Domergue, 1987: 133). Estos registros nos permiten apuntar que las actividades mineras prehistóricas fueron lo suficientemente frecuentes para desarrollar campamentos mineros en los que efectuar, como mínimo un primer tratamiento del mineral.

Una de las claves de este registro minero es situarlo adecuadamente en un marco temporal. En atención a la globalidad del registro arqueominero, la hipótesis más viable es la que viene a considerar que la explotación de algunas de ellas se pudo iniciar en momentos indeterminados del Calcolítico pleno, intensificarse durante el Calcolítico final y abandonarse en el periodo formativo de El Argar (2200-2025

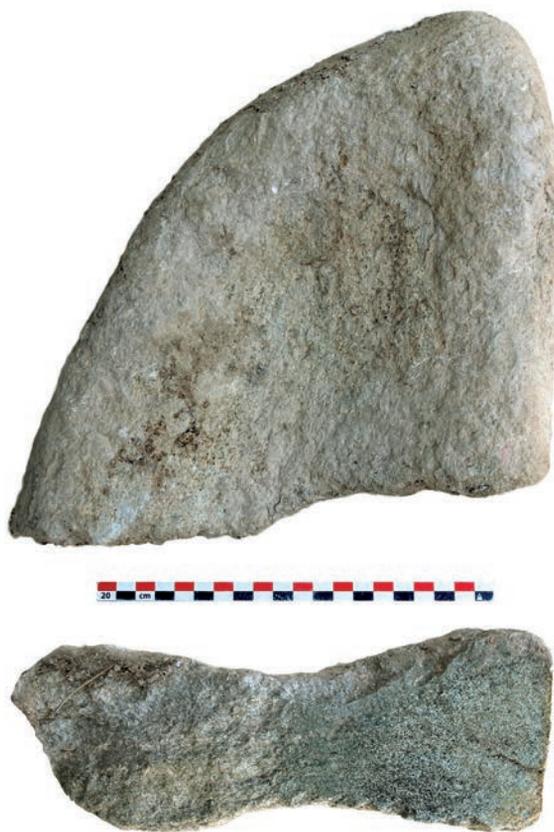


Figura 6. Vista superior y frontal del molino/mortero procedente de Cerro Minado. Nótese la depresión tanto en el plano superior como inferior de la sección.

cal ANE) (Lull *et al.*, 2014). Esta hipótesis viene respaldada en primer lugar por la datación radiocarbónica de Cerro Minado (c.2400 cal BC), obtenida de un carbón madera de vida corta (*Pistacia* sp.) asociado a percutores macrolíticos. Esto nos sirve de primer anclaje al Calcolítico del conjunto de la materialidad arqueológica del Guadalentín (Delgado-Raack, Escanilla y Risch, 2014).

El registro arqueominero se corresponde principalmente con percutores de rocas subvolcánicas tipo gabro o micro-gabro, con muy poca o sin preparación del soporte para empuje, sin que se hayan registrado acanaladuras. Los mismos percutores son los únicos que aparecen en los asentamientos calcolíticos del Guadalentín (Delgado Raack, 2008). Las acanaladuras o ranuras hacen su aparición más temprana en las explotaciones del valle del Rumblar asociadas a cronologías de la Edad del Bronce (Arboledas *et al.*, 2015), e igualmente estarían en sintonía con el tipo de percutores identificado en los asentamientos argáricos, si bien percutores sin acanaladuras seguirán utilizándose hasta períodos más tardíos. También los tipos de labores representadas, con galerías de corto recorrido y explotación con ataque por fuego son la evidencia más habitual en los con-

textos de minería primigenia de cobre. La cerámica encontrada en Cerro Minado, tanto por el tipo de pasta como por la forma de plato abierto también es consistente con esta cronología calcolítica.

Uno de los apoyos a la cronología calcolítica de las explotaciones mineras documentadas, lo encontramos en la presencia y ausencia de metalurgia extractiva en los poblados del valle del Guadalentín. El Calcolítico es el único horizonte prehistórico donde se ha podido documentar la reducción de minerales en los asentamientos de la región, que perdura hasta el cambio de milenio y las últimas manifestaciones campaniformes. Por el contrario, en los poblados de la Edad del Bronce solo encontramos residuos relacionados con la fundición de cobre (Escanilla, 2016; Lull *et al.*, 2010).

Con independencia de las evidencias propiamente arqueológicas, la cronología calcolítica de las explotaciones mineras también se apoya en un reciente estudio sobre la polución sedimentaria en el extinto lago de El Almarjal, en Cartagena (Manteca *et al.*, 2017). Este estudio muestra el posible inicio de la contaminación por minería metálica a lo largo del Calcolítico final, interrumpiéndose súbitamente al final del III milenio cal ANE para volver a reanudarse, exclusivamente para el plomo, en torno al 1550 cal ANE (Manteca *et al.*, 2017: 10601, Fig. 16). Es interesante remarcar como durante los siglos en los que perdura El Argar, los valores de contaminación por Zn superan a los del plomo y el cobre, algo que sucede en períodos pre-metalúrgicos y que se asocia a las condiciones naturales de aportación de metales en la cuenca (Manteca *et al.*, 2017: 10597). En consecuencia, la lectura del registro indica un abandono de las explotaciones mineras durante El Argar, en consistencia con la ausencia de registro arqueológico de reducción de minerales en sus poblados.

### 3.2. Minerales

Para la caracterización de los minerales se ha trabajado con análisis químicos globales de composición elemental mediante FRX y PIXE. En total se han analizado 130 minerales procedentes de minas y 18 de tres asentamientos calcolíticos, Agua Amarga (n= 9), La Ciñuela (n=7) y Parazuelos (n=2).

Los análisis químicos nos permiten determinar la proporción entre los elementos principales que conforman el mineral, así como identificar sus principales impurezas y la ganga que los acompaña y que es imposible separar manualmente. En la mayor parte de minerales estudiados químicamente hasta la fecha, se analizaba la superficie del mineral o roca donde se encajaba, seleccionando las zonas más enriquecidas en cobre (Delibes *et al.*, 1989; Montero, 1994). Además, los resultados eran normalizados al 100% para los elementos metálicos. Debido a ello se perdía la información

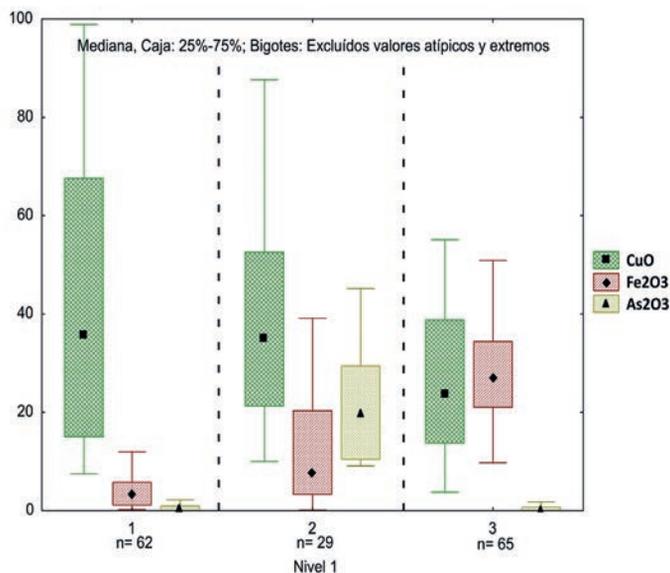


Figura 7. Composición en cobre, arsénico y hierro de las tres clases de mineral diferenciadas en el estudio.

relativa a la concentración real de cobre en la roca y su potencial prehistórico, sobreestimando los valores de cobre e invisibilizando otros minerales que podían encontrarse en la misma roca en paragénesis con éste.

En nuestro caso, las muestras seleccionadas para el análisis han sido concentradas manualmente, emulando el sistema de trituración y selección utilizada durante la prehistoria. El análisis se ha efectuado sobre mineral molido en mortero de ágata lo que nos asegura una lectura global del fragmento. Además, los resultados no se han normalizado, por lo se tiene en cuenta la cantidad de ganga no metálica que acompaña al mineral y que determina la "riqueza" o ley del mineral (Escanilla, 2016: 43-44). Este sistema fue el empleado por H. y L. Siret a finales del s. XIX para estudiar los minerales y escorias de Parazuelos (Siret y Siret 1890: 270, Tabla 1) y también por C. Domergue (1987) en su estudio de las minas antiguas peninsulares.

Los análisis de los minerales nos han permitido establecer una clasificación según la sustancia o sustancias principales y a la riqueza en cobre de los minerales. En síntesis se han diferenciado tres grandes clases minerales (Fig. 7):

1. Óxidos y carbonatos de cobre. Estos minerales están muy repartidos en la región y pueden encontrarse en las zonas más superficiales de mineralizaciones de las otras clases conteniendo siempre impurezas de la paragénesis principal. Los depósitos exclusivos de carbonatos de cobre son menos habituales, normalmente acompañados de una mineralización residual de sulfuros como calcopirita o calcosina.

2. Arseniatos de cobre o minerales con más de un 9% en trióxido de arsénico (As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Aparecen concentrados en las

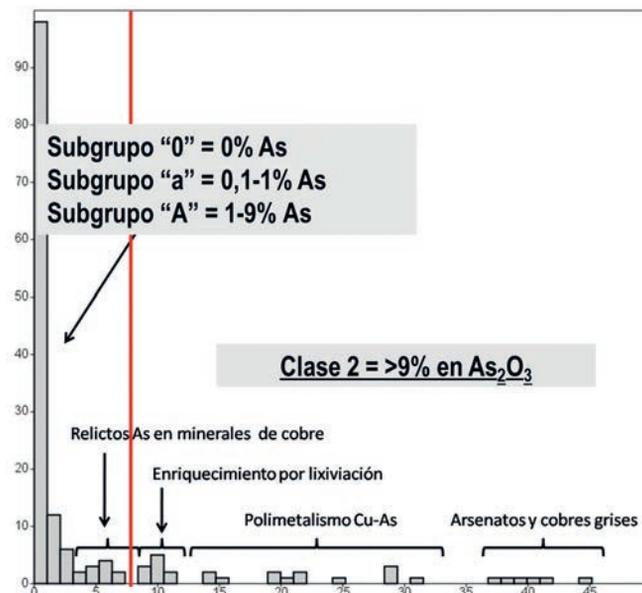


Figura 8. Histograma acumulativo del arsénico utilizado para diferencias los subgrupos de cada clase de mineral.

zonas subvolcánicas como sierra de las Moreras, pero los depósitos de mayor envergadura, como Cerro Minado o Filón Consuelo aparecen aislados.

3. Minerales ferrocupríferos. Son minerales complejos en los que los carbonatos de cobre aparecen en paragénesis con hidróxidos de hierro como la goethita o hematites. Tienden a aparecer acompañados de relictos de sulfuros primarios de cobre-hierro, como la calcopirita, por lo que no es raro encontrar impurezas de sulfuro en los análisis químicos.

Finalmente, tenemos los minerales primarios en los que el sulfuro es una sustancia base junto al cobre y/o el hierro. A diferencia de otras regiones europeas donde constituyen las mineralizaciones más importantes, en el sudeste este tipo de minerales aparecen residualmente en las mineralizaciones secundarias de carbonatos, óxidos y arseniatos. Debido a que se trata de minerales residuales, en nuestro caso no configuran una clase de trabajo propia.

A su vez, estas tres grandes clases de mineral se han subdivido en tres grupos según su riqueza en cobre. Con estos grupos se pretendía resolver la cuestión del potencial rendimiento de un mineral. Finalmente, las muestras se han vuelto a subdividir en 3 subgrupos trabajando con la distribución log-normal del arsénico en los minerales de la región. Ello nos ha permitido identificar mineralizaciones con arseniatos actualmente agotados y distinguirlas de aquellas donde el arsénico, o bien está ausente, o bien su presencia es irrelevante a efectos metalúrgicos (Fig. 8).

Los resultados obtenidos permiten establecer una cartografía geoquímica de los recursos minerales de cobre en el valle del Guadalentín. En ella vemos como se tienden a for-

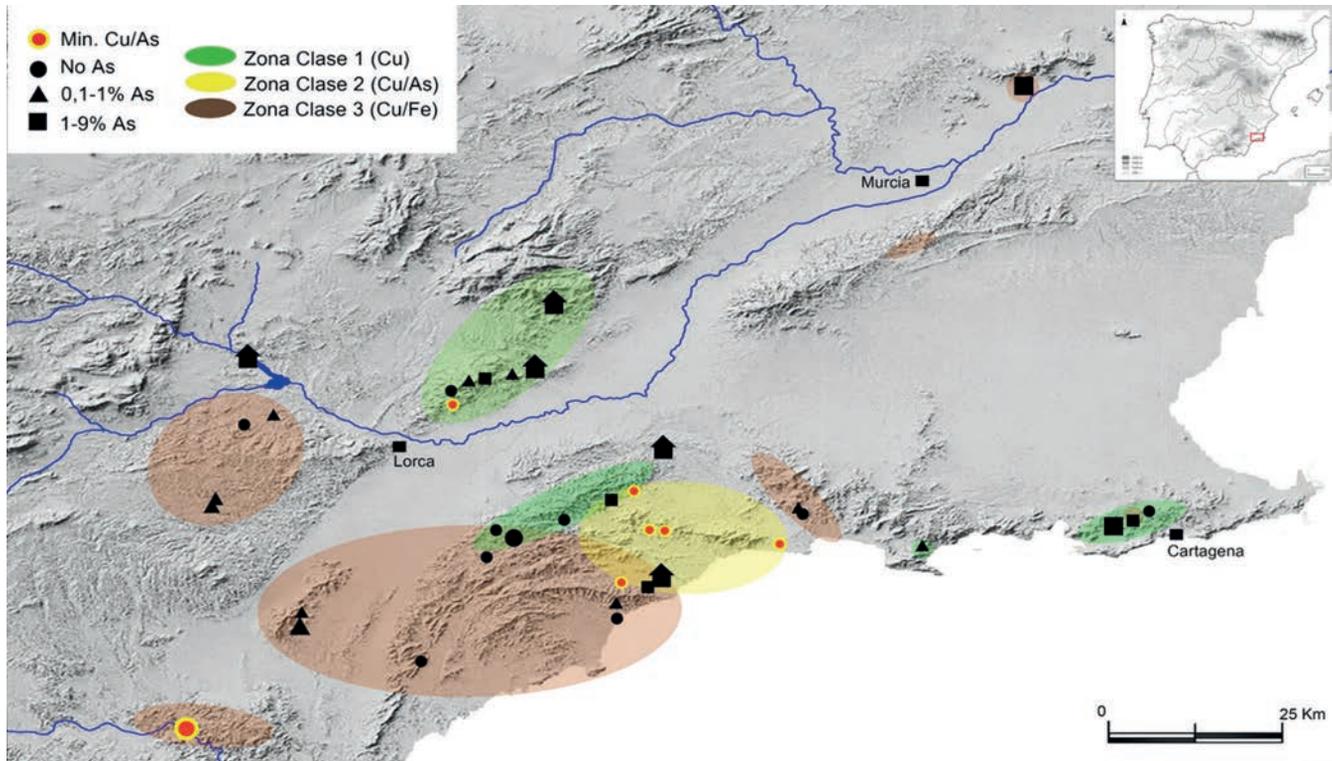


Figura 9. Mapa geoquímico de los recursos cupríferos del valle del Guadalentín.

mar regiones metalogénicas. En este sentido, el arsénico tiende a concentrarse en la zona de la sierra de las Morenas, muy influida por actividad subvolcánica neógena, que habría enriquecida en arsénico y antimonio el cobre. Sin embargo, también se constatan otras minas aisladas con arseniatos, siendo la más remarcable Cerro Minado al sudoeste (Fig 9).

Los primeros indicios de los tipos de minerales explotados por los mineros prehistóricos lo aportan las minas con registro arqueológico. Aquí observamos como las tres minas con explotación calcolítica aún albergan minerales de muy buena calidad con concentraciones siempre superiores al 20% en cobre en el mineral concentrado. Asimismo, cabe destacar que de las tres, tanto Filón Consuelo, como Cerro Minado, presentan una mineralización de cobre enriquecida en arsénico.

Balsicas representa una de las mineralizaciones dominantes del valle del Guadalentín. Se trata de pequeñas minas filonianas con minerales ferrocupríferos donde los óxidos y carbonatos de cobre se asocian a hidróxidos de hierro. Sin embargo, la mineralización de Balsicas destaca por la calidad de sus minerales y la regularidad del filón en que se encajan. Un filón en el que también encontramos, junto a los minerales ferrocupríferos, cinabrio.

Al proceder a la comparación entre los grupos representados en las minas de la región con los minerales procedentes de asentamientos calcolíticos, se pueden observar unos patrones muy marcados, con una preferencia por los

minerales ferrocupríferos ricos en cobre (Grupo 3B) y por los arseniatos de cobre (Grupo 2B) (Fig. 10). Por el contrario, varios grupos muy abundantes en las minas de la zona, en especial minerales pobres en cobre (Grupos 1C, 2C, 3C), no aparecen en los poblados. En el mismo sentido, se confirman las primeras impresiones tras las prospecciones mineras, y es que los minerales de Clase 1, eso es los carbonatos de cobre sin otras sustancias base, pasan de un 45% de representación en los depósitos cupríferos a un 16% en los hábitats.

Esta desproporción sugiere una selección de los minerales en los sitios estudiados, a diferencia de las propuestas en otros yacimientos del sudeste como Las Pilas o Almizaraque (Muller, Rehren y Rovira, 2004; Murillo-Barroso *et al.*, 2017). Esta selección vendría marcada por la preferencia por minerales de cobre con altos contenidos en hierro y por los arseniatos. Esta misma distribución de los minerales de cobre se presenta también en Los Millares (Hook *et al.*, 1991). Para poder cumplir el patrón observado, en el Guadalentín se aprovechan los recursos disponibles en las inmediaciones, considerados locales, junto con un abastecimiento específico de minerales alóctonos.

El caso paradigmático de esta situación sería Agua Amarga, que también es el yacimiento mejor estudiado. Las mineralizaciones cercanas carecen de arsénico, pero un 40% de los minerales que encontramos en el mismo son arseniatos. La correlación entre minerales alóctonos con ar-

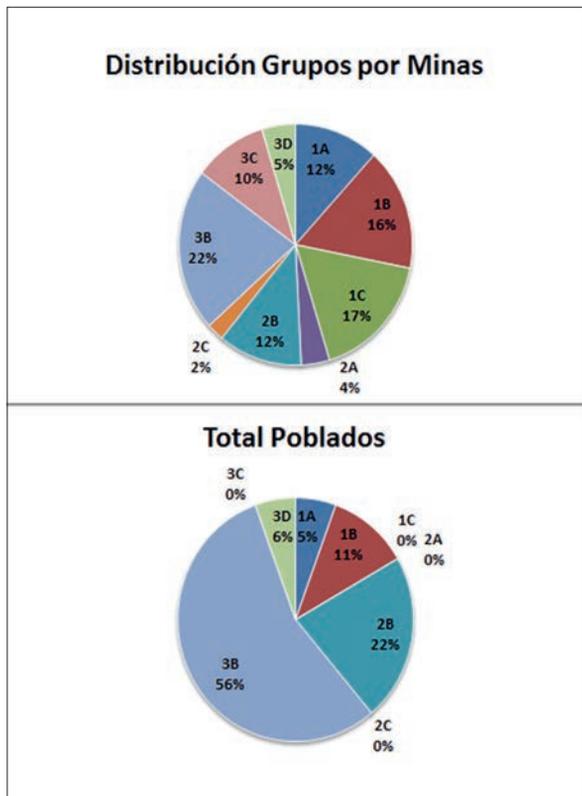


Figura 10. Camemberts Grupos minerales poblados vs minas

sénico y minerales locales sin arsénico es fundamental para establecer el conocimiento metalúrgico de las comunidades calcólicas. También es un buen indicador sobre las estrategias de gestión de los recursos minerales que se estaban desarrollando.

Los análisis químicos confirman que los arseniatos presentes en Agua Amarga tienen una procedencia externa, de un depósito Cu-As-Co-Ni como el caracterizado en Cerro Minado (Fig. 11). Esta mina se establece como su origen más probable por la presencia de minería prehistórica y sus coincidencias químicas. Tampoco se puede excluir que los arseniatos de Agua Amarga procedan de alguna mina no estudiada de la zona de Oria, donde también aparecen este tipo de minerales con fuertes impurezas en Co-Ni. La zona de Oria es relevante porque está en una de las principales vías de circulación entre el Guadalentín y el Guadalquivir durante el Calcolítico pleno, el paso del río Corneros. Tanto Cerro Minado, como los depósitos de Oria se encuentran en un radio de c. 50 km de Agua Amarga.

En La Ciñuela, la estrategia de abastecimiento de mineral se transforma. Los minerales locales identificados comparten con los alóctonos la composición química principal. La única forma de diferenciar estos minerales es por los cambios drásticos en los patrones de impurezas, con una importante presencia de arsénico y antimonio en el mineral local. Este procede con bastante seguridad de la sierra

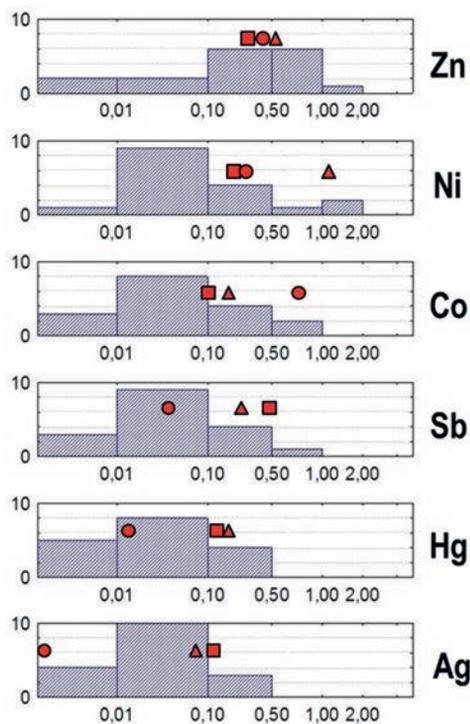


Figura 11. Comparación entre los arseniatos de Agua Amarga (símbolos rojos) y la mineralización de Cerro Minado (histograma). Cada símbolo representa un mineral.

de las Moreras o Cartagena, siendo muy consistente con algunas de las minas prospectadas (Fig. 12). Una parte de los minerales de La Ciñuela no tienen antimonio ni arsénico que actúan como impurezas diagnósticas de las mineralizaciones cercanas. Aunque la composición de las sustancias principales es muy similar se están evidenciando otras zonas de abastecimiento, que podrían situarse en Lomo de Bas o en la zona de Águilas.

En Parazuelos, los resultados son totalmente consistentes con la muestra de ensayo sobre 10 kg realizada por los hermanos Siret (1890: 270) y apoyan su hipótesis de la explotación de recursos inmediatos al poblado (Fig. 13). Se trata de minerales ferrocupríferos con impurezas de arsénico. Aunque no pueden considerarse arseniatos, las impurezas en arsénico de los minerales de Parazuelos son las más elevadas detectadas en esta clase de minerales (entre el 3% y el 5%  $As_2O_3$ ).

En definitiva, podemos observar cómo en términos generales existe una selección de los minerales que van a utilizarse durante la reducción, pero esa selección está fuertemente condicionada por la disponibilidad de recursos en las inmediaciones. En Agua Amarga, donde no hay arseniatos en las minas más próximas de la sierra de La Torrecilla, se utilizan los minerales ferrocupríferos locales combinándolos con arseniatos procedentes de distancias superiores a los 50 km. En La Ciñuela, ubicada en las inmediaciones de

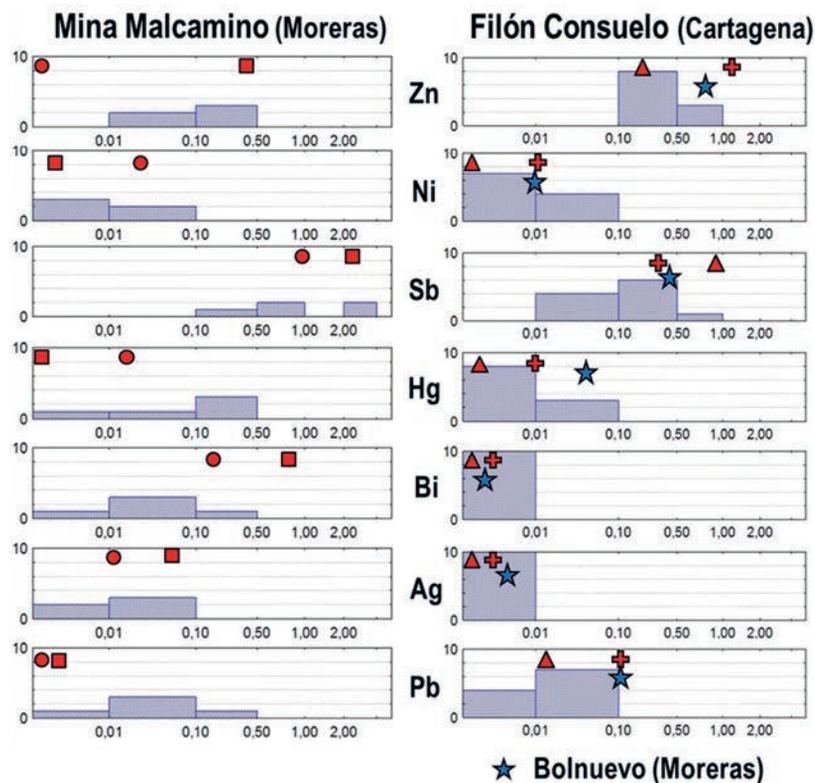


Figura 12. Comparación entre los minerales de La Ciñuela (símbolos rojos) con fuertes impurezas en antimonio y las posibles minas de origen (histogramas).

la sierra de las Moreras, los minerales enriquecidos con arsénico tienen una procedencia local, pero aparece un grupo de minerales cuya procedencia es externa, sin que podamos explicar su funcionalidad metalúrgica. Por último, parece ser que los pobladores de Parazuelos utilizaron preferentemente los minerales de las inmediaciones. En este último caso el uso de materiales alóctonos no ha podido ser verificado, aunque podría explicarse por lo reducido de la muestra analizada.

### 3.3. Metalurgia

Para caracterizar los residuos metalúrgicos de los asentamientos fueron seleccionadas un total de 39 muestras, todas ellas analizadas químicamente mediante PIXE y/o FRX. Una selección de 24 de estos residuos fueron analizados adicionalmente con difracción de rayos-X (DRX)<sup>5</sup> y 11 fueron estudiados con microscopio óptico<sup>6</sup> y microscopio electrónico de barrido (MEB)<sup>7</sup>.

El objetivo del estudio de los residuos metalúrgicos ha sido comprender como los minerales que encontramos en los poblados era utilizados para la obtención de cobre. Son varias las preguntas a las que responder ¿Están representados los diferentes minerales identificados en el registro metalúrgico? ¿Muestran los residuos el uso de minerales o fundentes no identificados?

Un primer acercamiento a partir de la densidad y composición química nos ha permitido establecer una clasificación de cinco tipos de residuos (Escanilla, Bourgarit y Mille, 2016):

1. El primer tipo que se divide en dos subtipos está representado por las adherencias escoriáceas sobre contenedores cerámicos.

a. El subtipo 1a identifica las cerámicas que pudieron funcionar como crisoles. Acostumbran a presentarse como capas finas de escoria, dominada por óxidos de cobre, e incluso cobre metálico sobre pastas cerámicas con poca alteración térmica y que raramente presentan la matriz cerámi-

<sup>5</sup> Realizados a partir de muestras trituradas en polvo con un equipo Bruker D5000. Este equipo está equipado de un tubo de cobre ( $\Delta=1,54186 \text{ \AA}$ ) con un diámetro de radiación de  $250 \mu\text{m}$ .

<sup>6</sup> Para el estudio con microscopio óptico se ha utilizado un equipo Axio Imager.M2 equipado con una cámara AxioCamICc5 de la marca Carl Zeiss.

<sup>7</sup> El equipo utilizado ha sido un Philips XL30SEM en modo electrones retrodispersados y equipado con un sistema FRX-EDS Oxford Isis 300. El software para el tratamiento de los espectros ha sido AZTEC de Oxford. Los resultados del oxígeno se han normalizado por estequiometría.

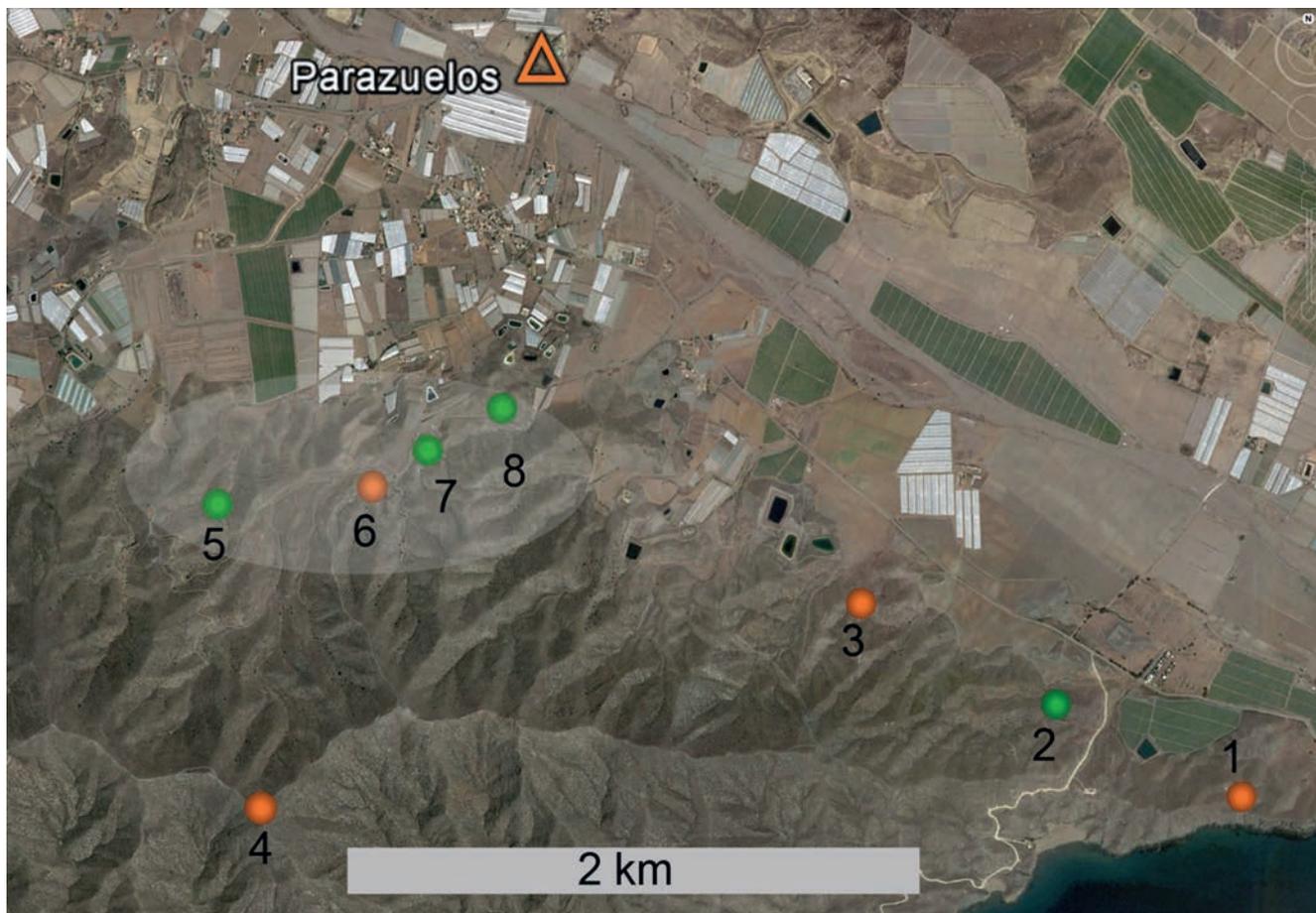


Figura 13. Indicios de hierro (naranja) y hierro-cobre (verde) entre 1 y 3 km al sur de Parazuelos. 1: Cerro de la Panadera; 2: Las Planas 1; 3: Las Planas 2; 4: Este de Lomo de Bas; 5: SW de la Casa del Moro; 6 a 8: Sur de la Casa del Moro.

ca fundida. La coloración de la pasta cerámica muestra una alteración térmica de dentro hacia fuera.

b.El subtipo 1b identifica posibles contenedores de reducción. En este caso la capa escoriácea es mucho más densa, dominando en ella las fases silicatadas con pequeños glóbulos de cobre metálico o cloruros. La pasta cerámica tiende a presentar un mayor grado de alteración e incluso muestra zonas completamente fundidas donde se pueden formar cristalizaciones de anorthita y feldspatos. Esto indica que las temperaturas alcanzadas en estas zonas fueron muy elevadas y puntualmente superiores a los 1200°.

2.El Tipo 2 identifica conglomerados de reducción ricos en granos de cuarzo o relictos de mineral sin fundir. Son residuos poco densos y el cuarzo es visible macroscópicamente, superando en ocasiones el centímetro de longitud. Las fases dominantes de la escoria son los silicatos piroxénicos con algunas concentraciones globulares de óxidos de hierro producto de la descomposición de minerales ferrocupríferos.

3.El tercer tipo son escorias con un mayor grado de fusión y una mayor densidad que conservan restos de ganga y mineral milimétricos. Al corte presentan un gran número de

vacuolas y oquedades producto de los gases atrapados en ellas. Como fases siguen dominando los piroxenos junto a una mayor presencia de óxidos de hierro de tipo magnetita. Aunque las condiciones reductoras-oxidantes de formación de este tipo de escorias siguen siendo muy variables, fueron lo suficientemente estables para permitir en algunas zonas la formación de olivinas fayalíticas.

4.El Tipo 4 se presenta como escorias densas completamente fundidas. La matriz está completamente dominada por óxidos de hierro que actúan como colectores del cobre metálico, más abundante que en los tipos anteriores. Algunas de ellas presentan canales de gas rellenos posteriormente con óxidos de cobre.

5.El Tipo 5 clasifica los minerales parcialmente fundidos. De este tipo no se han realizado estudios metalográficos, aunque su composición química se acerca más a la de los minerales que a las escorias. Presentan una superficie fundida con puntos en los que se conserva la morfología original del mineral.

Estos cinco tipos de residuos han sido definidos anteriormente para la metalurgia calcólica del sudeste peninsular (Keesmann, Moreno y Kronz, 1991; Muller, Rehren y Rovira,

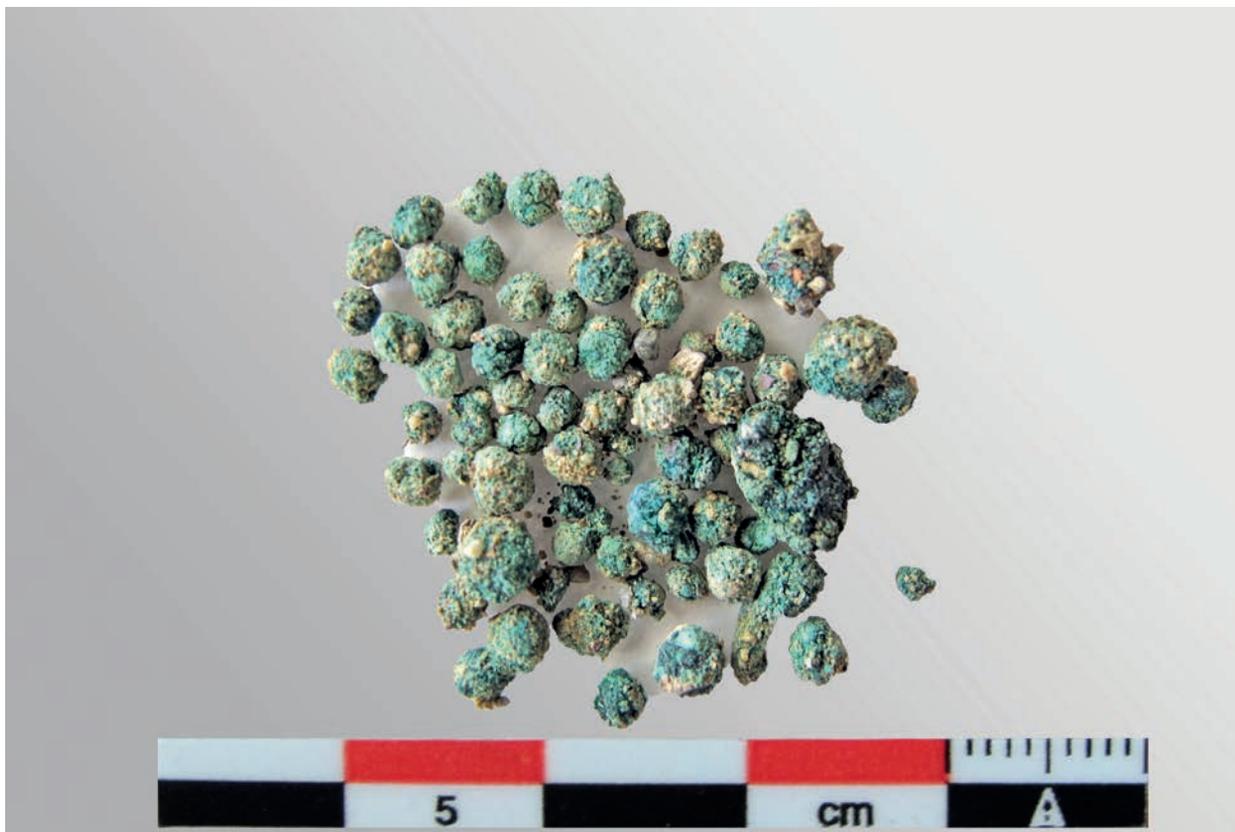


Figura 14. Agrupación de nódulos de cobre, procedentes de los niveles iniciales de la fortificación de La Bastida.

2004; Murillo-Barroso *et al.*, 2017) y su estudio detallado puede encontrarse en trabajos anteriores (Escanilla, 2016; Escanilla, Bourgarit y Mille, 2016).

Atendiendo a los resultados obtenidos, los residuos de Parazuelos muestran una tecnología de reducción que se mantendrá durante todo el Calcolítico pleno. Esta se define por un proceso mínimamente escorificante debido a los minerales autofundentes utilizados. Las escorias están saturadas de hierro pero todos los componentes aparecen fundidos por la utilización de minerales muy ricos en hierro y pobres en sílice. Los análisis con MEB de la matriz muestran que se consiguieron fundir los diferentes componentes a la temperatura mínima del campo de las olivinas. Estos mismos minerales presentan concentraciones en arsénico de entre el 3 y el 6% en  $As_2O_3$ , gran parte del cual se perdía durante la reducción. El metal obtenido, a partir de la composición de los principales nódulos de cobre de las escorias, tendría entre el 0,5 y el 1% en arsénico.

En Agua Amarga, los nódulos de cobre de mayor tamaño atrapados en las escorias concentran regularmente entre un 3 y un 7% de arsénico. Esto se conseguía mediante la co-reducción de arseniatos con minerales secundarios ferrocupríferos ricos en hierro y sílice, que ya hemos visto en el apartado anterior que tenían procedencias distintas. La homogeneidad de estos nódulos de cobre arsenical sugiere

que aquellas gentes eran capaces de controlar rudimentariamente el resultado final de la aleación. Esta hipótesis se sitúa en la línea de lo sugerido por otros trabajos en el Sudeste (Craddock 1980; Hook *et al.*, 1991; Keemann, Moreno y Kronz, 1991) y se contrapone a las lecturas basadas en el registro de Almazaraque (Montero *et al.*, 2013; Müller, Rovira y Rehren, 2006; Rovira, 2002b). Esta aleación con arsénico, mediante co-reducción de óxidos y arseniatos -con un proceso tecnológico similar al de Parazuelos- podría sugerir una cronología más tardía que en Parazuelos.

El estudio arqueometalúrgico conjunto de los residuos y minerales de Agua Amarga define un conocimiento avanzado de las propiedades de cada tipo de mineral y una receta rudimentaria de cómo mezclarlos para obtener cobre arsenical. Esta receta estaría condicionada por el poco control de las condiciones de oxígeno y temperatura del proceso, pero la homogeneidad del cobre obtenido evidencia que el resultado era el deseado. Los valores relativamente altos en arsénico de estos nódulos también asegurarían la obtención de cobre arsenical tras ser fundidos en los crisoles en condiciones oxidantes.

En Carboneros, con cronologías del Calcolítico pleno y final, los residuos metalúrgicos siguen un patrón muy similar al de los de Agua Amarga. El registro metalúrgico evidencia un menor control del proceso de reducción. Así se constata

a partir de dos elementos. Algunos residuos están muy saturados en hierro y se ha observado que no siempre eran capaces de controlar la concentración de arsénico durante el proceso de reducción. En la escoria estudiada al MEB todos los nódulos de cobre arsenical presentan una estructura bifásica, con medias de arsénico siempre superiores al 8% y que alcanzan el 15% en algún caso.

Adentrándonos en la metalurgia del Calcolítico final, La Ciñuela muestra unas prácticas metalúrgicas diferentes. En primer lugar, desaparecen las escorias de horno y, en su lugar, encontramos algunos minerales parcialmente reducidos cuyos contenidos en hierro son extremos. También hay una presencia minoritaria de conglomerados de horno saturados de sílice con poco hierro. Ello se contrapone a los residuos dominantes, representados por vasijas de reducción y arcillas impregnadas de cobre. En ellas, la concentración de hierro es mínima y probablemente no permitieron un proceso escorificante. La concentración de arsénico y cobre es muy elevada en los residuos, denotando unas pérdidas mayores en relación al mineral original que en el resto de poblados analizados.

En general, los residuos metalúrgicos reflejan en todos los casos los minerales identificados en el propio asentamiento, tanto en las sustancias de base, como en las impurezas principales que presentan. Igualmente en todos los poblados se ha observado la presencia de mata (CuFeS) o calcosina (Cu<sub>2</sub>S) en las escorias. Esta fase puede presentarse en las muestras estudiadas como coronas que rodean nódulos de cobre, como nódulos aislados o como formaciones laminares visibles macroscópicamente. La mata identifica el uso de sulfuros primarios durante la reducción y se compone de principalmente de cobre, hierro y sulfuro. En Agua Amarga, además, la mata podía contener pequeñas inclusiones de speiss, que indican el uso de sulfuros de arsénico (Rehren, Boscher y Pernicka, 2012). En nuestro caso, a tenor de los elevados contenidos en níquel y cobalto, coincidiría con sulfuros como la tennantita (Cu<sub>12</sub>As<sub>4</sub>S<sub>13</sub>) identificada en Cerro Minado. En contra de lo supuesto antes de empezar el estudio arqueometalúrgico del Guadalentín, su presencia se expande en todos los asentamientos analizados. Sin embargo, ello responde a la propia naturaleza de los minerales de la región, sin que pueda asociarse a un aprovechamiento intencional ni sistemático de minerales primarios.

Mucho más relevante es que en todos los hábitats estudiados se está produciendo cobre arsenical. Sin embargo, vemos diferencias que afectan a la materia prima y a los procesos tecnológicos para obtenerlo. Éstas podrían explicarse por factores cronológicos, distinguiendo entre la metalurgia precampaniforme y campaniforme, tal y como sugería la contabilización del registro de escorias y minerales.

#### 4. DISCUSIÓN

El sudeste, o al menos el valle del Guadalentín, es una región pobre en recursos cupríferos si la comparamos con otras zonas peninsulares como el sudoeste, sierra Morena o la cornisa Cántabra. Ello no impide que los recursos minerales disponibles fueran suficientes para la metalurgia calcolítica, aunque sí fueron desdeñados durante la Edad del Bronce.

Partiendo del registro del Guadalentín, se puede proponer provisionalmente la hipótesis de una evolución en la obtención de cobre arsenical durante el Calcolítico. Esta evolución pasó por tres fases:

(1) La obtención de cobres arsenicales pobres. Se utilizarían minerales autofundentes con impurezas de arsénico y estaría representada en Parazuelos. Posiblemente durante esta fase también se produciría cobre sin arsénico cuando los depósitos locales carecieran del mismo. Proponemos para esta fase una cronología de c. 2800-2600 cal ANE a partir de los materiales arcaicos de Parazuelos y las dataciones radiocarbónicas de los asentamientos del casco urbano de Lorca y del cerro de la Virgen de la Salud.

(2) La co-reducción de arseniatos con minerales ferrocupríferos autofundentes. El objetivo fue enriquecer el metal en arsénico y a la vez controlar rudimentariamente su contenido. El mejor exponente de esta práctica sería Agua Amarga, donde la regularidad del arsénico en las gotas atrapadas en las escorias indicaría unos conocimientos más avanzados en la reducción de minerales, similar a la propuesta en Los Millares (Keesmann, Moreno y Kronz, 1991). Proponemos un intervalo de c. 2600-2500 cal ANE para este fenómeno con base en la ausencia de materiales campaniformes en Agua Amarga y el desarrollo de los talleres metalúrgicos como Los Millares, Cabezo Juré o Valencina de la Concepción.

(3) Una última fase calcolítica aparece marcada por la utilización arbitraria de minerales arsenicados con menos hierro y con menos escorificación. Este último proceso conllevaría altas pérdidas de cobre y arsénico como los observados en La Ciñuela y en la Fase 9 de Las Pilas, debido posiblemente a condiciones atmosféricas más oxidantes durante la reducción. De esta fase faltaría por esclarecer cómo se utilizaron los minerales ferrocupríferos parcialmente fundidos de La Ciñuela. Se propone una datación entre c. 2500 y 2200 cal ANE para esta fase, que podría perdurar residualmente hasta el 2000 cal ANE.

El tránsito del Calcolítico a la Edad del Bronce, en el 2200 cal ANE (Lull *et al.*, 2015), supone una revolución total de la metalurgia desde la perspectiva de las prácticas sociales. Los residuos asociados a la metalurgia extractiva desaparecen de los hábitats del área nuclear argárica, si bien aún se documenta la presencia muy residual de minerales en algunos yacimientos (Escanilla, 2016). Esta transformación no solo

afectará a los poblados de la zona nuclear argárica (Lull *et al.* 2014) también conlleva la desaparición de la metalurgia extractiva y una transformación arquitectónica general en grandes poblados cercanos a sierra Morena, como en las Eras del Alcázar (Úbeda, Jaén) (Lizcano, Nocete y Peramo, 2009).

Una de las claves para comprender la desaparición de la reducción de minerales de los hábitats al final del Calcolítico se percibe en los hallazgos de agrupaciones de nódulos de cobre sin relación con actividades metalúrgicas. Este tipo de agrupaciones se han identificado en Zájara (Cuevas de Almazora), Terlinques (Villena) y La Bastida (Totana) (Camañich y Martín Socas, 1999: 267; Escanilla 2016: 315; Jover y López Padilla, 2016: 434). En Zájara, con una ocupación de la segunda mitad del III milenio cal ANE, se recuperaron 60 gotas de fundición en una pequeña cubeta. En Terlinques, una masa parcialmente fundida de nódulos de cobre apareció en contexto habitacional, en un nivel de destrucción por incendio que marca el final de la Fase 1, entre el 2000 y el 1950 cal ANE. En La Bastida, un pequeño depósito de más de 70 nódulos de cobre apareció en los niveles iniciales de la Fase 1 (c. 2200 a 2120 cal ANE) de la entrada de la fortificación (Figura 14). Los nódulos presentan formas globulares con dimensiones variables, entre los 2,5 mm de la más pequeña a 7,9 mm de la de mayor volumen. Se ha calculado un peso original para el conjunto de La Bastida de 14 gr, que serían suficientes para la manufactura de la mayoría de pequeños artefactos del poblado. Estos nódulos proceden del triturado de escorias, formadas tras la reducción del mineral. Sin embargo, éstas no han sido localizadas ni en Zájara, ni en Terlinques, ni en La Bastida. Estos registros señalan que, en los últimos siglos del III milenio cal ANE, el metal entra a formar parte de la cadena de distribución como materia prima, una categoría exclusiva de los minerales en la producción metalúrgica anterior. En cierto modo, estas agrupaciones de nódulos de cobre pueden considerarse los precursores de los lingotes, planoconvexos o en forma de barra, que circularán en los momentos avanzados de El Argar.

Las transformaciones que se suceden con el cambio de milenio pueden correlacionarse con un desplazamiento de las fuerzas productivas minero-metalúrgicas hacia las estribaciones orientales de sierra Morena, anterior a la fundación de Peñalosa (c. 1850 cal ANE). El inicio de la explotación de la mina José Martín Palacios (Arboledas *et al.*, 2015) y los resultados de isótopos de plomo de Las Eras del Alcázar para la fase 2000-1800 cal ANE (Lizcano, Nocete y Peramo 2009) indican una concentración en la explotación de los recursos del distrito de Linares, donde Peñalosa representa la expresión final de su éxito.

Para encontrar un sentido social a los resultados obtenidos es preciso situarlos junto al resto de prácticas sociales

y sus relaciones de producción. Estas relaciones no solo se dedican a extraer minerales, llevarlos a sus asentamientos y reducirlos para obtener cobre, también generan vínculos, afecciones y cuidados que a diferentes escalas acaban formando aquello que conocemos como sociedad. Ello quiere decir que la producción metalúrgica, en todos sus aspectos, está imbricada en una serie de prácticas sociales que la determinan, y a las que en menor o mayor medida ella también determina. En cualquier caso, para entender el sentido social de cualquier producción de objetos, debemos entender cómo se genera el resto de la producción social y buscar elementos en común con ella.

Los cambios sociopolíticos transformarán las estrategias para la obtención de los diferentes recursos que acuerde una sociedad, no solo el mineral de cobre, también a la explotación de sílex y a la gestión de los diferentes recursos del territorio. Estas estrategias no solo estarán condicionadas por la distribución de la materia prima, también por el valor de los objetos que permitan obtener.

El caso del sílex es interesante porque permite muchos paralelos con el cobre. Sin ser escaso, no es abundante y requiere de la experiencia en su trabajo para poder conocer su calidad. Además, funcionalmente el cobre y el sílex están sufriendo artefactos similares, en los que el éxito de primero, acabará implicando el desuso del segundo. Será la calidad del sílex la que determinará en gran parte tanto la inversión de fuerza de trabajo que se aplique para conseguir el artefacto, como el propio éxito de la operación. No solo el sílex, también otros artefactos macrolíticos, como las hachas de piedra y los percutores evidencian selecciones muy precisas sobre la calidad de la materia prima, desplazando sinergias en radios de hasta 200 km para obtenerlas (Risch, 2011).

En este sentido debemos comprender que la metalurgia calcolítica, al igual que sucede con otros recursos minerales, ignoraría depósitos de cobre muy cercanos si no cumplían sus expectativas. Las comunidades calcolíticas, pese a la inexperience metalúrgica, adquirirían rápidamente la suficiente habilidad para identificar con un sentido empírico, lógico y funcional tres aspectos básicos de los minerales de cobre:

- 1) La cantidad de metal que producía un mineral. Por lo que de poder elegir les llevaría a priorizar los criaderos de más alta ley en cobre.
- 2) El mineral que se reducía en menor tiempo, con menos combustible y que formaba nódulos metálicos de mayor tamaño. Esto les llevaría a priorizar los depósitos en que el cobre tuviera hierro y sílice, considerado como un mineral autofundente.
- 3) El mineral que producía cobre arsenical. Ya sea por su color, por su dureza o por las demás aportaciones del

arsénico, las evidencias apuntan a que se está produciendo cobre arsenical y que saben identificar las minas donde conseguirlo.

Este trabajo expone, que al igual que sucede con la gestión de los recursos de sílex, las hachas líticas o los artefactos de molienda desde momentos Neolíticos (Delgado, 2008), se desarrolló una doble escala de abastecimiento, local y regional, susceptible de facilitar el acceso a diferentes cualidades de la materia prima para cubrir diferentes necesidades durante la producción.

La correlación entre la gestión de los recursos líticos y de minerales de cobre tendrá sentido mientras el uso de los artefactos producidos tengan un mismo valor. Un percutor, un molino o una lámina de sílex se encuentran dentro de la misma categoría de valor de uso que un punzón, un cincel, una sierra, un cuchillo o un hacha de cobre. Todas son morfologías definitorias de los primeros artefactos calcolíticos que se distinguen por su marcado valor funcional.

La metalurgia extractiva se intensificó en todo el sur peninsular a lo largo del Calcolítico pleno. La contemporaneidad entre 2750-2500 cal ANE de Cabezo Juré, el barrio metalúrgico de Valencina y el taller de Los Millares, sugiere que los dos asentamientos metalúrgicamente más relevantes del valle del Guadalentín, Parazuelos y Agua Amarga, podrían ser sincrónicos a los anteriores.

Pero la organización de la producción y las prácticas sociales sufrieron transformaciones estructurales a partir de su segunda mitad del III milenio cal ANE. Estos cambios se evidencian con un incremento en la diferenciación social y un progresivo aumento de la individualización en las tumbas (López Padilla, 2006b; Lull *et al.*, 2015; Mederos, 2016; Noce *et al.*, 2011; Valera, 2015). Además de los dos factores ya mencionados, también se han constatado innovaciones en el patrón urbanístico. Por lo general, se siguen habitando los mismos asentamientos, pero estos tienden a nuclearizarse. Lo vemos en Los Millares, con el abandono de las murallas exteriores y la sola ocupación de la ciudadela, junto a los fortines, todos edificados a partir de la segunda mitad del III milenio cal ANE (Mederos, 2016; Molina *et al.*, 2004). Lo vemos también con la construcción del fortín de Campos, coetáneo a los fortines de Los Millares (Camalich y Martín Socas, 1999; Lull *et al.*, 2015). Los asentamientos de nueva planta cambian los patrones anteriores, tanto en la elección de posiciones más fácilmente defendibles, caso del Peñón de la Zorra (García Atienzar, 2016), como articulando nuevas vías de comunicación como implica la situación del Cerro del Búho (Cieza) en relación al valle del Segura (Lomba, 2008).

La aparición del Campaniforme conlleva cambios y paradojas importantes pero se mantiene, al menos parcialmente, el mismo modelo de gestión de la producción metalúrgica.

En el plano de los artefactos metálicos la presencia de materiales campaniformes supone cambios en la concepción del metal. Por primera vez aparecen objetos metálicos distinguidos (Lull, 2007) que actúan de marcadores sociales y se segregan del resto de producciones metálicas meramente funcionales. Estos metales, como los grandes puñales de lengüeta, las puntas de Palmela y, seguramente también, los punzones largos, se identifican con un cambio de patrón funerario que pasa de lo colectivo a lo individual (Lomba, 2008, 1989; Lomba *et al.*, 2009; López Padilla, 2006b) atribuyendo un sentido de propiedad personal al objeto. El nuevo puñal, junto a un conjunto material distinguido, como las diademas en oro, identifica al individuo frente al grupo. Según algunos estudios (Hook *et al.*, 1991; Müller *et al.*, 2007, fig. 5) estos artefactos presentan una composición química asimismo distinguida, constatándose una mayor presencia y regularidad de arsénico respecto a otros tipos de objetos metálicos.

La desaparición de los antiguos talleres metalúrgicos y la reducción en el registro de escorias de los asentamientos supone una paradoja ante el incremento en la cantidad y calidad de los artefactos metálicos. No solo eso, el estudio arqueometalúrgico de los residuos sugiere mayores pérdidas en cobre y arsénico junto a un proceso más rudimentario para obtenerlo.

A priori, lo que está cambiando no es el valor de la materia prima, es el valor social de algunos artefactos manufacturados, adquirido bien por sus propiedades, o por la inversión de fuerza de trabajo en su manufactura. Las comparaciones propuestas para el Calcolítico pleno dejan de ser válidas para ellos y, por poner un ejemplo, las correlaciones deberían hacerse con las grandes láminas de sílex y otros materiales de marcado carácter ideológico a los que, con el paso de los siglos, acabará sustituyéndolos.

El Campaniforme es un fenómeno paneuropeo, y como tal, también implica transformaciones en la gestión de los recursos minerales en otras zonas que pueden ayudarnos a entender la situación del sudeste. Así, es durante el campaniforme que empieza la distribución a largas distancias de metal procedente de las minas astur-leonesas a todo el Midi francés (Labaune *et al.*, 2015). En estas minas, especialmente en el Áramo, aunque también en La Profunda, encontramos una explotación mineral muy intensa en momentos del Calcolítico final y que perdurará hasta el Bronce medio (c.2600-1600 cal ANE) con algunas interrupciones. Junto a Ross Island, Bouco-Payrol, Cerro Minado o Filón Consuelo, todas ellas están en explotación en c. 2400 cal ANE y el mineral que encontramos en ellas es muy parecido (Escanilla, 2016). En todas aparecen carbonatos y óxidos enriquecidos en arsénico, arseniatos y una mineralización primaria de tennantita.

Además, en el centro y este de Europa, el Campaniforme supone la expansión del uso de cobres grises, donde el arsénico tiene un papel importante pero donde también entran el antimonio y el níquel (Merkl, 2010). En el sudeste, tanto Cerro Minado como Filón Consuelo, tienen indicadores que sugieren la existencia de campamentos a pie de mina donde se realizaba un primer tratamiento del mineral.

Aunque en el sudeste ya se estaba produciendo cobre arsenical durante el precampaniforme, parece existir una relación a gran escala entre la aparición de un metal distinguido, el impulso de la aleación de cobre arsenical y la explotación intensiva de las minas con presencia de arseniatos. Sería en estos momentos finales de la Edad del Cobre, cuando el mineral deja de circular como materia prima y aparecen agrupaciones de nódulos metálicos que anteceden el uso de lingotes. Todo ello podría también insinuar un primer desplazamiento gradual de las actividades extractivas al exterior de los espacios domésticos.

Si durante el Campaniforme vemos que algunos artefactos se distancian del resto para distinguir a un individuo, la transformación durante El Argar es absoluta. La individualización de las sepulturas, los ajueres normalizados individualizados y el abandono de los espacios comunes de enterramiento (o necrópolis) a favor de los espacios privados (o casas) segrega la sociedad entera en particularidades. En este caso, el artefacto metálico, junto al resto de elementos que componen el ajuer, ya no sirve para distinguir una persona frente al grupo, o para identificar al colectivo frente a los poderes suprahumanos, sino para identificar a cada individuo (e identificarse a sí mismo) frente al resto de individuos; para clasificarlo.

Es entonces cuando toda actividad minera se traslada hacia otras regiones más ricas en minerales de cobre. Este desplazamiento se explica por la definitiva ruptura de las prácticas sociales calcolíticas, pero es sintomático que la intensificación se produzca en una zona con muchos más recursos de cobre, mineralizaciones de mayor entidad y menos dispersas. En sierra Morena, los habitantes de Peñalosa (Baños de la Encina) estaban explotando varias minas cercanas a una escala muy superior a la vista durante el Calcolítico (Arboledas *et al.*, 2015; Contreras y Moreno, 2015; Hunt, Contreras y Arboledas, 2011; Moreno *et al.*, 2015). Esto es algo imposible de hacer en las dispersas e irregulares mineralizaciones del sudeste, ya que solo la mina Polígono, a 2 km de Peñalosa y con una rafa moderna de más de 1 km de longitud, supera en magnitud cualquier otra mina de cobre del valle del Guadalentín (Arboledas y Contreras, 2010). Todo parece indicar que las nuevas relaciones productivas surgidas con la Edad del Bronce potencian concentrar la producción minera en un territorio más eficiente y restringido.

## 5. CONCLUSIONES

El estudio arqueometalúrgico del valle del Guadalentín ha permitido superar el estado de desconocimiento existente en torno a la primera minería y metalurgia del cobre en esta región. Actualmente el registro comprende tanto las explotaciones mineras prehistóricas, como un completo compendio de materiales arqueomineros y arqueometalúrgicos. Su estudio ha permitido proponer una lectura histórica del desarrollo de la metalurgia y su imbricación en el conjunto de prácticas sociales de las comunidades calcolíticas. La obtención de cobre durante este período estuvo en constante transformación, con una generalizada y rápida aceptación pese a la escasa entidad de su producción.

Con el paso de los siglos, sobre todo con la presencia Campaniforme, las transformaciones sociales implicaron asimismo dotar a los artefactos metálicos, y su posesión, de un rol del que careció hasta entonces, valor ideológico. El metal empezó entonces a transformar las prácticas sociales, distinguiendo a ciertos individuos frente a la comunidad. Al adquirir este valor ideológico empezó una transformación en la gestión de los recursos minerales de cobre, con una mayor intensificación minera y posiblemente una segregación de la producción, cuya culminación fue la desaparición de los minerales y de su reducción en los asentamientos al final del III milenio cal ANE. Pero fue con la expansión de El Argar cuando la gestión de los recursos minerales y la producción de cobre se convirtieron en cuestión de estado, concentrando la producción y limitando el acceso a las minas. El concepto de materia prima también sufrió una conversión importante. Si durante el Calcolítico debemos entender por esta el mineral, la circulación de metal en bruto primero y después de lingotes indica que, a partir de la Edad del Bronce, el metal sustituye al mineral como materia prima a negociar.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARBOLEDAS, L., ALARCÓN, E., CONTRERAS, F., MORENO, A., PADILLA, J.J. (2015): La mina de José Martín Palacios-Doña Eva (Baños de la Encina, Jaén): la primera explotación minera de la Edad del Bronce documentada en el sureste de la Península Ibérica. *Trabajos de Prehistoria*, 72: 158-175. doi:10.3989/tp.2015.12149
- ARBOLEDAS, L., CONTRERAS, F. (2010): La mina Polígono o Contraminas (Baños de la Encina, Jaén). Evidencias de la explotación mineral de cobre en la antigüedad. *CPAG*, 20: 355-379.
- BORRELL, F., BOSCH, J., MAJÓ, T. (2015): Life and death in the Neolithic variscite mines at Gavà (Barcelona, Spain). *Antiquity*, 89: 72-90.
- BRANDHERM, D., MAASS, A., MÜLLER-KISSING, M., DIZARDID, E. (2014): Prospecciones arqueomineras en la

- Sierra de Orihuela, en: *Orihuela: arqueología y museos*, Alicante: 114-125.
- BRONK RAMSEY, C. (2009): Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51: 337-360.
- CAMALICH MASSIEU, M.D., MARTÍN SOCAS, D. (1999): *El territorio almeriense desde los inicios de la producción hasta finales de la Antigüedad. Un modelo: la depresión de Vera y la cuenca del río Almanzora*. Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía, Sevilla.
- CASTRO, P., CHAPMAN, R., GILI, S., LULL, V., MICÓ, R., RIHUETE-HERRADA, C., RISCH, R., SANAHUJA-YLL, M.E. (1996): Teoría de las prácticas sociales. *Complutum Extra*, 6(11), 35-48.
- CONTRERAS, F., MORENO, A. (2015): Minería y metalurgia del cobre entre las poblaciones argáricas. La aportación del poblado de Peñalosa. En: LÓPEZ BALLESTA, J.M. (ed.): *PHICARIA. III Encuentros Internacionales del Mediterráneo*. Universidad Popular de Mazarrón, Mazarrón: 38-55.
- CORTÉS SANTIAGO, H. (2007): El papel de los elementos cerámicos en los procesos metalúrgicos. El caso de Peñalosa, Grupo estructural VI. *Arqueología y Territorio*, 4: 47-69.
- COSTA CARAMÉ, M.E. (2013): La actividad metalúrgica en Valencina de la Concepción (Sevilla): Problemática y situación actual de la investigación. En: GARCÍA SANJUÁN, L., VARGAS, J.M., HURTADO, V., RUIZ MORENO, T., CRUZ-AUÑÓN, R. (eds.): *El asentamiento prehistórico de Valencina de la Concepción (Sevilla): Investigación y Tutela en el 150 Aniversario del Descubrimiento de La Pastora*, Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla, Sevilla: 459-468.
- CRADDOCK, P.T. (1999): Paradigms of metallurgical innovation in prehistoric Europe. En: HAUPTMANN, A., PERNICKA, E., REHREN, T., YALÇIN, Ü. (eds.): *The Beginnings of metallurgy*. Deutsches Bergbau Museum, Bochum: 175-192.
- CRADDOCK, P.T. (1980): The composition of Iberian Bronze Age Metalwork in the British Museum. En: ODDY, W.A. (ed.): *Aspects of Early Metallurgy*, British Occasional Papers, 17: 51-62.
- CUADRADO RUÍZ, J. (1935): Noticia de algunos yacimientos prehistóricos en la Provincia de Murcia. *Boletín de Bellas Artes de Murcia*, 13: 30-37.
- de BLAS, M.A. (2003): La mina como ámbito infraterreno y el cadáver como ofrenda ritual: a propósito de los esqueletos humanos hallados en las explotaciones cupríferas del Aramo. En: FERNANDEZ MANZANO, J., HERRÁN MARTÍNEZ, J.I. (eds.): *Mineros y fundidores en el inicio de la Edad de los Metales : el midi francés y el norte de la Península Ibérica*, León: 32-48.
- de BLAS, M.Á., RODRÍGUEZ Del CUETO, F., SUÁREZ FERNÁNDEZ, M. (2013): De las labores subterráneas a las actividades metalúrgicas en el exterior: investigaciones 2007-2012 en las minas de cobre prehistóricas de la Sierra del Áramo. En: *Excavaciones arqueológicas en Asturias 2007-2012*: 169-187.
- DELGADO-RAACK, S. (2008): *Prácticas económicas y gestión social de recursos (macro)líticos en la Prehistoria reciente (III-I milenios aC) del Mediterráneo occidental*. Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona.
- DELGADO-RAACK, S., ESCANILLA, N., RISCH, R. (2014): Mazas Ocultas. Rastros de minería prehistórica en el Cerro Minado de Huércal-Overa (Almería). *CPAG*, 24: 13-44.
- DELIBES, G., DIAZ-ANDREU, M., FERNANDEZ-POSSE, M.D., MARTIN, C., MONTERO, I., MUNOZ, I.K., RUIZ, A., LANGUEDOC, A. (1996): Poblamiento y desarrollo cultural en la Cuenca de Vera durante la Prehistoria Reciente. *Complutum Extra*, 6: 153-170.
- DELIBES de CASTRO, G., FERNÁNDEZ-MIRANDA, M., FERNÁNDEZ-POSSE, M.D., MARTÍN MORALES, C., ROVIRA, S., SANZ, M. (1989): Almizaraque (Almería): Minería y metalurgia calcolíticas en el Sureste de la Península Ibérica, en: DOMERGUE, C. (ed.): *Minería y metalurgia en las antiguas civilizaciones mediterráneas y Europeas*, Madrid: 81-96.
- DOLFINI, A. (2014): Early Metallurgy in the Central Mediterranean, en: ROBERTS, B.W., THORNTON, C.P. (eds.): *Archaeometallurgy in Global Perspective*, Springer, New York: 473-506.
- DOMERGUE, C. (1987): Catalogue des mines et des fonderies antiques dans la Peninsule Ibérique. 2 vols. Publicaciones de la casa de Velázquez, Madrid.
- EIROA, J.J. (2005): *El Cerro de la Virgen de la Salud (Lorca). Excavaciones arqueológicas, estudio de materiales e interpretación histórica*. Consejería de Educación y Cultura, Murcia.
- EIROA, J.J. (1998): Dataciones absolutas del Cerro de las Víboras de Bajil (Moratalla, Murcia), *Quadernos de Prehistoria y Arqueología de Castellón*, 19: 131-152.
- EIROA, J.J. (1998): *El Cerro de las Víboras de Bajil: cinco años de investigaciones arqueológicas en Moratalla*. En: MOLINA MOLINA, A.L. (ed.): *La Recuperación de los núcleos urbanos y su entorno. Aportaciones para su estudio histórico-geográfico*, Universidad de Murcia, Murcia: 81-112.
- ESCANILLA, N. (2016): *Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular. El valle del Guadalentín*. Universitat Autònoma de Barcelona, Cerdanyola.
- ESCANILLA, N., BOURGARIT, D., MILLE, B. (2016): Mezcla de minerales y cobre arsenical. El excepcional caso de Agua Amarga (La Fuensanta, Lorca). *Alberca*, 14: 7-30.

- ESCANILLA, N., DELGADO-RAACK, S. (2015): Minería prehistórica del cobre (3100-1550 cal ANE) en el Levante Murciano. En: LÓPEZ BALLESTA, J.M. (ed.): *PHICARIA. III Encuentros Internacionales del Mediterráneo*, Universidad Popular de Mazarrón, Mazarrón: 77-99.
- ESTEVEAN SENÍS, M.T. (1966): La explotación minera de la Sierra de Cartagena (1840-1919). *Cuadernos Geográficos*, 977: 211-234.
- GARCÍA SANJUÁN, L., LUCIAÑEZ, M., SCHUHMACHER, T.X., WHEATLEY, D., BANERJEE, A. (2013): Ivory Craftsmanship, Trade and Social Significance in the Southern Iberian Copper Age: The Evidence from the PP4-Montelirio Sector of Valencia de la Concepción (Seville, Spain). *European Journal of Archaeology*, 16: 610-635.
- GARCÍA ATIENZAR, G. (2016): El Peñón de la Zorra (Villena, Alicante) y la caracterización del Campaniforme (2400-2100 cal AC) en el Alto Vinalopó. En: BONET ROSADO, H. (ed.): *Del neolítico a l'edat de bronze en el Mediterrani occidental: estudis en homenatge a Bernat Martí Oliver*, Museu de Prehistòria de València, València: 365-378.
- GARCÍA RUÍZ, B. (2001): *La minería en Lorca*, Camara de Comercio de Lorca, Lorca.
- GÓMEZ RAMOS, P. (1999): *Obtención de metales en la Prehistoria de la Península Ibérica*, BAR International series 753, Archaeopress, Oxford.
- GRIS MARTÍNEZ, L., GRIS MARTÍNEZ, J. (2007): Disimilitud cultural en el calcolítico lorquino. *Alberca*, 5: 15-42.
- HAUPTMANN, A. (2007): *The Archaeometallurgy of Copper. Evidence from Faynan, Jordan*, Economic Geology, Springer, Berlín.
- HAUPTMANN, A. (2003): Rationales of liquefaction and metal separation in earliest copper smelting: basics for reconstructing Chalcolithic and Early Bronze Age smelting processes. En: *Archaeometallurgy in Europe*, Associazione Italiana di Metallurgia, Milano: 459-468.
- HOOKE, D.R., FREESTONE, I.C., MEEKS, N.D., CRADDOCK, P.T., MORENO, A. (1991): The early production of copper alloys in South-East Spain. En: PERNICKA, E., WAGNER, G.A. (eds.): *Archaeometry'90*, Birkhäuser Verlag, Heidelberg: 65-76.
- HUNT, M.A., CONTRERAS, F., ARBOLEDAS, L. (2011): La procedencia de los recursos minerales metálicos en el poblado de la Edad del Bronce de Peñalosa (Baños de la Encina, Jaén). En: *V Congr. Int. sobre Minería y Metal. Históricas en el Suroeste Eur. (León, 2008). Libro en Homenaje a Claude Domergue*: 195-206.
- HUNT ORTIZ, M.A. (2005): La explotación de los recursos minerales en Europa y la Península Ibérica durante la Prehistoria. En: *BOCAMINA*, Patrimonio Minera de la región de Murcia: 1-18.
- HUNT ORTIZ, M.A. (2003): *Prehistoric Mining and Metallurgy in South West Iberian Peninsula*, International Series, Archaeopress, Oxford.
- JOVER, F.J., LÓPEZ PADILLA, J.A. (2016): Nuevas bases para el estudio de las comunidades campesinas de la Edad del Bronce en el Levante peninsular: el asentamiento de Terlinques (Villena, Alicante). En: *Del neolítico a l'edat del bronze en el Mediterrani occidental. Estudis en homenatge a Bernat Martí Oliver*, TV SIP 119, València: 427-449.
- KEESMANN, I., MORENO, A., KRONZ, A. (1991): Investigaciones científicas de la metalurgia de El Malagón y Los Millares en el sureste de España. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada*, 16-17: 247-302.
- KILLICK, D. (2014): From Ores to Metals. En: ROBERTS, B.W., THORNTON, C.P. (eds.): *Archaeometallurgy in Global Perspective SE*, Springer, New York: 11-45.
- LABAUNE, M., CATTIN, F., LEMERCIER, O., SORIANO, I., VILLA, I. (2015): Trace the origin of the Bell Beaker copper artefacts in South-western Europe. En: *Archaeometallurgy in Europe IV, Book of abstracts*, Madrid: 43.
- LIZCANO, R., NOCETE, F., PERAMO, A. (2009): *Las Eras: Proyecto de Puesta en Valor y Uso Social del Patrimonio Arqueológico de Úbeda (Jaén)*, Editorial Universidad de Huelva, Huelva.
- LOMBA, J. (2008): Excavaciones arqueológicas en el hábitat campaniforme del Cerro del Búho (Cieza). En: *XIX Jornadas Patrim. Cult. la Región Murcia [celebradas en] Cart. Alhama Murcia, La Unión y Murcia, 7 Oct. al 4 noviembre 2008*, Murcia: 53-56.
- LOMBA, J. (2001): El Calcolítico en el Valle del Guadalentín: bases para su estudio. *Clavis*, 2: 7-47.
- LOMBA, J. (1989): Los blanquizares de Lébor. Lo colectivo y lo individual: una revisión crítica. *Anales de Prehistoria y Arqueología*, 5-6: 69-80.
- LOMBA, J., EIROA, J.J. (1997): Dataciones absolutas para la prehistoria de la Región de Murcia. Estado de la cuestión. *Anales de Prehistoria y Arqueología*, 13-14: 81-118.
- LOMBA, J., LÓPEZ MARTÍNEZ, M., RAMOS MARTÍNEZ, F., AVILÉS FERNÁNDEZ, A. (2009): The collective chalcolithic burial of Camino del Molino (Caravaca de la Cruz, Murcia, Spain): Methodology and the first results of an exceptional archaeological site. *Trabajos de Prehistoria*, 66: 143-160.
- LÓPEZ, P. (1988): Estudio polínico de seis yacimientos del Sureste Español. *Trabajos de Prehistoria*, 45: 335-345.
- LÓPEZ PADILLA, J.A. (2011): *Asta, marfil y hueso. Artefactos óseos de la Edad del Bronce en el Levante y Sureste de la Península Ibérica (c. 2500-1300 cal BC)*. MARQ, Alicante.
- LÓPEZ PADILLA, J.A., (2006a): Distribución territorial y consumo de botones de perforación en «V» en el ámbito argárico. *Trabajos de Prehistoria*, 63: 93-116.

- LÓPEZ PADILLA, J.A. (2006b): Consideraciones en torno al «Horizonte Campaniforme de Transición». *Archivo de Prehistoria Levantina*, XXVI: 193-243.
- LULL, V. (2007): *Los objetos distinguidos. La arqueología como excusa*, Serie General Universitaria, Edicions Bellaterra, Barcelona.
- LULL, V., MICÓ, R., RIHUETE, C., RISCH, R. (2014): The La Bastida fortification: new light and new questions on Early Bronze Age societies in the western Mediterranean. *Antiquity*, 88: 95-410.
- LULL, V., MICÓ, R., RIHUETE, C., RISCH, R. (2010): Metal y relaciones sociales de producción durante el III y II milenio ANE en el sudeste de la Península Ibérica. *Trabajos de Prehistoria*, 67: 323-347.
- LULL, V., MICÓ, R., RISCH, R., RIHUETE, C. (2015): Transition and conflict at the end of the 3rd millennium BC in south Iberia, en: MELLER, H., WOLFGANG, H., JUNG, R., RISCH, R. (eds.): *2200 BC - A climatic breackdown as a cause for the collapse of the old world?. 7th Archaeological Conference of Central Germany, October 2-26, 2014, in Halle (Saale), Landesmuseum Dür Vergeschichte Halle, Halle (Saale)*: 363-405.
- MANTECA, J.I., ROS-SALA, M., RAMALLO-ASENSIO, S., NAVARRO-HERVÁS, F., RODRÍGUEZ-ESTRELLA, T., CERZO-ANDREO, F., ORTIZ-MENÉNDEZ, J.E., DE-TORRES, T., MARTÍNEZ-ANDREU, M. (2017): Early metal pollution in southwestern Europe: the former littoral lagoon of El Almarjal (Cartagena mining district, S.E. Spain). A sedimentary archive more than 8000 years old. *Environ Sci Poll. Res*, 24: 10584-10603
- MARTÍNEZ RODRÍGUEZ, A., PONCE GARCÍA, J. (2002): Segunda intervención arqueológica en la plaza de Juan Moreno, No 8, confluencia con calle Los Tintes, Lorca. *Memorias Arqueología*, 10: 150-160.
- MARTÍNEZ RODRÍGUEZ, A., PONCE GARCÍA, J. (2004): Excavaciones arqueológicas de urgencia en un enclave romano y un asentamiento del neolítico final en la calle Floridablanca, espalda Huerto Ruano (Lorca, Murcia). *Memorias de Arqueología*, 12: 291-306.
- MEDEROS, A. (2016): La cronología actual de los sistemas de fosos del poblado Calcolítico de Valencina de la Concepción (Sevilla) en el contexto del Sur de la Península Ibérica. *ARPI*, 4: 298-323.
- MERKL, M. (2010): Bell Beaker metallurgy and the emergence of Fahlore-copper use in central Europe. *Interdiscipl Archaeol*, 1: 19-27.
- MOLINA, F., CÁMARA, J.A. (2005): *Guía del Yacimiento Arqueológico Los Millares*. Junta de Andalucía, Consejería de Cultura, Sevilla.
- MOLINA, F., CÁMARA, J.A., CAPEL, J., NAJERA, T., SÁEZ, L. (2004): Los Millares y la periodización de la Prehistoria Reciente del Sureste. En: *III Simposio de Prehistoria Cueva de Nerja (II-III)*, Fundación Cueva de Nerja: 142-158.
- MONTERO, I. (2002): Metal y circulación de bienes en la prehistoria reciente. *Cypsela*, 14: 55-68.
- MONTERO, I. (1999): Sureste. En: DELIBES, G., MONTERO, I. (eds.): *Las primeras etapas metalúrgicas de la Península Ibérica. Vol. II- Estudios Regionales*, Instituto Universitario Ortega y Gasset, Madrid: 333-357.
- MONTERO, I. (1994): *El Origen de la Metalurgia en el sudeste de la Península Ibérica*, Colección de Investigación, Instituto de Estudios Almerienses, Almería.
- MONTERO RUIZ, I., RAFEL, N., HUNT-ORTIZ, M.A., MATA-PELLÓ, J.M., ODRIÓZOLA, C.P., SORIANO, I., MURILLO-BARROSO, M. (2013): Minería prehistórica en el priorato: Caracterización arqueométrica de minas de Cornudella y Ulldemolins. En: *VII Congreso Internacional sobre minería y metalurgia históricas en el Sudoeste europeo (Utrillas, Teruel, Aragón, España, Mayo 2012)*, Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero, Madrid: 131-140.
- MONTERO, I., RUIZ-TABOADA, A. (1996): Enterramiento colectivo y metalurgia en el yacimiento neolítico de Cerro Virtud (Cuevas de Almanzora, Almería). *Trabajos de Prehistoria*, 53: 55-75.
- MORA MOLINA, C., GARCÍA SANJUÁN, L., PEINADO CUCARELLA, J., WHEATLEY, D.W. (2012): Las estructuras de la Edad del Cobre del sector PP-4 Montelirio del sitio arqueológico de Valencina de la Concepción-Castilleja de Guzmán (Sevilla). En GARCÍA SANJUÁN, L., VARGAS JIMÉNEZ, J.M., RUIZ MORENO, T.; CRUZ-AUÑON BRIONES, R (eds.): *El Asentamiento prehistórico de Valencina de la Concepción Investigación y Tutela en el 150 Aniversario del Descubrimiento de La Pastora*, Universidad de Sevilla, Sevilla: 261-279.
- MORENO, A., ROVIRA, S., CONTRERAS, F., ARBOLEDAS, L., ALARCÓN, E., MORA, A. (2015): New data on scale production of copper in the culture of the Argar. The dumping ground for Peñalosa (Baños de la Encina, Jaén). En: *Archaeometallurgy in Europe IV, Madrid 2015 (Abstract book)*, Madrid: 16.
- MORENO, A., CONTRERAS, F., RENZI, M., ROVIRA, S., CORTÉS, H., (2010): Estudio preliminar de las escorias y escorificaciones del yacimiento metalúrgico de la Edad del Bronce de Peñalosa (Baños de la Encina, Jaén). *Trabajos de Prehistoria*, 67: 305-322.
- MÜLLER, R., GOLDENBERG, G., BARTELHEIM, M., KUNST, M., PERNICKA, E., 2007. Zambujal and the beginnings of metallurgy in southern Portugal, en: La Niece, S., Hook, D., Craddock, P.T. (Eds.), *Metals and mines: studies in archaeometallurgy*. Archetype Publications Ltd, London, pp. 15-26.

- MÜLLER, R., REHREN, T., ROVIRA, S. (2004): Almizaraque and the early copper metallurgy of Southeast Spain: new data. *Madrider Mitteilungen* 45, 33-56.
- MÜLLER, R., REHREN, T., ROVIRA, S. (2006): The question of early copper production at Almizaraque Southeast Spain. *34th International Symposium of Archaeometry* (Zaragoza 2004), Institución Fernando el Católico, Zaragoza: 209-216.
- MURILLO-BARROSO, M., GARCÍA SANJUÁN, L. (2013): El pomo de ámbar de la Estructura 10.042-10.049 del Sector PP4-Montelirio del asentamiento de Valencina de la Concepción (Sevilla). En GARCÍA SANJUÁN, L., VARGAS JIMÉNEZ, J.M., RUIZ MORENO, T.; CRUZ-AUÑÓN BRIONES, R (eds.): *El Asentamiento prehistórico de Valencina de la Concepción Investigación y Tutela en el 150 Aniversario del Descubrimiento de La Pastora*, Universidad de Sevilla, Sevilla: 511-520.
- MURILLO-BARROSO, M., MARTINÓN-TORRES, M., MASSIEU, M.D.C., SOCAS, D.M., GONZÁLEZ, F.M. (2017): Early metallurgy in SE Iberia. The workshop of Las Pilas (Mojácar, Almería, Spain). *Archaeol. Anthropol. Sci.*: doi:10.1007/s12520-016-0451-8
- MURILLO-BARROSO, M., MONTERO, I. (2016): Los inicios de la metalurgia y el valor social del metal. *MENGA*, 7, 15-29.
- MURILLO-BARROSO, M., MONTERO, I. (2012): Copper Ornaments in the Iberian Chalcolithic: Technology versus Social Demand. *Journal of. Mediterranean Archaeology*, 25: 53-73.
- NOCETE, F., LIZCANO, R., PERAMO, A., GÓMEZ, E. (2010): Emergence, collapse and continuity of the first political system in the Guadalquivir Basin from the fourth to the second millennium BC: The long-term sequence of Úbeda (Spain). *Journal of Anthropological Archaeology*, 29: 219-237.
- NOCETE, F., QUEIPO, G., SÁEZ, R., NIETO, J.M., INÁCIO, N., BAYONA, M.R., PERAMO, A., VARGAS, J.M., CRUZ-AUÑÓN, R., GIL-IBARGUCHI, J.I., SANTOS, J.F. (2008): The smelting quarter of Valencina de la Concepción (Seville, Spain): the specialised copper industry in a political centre of the Guadalquivir Valley during the Third millennium BC (2750-2500 BC). *Journal of. Archaeological Science*, 35: 717-732.
- NOCETE, F., SÁEZ, R., BAYONA, M.R., PERAMO, A., INACIO, N., ABRIL, D. (2011): Direct chronometry (14C AMS) of the earliest copper metallurgy in the Guadalquivir Basin (Spain) during the Third millennium BC: First regional database. *Journal of. Archaeological Science*, 38: 3278-3295.
- NOCETE, F., VARGAS, J.M., SCHUHMACHER, T.X., BANERJEE, A., DINDORF, W. (2013): The ivory workshop of Valencina de la Concepción (Seville, Spain) and the identification of ivory from Asian elephant on the Iberian Peninsula in the first half of the 3rd millennium BC. *Journal of. Archaeological Science*, 40: 1579-1592.
- NOCETE, F. (2004): ODIEL. *Proyecto de investigación arqueológica para el análisis del origen de la desigualdad social en el suroeste de la Península Ibérica*, Junta de Andalucía, Consejería de Cultura, Sevilla.
- O'BRIEN, W. (2004): *Ross Island : Mining, metal and society in early Ireland*, Department of Archaeology, National University of Ireland, Galway.
- PÉREZ ASENSIO, M. (2004): Excavación en el solar de avenida Juan Carlos I nº 79 con Carril de Caldereros s/n de Lorca. *Jornadas de Patrimonio Histórico y Arqueológico de la Región de Murcia*, XV: 33-36.
- PUJANTE MARTÍNEZ, A. (2011): Estructuras del poblado calcolítico de Lorca en las excavaciones arqueológicas de la calle Juan II esquina calle Leonés. *Alberca* 9: 9-37.
- PUJANTE MARTÍNEZ, A. (2003): Excavación arqueológica del solar situado en Calle Juan II número 3 Esquina calle Leonés número 5 de Lorca (Murcia). *Memorias de Arqueología*, 15: 499-525.
- RADIVOJEVIĆ, M. (2015): Inventing Metallurgy in Western Eurasia: a Look Through the Microscope Lens. *Cambridge Archaeological Journal*, 25: 321-338. doi:10.1017/S0959774314001097
- REIMER, P., BARD, E., BAYLISS, A., BECK, J., BLACKWELL, P., BRONK RAMSEY, C., BUCK CHENG, H., EDWARDS, R., FRIEDRICH, M., GROOTES, P., GUILDERSON, T., HAFLIDASON, H., HAJDAS, I., HATTÉ, C., HEATON, T., HOGG, A., HUGHEN, K., KAISER, K., KROMER, B., MANNING, S., NIU, M., REIMER, R., RICHARDS, D., SCOTT, E., SOUTHON, J., TURNEY, J., VAN DER PLICHT, J. (2013): IntCal13 and MARINE13 radiocarbon age calibration curves 0-50000 years calBP. *Radiocarbon* 55: DOI: 10.2458/azu\_js\_rc.55.16947
- REHREN, T., BOSCHER, L., y PERNICKA, E. (2012): Large scale smelting of speiss and arsenical copper at Early Bronze Age Arisman, Iran. *Journal of Archaeological Science*, 39: 1717-1727.
- RISCH, R. (2011): Social and economic organization of stone axe production and distribution in the western Mediterranean, en: DAVIES, D., EDMONDS, M. (eds.): *Stone Axe Studies III*, Oxbow Books: 99-118.
- ROBERTS, B.W., RADIVOJEVIĆ, M. (2015): Invention as a Process: Pyrotechnologies in Early Societies. *Cambridge Archaeological Journal*, 25: 299-306.
- ROTHENBERG, B., CARRIÓN, F., MORENO, A., MÉRIDA, V. (1988): A Prehistoric Copper Mine and Smelter in S.E. Andalusia (Spain). First Discovery by IAMS Survey Team. *IAMS Newsletter*, 13, 1-5.

- ROVIRA, S. (2005): Metalurgia de crisol: la obtención de cobre en la prehistoria de la península ibérica. *Re Metallica*, 5: 87-94.
- ROVIRA, S. (2002a): Early slags and smelting by-products of copper metallurgy in Spain, en: BARTELHEIM, M., PERNICKA, E., KRAUSE, R. (eds.): *Die Anfänge der Metallurgie in der Alten Welt*, Marie Leidorf GmbH, Rahden, Westfalen: 83-95.
- ROVIRA, S. (2002b): Metallurgy and society in prehistoric Spain, en: OTTAWAY, B.S., WAGER, E.C. (eds.): *Metals and Society*, BAR International Series 1061. Archaeopress, Oxford, pp. 5-20.
- ROVIRA, S. (2001): Análisis de «escorias» calcolíticas de fundición de cobre utilizando la microscopía electrónica de barrido. En: GÓMEZ TUBIO, B., RESPALDIZA, M.A., PARDO RODRÍGUEZ, M.A. (eds.): *III Congreso Nacional de Arqueometría*, Fundación El Monte, Sevilla: 477-486.
- ROVIRA, S., AMBERT, P. (2002): Vasijas cerámicas para reducir minerales de cobre en la Península Ibérica y en la Francia Meridional. *Trabajos de Prehistoria*, 59: 89-105.
- RUIZ TABOADA, A., MONTERO, I. (1999): The oldest metallurgy in Western Europe. *Antiquity*, 73: 897-903.
- SAN NICOLÁS DEL TORO, M. (1988): Objetos metálicos eneolíticos y argáricos en Murcia. *Anales de Prehistoria y Arqueología*, 4: 71-78.
- SÁNCHEZ GÓMEZ, J. (1989): *De minería, metalurgica y comercio de metales; la minería no férrea en el Reino de Castilla, 1450-1610*. Salamanca.
- SCHUHMACHER, T.X., CARDOSO, J.L., BANERJEE, A. (2009): Sourcing African ivory in Chalcolithic Portugal. *Antiquity*, 83: 983-997.
- SIRET, E., SIRET, L. (1890): *Las primeras edades del metal en el Sudeste de España. Resultados obtenidos en las excavaciones hechas por los autores de 1881-1887*, Edición Facsimilar, Dirección General de Cultura, Museo Arqueológico de Murcia, Murcia.
- SIRET, L. (2001): *España Prehistórica*. Ed Arráez-Junta de Andalucía, Granada.
- SIRET, L. (1948): El tell de Almizaraque y sus problemas. *Cuadernos de Historia Primitiva*, III: 117-124.
- THORNTON, C.P. (2009): The emergence of complex metallurgy on the Iranian Plateau: Escaping the Levantine Paradigm. *Journal of World Prehistory*, 22: 301-327.
- TIMBERLAKE, S. (2003): Excavations on Copa Hill, Cwmystwyth (1986-1999): *An Early Bronze Age Copper Mine within the Uplands of Central Wales*, BAR British Series 348, Oxford.
- TIMBERLAKE, S., CRADDOCK, B. (2013): Prehistoric Metal Mining in Britain: The Study of Cobble Stone Mining Tools based on Artefact Study, Ethnography and Experimentation. *Chungara*, 45, 33-60.
- VALERA, A.C. (2015): Social change in the late 3rd millennium BC Portugal: the twilight of enclosures. En: MELLER, H., JUNG, R., RISCH, R. (eds.): *2200 BC – A Climatic Breakdown as a Cause for the Collapse of the Old World?*, Landesmuseums für Vorgeschichte, Halle (Saale): 409-427.
- VERDÚ, J.C. (1995): El poblado de «El Estrecho» (Caravaca, Murcia). Nuevo asentamiento fortificado del III Milenio A.C. en el Sureste de la Península Ibérica. En: *Actas del XXIII Congreso Nacional de Arqueología*, 1: 51-58.
- VERDÚ, J.C. (2004): Excavación «Marianela», Lorca. XV Jornadas del Patrim. Histórico XV: 31-33.
- VILAR, J.B., EGEA BRUNO, P.M. (1990): *La minería murciana contemporánea (1840-1930)*. Universidad de Murcia, Murcia.
- VILLASANTE, F.B. (1892): Criaderos metalíferos de Mazarrón. *Revista Minera*, 43: 145-171.
- ZAMORA, A. (1976): Excavaciones en «La Ceñuela», Mazarrón (Murcia). *Noticiario Arqueológico Hispánico*, 5: 215-222.