



**RECURSOS MINERALES DE COBRE  
Y SU EXPLOTACIÓN PREHISTÓRICA  
EN EL SUDESTE PENINSULAR  
El valle del Guadalentín (Murcia)**

**Nicolau Escanilla Artigas**

**Tesis Doctoral 2016**

**Universitat Autònoma de Barcelona**

**Departament de Prehistòria**

## **4. Minería prehistórica de cobre. Elementos para su caracterización**

Este capítulo aborda el estado de la cuestión de la minería prehistórica a partir de tres frentes historiográficos, cronológicamente sucesivos. El primero, sin continuidad temática en los otros dos, recoge pasajes destacados de autores clásicos sobre minería. Estos textos aportan claves esenciales para comprender la explotación prehistórica del cobre. El segundo y el tercer frente abordan la documentación y el estudio de la minería prehistórica desde sus inicios hasta la actualidad. En el segundo explicaremos el trabajo de los ingenieros de minas y arqueólogos del s. XIX, que por primera vez demarcaron el sujeto de estudio y le dieron una materialidad arqueológica. El último frente desarrolla un estado de la cuestión sobre los principales distritos mineros de explotación de cobre de la prehistoria europea y la península ibérica.

Estos tres apartados nos permiten definir la diversidad de tipos de labores y herramientas mineras de la prehistoria reciente. Estas conclusiones serán relevantes para la interpretación de las evidencias arqueomineras en nuestra zona de estudio, y como tales se pondrán en relación al final del capítulo.

### **4.1. Fuentes históricas para el análisis de la minería prehistórica**

Buscar los antecedentes de los estudios sobre minería implica retroceder más de dos milenios en el tiempo. El valor económico de los metales para las diferentes formaciones sociopolíticas nos informa (en ocasiones con precisión) sobre lugares destacados de extracción del mineral, sus rendimientos y las técnicas empleadas.

Los textos que se han conservado referentes a la minería y metalurgia preindustriales son de diferente carácter según el período en que fueron escritos. En la antigüedad griega y romana se escribieron obras de carácter general. Principalmente hacían referencia a la vertiente socioeconómica de las explotaciones y no tanto a la tecnología empleada. Una de las excepciones es la *Historia Natural* de Plinio el Viejo<sup>163</sup>, escrito en la segunda mitad del siglo I ANE, que aborda los aspectos técnicos de la minería y el conocimiento de los metales y sus usos. Entre los primeros menciona la utilización generalizada del fuego en el arranque del mineral<sup>164</sup>. También analiza los factores que implican el abandono de una mina en favor de otras, entre ellas el hallazgo de cobre de calidad superior o el agotamiento de un distrito minero (1877, Lib. XXXIV cap. II). Plinio también menciona diferentes combustibles empleados, como el carbón para el recocido cuando hay escasez de madera y esta última en la fundición. También describe el uso de piedras calentadas al rojo vivo para fundir el cobre, técnica que requiere de un trabajo especial

---

163 Para el presente trabajo se ha consultado la traducción en francés de É. Littré (1877).

164 Aunque el registro arqueológico de explotaciones romaneas se muestre contradictorio en este aspecto (Craddock 2010).

para evitar que el metal se vuelva demasiado frágil (1877, Lib. XXXIV cap. XX).

En todo caso, ninguna de las obras clásicas tiene el carácter de manual minero-metalúrgico que encontramos a partir del siglo XVI, cuyo gran referente sin duda es *De Re Metallica* (1556) de Georg Agricola. A parte de esta obra son referencia obligada sus libros *De Ortu et Causis Subterraneorum*, un planteamiento filosófico de los fenómenos geológicos y *De Natura Fossilium*, el primer tratado sistemático sobre mineralogía, donde asienta los principios modernos de clasificación de los minerales. Ambos fueron publicados en 1546 (Hoover et al. 1950). La mejora tecnológica y de gestión de minas aplicada en Centroeuropa durante este período, permitirán a unas pocas explotaciones superar por primera vez la tecnología minera romana (Sánchez Gómez 1989). Cabe destacar dos de esas innovaciones tecnológicas: la aplicación de la pólvora, que no se generalizó hasta la segunda mitad del siglo XVI y la recuperación de la bomba de pistón cuyo uso había caído en el olvido desde el siglo III DNE (Fig. 4.1) (Sánchez Gómez 1989, p.171).



Figura 4.1. Bomba romana de pistón de Sotiel Coronada tal como se expone actualmente en el Museo Arqueológico Nacional.

En la obra de Agricola hay algunos elementos referentes a la minería y a la prospección de minas que pueden considerarse universales. Los métodos prospectivos muestran un gran conocimiento del medio natural y de los procesos erosivos. Establece que si los minerales están rodados, el filón se encuentra lejos, mientras que la presencia de aristas y el encontrarse parcialmente incrustados en el suelo son señales de su proximidad. También advierte de los criterios a valorar antes de empezar una explotación minera. Agricola propone siete factores: (1) la situación geográfica, (2) las condiciones de aprovisionamiento para su explotación, (3) el tipo de corrientes de agua, (4) los caminos y accesos, (5) el clima, (6) los derechos sobre la mina y (7) los vecinos (Agricola 1959 {1556}, 38-41). Estas observaciones pueden ofrecernos pistas para entender por qué ciertos depósitos con mineral de buena calidad no presentan evidencias arqueológicas prehistóricas. Igualmente explican por qué encontramos un sinfín de pequeñas explotaciones recientes, abandonadas al poco de empezar su actividad por no tener en consideración los puntos expuestos por Agricola en el s. XVI. Un caso cercano es el de la Mina Las Crisolejas y el problema del transporte del mineral que tanto condicionó el éxito de la minería en el sudeste de la península ibérica (Fernández Bolea 2012).

Pese a los trabajos de Agricola, durante toda la edad moderna perduran las raíces alquímicas en los tratados minero-metalúrgicos (Sánchez Gómez 1989) como los de A. A. Barba (1770) y B. Pérez de Vargas (1569). De éste último autor merece la pena

recuperar un pasaje que muestra hasta qué punto seguía implantada la cosmogonía embrionaria de los minerales:

*“(...) creo que la margaxita no es otra cosa sino una materia segunda, y los menstros de la concepción de los metales” (Pérez de Vargas 2008 [1569]: 42).*

No será hasta entrado el siglo XIX cuando la *ciencia* consiga desbancar las viejas creencias embrionarias (Eliade 2011) e imponga su nueva fe desarrollista. No obstante, la visión de la mina y los minerales como un ente vivo (y consciente), perdurará mientras los mineros sigan entrando en las *entrañas* de la tierra<sup>165</sup>.

La expansión de la minería a partir del s. XVI y su gradual e irregular institucionalización traerán consigo un incremento documental, proceso en el que por primera vez se detecta un interés por investigar los restos de labores antiguas. Su presencia era un indicador de la riqueza del depósito mineral, más aún, cuando se constató que los “romanos” en el Mediterráneo y los “daneses” en el Atlántico no habían agotado los filones sobre los que habían trabajado. Las noticias sobre estos restos no aparecen hasta finales del s. XVIII en Inglaterra y mediados del s. XIX en España. Con ello se dará inicio a la minería prehistórica como objeto de investigación científica.

#### **4.2. El origen del estudio de la minería prehistórica en la península ibérica (1840-1925)**

El inicio de la arqueología minera se produce a la par que el desarrollo industrial de principios y mediados del s. XIX. La independencia de las colonias americanas se une a la demanda creciente de mineral para surtir a una industria pesada en apogeo y a una liberalización de las explotaciones en 1825 (Goberna 1986). El efecto del filón Jaroso, descubierto en sierra Almagrera en 1838 (Fernández Bolea 2012) es casi inmediato y miles de concesiones mineras se suman a los grandes distritos como Gádor y Riotinto que ya se encontraban en explotación. El primer efecto de esta expansión fue la presencia de ingenieros de minas en la mayoría de concesiones mineras. Muchos de estos ingenieros, formados en la escuela de Almadén, se habían impregnado de las corrientes ilustradas que empezaban a difundirse desde algunos centros europeos como París, Friburgo o Viena. El estudio de cuevas y cavernas, las canteras de áridos en antiguos lechos aluviales y el descubrimiento de labores remotas en las minas en explotación supondrán una fuente inagotable de hallazgos. En poco más de medio siglo, y bajo el

---

<sup>165</sup> En cierto modo la relación que establece el ser humano con los elementos primordiales (agua, tierra, fuego y viento) está cargado de un peso mitológico muy antiguo, de la que es heredera la mitología clásica y que observamos en diferentes oficios “tradicionales” En el caso de la minería, la concepción del ente suprahumano se ha representado hasta la actualidad en las minas de Potosí (Bolivia) de la mano de representaciones en forma de demonio como “El Tío” (Orche et al. 2004). Como veremos, durante la prehistoria la mina se convirtió en un lugar sagrado como espacio para los muertos, pero también un lugar de ofrendas.

prisma de la estratigrafía inaugurada en 1814, estos hallazgos cuestionarán el sustrato cosmogónico<sup>166</sup> relativo al origen de la humanidad. Las propias labores vinculadas a la extracción del mineral pronto pondrán al descubierto una minería antigua que había pervivido en la consciencia colectiva del mito. Estrabón y Plinio cobraban veracidad ante los descubrimientos de Río Tinto o Cartagena en los mismos años en que Schliemann hacía lo propio con los poemas homéricos. Su atención se compartirá con los hallazgos paleontológicos que atraerán a estos incipientes ingenieros-arqueólogos.

Dada la ingente cantidad de datos no se hará un repaso exhaustivo a todas las noticias de minería antigua aparecidas en este período y que han sido tratadas anteriormente (Puche Riart 1993; Puche Riart et al. 1994; Puche Riart y Ayarzagüena Sanz 1997). Sí considero necesario un repaso a los hallazgos que han determinado el conocimiento de la minería prehistórica en la península ibérica (Tab. 4.1). Inevitablemente se tropezará con referencias a la minería romana, pero no hay intención de detenernos en ellas.

La primera referencia documentada es la exposición de las labores antiguas de **El Milagro** (Onís, Asturias) ofrecida por G. Schulz<sup>167</sup> (Anónimo 1854), dónde hay varios ele-

<b>Año publicación</b>	<b>Nombre mina</b>	<b>Localidad</b>	<b>Provincia / Región</b>	<b>Autor noticia</b>
1854	El Milagro	Onís	Asturias	Schulz
1865	Cerro Muriano	Córdoba	Córdoba	Klemm / Casiano de Prado
1868	Ruy Gómez		Alentejo	Pereira de Costa
1870	Monte Romero	Almonaster la Real	Huelva	Recaredo Garay
1870	Rodeo del Madroño	Valverde del Camino	Huelva	Recaredo Garay
1886	Filipina	Villanueva del Rey	Córdoba	Cartailhac
1888	El Diamante	Encinasola	Huelva	Gonzalo y Tarín
1888	La Victoria	Encinasola	Huelva	Gonzalo y Tarín
1888	Cueva del Monje	Paterna del Campo	Huelva	Gonzalo y Tarín
1888	Mina La Barcita	Paterna del Campo	Huelva	Gonzalo y Tarín
1888	Barranco Abadejo	Paterna del Campo	Huelva	Gonzalo y Tarín
1888	Mina la Coronada	Calañas	Huelva	Gonzalo y Tarín
1888	Mina La Zarza	Calañas	Huelva	Gonzalo y Tarín
1889		Barrancos	Alentejo	Ben Saude
1894	El Áramo	Riosa	Asturias	Dory
1894	La Preciosa	Peñaflor	Sevilla	Cañal
1907	La Loba	Fuenteovejuna	Córdoba	H.-Pacheco
1907	Casilla del Cobre	Córdoba	Córdoba	H.-Pacheco
1907	Bramona	Córdoba	Córdoba	H.-Pacheco
1907	Campo Bajo	Córdoba	Córdoba	H.-Pacheco
1907	Final Cañada Valdelviento	Córdoba	Córdoba	H.-Pacheco
1908	Cerro Minado	Huércal-Overa	Almería	García Asensio

Tabla 4.1. Minas prehistóricas conocidas hasta principios de siglo XX

166 Según la RAE: "Relato mítico relativo a los orígenes del mundo"

167 Aunque la nota publicada en la Revista Minera no está firmada la autoría de G. Schulz es segura (De Blas 2007, 731).

mentos que merecen destacarse. El autor ofrece en su texto una descripción detallada de las herramientas como los percutores con acanaladura en cuarcita y las cuñas en asta de ciervo, sugiriendo su interpretación funcional en base a la morfología y materia de los artefactos. Además, las evidencias de hollín y carbón en el suelo le permitieron proponer el uso del fuego para el arranque del mineral en unas galerías que llegaban a los once metros de profundidad. Es sugerente como ya en esta primera publicación aparecen los elementos clásicos de las explotaciones mineras prehistóricas que irán confirmándose más adelante (Craddock 2010).

El trabajo de G. Schulz llamó la atención de C. de Prado, uno de los máximos impulsores de los estudios “*antehistóricos*” en España quien se interesó por los materiales de El Milagro. Después de estudiarlos personalmente publicó una reseña dentro del apéndice de “*Cavernas y Minas Primordiales*”, en su ensayo sobre la geología de la Provincia de Madrid (Prado 1864). En este texto, además de profundizar en las descripciones de los materiales, C. de Prado introdujo por primera vez la idea de que existe un período intermedio o de transición entre la Edad de Piedra y la Edad de Bronce (al que aún no le dio nombre). Tras la muerte de C. de Prado el máximo defensor del concepto de período de transición fue J. Vilanova, quien también sustentaba sus argumentos en las labores prehistóricas de El Milagro y de Cerro Muriano (Córdoba). Ello le ocasionó disputas con los máximos representantes de la prehistoria europea del momento, como E. Cartailhac o G. Mortillet, pero con los años se terminó imponiendo el concepto de transición como un período propio, acuñando el nombre de Edad del Cobre o Calcolítico.

Gracias a los trabajos de C. de Prado, en 1865, aparecieron las primeras referencias a **Cerro Muriano** de la mano de J.G. Klemm en la Revista Minera (Klemm 1865). Cerro Muriano venía a confirmar las hipótesis de C. de Prado de una Edad de Transición, pero su muerte le sobrevino en 1866, pocos días después de visitar la mina y a consecuencia del viaje. Sería J. Vilanova, quien junto a F.M. Tubino darían a conocer Cerro Muriano de forma más extensa tras visitar la mina en 1888. En esta descripción se hacía referencia también a la explotación romana de la misma (Tubino y Vilanova y Piera 1868). De estas primeras exploraciones destaca la enorme cantidad de útiles conservados, de los que G. Klemm aseguraba que “*se pueden recoger en poco tiempo decenas y aún centenares*” (Klemm 1865).

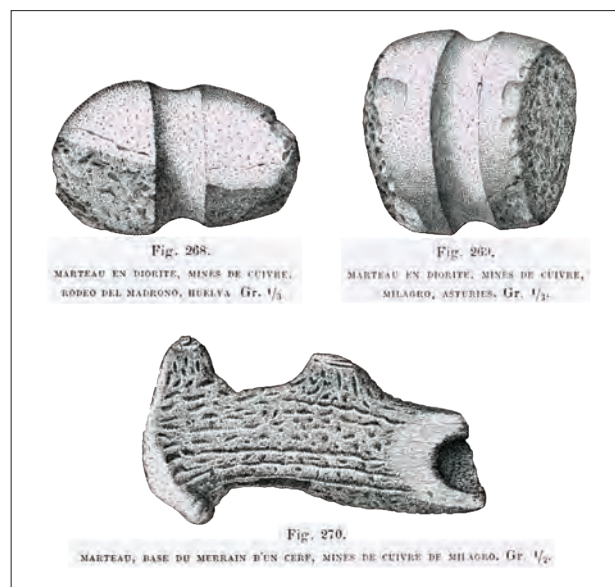


Figura 4.2. Artefactos mineros prehistóricos aparecidos en Les Âges Préhistoriques de L'Espagne et du Portugal (Cartailhac, 1886, p. 202)

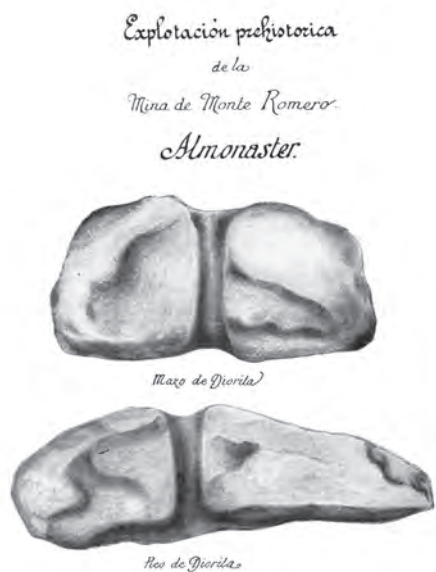


Figura 4.3. Representación de R. de Garay de percutores macrolíticos de Monte Romero. Merece destacarse la atenta separación entre mazo y pico (Garay y Anduaga, 2010).

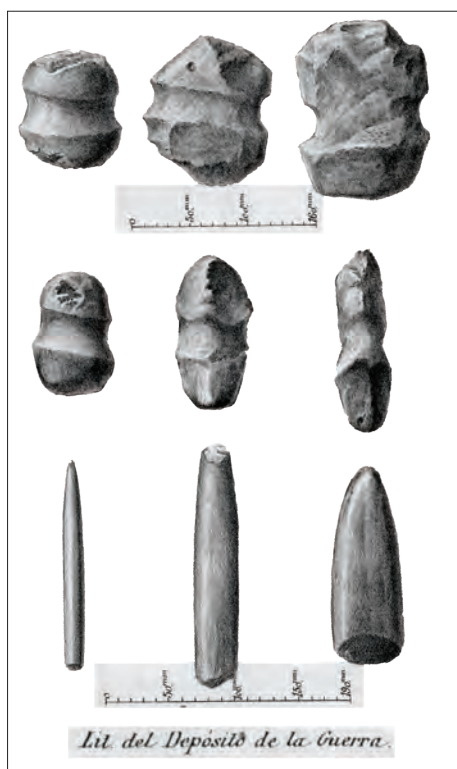


Figura 4.4. Artefactos macrolíticos procedentes del distrito de Huelva (Gonzalo y Tarín, 1888).

La publicación de los artefactos de El Milagro y Cerro Muriano en obras como las de L. Simonin<sup>168</sup> (1867) o E. Cartailhac (1886) (Fig. 4.2) pronto obtuvieron respuesta en el descubrimiento de nuevas labores prehistóricas, como las denunciadas por P. de Costa en la mina **Ruy Gómez** en Alentejo (Ayarzagüena Sanz y Puche Riart 2012) y los trabajos R. de Garay en Monte Romero y Rodeo del Maderoño (Fig. 4.3) en la provincia de Huelva (Garay y Anduaga 1870; Garay y Anduaga 2010).

A finales de la década de los ochenta del s. XIX, se publicó la memoria de J. Gonzalo y Tarín (1888) que confirmaba la extensión de las explotaciones prehistóricas en las minas del norte del distrito de Huelva (Fig. 4.4). De éstas afirmaba que “*todas las concesiones presentan martillos de piedra de época remota*”. Según el autor, las labores romanas se concentraban en las mineralizaciones piritosas del núcleo central de la provincia minera, caracterizadas por el casquete de *gossan* que las cubría. En las mineralizaciones filonianas, que el autor nombró como “*criaderos metamorfoseados de segregación y de escasa relevancia industrial*”, se concentraban las labores prehistóricas<sup>169</sup>. En ellas la ausencia de minería romana era casi absoluta. Entre las minas filonianas en las que citó herramientas líticas están **El Diamante** y **La Victoria**, en Encinasola, y las minas de **Cueva del Monje**, **Mina la Barcita** y **Barranco Abadejo** (Paterna del Campo, Huelva) en La sierra de Rite y Tejada. En las masas de piritas únicamente asoció con herramientas líticas la **Mina de La Coronada** y la **Mina la Zarza** (Calañas, Huelva).

Otro punto que generó gran interés en la obra de J. Gonzalo y Tarín fue la presencia de cuñas de hierro junto a los percutores líticos (Fig. 4.5) en la mina

168 L. Simonin describe las labores de El Milagro y Cerro Muriano como las más antiguas de Europa (Simonin 1867, pp.480-1); y publica el dibujo de uno de los percutores de Cerro Muriano con acanaladura que actualmente se conserva en el Museo de Saint-Germain-en-Laye.

169 La misma situación parece repetirse en la sierra de Cartagena (ver capítulo 3).

**La Victoria** (Encinasola, Huelva). Esta evidencia fue usada por él, y posteriormente por L. Siret, para defender que la cronología de estas explotaciones podría no ser tan antigua como sugerían las primeras lecturas.

Estas apreciaciones son fundamentales para comprender la perspectiva de L. Siret en su manuscrito de 1893, *La España Prehistórica* (2001, pp.283-90)<sup>170</sup>. L. Siret expuso que en Parazuelos, y en yacimientos similares, los indígenas practicaron la metalurgia del cobre gracias a una minería de carácter oportunista y de aprovechamiento superficial que se prolongaría durante El Argar. En un contexto de colonización fenicia como el defendido en su momento por L. Siret (1913), la minería local del cobre conviviría con una minería a gran escala de la plata cuyo producto era exportado a la metrópolis fenicia<sup>171</sup>.

En cuanto a las evidencias de los martillos mineros, L. Siret negaba las tesis defendidas por C. de Prado, J. Vilanova o F. M. Tubino que las asociaban al final de la Edad de Piedra. Uno de los principales argumentos era el alto coste económico de las herramientas en asta de ciervo como las de El Milagro, para una actividad poco importante en la época como la minería del cobre (Siret 2001, p.286). Por ello focalizó su atención en la Mina Victoria (*supra*), que era el único sitio donde los percutores con ranura habían aparecido junto a puntas de hierro, para contemporizar las evidencias en un momento de la Edad del Hierro previo a la ocupación romana. Para llegar a esta conclusión elude dos elementos importantes a los que hace referencia en esa misma obra. El primero son las herramientas prehistóricas en asta de ciervo de la mina neolítica de sílex de Mur-de-Barrez (Francia) que compara con las halladas en sus excavaciones en Lugarico Viejo (Antas, Almería) (Siret, 2001) y considera sin ambages como prehistóricas. Por otro lado estaban los percutores macrolíticos con y sin ranura que documentó en varios sitios de hábitat como Parazuelos (Lorca, Murcia) y El Argar (Antas, Almería)<sup>172</sup>. Estas herramientas eran de similar morfología a las procedentes de contextos mineros pero no consideró

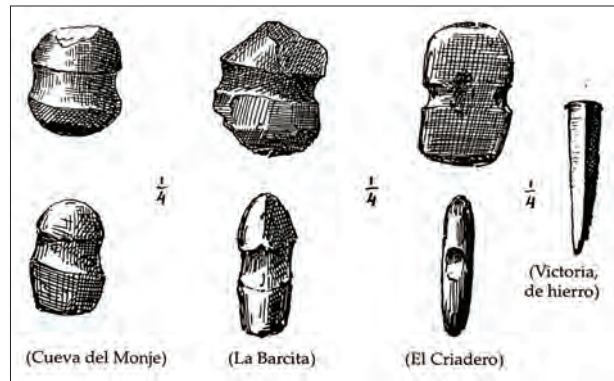


Figura 4.5. Percutores y cuña de hierro de la Mina Victoria dibujados por L. Siret a partir de J. Gonzalo y Tarín (Siret, 2001, p. 287).

170 Esta obra quedó sin publicar hasta el siglo XXI, habiendo sido parcialmente plagiada por Gossé en 1942 (Grima Cervantes 2001).

171 La perspectiva de una explotación local y oportunista de minerales de cobre, durante el Calcolítico y Bronce Inicial, es la que sigue imperando en la actualidad para el sudeste (Montero Ruiz 1994b; Montero Ruiz y Murillo Barroso 2010; Murillo et al. 2015).

172 Según su clasificación cronológica expuesta en *Las Primeras Edades del Metal* (Siret y Siret, 1890) el primero de estos poblados entraría en la Edad de Transición, entre el Neolítico y la Edad de los Metales. A esta segunda cronología pertenecería El Argar y los demás poblados coetáneos que estudió.



su contemporaneidad. Según L. Siret, el uso más probable de los percutores hallados en los poblados debía entenderse en las actividades productivas del propio poblado (Siret 2001: 285).

Casi en paralelo a la escritura del manuscrito de *La España Prehistórica*, A. Dory (1893) publicó los excepcionales hallazgos de la **sierra del Áramo** (Riosa, Asturias) descubiertos en 1888. Durante el reconocimiento de las labores se recuperaron multitud de utensilios

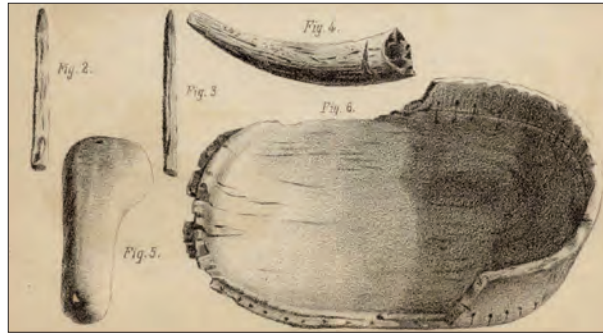


Figura 4.6. Representación de elementos orgánicos en madera como los palitos de iluminación (fig. 2 y 3), un cuerno de capra (Fig. 49), un afilador procedente del exterior (Fig. 5) y una batea formada de dos piezas con el fondo remachado sobre las paredes (Fig. 6) (Dory 1893).

mineros prehistóricos, algunos de ellos excepcionalmente bien descritos y dibujados. Muchos más se perdieron y acabaron siendo destruidos por el avance minero contemporáneo. Lo poco conservado constituye uno de los mejores ejemplos de minería prehistórica en Europa (De Blas 2008).

Podemos dividir los hallazgos de El Áramo entre los del interior de la mina y los del exterior. De los primeros, además de los dieciséis esqueletos humanos<sup>173</sup>, quedó constancia de la variedad morfológica de percutores líticos: con y sin ranuras de empuje, grandes mazas, picos y cinceles de asta de ciervo, agujas de piedra para el arranque de mineral, cuñas de arenisca o caliza. Igualmente notables son los elementos en madera, como las astillas de 10 a 15 cm de longitud y 5 mm de anchura que se utilizaban para iluminar las galerías. En origen, estas teas primitivas estaban adheridas a las paredes con bolas de arcilla de las que también fueron descritas por A. Dory. Entre los elementos en madera sobresalían las bateas (Fig. 4.6), que podían ser de una sola pieza o de dos, uniendo las paredes a la base mediante remaches de madera (Dory 1893, 335-336).

También debemos al interior de la mina las interesantes descripciones de las propias labores mineras y las formas de arranque del mineral. El registro de El Áramo en este sentido probablemente represente todas las soluciones posibles de extracción prehistórica de mineral (*Infra*).

En cuanto a los hallazgos exteriores, A. Dory reveló un repertorio muy diferente. Por un lado, los ítems asociados a la manufactura de las herramientas como los afiladores, algunos de gran tamaño y que podían servir también para pulir las herramientas macrolíticas o en asta. Por el otro, los elementos metalúrgicos como los crisoles o vasijas de reducción con escorias adheridas (Dory 1893, 336).

Vemos pues una separación del espacio entre las actividades productivas del interior y del exterior de la mina. El valor excepcional de la diversidad de los restos conserva-

<sup>173</sup> Sobre su interpretación ver M.A. de Blas (2008).

dos en el Áramo y su antigüedad nos permiten una reconstrucción del laboreo prehistórico único en la península ibérica que ha sido publicado de forma exhaustiva (de Blas 1996; de Blas Cortina 2014).

A principios del siglo XX se presentó una de las mejores síntesis sobre martillos de minero y otras herramientas pétreas en el trabajo de E. H-Pacheco (1907). En él plasmó toda la reflexión que durante medio siglo habían generado estos instrumentos de minería. Sus propias prospecciones le llevaron

a recolectar una importante muestra de percutores de origen minero procedentes de sierra Morena. De ellos trasciende que todos los martillos tenían marcas de entalle o acanaladura central. Igualmente relevantes son las observaciones sobre la preparación de algunos tipos de herramientas como los picos, con un tallado más esmerado (Fig. 4.7).



Figura 4.7. Fotografías de varios picos (fila superior) y martillos (fila inferior) de Sierra Morena (H.-Pacheco, 1907, p. 283).

Por otro lado, el artículo incluye una cartografía de las minas y regiones de la Península que hasta la fecha habían suministrado percutores macrolíticos. Entre ellos también recogió el hallazgo, publicado por C. Cañal varios años antes (1894, pp.141-4), de la mina **La Preciosa** de Peñaflor (Sevilla). En ella se encontraron dos esqueletos sepultados por un desplome del techo<sup>174</sup>. Junto a ellos aparecieron sus martillos en diorita, uno de ellos de gran tamaño, y un cráneo de ciervo. Según el autor de la noticia, el desarrollo de las labores eran galerías estrechas y sinuosas que nunca abandonaban el filón. El desplome prehistórico tuvo lugar al ampliar la anchura de la galería en un ensanchamiento del filón atrapando a ambos mineros en el interior.

Pero además de los percutores, el mismo autor fijó el interés en los diferentes tipos de mortero que hallados entre las escombreras de las minas. En función de su morfología y tamaño identificó dos tipos. Los pequeños, en diorita o diabasa y con una única cazoleta cubriendo casi toda su superficie, y las lajas o bloques de mayor tamaño, con varias cazoletas poco profundas y de varios centímetros de diámetro. Los primeros los consideró como percutores de cinceles, mientras los segundos funcionarían como morteros (H-Pacheco, 1907, pp. 285).

Más que los propios hallazgos, es la lectura que realizó de los mismos la que da relevancia al texto de E. H-Pacheco. Dada la uniformidad de los martillos macrolíticos mineros estableció que fuera el contexto y la asociación de materiales el elemento discriminante

174 Pese a que en un principio los esqueletos se guardaron, su paradero actual es desconocido y no se han podido realizar dataciones radiocarbónicas (Hunt Ortiz 2003).

de su cronología. Para restituir el proceso minero-metalúrgico planteó una reconstrucción en 5 fases que reflejan y ordenan los diferentes elementos hallados en las minas:

- » (1) ataque con fuego de los filones minerales para quebrar el mineral;
- » (2) el arranque del mineral mediante picos y martillos de piedras, y cuñas en asta de ciervo;
- » (3) el proceso de concentración del mineral en los morteros con cazoletas;
- » (4) su trituración hasta conseguir un fino polvo en los molinos con pequeñas depresiones alargadas;
- » (5) y su reducción en “*toscas crisoles*” para obtener metal.

No deja de asombrar la claridad de la interpretación ante la parcialidad de los hallazgos contemplados y el momento en que se ésta se acomete. Si nos fijamos, no habla de hornos para la reducción si no que, setenta años antes de la confirmación del uso de vasijas de reducción por S. Rovira (Delibes de Castro et al. 1989), ya afirmaba que el mineral era reducido en “*toscas crisoles*” para obtener metal.

Para la zona que centra este trabajo, los únicos elementos a los que aferrarse son las referencias ambiguas a labores antiguas de L. Siret (1890) y F. Villasante (1892) que ya hemos revisado en el capítulo anterior. Ninguno de los dos mencionó la presencia mazas de minero ni ningún otro elemento que permitiese una acotación del ambiguo término de antiguas.

Las únicas dos referencias a la presencia de percutores macrolíticos en el sudeste peninsular se relacionan con **Cerro Minado** (Huércal-Overa, Almería) (Calvert 1903; García Asensio 1910). De los textos de principios de siglo XX que hablan de las labores antiguas en Cerro Minado, en ningún caso se hace mención a percutores macrolíticos, pero sí en asta de ciervo. Posiblemente, el que esta información se publicara en obras externas al circuito científico de los ingenieros de minas contribuyó a que Cerro Minado y su explotación prehistórica pasara desapercibida hasta la publicación de C. Domergue (1987) a finales de siglo XX.

La decadencia de la minería en la península ibérica a partir del fin de la primera Guerra Mundial supuso la práctica desaparición de nuevos hallazgos en relación a la minería prehistórica. No así de algunos trabajos, eminentemente recopilatorios, como los de J. Serra Vilaró (1920; 1924) y J.C. Serra Ràfols (1924).

Paralelamente a los hallazgos peninsulares, las noticias percutores macrolíticos y labores remotas se sucedieron en casi “*todos los países de los dos hemisferios*” en palabras de E. Cartailhac (1886, pp. 205). A principios del siglo XX, J. Déchelette (1908, p.531), publicó un breve listado con las zonas en las que se tenía constancia de mazas mineras en piedra. Éstas, a parte de las ya comentadas de la península ibérica, incluían Irlanda,

Rusia, Austria y la península del Sinaí, así como otros puntos de América y Asia.

En el contexto europeo sobresalían los descubrimientos en el sudeste de Irlanda, cuyas primeras noticias databan de la época victoriana. Las explotaciones mineras con mazas de piedra eran conocidas como “*Dane’s Mines*” (O’Brien 1998; O’Brien 2003). Aún más antiguas son las referencias a descubrimientos de artefactos mineros en piedra en Gales, que datan de mediados y finales del siglo XVIII. Pero como en la Península, no será hasta mediados del siglo XIX cuando los descubrimientos serán más frecuentes y les será asignada una cronología prehistórica (Timberlake y Craddock 2013).

Liguria es otra zona de la que ya a finales del s. XIX se notificaba la explotación prehistórica de cobre, oro y cinabrio en varias de las minas de la región (Campana et al. 1995, p.153). Las primeras noticias las ofreció F. Y. Brown en 1876, ampliadas por A. Isel en 1879 quien más tarde también descubriría las explotaciones prehistóricas de Saint Véran. También aquí se hallaron herramientas de madera y percutores líticos asociados a labores antiguas. El caso más conocido es el de **Monte Loreto** (Maggi y Pearce 2003; De Pascale 2004) con la explotación de cobre más antigua de Europa Occidental, data a inicios del IV milenio.

Otras localizaciones como **Cabrières** (Vasseur 1911), **Saint Véran** (Barge 2003) o las minas serbias de **Bor** y **Rudna Glava** (Krajnovic et al. 1995) no fueron reconocidas como prehistóricas hasta principios del siglo XX. Fechas bastante tardías dada la entidad de las explotaciones prehistóricas llevadas a cabo.

### **4.3. La minería del cobre del V al III milenio ANE. Estado actual de la investigación.**

Sobre la base que sentaron los pioneros del s. XIX, las investigaciones de la segunda mitad del s. XX, tanto en Europa como en Próximo Oriente, han posibilitado un conocimiento global más definido. Este estudio se centra principalmente en los hallazgos de labores conservadas y herramientas para la extracción del mineral. Los datos arqueometalúrgicos como los isótopos de plomo o análisis químicos se expondrán cuando permitan relacionar la materialidad arqueominera con tipos de minerales o con los asentamientos donde se reducían los minerales. El orden de presentación continua el hilo peninsular del apartado anterior para posteriormente sintetizar los principales referentes de la minería prehistórica en Europa y Próximo Oriente anteriores al II milenio cal ANE.

#### **4.3.1. Minería prehistórica en la península ibérica**

Durante los últimos años han producido un notable incremento de las evidencias mineras prehistóricas del cobre en la península ibérica (Tab. 4.2). Éstas se han sumado a las ya clásicas minas astur-leonesas de El Milagro, El Áramo y La Profunda (de Blas 1989). Cabe suponer la posibilidad de que la explotación industrial en los grandes dis-

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

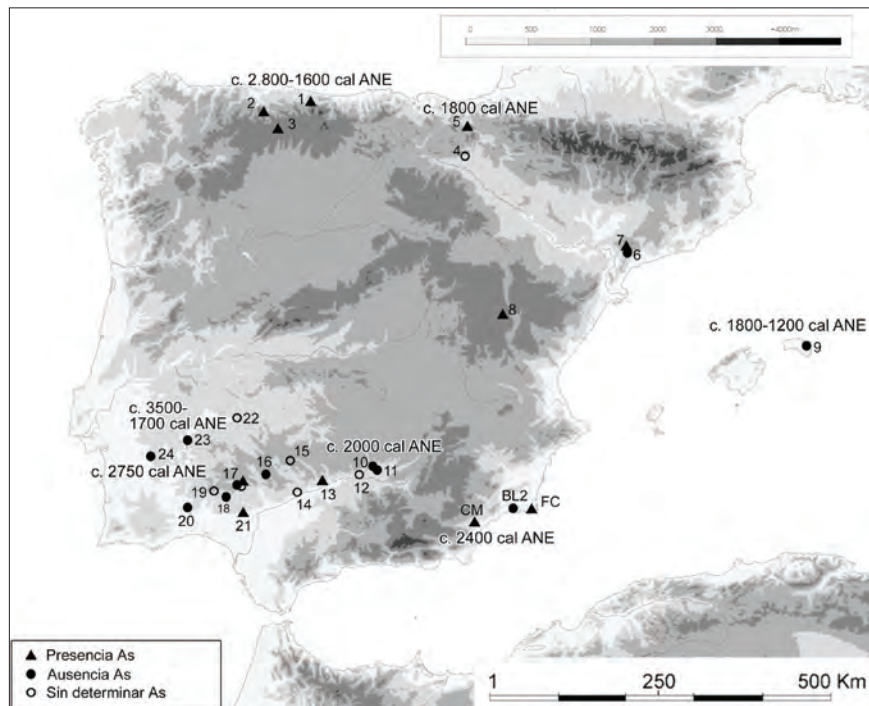


Figura 4.8. Mapa de la península Ibérica con representación de los sitios mineros descritos en el texto. Se representa la datación absoluta aproximada cuando existe datación radiocarbónica. 1: El Milagro; 2: El Áramo; 3: La Profunda; 4: Covacho de los Hombres Verdes; 5: Arritzaga; 6: La Solana del Bepo; 7: Mina Turquesa; 8: Loma de la Tejería; 9: Sa Mitja Lluna; 10: Mina José Martín Palacios; 11: Mina Polígono; 12: Valle del Jándula; 13: Cerro Muriano; 14: Almadenes de Bembézar; 15: La Loba; 16: Cueva de San Francisco; 17: Cala (Mina Dolores, La Sultana y Mina Teuler); 18: Cuchillares; 19: Monte Romero; 20: La Sierrecica; 21: Aznalcóllar; 22: El Berrocal; 23: Mocissos; 24: Monte da Angerinha

tritos mineros haya destruido los minados más antiguos, especialmente en el Sudoeste, pero incluso en estos casos la aparición de mazas de minero en piedra en el siglo XIX ha dado pistas de un origen remoto de muchas labores. Por otro lado, los estudios de procedencia mediante composición química e isótopos de plomo están comenzando a contribuir a la identificación de posibles explotaciones prehistóricas, vinculándolas a asentamientos con metalurgia como en Peñalosa (Baños de la Encina, Jaén) o San Blas (Cheles, Badajoz) (Hunt Ortiz et al. 2007; Hunt et al. 2011)<sup>175</sup>.

A nivel metodológico, los enfoques más prometedores resultan de la combinación de prospecciones, excavaciones arqueológicas y estudios arqueometalúrgicos. En la mayoría de estos casos se han podido documentar labores prehistóricas que hoy configuran un panorama esperanzador (Fig. 4.8). Es de destacar, que gracias a la realización de sondeos y excavaciones arqueológicas, por fin se empieza a disponer de un pequeño corpus de dataciones radiocarbónicas sobre las explotaciones prehistóricas. En conjunto tenemos minería prehistórica de cobre en el sudoeste y Alentejo (Hunt Ortiz 2003; Goldenberg y Hanning 2014), la zona jiennense con sierra Morena (Domergue 1987; Arboledas y Contreras 2010; Arboledas et al. 2014), las islas Baleares (Hunt et al. 2013; Perelló et al. 2013) y el nordeste (Montero Ruiz et al. 2013). A éstos debemos añadir los

175 .

## *Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular El valle del Guadalentín.*

Mina	Localización	Provincia	Distrito	Metal	Horizonte Arqueológico	Método Adscripción Cronológica
Sa Mitja Lluna	Es Grau	Baleares	Baleares	Cu	Campaniforme/Bronce Balear	C14/Cer/TiHe
Arritzaga	Aralar	Guipúzkoa	Montes Vascos	Cu	Calcolítico-Bronce	C14/TiHe/TiLa
Covacho de los Hombres Ver Urbiola		Navarra	Montes Vascos	Cu	Bronce	Cer
Mina Turquesa	Cornudella de Montsant	Taragona	Nordeste	Cu	Calcolítico/Bronce Medio?	TiHe
Solana del Bepo	Uldemolins	Tarragona	Nordeste	Cu	Bronce?	TiHe/IPb
Loma de la Tejería	Albarracín	Teruel	Nordeste	Cu	Campaniforme	Poblado cercano
El Aramo	Riosa	Asturias	Noroeste	Cu	Calcolítico	C14/TiHe
El Milagro	Cangas de Onís	Asturias	Noroeste	Cu	Calcolítico	C14/TiHe
La Profunda	Cármenes	León	Noroeste	Cu	Calcolítico	C14/TiHe
Berrocal	Mérida	Badajoz	Sierra Morena	Cu	Calcolítico	Cer/TiLa/TiHe
Almadenes de Bembézar	Hornachuelos	Córdoba	Sierra Morena	Cu	Edad del Bronce	Cer
Cerro Muriano-Mina 2	Córdoba	Córdoba	Sierra Morena	Cu	Calcolítico?	TiHe
La Loba	Fuente Ovejuna	Córdoba	Sierra Morena	Cu/Pb	Campaniforme/Bronce?/Romano	Cer
El Polígono	Baños de la Encina	Jaén	Sierra Morena	Cu	Calcolítico/Bronce Antiguo	IPb/VR/SLX
Jándula	Andújar	Jaén	Sierra Morena	Cu	Bronce Antiguo o Medio	TiHe/TiLa
José Martín Palacios	Baños de la Encina	Jaén	Sierra Morena	Cu	Calcolítico/Bronce Antiguo	IPb/C14
Cerro Minado	Huércal-Overa	Almería	Sureste	Cu	Campaniforme	C14/Cer/TiHe
Balsicas	Mazarrón	Murcia	Sureste	Cu	Prehistoria/Calcolítico?	TiHe
Filón Consuelo	Escombreras	Murcia	Sureste	Cu	Prehistoria/Calcolítico?	TiHe
Monte da Angerina	Aguilar	Alentejo	Suroeste	Cu	Calcolítico	C14
Mocissos	Alandroal	Évora	Suroeste	Cu	Calcolítico	C14
Cala	Cala	Huelva	Suroeste	Cu	Calcolítico?/Edad del Bronce?	IPb
La Sultana	Cala	Huelva	Suroeste	Cu	Calcolítico?/Edad del Bronce?	IPb
Los Dolores	Cala	Huelva	Suroeste	Cu	Calcolítico?/Edad del Bronce?	IPb
Cuchillares	Campofrío	Huelva	Suroeste	Cu	Calcolítico?	TiHe
Monte Romero	Almonaster la Real	Huelva	Suroeste	Cu	Calcolítico	TiHe/TiLa
Sierrecilla	La Puebla de Guzmán	Huelva	Suroeste	Cu	Calcolítico/Bronce	TiHe
Teuler	Santa Olalla del Cala	Huelva	Suroeste	Cu	Calcolítico?	TiHe
Aznalcóllar	Aznalcóllar	Sevilla	Suroeste	Cu	Calcolítica?	IPb
Potosí/Cueva de San Francis	Guadalcanal	Sevilla	Suroeste	Cu	Calcolítico	Cer/TiHe
Pozo Rico / Guadalcanal	Guadalcanal	Sevilla	Suroeste	Cu/Pb	Bronce Antiguo o Medio	Cer
Aljustrel	Beja	Sur Portugal	Suroeste	Cu	Calcolítico?/Campaniforme?	

Tabla 4.2. Principales minas a las que se atribuye una cronología del III y II milenio cal ANE y que revisamos en el texto. Leyenda del método de adscripción cronológica: C14, datación radiocarbónica; Cer, tipología cerámica; TiHe, tipología herramientas; TiLa, tipología labores; IPb, Isótopos de plomo; VR, vasija de reducción de cobre, SLX, sílex. La bibliografía referente a cada mina puede consultarse en el la descripción del texto.

avances que se han realizado en el Sudeste en el marco de nuestras prospecciones, y que ya han sido expuestas en el capítulo 3.

La revisión que encaramos en este capítulo se realiza para ilustrar la diversidad de explotaciones y herramientas que están funcionando durante el III milenio ANE. Esta diversidad no es arbitraria si no que sigue una serie de pautas íntimamente relacionadas con el contexto geológico, metalogenético y arqueológico en el que se insieren las explotaciones mineras.

### 4.3.1.1. Minería no metálica

La minería prehistórica no metálica es una excelente fuente de información ya que, a diferencia de la minería metálica, raramente ha tenido una explotación posterior de envergadura. Ello facilita la adscripción cronológica de los útiles utilizados. Aunque la extracción y arranque de materia primera como el sílex se ha documentado extensivamente, son pocos los casos en que podemos hablar de verdaderas explotaciones mineras. La diversidad de los sistemas de arranque es elevada, mostrando un gran conocimiento del subsuelo y la forma de acceder a los minerales y rocas explotados.

En la mina de sílex de **Casa Montero** (Vicálvaro, Madrid), datada en la segunda mitad del VI milenio cal ANE, se excavaron 3800 pozos verticales, algunos con más de 7 metros de profundidad. Despierta nuestro interés el completo estudio del registro de percutores líticos. Gracias a él podemos distinguir en que parte del proceso participaba cada uno. La mayoría de útiles percusivos eran cantos rodados de cuarcita no modificados, procedentes de las cercanas terrazas del río Jarama, a menos de 1 km de la mina. En cuanto a los percutores relacionados con las tareas de arranque (Capote 2011, fig.2A-E) muchos de ellos presentan doble superficie activa y fueron empleadas con gran fuerza sobre elementos pasivos muy duros. Por el contrario, ninguno presenta signos de preparación previa del soporte para el enmangue (Capote 2011).

Algo más tardías son las minas de variscita, que surtieron de cuentas de collar a amplios territorios coincidiendo con las intensas redes de circulación del final del Neolítico y del Calcolítico. En **Pico Centeno** (Encinasola, Huelva) (Odriozola et al. 2010; Linares Canela y Odriozola Lloret 2011; Odriozola y Villalobos-García 2015), la minería de variscita se solapa cronológicamente con la primera minería del cobre en la zona, aportando así paralelos utilizados por comunidades mineras próximas en el tiempo y el espacio<sup>176</sup>. Por la presencia de ornamentos de variscita en contextos arqueológicos, se ha datado la principal explotación de la mina entre finales del IV milenio y el segundo tercio del III milenio cal ANE.

La explotación presenta tres trincheras de dimensiones importantes. Dos de ellas tienen 18 m de largo por 8 de anchura, con una profundidad entre los 2,5 y 4 m. La tercera trinchera, algo más pequeña tiene 10 m de largo por 6 m de anchura y 1,75 m de profundidad. Las tres son trincheras de cierta entidad, muy anchas por el tipo de mineralización de la variscita y que evidencian la extracción de más de 1000 m<sup>3</sup> de roca. Estas trincheras se han puesto en relación con todo un conjunto de afloramientos explotados superficialmente con presencia de percutores macrolíticos. Los percutores de Pico Centeno son cantos de rambla en cuarcita que no presentan preparación previa para el enmangue (Odriozola Lloret et al. 2009, fig.3). Entre las morfologías se han recuperado mazas y picos con retoque por talla en la superficie activa.

El caso más conocido y espectacular de minería no metálica en la península ibérica son las minas de variscita de **Can Tintorer** (Gavà, Barcelona). Su explotación empieza avanzado el V milenio cal ANE y perdura hasta mediados el IV milenio cal ANE (Bosch et al. 1996; Blasco et al. 2000). El sistema de explotación dominante se define como grupos entramados de galerías con cámaras a los que se accede mediante pozos que atraviesan las capas superiores de arcilla y caliche. Los entramados de galerías alcanzaban hasta 15 metros de profundidad. De forma menos habitual también se documentan pozos de los que únicamente parte una corta y estrecha galería de entre 5 y 10 metros de largo (Bosch Argilagós et al. 2015). Los percutores no presentan acanaladuras, aunque

---

176 Véase la mina de Mocissos (*infra*).

a veces pueden tener entalles piqueteados o rebajes poco marcados. Como roca se priorizó el uso de corneana para los picos i mazas. En esta mina, el cuarzo se utilizaba en artefactos menores como los pequeños percutores manuales (Clop y Álvarez; Bosch et al. 1996, p.64).

#### 4.3.1.2. Cordillera Cantábrica

Las minas astur-leonesas de El Milagro, las de la sierra del Áramo y las de La Profunda son las mejor conservadas de toda la Península. Pese a que sufrieron intensas reexplotaciones modernas, la documentación antigua elaborada por los propios ingenieros y la profundidad alcanzada por la explotación prehistórica han permitido restituir de forma precisa su laboreo prehistórico. A parte de las tres minas que han centrado los estudios posteriores y que trataremos aquí, en la zona astur-leonesa hay registrado un grupo de minas más numeroso con explotación prehistórica (de Blas 1989, p.143 y fig. 1).

La mina de **El Milagro**<sup>177</sup> (Onís, Asturias) se explotó interrumidamente entre el 2700 y el 1600 cal ANE (de Blas 2007b, fig.14). El proceso de laboreo se centró primero en el vaciado de las arcillas ricas en hidrocarbonatos de cobre, que formaban bolsadas verticales, para después atacar el mineral en la veta encajada en las dolomías mediante el ataque con fuego, percusión y presión.

De las varias labores originales que se desescombraron solo se conserva uno de los grandes alvéolos con pilar central (de Blas y Suárez Fernández 2010, fig.2). Estos alvéolos, situados en la parte inferior del relleno arcilloso, se concretaban como la entrada a pequeñas galerías verticales de menos de 10 metros de profundidad (de Blas y Suárez Fernández 2010, p.50), tratándose de explotaciones independientes entre sí.

En cuanto al instrumental empleado (Fig. 4.9) se distinguen tres naturalezas, cada una con sus propias tecnomorfologías. En primer lugar los percutores líticos ya descritos por G. Schulz y C. de Prado. Todos ellos son cantos de cuarcita, cuidadosamente seleccionados según su futuro uso y proceden de un lecho fluvial cercano, a unos 700 metros a vuelo de pájaro de las labores (de Blas y Suárez Fernández 2010, p.67). Los percutores de peso medio (<6 kg) presentan ranura y comparten litología. Un ejemplar presenta una

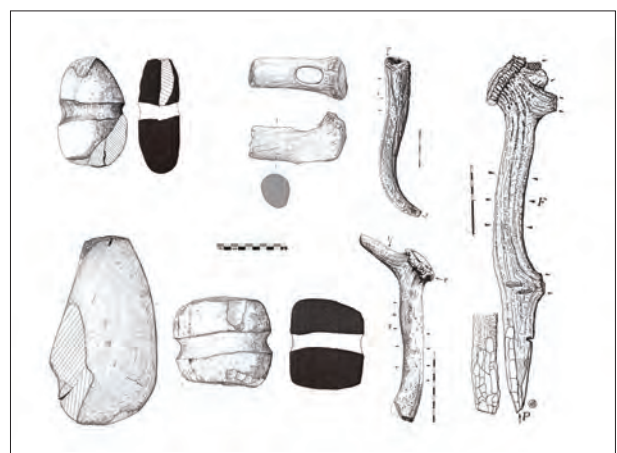


Figura 4.9. Selección de herramientas a la misma escala en piedra y en asta de El Milagro (Modificado de de Blas, 2007, fig. 7 a 11).

<sup>177</sup> Posteriormente concesión Consuelo.



concauidad en una de sus caras que se ha interpretado como un hueco para triturar mineral, como vemos también en el Áramo (de Blas 2007b, pp.741-2). Los grandes percutores no presentan ranuras aunque sí que en uno de ellos se le practicaron algunas muescas para fijar las cuerdas (de Blas 2007b, fig.12; de Blas y Suárez Fernández 2010, fig.3).

Más variada es la representación en utillaje de ciervo, del que se han identificado punterolas, picos-palanca y martillos con un orificio para enmangue. Repartidos por varias instituciones y museos, el estudio de este utillaje ha permitido identificar un elaborado trabajo de selección y preparación. También se ha reconocido su reciclaje ante las constantes roturas de las piezas. Aproximadamente se conservan una docena de artefactos en esta materia pero en un principio debieron ser bastantes más.

El tercer tipo de material encontrado en El Milagro responde a las hachas metálicas. Dos hachas planas con diferente morfología fueron encontradas en el interior de las labores. Ambas presentan unas medidas extraordinarias de 15 y 17 cm de longitud. La primera es un cobre arsenical cuya adscripción tipológica lo sitúa entre el final del Calcolítico y el Bronce Inicial. La segunda, con los laterales convexos y el filo cóncavo, es un bronce con 8,21 % de estaño (de Blas 2007b, p.744 y fig. 13). Tanto por su tipología como composición química se adscribe al final del Bronce Inicial o Medio. El estudio de las marcas de uso las vincula con el corte de leña relacionado con la explotación minera. En cuanto a los esqueletos hallados (un mínimo de cuatro) es posible que fueran fruto de sepulturas intencionadas dado que se encontraron en oquedades no colapsadas (De Blas 2010, p.128).

La principal mineralización explotada durante la prehistoria fueron los carbonatos de cobre, aunque también puede encontrarse crisocola, calcosina, menas primarias de cobres grises, calcopirita y bornita (de Blas 2007b, p.725).

Las **Minas del Áramo** (Riosa, Asturias), cuyo nombre original, Campa las Mines, se está intentando recuperar (de Blas Cortina 2014), repiten los patrones que hemos visto en El Milagro pero a mayor escala (de Blas 2007a). Cuentan con una red de 850 m de galerías en las dolomías y de conductos kársticos rellenos de arcilla siderolítica mineralizada (de Blas y Suárez Fernández 2010, p.57). Las galerías explotaron cuatro filones, distribuyéndose en una superficie de 18.750 m<sup>2</sup> (Fig. 4.10). La profundidad máxima alcanzada, en

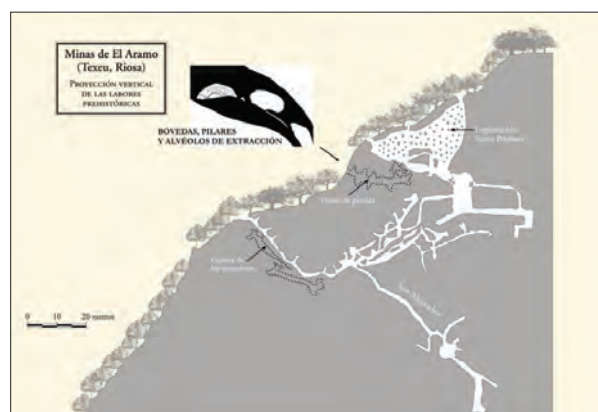


Figura 4.10. Representación en sección de la red de galerías de El Áramo, con detalle de los alvéolos del Punto de Partida (de Blas y Suárez Fernández, 2010, fig. 8)

el Filón San Alejandro, se estima en 150 m bajo la superficie de la cima de la montaña. Como la entrada a las labores se efectuaba probablemente en la zona de El Muro, a tenor de la presencia de cavidades kársticas mineralizadas, el desnivel máximo de estas no superó los 60 metros. En total se calcula que se extrajeron 12.600 m<sup>3</sup> de roca que permitirían obtener 87.500 kg de cobre metal (de Blas Cortina 2014, p.52).

El sistema de arranque se adaptaba al tipo de roca encajante. A. Dory (1893) documentó cinco procedimientos diferenciados de beneficio del mineral. Pequeñas extracciones mediante entalladuras en la roca, grandes muescas circulares para extraer fragmentos de roca de gran tamaño, el ataque con fuego y el arranque posterior con mazas y cuñas y la extracción de mineral atrapado en la masa arcillosa mediante las propias manos, con millares de digitaciones conservadas en la matriz arcillosa (Dory 1893, 361-362).

El ataque con fuego fue posible incluso en zonas bastante interiores, gracias al sistema karstificado encajante. Al aprovechar las corrientes ascendentes de aire caliente se generaba una ventilación natural que evacuaba el humo.

Para evitar derrumbes de la bóveda, durante el avance de las labores se dejaron pilares con arco rebajado que se conservan mejor que en El Milagro, estos pilares también servirían para que los mineros tuvieran puntos de agarre en los tramos más inclinados. En el Punto de Partida se ha conservado un testimonio excepcional de esta técnica. Esta zona es una de las últimas en ser trabajadas por los mineros prehistóricos, en la primera mitad del II milenio cal ANE. Dada la inclinación del filón y, por ende, de las labores, se sujetaban con cuerdas atadas a estos pilares que aún conservan marcas del rozamiento de las mismas. En algunos puntos se practicaron ojales en la roca para atar los cordajes (de Blas y Suárez Fernández 2010, fig.16; De Blas 2011, p.119).

El registro de implementos mineros prehistóricos del Áramo (Fig. 4.11) completa el catálogo visto en El Milagro. La localización de las labores, y la dificultad de aprovisionarse de cauces fluviales cercanos, repercuten aquí en una mayor heterogeneidad y menor calidad de la litología de los percutores que en El Milagro. Entre el centenar de cantos fluviales utilizados como percutores se han podido documentar dos litologías, cuarcitas y areniscas. Las cuarcitas presentan, por lo general, una mayor y más esmerada preparación del soporte (de Blas y Suárez Fernández 2010, p.68; de Blas Cortina 2014).

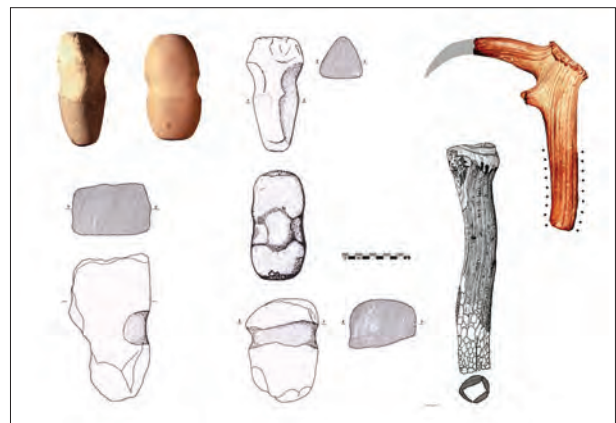


Figura 4.11. Artefactos en piedra y en asta de El Áramo (Modificado a partir de (De Blas, 2008, fig. 7; de Blas y Suárez Fernández, 2010, fig. 23 y 30)

Entre los percutores, cabe resaltar algunos elementos significativos. En primer lugar, el registro tanto de lo que presentan ranura como sin ella es más abundante (Dory 1893, p.336), completando una variedad que ha sido ordenada en 12 grupos (de Blas Cortina 2014). Su diversidad responde tanto a parámetros funcionales como litológicos. Hay cantos sin modificaciones o con talla bifacial, formas ovoides con muescas laterales o acanaladura perimetral, piezas de cuerpo prismático y muescas angulares, cantos regulares con huellas bipolares de percusión y cubetas en una de sus caras. Además, en las galerías aparecen trituradores manuales de cuarcita de pequeño tamaño y superficie activa plana que no aparecen en El Milagro (de Blas y Suárez Fernández 2010, p.68 y fig. 25; de Blas Cortina 2014, pp.63-4). En fin, en las labores del siglo XIX también se recogieron grandes percutores, de más de 9 kg de peso, cuyo uso solo es factible mediante el sistema de eslinga o con soporte.

Las astas son, por su robustez, tenacidad y elasticidad, las herramientas más eficaces para su uso como palancas, cuñas o picos, pero a su vez requieren una inversión de tiempo considerable en su preparación (de Blas y Suárez Fernández 2010, pp.70-3). El estudio de las abundantes herramientas en asta indica una preferencia por las cornamentas de muda, más resistentes a la fractura, que serían recolectadas durante los meses de enero y febrero. Por su lado, las astas de sacrificio se conseguirían a finales de junio, cuando están más desarrolladas en los individuos adultos. Estas últimas, ausentes en el Áramo, serían necesarias para la fabricación de martillos en los que el pedúnculo craneal es la zona de impacto (de Blas 1992, p.65).

Otro aspecto diferencial del Áramo es la presencia de metalurgia en los exteriores de las labores. A. Dory documentó en su momento crisoles poco profundos y de 20 cm de diámetro fabricados en arcilla refractaria con granos de cuarzo blanco pulverizado. En su interior contenían fragmentos de mena incompletamente fundida (Dory 1893, p.362). Además cita la presencia de escorias perfectamente homogéneas que atribuye a un momento posterior. Parece razonable que estos crisoles sean contenedores donde se reducían los minerales. Tanto el diámetro como la poca profundidad de las paredes coinciden con lo que se observa en la metalurgia calcolítica peninsular (Nocete Calvo et al. 2004, fig.13.22). En cuanto a las escorias, la vaga descripción de A. Dory hace sugerir, más que afirmar, que se trate de escorias de sangrado y, por lo tanto posteriores a la explotación prehistórica.

Esta metalurgia, pero sin escorias ni vasijas de reducción, ha sido confirmada y datada en las recientes excavaciones efectuadas en el exterior de la mina (de Blas Cortina et al. 2013; de Blas Cortina 2014; Blas Cortina y Rodríguez Del Cueto 2015). El subsuelo exterior, muy arrasado por las actividades modernas y lo agreste del terreno, ha conservado una serie de cubetas con diversas funcionalidades que cubren todo el rango temporal de explotación de la mina. Entre ellas destacan las denominadas hornillos, de 40 por 30 cm de diámetro y una intensa rubefacción del sustrato arcilloso. La presencia en ellos de restos de mineral de cobre y lo ponen en relación con la reducción de minerales (de

Blas Cortina et al. 2013, p.182). La datación de una de estas estructuras sitúa su uso entre 1890-1730 cal ANE<sup>178</sup>.

Entre los trabajos modernos y las campañas arqueológicas recientes se recuperaron entre 22 y 29 individuos humanos en las explotaciones prehistóricas. Según M. de Blas todos ellos fueron amortizados como ofrendas a la mina o como lugar de enterramiento (de Blas 2010, p. 134).

El mineral explotado se asocia a un depósito cobre-níquel-cobalto (Cu-Co-Ni) con una mineralización primaria compleja (Fernández Gutiérrez 2004)<sup>179</sup>. Tiene tres estadios sucesivos dominados por los sulfoarseniuros de cobre en la parte inferior, tennantita y esfalerita por encima y una última zona de mineralización primaria con calcopirita, bornita y una importante representación de minerales supergénicos como covellina o calcosina. Por encima encontramos la zona de oxidación con cobre nativo, cuprita, azurita, malaquita y olivenita, entre otros<sup>180</sup>. Por A. Dory sabemos que en la entrada de las minas se encontraba un óxido negro extremadamente rico en cobre (posiblemente tenorita), mientras que a mayor profundidad aparecía malaquita, azurita y cuprita.

Existe una temprana publicación de la composición elemental de cuatro malaquitas (de Blas 1992, p.62 y fig. 5) con presencia de arsénico en todas ellas, pero con concentraciones relativamente bajas (0,2 a 2,4 %). El hierro también es variable y las impurezas principales son el níquel y el cobalto (1-3 %). En los análisis se detectó en menor grado la presencia de antimonio y cinc que forman las principales impurezas de la mineralización (de Blas 1992, fig.5; De Blas 2008, p.54; de Blas y Suárez Fernández 2010, p.79).

Las labores de **La Profunda** (Cármenes, León) son las que menos atención han generado de las tres y solo recientemente se han publicado algunos estudios específicos de las mismas (Matías Rodrigo et al. 2000; de Blas y Suárez Fernández 2009; Huelga-Suarez et al. 2014). Ello se debe, en parte, a la creencia de que las labores modernas habían destruido completamente los vestigios arqueológicos. Una creencia refutada tras los recientes trabajos de reconocimiento (Matías Rodrigo et al. 2000).

En La Profunda el tipo de explotación se asemeja a lo visto anteriormente. La base es adaptarse a la morfología local de la mineralización. En este caso se trata de una gran bolsada de mineral de 20 x 25 metros diámetro y 180 metros de profundidad que rellena una karstificación en la caliza. Esta bolsada se mostraba a través de una calicata denominada La Cueva, fruto de las labores antiguas, y actualmente derrumbada. El hecho de que el principal testigo de la explotación prehistórica sea una galería de 30 metros que transcurre por encima de la gran bolsada, hace suponer que esta se puso

---

178 Ua-39329: 3474±34 BP.

179 <http://www.mindat.org/loc-68180.html>

180 Muy probablemente todos los minerales de cobre de la mina contengan arsénico en mayor o menor medida.

de manifiesto tras las labores primigenias, no siendo visible en un principio (Matías Rodrigo et al. 2000, p.121). En este caso, la primera explotación de la mina consistió en el aprovechamiento de las masas de mineral del macizo rocoso, dejando, como en el Áramo, pilares con arco para el sostenimiento del techo. Dada la irregularidad del filón las labores son extremadamente variables, con zonas angostas y otras en las que se formaron cámaras cuyo volumen supera los 100 m<sup>3</sup>. Estas cámaras se encuentran a distintos niveles por lo que las galerías hubieron de tener una extensión considerable. A partir de la información del siglo XIX se ha podido estimar que la profundidad alcanzada durante el laboreo prehistórico fue como mínimo de 36 m.

En cuanto a las herramientas localizadas, contamos con una colección exigua comparada con las dos minas anteriores. No obstante, el registro material es completo teniendo constancia de percutores líticos, herramientas en asta y útiles metálicos.

La litología de los percutores, cantos rodados de lecho fluvial, es principalmente la cuarcita, aunque también encontramos grauwacas y areniscas como en el Áramo. Los depósitos fluviales más cercanos, sugeridos como lugar de abastecimiento, están a dos kilómetros de la mina. La presencia de entalles y ranuras es constante, aunque no exclusiva. Éstas se efectúan sobre las aristas de la roca y no a lo largo de todo su cuerpo. Funcionalmente hay documentados picos, mazas y agujas o cuñas (Matías Rodrigo et al. 2000, p.123).

La mina de La Profunda se distingue por los útiles metálicos que ha deparado. Entre ellos destaca un extraño objeto de difícil adscripción, que por las marcas de uso que presenta parece que fue utilizado como cuña (de Blas y Suárez Fernández 2009, pp.8-9). Además de éste, también se conoce el hallazgo de tres hachas metálicas actualmente desaparecidas (de Blas y Suárez Fernández 2009, p.9).

No se conocían herramientas en materia orgánica hasta que, en 2006, se descubrieron por casualidad varias piezas expuestas en las vitrinas del Museo Geominero del IGME en Madrid (de Blas y Suárez Fernández 2009, pp.10-1). Las indagaciones posteriores permitieron identificar un pico-palanca en asta de ciervo reutilizado como percutor, un útil de trabajo indeterminado, también en asta de ciervo, un posible cincel en tibia de ciervo y un cuerno de cabra parecido a una cuña de cuerno de cabra del Áramo<sup>181</sup> (de Blas y Suárez Fernández 2009, pp.11-3). La datación de estos útiles orgánicos ha permitido situar cronológicamente las labores de La Profunda en momentos sincrónicos a las de El Áramo y el Milagro, al menos durante el período entre 2700-2300 cal ANE (de Blas y Suárez Fernández 2009, p.15).

---

181 La misma función se le ha dado a los cuernos de cabra de Saint-Véran a partir de las trazas de uso (*infra*).

Poco sabemos de los minerales explotados por los prehistóricos y su metalogena<sup>182</sup>. Seguramente centraron su atención en los carbonatos y arseniatos de las zonas superiores, aunque la profundidad alcanzada indica que también beneficiaron el mineral primario que se compone de calcopirita, bornita, tennantita y sulfoarseniuros de cobalto y níquel.

#### 4.3.1.3. Montes Vascos

Hacia el este, hay otra posible mina prehistórica en Urbiola (Navarra). Conocida como la **Cueva o Covacho de los Hombres Verdes** es una pequeña galería o grieta natural dada a conocer a mediados del s. XX por J. Maluquer de Motes (1962). En ella se descubrió una inhumación múltiple después de un intento de explotación moderna de la mineralización. El estudio de la inhumación focalizó toda la atención (Fusté Ara 1982), desdeñándose los elementos que permitirían determinar la explotación minera de la cavidad. La cronología de las inhumaciones se adscribe al Bronce Final (Martín-Bueno y Pérez Arrondo 1989, p.168) y la posible explotación del mineral a un momento anterior indeterminado.

La única evidencia de minería en este caso es la existencia de una galería mineralizada de cobre de 3,5 metros de largo con una altura variable entre 1,5 y 2,5 metros (Maluquer de Motes 1962, fig.1). Durante la excavación de la “cripta”, ubicada al fondo de la galería, únicamente se recuperaron fragmentos cerámicos del ajuar sin que se dieran noticias de artefactos vinculados a la extracción de mineral. En cuanto al mineral sabemos que hay carbonataciones del filón, pero sin conocer la naturaleza del propio filón.

En base a la escasa información disponible, no podemos descartar la posibilidad de que se trate de una cueva o brechificación natural de la roca, aunque es más probable que, efectivamente, sea una pequeña galería minera, cuyo uso prehistórico sería *ante quem* a la inhumación. Por otro lado, los materiales recuperados y publicados en su momento por J. Maluquer de Motes (1962) podrían pertenecer también al Bronce Pleno dada la tipología de las cerámicas. Como el mismo autor sugiere, es posible que hubiera sido reutilizado en diferentes momentos.

La minería prehistórica si se ha confirmado en **Arritzaga** (Aralar, País Vasco) (Urteaga et al. 2010). Aunque posiblemente la explotación se desarrollara en varios de los minados, donde se incluyen pozos, trincheras y galerías, es en el sitio ARR21 donde se ha podido confirmar una explotación durante la prehistoria reciente.

ARR21 identifica una galería de 74 m de longitud que va vaciando un filón de 20 cm

---

182 En Mindat.org aparecen como de La Profunda arseniatos como la conicalcita, la tirolita  $\text{CaCu}_5(\text{AsO}_4)_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_4 \cdot 6(\text{H}_2\text{O})$  y la radioactiva zeunerita  $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , entre otros minerales (<http://www.mindat.org/loc-122507.html>). La presencia de la zeunerita en La Profunda encaja con la existencia de plomo radiogénico tras los análisis de isótopos de plomo (Huelga-Suarez et al. 2012).

de potencia que aún se conserva en el techo. La galería principal, de trazado irregular, presenta varias aperturas laterales rellenas con los estériles antiguos. Su configuración y morfología recuerda lo visto en las minas del Áramo<sup>183</sup>. En algunos tramos se conservan evidencias de ataque con fuego en sus paredes, con restos de carbón que han sido datados en el Bronce Medio en la base. Más allá de esta galería, la explotación prehistórica ha sido documentada en algunos afloramientos superficiales y es muy probable en las arcillas siderolíticas que rellenan las dolomías karstificadas excavadas mediante trinchera.

Se trata de una mineralización estratiforme<sup>184</sup>, que rellena las superficies tectonizadas. La mineralización primaria consiste en pirita de grano fino y calcopirita en masas, que oxida a malaquita y óxidos de hierro. Como hemos dicho, en las arcillas siderolíticas aparecen nódulos de cobre de tamaño considerable y de buena calidad.

Entre los materiales recuperados se citan un pico en asta de ciervo, un omoplato de bóvido y percutores de los que no se especifica ni su litología, ni su tecnomorfología (Urteaga et al. 2010, p.22).

El conjunto minero de Arritzaga presenta una explotación muy dilatada en el tiempo, que además de la prehistórica, incluye minados romanos, de la Edad Media y modernos. La minería prehistórica se ha conseguido datar radiocarbónicamente en la galería ARR21 durante el Bronce Medio (ca. 1600-1400 cal ANE)<sup>185</sup>, aunque la presencia de asta de ciervo y algunos materiales cerámicos del exterior sugieren una explotación previa. La minería en Arritzaga también estuvo activa durante el Bronce Final-Hierro Antiguo (ca. 930-810 cal ANE)<sup>186</sup>. Así lo indica la datación radiocarbónica de campamento minero<sup>187</sup> cercano a extracciones de mineral al aire libre.

Se han analizado 4 muestras de minerales sin que se especifique ni la técnica ni la preparación de las muestras. Por los bajos contenidos en cobre creemos que han sido analizados según los parámetros de la minería moderna, posiblemente con espectrometría atómica y sin concentración ni selección previa. Muestran un mineral de base férrica en el que el cobre aparece como accesorio, alcanzando un máximo del 15 % en valores sin normalizar, en las arcillas kársticas de las trincheras superficiales. Estos valores se equiparan con los obtenidos en otras minas prehistóricas del noroeste como las del Áramo. El arsénico sigue patrones diferentes al cobre, enriqueciéndose en los minerales

---

183 Además de la publicación citada existe un documental, *El cobre de los vascos* (<http://www.amezke-ta.eus/>) donde se resiguen los principales hallazgos prehistóricos. El mismo documental también muestra imágenes del Covacho de los Hombres Verdes.

184 <https://mti-minas-euskadi.blogspot.com.es/2007/05/nombre-minas-de-aralar-paraje-valle-de.html>

185 Ua-41239: 3181±33 y UA-41240:3245±33. Datación de carbones en la base de paredes pulidas por arranque por fuego.

186 Ua-37188: 2730±30.

187 En el campamento se recuperaron minerales de cobre, pequeños fragmentos de escorias y otros ajueres adscritos tipológicamente al Calcolítico y la Edad del Hierro.

con menos cobre. Su concentración es destacada en la muestra procedente de la galería ARR21, donde aparecen los percutores líticos y en asta de ciervo. Su concentración superior al 1 % en la mayoría de muestras indica la posible presencia de arseniatos en las partes oxidadas y sulfoarseniuros en la mineralización primaria. De las impurezas el antimonio y el estaño son las más destacadas, superando el primero las 1000 ppm en algunas muestras. (Urteaga et al. 2010, p.25).

#### 4.3.1.4. El Nordeste

Las primeras noticias de minería prehistórica en el nordeste son las ofrecidas por Serra Vilaró sobre el Forat de la Tuta (Riner, Lleida). Recientemente se ha identificado como una tumba de metalúrgico, descartando su vinculación con la mineralización de cobre en la que se encuentra (Soriano Llopis 2011). A parte de esta referencia, J. Serra-Ràfols (1924, pp.181-2) menciona un par de registros cuya adscripción a la minería del cobre también es dudosa (Rafel et al. 2016).

Mucho más consistentes son las evidencias de la **Solana del Bepo** (Ulldemolins, Tarragona) (Vilaseca y Vilaseca 1957; Genera 2011; Rafel et al. 2016) dadas a conocer por S. y L. Vilaseca (1957). Éste las vinculaba a la ocupación de la cercana Coveta de l'Heura, donde aparecían algunos restos de metalurgia extractiva. De las labores de la Solana del Bepo únicamente conocemos una extensa colección de percutores líticos y recientemente la composición química e isotópica de sus minerales (Rafel et al. 2016).

Ya en tiempos del descubrimiento de los útiles, la explotación minera estaba completamente colmatada debido a aterrazamientos agrícolas. En consecuencia, se desconoce el tipo de explotación que se practicó. Por el terreno en que se asienta se sugiere una explotación en trinchera (Rovira et al. 2013). La enorme cantidad de herramientas descubiertas en una limitada prospección (sobre una mina que está completamente colmatada) y el hecho de que la mayoría presenta una cuidada preparación del soporte, son indicadores de una explotación minera especializada de considerable entidad.

La gran mayoría de los 81 artefactos recuperados son picos apuntados. Entre el resto de artefactos encontramos una amplia diversidad que incluye picos de punta biselada, percutores para el trabajo de la piedra, una posible hacha o azuela, y siete artefactos abrasivos. El sistema de enmangamiento principal es la ranura y el entalle, en ocasiones también presentan ranura distal (en forma de "T") y muchos de ellos parecen haber sido reparados y reaprovechados. Este reciclaje no impide una intensa preparación previa del soporte, independientemente del tipo de litología utilizada y de la cercanía de la materia prima. Las dos principales litologías son clastos fluviales de corneana y rocas graníticas. Las rocas de litologías análogas pero de cantera tienen una importancia secundaria (Rafel et al. 2016).

El tipo de útiles representado tiene pocas equivalencias en la península ibérica. Las



más parecidas son un pequeño grupo de percutores descontextualizados de La Marina (Asturias), quizás asociados a la ocupación castreña de los inicios de la Edad del Hierro (Álvarez Martínez y Pajares 2011). Otros posibles comparaciones pueden establecerse con los útiles del Piconcillo (Fuente Ovejuna, Córdoba), publicados por C. Domergue (1990, lám. XV- a2) y donde el beneficio de plomo situaría la explotación en una cronología orientalizante con una importante re-explotación romana republicana (Hunt Ortiz 2003, p.134). Otro posible paralelo lo encontramos en las minas de cobre La Preciosa (Peñaflor, Sevilla), que tampoco nos aportan un marco cronológico claro pese a la presencia de restos humanos en su interior (Hunt Ortiz 2003, p.67).



Figura 4.12. Percutor recuperado durante la excavación de la mina La Turquesa (Rafel et al., 2014, lám. 3)

En la **Mina de Mas de las Moreras o La Turquesa** (Cornudella de Montsant, Tarragona) (Soriano et al.; Rovira et al. 2013; Montero Ruiz et al. 2013; Rafel et al. 2014), la explotación prehistórica, alterada por labores mineras de época moderna-contemporánea, se concentró en los afloramientos de la parte alta del cerro. La explotación reciente también intentó el aprovechamiento de minerales en profundidad labrando una galería en la base del cerro sin que se hayan observado trazas prehistóricas en ella.

En la cúspide, se realizó un ataque a cielo abierto en el afloramiento rocoso del filón. En un momento indeterminado posterior se excavaron dos pozos cuando la mineralización penetra bajo tierra.

Aunque la presencia de artefactos mineros en la colmatación del pozo es abundante, la presencia de material cerámico reciente junto al prehistórico no permite esclarecer si la labor del pozo es prehistórica. Dada la poca entidad del afloramiento superficial y el importante número de artefactos, la hipótesis más probable es que los pozos empezaran a explotarse durante la prehistoria y fueran alterados en época moderna (Rafel et al. 2014).

Durante las excavaciones se han recuperado 75 útiles macrolíticos entre los que encontramos picos, percutores y artefactos con doble funcionalidad. La litología es variada aunque la gran mayoría de artefactos se realizaron a partir de rocas ígneas de tipo granítico y porfídico. Únicamente dos artefactos presentan modificación del soporte (Fig. 4.12), con sistemas de rebaje tanto longitudinal como lateral al eje del artefacto en la línea de algunos picos prismáticos de la Solana del Bepo (Soriano et al.).

La singularidad de los artefactos documentados en la mina, la ausencia de materiales diagnósticos o dataciones radiocarbónicas y de paralelos en los asentamientos de la zona impide ajustar una cronología para la explotación prehistórica. Únicamente con-

tamos con referencias indirectas de su posible explotación durante el Calcolítico por la consistencia de su campo isotópico con algunos artefactos calcolíticos del nordeste (Rafel et al. 2014)<sup>188</sup>. En todo caso es el testimonio más firme de explotación minera prehistórica del nordeste.

Los estudios químicos de los minerales informan que esta es la única mineralización de la zona con presencia de arsénico en los minerales de cobre (Rovira et al. 2013). Aun así, en los carbonatos y silicatos de superficie no tiende a ser muy elevado.

Los estudios isotópicos, llevados a cabo sobre materiales arqueológicos y minerales de los distritos del Molar-Bellmunt-Falset y del Montsant, son consistentes con una explotación bastante extendida durante el Calcolítico y la Edad del Bronce. Entre las minas que probablemente fueron explotadas en la pre y protohistoria, además de las citadas, tenemos Linda Mariquita (Molar, Tarragona), el Barranc Fondo y Jalapa de la cuenca MBF (Molar-Bellmunt-Falset, Tarragona); y Mina dels Crossos (Alforja) y Barranc Fondo (Cornudella) del distrito del Montsant (Tarragona). La última mina citada podría haber proporcionado el mineral reducido en la Coveta de l'Heura, (Ulldemolins, Tarragona) durante el Bronce Inicial (Rafel et al. 2014).

En el *impasse* entre el nordeste y el centro peninsular se ubica la **Loma de La Tejería** (Albarracín, Teruel). Este yacimiento, dado a conocer por M. Almagro y O. Collado (1981), ha sido objeto de excavaciones arqueológicas y varias publicaciones (Rodríguez de la Esperanza 2003; Rodríguez de la Esperanza y Montero Ruiz 2003; Montero Ruíz y Rodríguez de la Esperanza 2008).

Durante las prospecciones que dieron a conocer el yacimiento aparecieron dos fragmentos de cuarcita negra, uno de ellos con restos de percusión en la punta (Rodríguez de la Esperanza y Montero Ruiz 2003, p.17). El estudio posterior se centró en la posible relación entre un campamento estacional de cronología campaniforme con las pequeñas mineralizaciones cercanas.

Centrándonos en las labores mineras, estas consisten en una pequeña galería totalmente horizontal, de 80 cm de ancho, una altura mínima de 70 cm y un largo conservado de 7 m (Rodríguez de la Esperanza 2003, p.138), con un pozo que conecta con ella algo más arriba. En la entrada de la galería la caliza muestra las típicas impregnaciones de azurita, mientras que en el nivel basal, de arenisca, las impregnaciones son de carbonatos o cloruros de color verde<sup>189</sup>. Las excavaciones realizadas tanto en la zona del pozo rehundido como en la entrada de la galería demostraron que ambas eran de cronología moderna (Rodríguez de la Esperanza y Montero Ruiz 2003, pp.20-2).

La ausencia de mineralización en el interior de las labores (Rodríguez de la Esperanza y

---

188 Pese a que el campo isotópico de La Turquesa presenta el típico patrón del plomo radiogénico.

189 S. Rovira (2005) publica un análisis de difracción de rayos-X en el que como mineral de cobre únicamente se detecta tenorita. El resto de minerales detectados conformaban una ganga silíceo.

Montero Ruiz 2003, p.27) nos indica que seguramente se trate de una galería prospectiva ante la impregnación de minerales de la entrada.

El argumento utilizado para sugerir su explotación prehistórica es precisamente el hecho de que la única mineralización fuera el afloramiento superficial de la entrada (Rodríguez de la Esperanza y Montero Ruiz 2003, p.28). Otro elemento que apoya esta hipótesis es la alta concentración en arsénico de las fases carbonatadas, con presencia de paxita ( $As_3Cu_2$ ) junto con óxidos de cobre. Las únicas impurezas relevantes de los minerales estudiados serían el antimonio (0,2-3,2 %) y el hierro (1-10 %) <sup>190</sup> (Rodríguez de la Esperanza y Montero Ruiz 2003, p.29 y tab. 3).

El estudio del campamento campaniforme (Montero Ruíz y Rodríguez de la Esperanza 2008) permitió documentar un registro variado propio de un uso doméstico, en el que se identificó una posible estructura habitacional a partir de los hoyos de poste y un posible hogar en el interior de una zanja. En cuanto a los elementos líticos, dominan los cantos de cuarcita utilizados como alisadores o percutores y fragmentos de rocas volcánicas identificadas como molinos. Entre ellos destacan dos elementos que se han vinculado con la trituración del mineral local. El primero es un percutor con una superficie de percusión plana, debido a una preparación previa del soporte. El segundo es un canto de cuarcita que pudo ser utilizado como yunque o machacador (Montero Ruíz y Rodríguez de la Esperanza 2008, p.163).

Los análisis de residuos identificaron cobre, junto a potasio, calcio y silíceo en ambos artefactos (Montero Ruíz y Rodríguez de la Esperanza 2008, tab. 3). Los autores asocian las herramientas al machacado de mineral de cobre, algo posible pero que también podrían relacionarse con la manufactura de metal, ya que en ningún momento se encontró mineral de cobre en el campamento, ni ningún otro elemento vinculado a la metalurgia extractiva. Aunque en los campamentos mineros campaniformes como Ross Island o El Áramo no siempre aparecen subproductos metalúrgicos, sí hay gran cantidad de minerales junto a las estructuras de combustión, algunos de ellos con claros signos de termoalteración (O'Brien 1999; de Blas Cortina et al. 2013).

Como único elemento metálico se recuperó una pequeña gota de fundición de 7 mm de diámetro, cuya composición elemental presentaba diferencias con los minerales locales analizados, especialmente en los contenidos de estaño y plomo (Montero Ruíz y Rodríguez de la Esperanza 2008, tab. 2).

Valorando conjuntamente el registro arqueológico de la mina y el campamento, la única actividad registrada vinculada a la producción metalúrgica es la fundición puntual de metal. Queda por verificar si la maza recuperada en las prospecciones iniciales y hoy desaparecida (Rodríguez de la Esperanza 2003, fig.137) pudiera asociarse funcionalmente a la mina y no al campamento. En cuanto a los análisis de residuos, faltaría con-

---

<sup>190</sup> Análisis con FRX. Valores normalizados para los elementos pesados.

firmar la ausencia de cobre en superficies pasivas, pero aun así es más probable que su uso estuviera vinculado al acabado de metal (percutor + yunque) dada la presencia de fundición. Aunque no pueda descartarse que en el campamento se aprovechara el mineral de la mina anexa, no hay ninguna evidencia arqueológica que permita afirmarlo.

#### 4.3.1.5. Islas Baleares

Las prospecciones recientes en Mallorca y en Menorca (Perelló et al. 2010) han documentado evidencias arqueológicas de la explotación prehistórica de cobre en **Sa Mitja Lluna** (Maó, Menorca). La mineralización aflora en el extremo centro de la Illa d'en Colom, frente al núcleo poblacional de Es Grau (Maó), al nordeste de Menorca. Los intentos posteriores de explotar la mina resultaron infructuosos, favoreciendo la conservación de esta primera explotación prehistórica.

El yacimiento arqueológico consiste en diferentes grupos de extracciones superficiales de mineral que se reparten por toda la zona mineralizada (Hunt et al. 2013). La más importante es la ubicada en el sector P-Norte, donde se excavó un frente de trinchera de 1,5 a 2 m de profundidad sobre un acantilado a 50 metros sobre el mar.

Entre los materiales arqueológicos, se conserva un elevado número de percutores macrolíticos. Su número y variedad permiten una caracterización morfológica inusual en el panorama minero prehistórico peninsular e inédito en Baleares (Llull y Perelló Mateu 2013, pp.83-4). El punto de abastecimiento más probable se encuentra en una playa a poco más de 700 metros de las labores (Hunt et al. 2013, p.51). Son cantos rodados de arenisca muy fina, procedentes de la erosión marina y frecuentes en la isla donde está la mina. Su elevado número en las es-

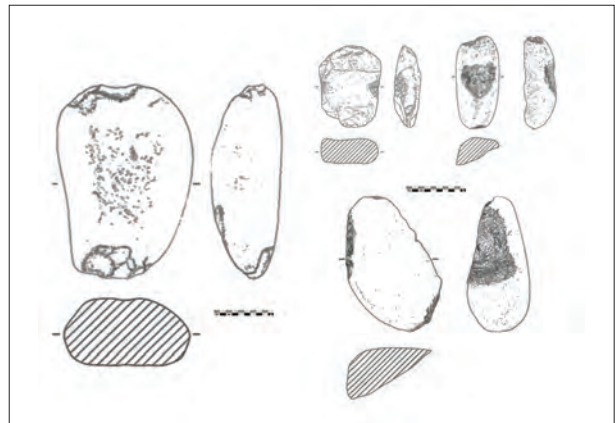


Figura 4.13. Diferentes pesos y tamaños de percutores recuperados en Sa Mitjalluna. A la izquierda gran maza de 13 kg de peso y 32 cm que fue reutilizada como mortero. A la derecha percutores de entre 1 y 5 kg con entalles laterales para facilitar el empuje (Modificado a partir de Llull Estarellas et al., 2012, fig. 3 a 6).

combreras de la mina se explica por la deficiente dureza de la roca utilizada, pese a que es la roca de mejor calidad disponible en las inmediaciones. Su fragilidad explica porque la mayor parte de ellos aparecen fragmentados. La selección de los clastos no es aleatoria; su morfología, sus dimensiones, su abundancia y su cercanía a las labores justifican su utilización durante la explotación prehistórica de la mina (Hunt et al. 2013, p.51).

La mayoría de los percutores se presentan sin preparación previa del soporte o con ligeros retoques en su zona central. Ningún ejemplar aparece con acanaladuras (Fig. 4.13). Se han establecido tres categorías en función del peso de las mazas: A la prime-

ra pertenecen los percutores entre 900 y 1500 g que servirían para martillear de forma indirecta mediante cuñas o escoplos. No se descarta para estos pequeños artefactos el uso directo sobre la roca o como trituradores. La segunda comprende las mazas entre 3000 y 5000 g que serían utilizadas en la percusión directa. Un último grupo lo componen grandes mazas de entre 13 y 16 kg, cuyo uso requeriría con toda probabilidad una eslinga o una estructura fija (Hunt et al. 2013, p.52). Algunos de estos grandes ejemplares presentan concavidades en su zona central, por lo que posiblemente también funcionaron como morteros para triturar mineral.

La explotación tuvo como objetivo beneficiar vetillas de carbonatos de cobre con algo de calcopirita impregnados en la roca pizarrosa. El mineral se presenta sin apenas impurezas, solo el zinc puede superar el 1 % en los carbonatos<sup>191</sup>. El hierro tanto en los carbonatos como, obviamente, en la calcopirita puede alcanzar valores significativos.

El mineral extraído en Sa Mitja Lluna se utilizó para fabricar parte de los artefactos en bronce que encontramos en los yacimientos contemporáneos de Menorca. La composición isotópica de la mineralización (Hunt et al. 2014) es consistente con los metales d'Es Càrritx, Es Mussol y el Forat de Ses Aritges (Stos-Gale 1999).

Varios restos cerámicos impregnados de sales de cobre permitieron un primer anclaje cronológico en el Naviforme (Lull et al. 2012, fig.2). Esta cronología ha sido confirmada y precisada por dos dataciones radiocarbónicas que sitúan la explotación de la mina entre el 1800 y en el 1200 cal ANE, entre el final del Campaniforme en las Baleares y el final del horizonte Naviforme (Hunt et al. 2014, tab. 2).

#### 4.3.1.6. El Alto Guadalquivir y las tierras giennenses

El estudio y conocimiento de la minería prehistórica de la zona oriental de sierra Morena está estrechamente vinculado a los trabajos desarrollados en el marco del Proyecto Peñalosa (Contreras et al. 1986; Ruíz et al. 1986). Como en el Sudeste y el Sudoeste la base de partida sigue siendo el inventario realizado por de C. Domergue (1987). En su catálogo cita nueve depósitos de mineral de cobre con percutores líticos en la provincia de Jaén. Entre ellos, la mina de Baños de la Encina (J25), de la que describe una maza de minero con galena incrustada (Domergue 1990, p.122). Esta mina puede identificarse con la Mina Polígono vinculada a partir de isótopos de plomo con el poblado argárico de Peñalosa (Hunt et al. 2011). Según C. Domergue (1990, pp.127-9), otras minas de cobre con presencia de mazas de minero en el distrito de Montoro-Andújar son: Valdequemado (Montoro), Cerro de los Venados (Andújar), Mina Valquemado (Andújar), Arroyo de la Lisea (Andújar), Arroyo del Fresnillo (Andújar), El Humilladero (Andújar), Navalasno (Jaén) y Los Escoriales (Jaén), todos en la provincia de Jaén.

Además de éstas minas con presencia de herramientas macrolíticas, se halló una inhu-

---

<sup>191</sup> Análisis realizados con FRX. Valores normalizados al 100% para los elementos metálicos.

mación con un ajuar, que podríamos datar tipológicamente entre el Calcolítico Final y el Bronce Inicial en la mina de cobre y galena de Arrayanes (Linares, Jaén) (Serra Ràfols 1924, pp.163-4). C. Domergue descartó el aprovechamiento de la galena durante este período, debido a la ausencia de labores en las mineralizaciones de galena hasta el Bronce Final. La galena aparece en Arrayanes a 75 metros de profundidad. Por encima de ella yacía una mineralización plumbocuprífera intermedia y una rica mineralización de cobre que afloraba en superficie.

De mayor relevancia arqueológica son los hallazgos recientes de minería prehistórica en Baños de la Encina (Arboledas et al. 2006; Arboledas y Contreras 2010; Arboledas et al. 2014) y en el Valle del Jándula (Arboledas et al. 2015b).

La mina **José Martín Palacios-Doña Eva** (Baños de la Encina, Jaén) (Arboledas y Contreras 2010; Arboledas et al. 2015a) se encuentra a dos kilómetros del poblado argárico de Peñalosa, donde se redujeron sus minerales. Se define por un grupo de labores, que van explotando en trinchera y mediante pozos el filón principal. La mineralización se caracteriza por vetas de malaquita y azurita en paragénesis con óxidos de hierro, paralelas a los planos de exfoliación de las pizarras donde encaja, también impregnadas de malaquita.

Recientes excavaciones han permitido caracterizar la morfología de la explotación prehistórica. En el sondeo 1 se ha excavado una trinchera de unos cuatro metros de anchura y más de cinco metros de profundidad en la que la explotación iba vaciando un filón de carbonatos de cobre con óxidos de hierro. En la parte inferior, la anchura del minado era de tan solo de medio metro (Contreras y Moreno 2015, p.45). La excavación del filón sería realizada, al menos parcialmente, mediante el ataque con fuego. En las escombreras se encontraron restos de carbón en consonancia con evidencias de calcinación en las paredes de la trinchera<sup>192</sup>. Los desechos generados por la propia actividad minera no se extraían de la mina, sino que se utilizaban para rellenar las zonas ya explotadas, un sistema que venimos observando en la mayor parte de explotaciones prehistóricas. Posteriormente la rafa se colmató en época ibérica, manifestando el aprovechamiento del minado previo. La explotación ibérica tuvo continuación en época romana, cuando se amplió significativamente la extensión de las labores, abriéndose dos pares de pozos gemelos.

Entre los estériles de la trinchera han aparecido varios martillos mineros (n=5) con acañadura central. Éstos vienen a completar otros dos ejemplares completos, de 4 kg cada uno y también con ranura, localizados durante las prospecciones superficiales en una gran escombrera (Arboledas et al. 2006, p.186). Otro percutor apareció durante las excavaciones del sondeo 2. De los percutores sabemos que se utilizaron cantos de diorita y ofita para su manufactura. En conjunto, los percutores se encuentran fuertemente

---

192 Muchos de los minerales de Peñalosa presentan una fuerte termoalteración interpretada en la línea de la extracción por ataque con fuego (Contreras Cortés 2000)



probablemente similares a las documentadas en la vecina José Martín Palacios.

En cuanto a los percutores mineros, tres se han recuperado completos<sup>193</sup> y los ocho restantes se corresponden a fragmentos que, cuando conservan su parte medial, presentan ranura. Todos ellos son en ofita. Uno de los percutores completos tiene un peso de 15 kilos, por lo que, como en casos ya vistos, su uso requeriría algún tipo de soporte (Fig. 4.14). También se ha podido documentar una piedra con cazoleta y una mano de molino o machacador, siete hachas de piedra y varias escorias, la mayor parte de ellas modernas.

**El Valle del Jándula (Andújar, Jaén)** era hasta hace poco una zona desconocida para la minería prehistórica. Nuevas prospecciones han identificado más de veinte explotaciones mineras prehistóricas en una zona de menos de 5 km de radio. El sistema de explotación, a tenor de la información provisional actual, parece ser homólogo al ya descrito en la zona de Baños de la Encina, con trincheras totalmente colmatadas y percutores líticos en las escombreras (Arboledas et al. 2015b).

#### 4.3.1.7. El Sudoeste

En esta región se constata la perduración de percutores y herramientas líticas para la explotación de cobre y plomo hasta cronologías orientalizantes y, en consecuencia, ya dentro de la Edad del Hierro. La importancia de la explotación minera durante este período y los siglos inmediatamente anteriores, como sucede en la conocida mina de Chinflón (Rothenberg y Blanco-Frejeiro 1980; Pellicer y Hurtado Perez 1980), genera una lectura arqueológica muy compleja. A ello se añade el uso de una tecnología extractiva sin transformaciones importantes desde el III milenio A.N.E. La minería moderna de grandes canteras ha supuesto la destrucción sistemática de la mayoría de los contextos mineros anteriores, generando palimpsestos de artefactos macrolíticos de difícil interpretación. La enorme extensión de algunas canteras ha favorecido la asociación de asentamientos prehistóricos con explotaciones mineras, sin una relación clara entre ambos contextos.

La importancia de los criaderos de cobre, que propiciaron su prolongada explotación, también ha favorecido que la región sea una de las más estudiadas desde la perspectiva de la minería prehistórica (Blanco Frejeiro y Luzón Nogué 1969; Rothenberg y Blanco-Frejeiro 1981; Domergue 1987; Hunt Ortiz 2003; Hunt-Ortiz 2004; Nocete Calvo 2004; Hunt-Ortiz 2005; Müller et al. 2007; Pérez Macías 2008; Goldenberg y Hanning 2014).

Dado el enorme registro de minas con minería preromana, solo abordaremos aquellas que son consistentes con una explotación anterior a la Edad del Hierro. Para su revisión nos hemos ceñido a un eje este-oeste, dejando para el final los indicios septentrionales

---

193 Aunque no se especifica si presentan ranura.



externos a la Faja Pirítica Ibérica. Tampoco abordaremos las minas y el registro arqueológico con el mismo detalle que en el resto de áreas, sintetizando la información a los elementos que permiten su datación y al registro de labores.

**Cerro Muriano** (Córdoba) es uno de los depósitos clásicos por el temprano descubrimiento de percutores líticos con ranura (Tubino y Vilanova y Piera 1868)<sup>194</sup>. Debido a su intensa re-explotación desde el Bronce Final hasta el siglo XX la datación de las labores y los artefactos macrolíticos recuperados en sus escombreras es imposible. En cuanto a las evidencias calcolíticas, se sustentan en la cercanía de un asentamiento de este período y en la aparición de un cuchillo de sílex en antiguas prospecciones (Domergue 1987, pp.118-9; Hunt Ortiz 2003, p.137)<sup>195</sup>. C. Domergue identificó otro asentamiento, el Cerro del Depósito, en el interior del coto minero de Cerro Muriano. Por sus materiales lo dató a inicios del I milenio ANE, siendo un poblado especializado en el procesado y reducción de minerales de cobre. En él se hallaron percutores líticos junto a restos cerámicos escorificados, escorias y fragmentos de malaquita.

En el sitio apareció cerámica a mano y a torneta. A este asentamiento se vincularon dos grupos de labores de extracción de mineral situadas a 600 metros. Consistían en explotaciones superficiales tipo trinchera en la zona de oxidación de los óxidos de hierro con carbonatos de cobre (Hunt Ortiz 2003, p.137). Una de las trincheras presentaba en su fondo un pozo de cuatro metros de profundidad (Hunt Ortiz 2003, p.137). Además de las explotaciones superficiales, en Cerro Muriano también se conservaban labores en galería que explotaron filones subverticales, dejando tras de sí estrechas y altas galerías (Penco Valenzuela 2007)<sup>196</sup>. La mineralización primaria es de calcopirita con bornita, y entre los minerales de cobre accesorios se citan óxidos, carbonatos de cobre, sulfatos y tetraedrita<sup>197</sup>. Los análisis químicos realizados por C. Domergue (1987, p.539; CO39) muestran minerales ferrocupríferos con impurezas importantes y regulares de arsénico. Por lo general estas impurezas se sitúan entre el 0,1 y el 1 % As, sin que se mencione en ningún lugar la presencia de arseniats de cobre.

En sierra Morena tenemos las minas de **Almadenes del Bembézar** (Hornachuelos, Córdoba) con trincheras y pequeños pozos de hasta 8 metros de profundidad, de sección cuadrada y algunos con cámara en la base, datados en la Edad del Bronce por la presencia de fragmentos cerámicos y cantos de río con ranura (Hunt Ortiz 2003, p.135).

En **La Loba** (Fuente Obejuna, Córdoba) hay pequeñas trincheras superficiales resultado de una explotación de carbonatos de cobre en una mineralización primaria de galena y carbonatos de plomo. Estas labores se asociaron a cronologías Campaniformes y de

---

194 Uno de estos percutores con ranura puede observarse actualmente en la exposición permanente del Museo Arqueológico Nacional.

195 Aunque M. Hunt no lo incluye entre las minas calcolíticas de su estudio.

196 Este tipo de labor ha sido identificado en el Cerro de la Mina (Siscar, Santomera, Murcia).

197 <http://www.mindat.org/loc-11540.html>

la Edad del Bronce por la presencia de un asentamiento campaniforme con escorias metalúrgicas en un cerro próximo (Hunt Ortiz 2003, p.133). En la mina se ha encontrado una gran cantidad de percutores líticos, tanto picos con ranura como mazas.

La **Cueva de San Francisco** (Guadalcanal, Sevilla) (Hunt-Ortiz et al. 2010) es una cueva natural de origen kárstico con mineralización de cobre y hierro. Hay constancia de una galería de 58 m que se asocia con cerámica íbera (turdetana) e imperial romana, así como monedas de este último período. También hay cerámica prehistórica de transición entre el Calcolítico y el Bronce Inicial. Entre los materiales probablemente utilizados por los primeros mineros se han documentado tibias de ovicáprido preparadas como punterolas y percutores líticos con ranura de empuje transversal. En la misma cueva se hallaron 17 esqueletos humanos, interpretados como mineros atrapados por E. del Bayo (1850). Tampoco se puede descartar un enterramiento colectivo ante la escasez de información sobre el hallazgo y teniendo en cuenta los numerosos ejemplos de este último caso. Entre las labores antiguas conservadas ninguna puede atribuirse a la primera explotación calcolítica de la mina. Las dos muestras superficiales de mineral de cobre analizadas son muy puras. Únicamente se detecta algo de hierro, y en una de ellas trazas de antimonio.

Ya en la provincia de Huelva tenemos varias minas con probable explotación durante el III milenio ANE. En el municipio de Cala, encontramos dos minas **Los Dolores** y **La Sultana** donde han aparecido mazas con ranura en soportes de cuarcita. Los percutores se asocian a galerías y pozos, tanto verticales como inclinados, que comunican mediante galerías. También se ha encontrado un hacha/cinzel cilíndrico en piedra asociado a labores mineras. Alguno de estos pozos descendía hasta 50 metros en forma de escalera de caracol que M. Hunt interpreta como labores romanas. Es con éstas últimas que se relaciona la aparición de 18 esqueletos de mineros con sus herramientas (Gonzalo y Tarín 1888, p.405; Hunt Ortiz 2003, pp.46-7). En ambas se definió una mineralización hidrotermal de calcopirita oxidándose a malaquita y azurita en su parte superior. De las dos, La Sultana es la que presenta un mayor enriquecimiento en cobre de los minerales, siendo también de destacar la presencia de oro y bismutina entre las especies minerales. Se menciona la presencia de arsenopirita, cobre gris y bornita, siendo el mineral principal la calcopirita<sup>198</sup>. Los análisis efectuados sobre varias muestras de La Sultana mostraron la presencia de cobre como mineral principal y la presencia regular de arsénico como impureza, que en algún caso superaba el 1 % (Hunt-Ortiz 2005). No se puede descartar que algunos tramos de la mineralización estuvieran más enriquecidos en arsénico.

Cercana a las minas de Cala, la **Mina de Teuler** (Santa Olalla del Cala, Huelva) ha proporcionado cantos de cuarcita sin preparación del soporte o con pequeños entalles, una maza de jaspe rojo sin ranura y un hacha cilíndrica, similar a la encontrada en la mina

---

198 Información de M. Hunt (2005) completada con <http://www.mindat.org/loc-219655.html>

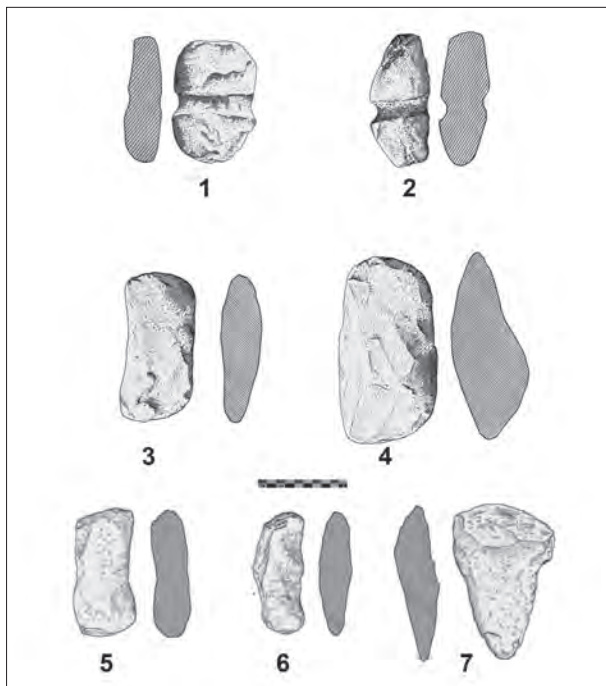


Figura 4.15. Percutores macrolíticos de diferentes minas del sudoeste. 1 y 2: Chinflón, 3 y 4: Monte Romero, 5 a 7: Cuchillares (Modificado a partir de Rothenberg y Blanco-Frejeiro, 1981).

de Cala. Por ello se considera probable su explotación prehistórica durante el Calcolítico (Hunt Ortiz 2003, p.52).

En **Cuchillares** (Campofrío, Huelva) se conservan minados asociados a percutores de origen prehistórico. Las labores antiguas se concentran en la montera de óxidos de hierro del depósito, donde los carbonatos de cobre aparecen encajados en vetas de cuarzo. Los minados, labrados con mazas de piedra sin apenas modificación previa del soporte, forman cavidades irregulares y agujeros de poca profundidad. A diferencia de casos anteriores donde las mazas eran cantos rodados, en Cuchillares proceden de una cantera próxima a la mina (Fig. 4.15:5 a 7).

Como elementos para defender una

adscripción cronológica del Calcolítico o del Bronce Inicial se destaca la presencia de una hoja de sílex, la tosquedad de los percutores junto con el tipo de labores (Rothenberg y Blanco-Frejeiro 1981, pp.81-3; Hunt Ortiz 2003, pp.119-20). La mineralización del afloramiento se caracteriza por vetas de carbonatos de cobre con ganga de cuarzo y óxidos de hierro. Las muestras analizadas son muy pobres en cobre, con concentraciones más importantes de hierro y dominadas por el cuarzo. El arsénico aparece como trazas (Blanco Frejeiro y Rothenberg 1981).

En **Monte Romero** (Almonaster la Real, Huelva) se hallaron varios percutores macrolíticos al desatorar antiguas galerías colapsadas. Estos percutores, en diorita, se caracterizan por un aspecto muy rudimentario del soporte, con entalles o ranuras toscamente piqueteadas para el agarre (Fig. 4.15:3-4). Los factores estimados para proponer una fecha calcolítica para Monte Romero son la presencia de este tipo de percutores sin ranura, la abundancia de cobre nativo y labores superficiales de poca entidad. La explotación más importante se correspondería con el período orientalizante, que se define con un asentamiento metalúrgico, dedicado a la reducción de minerales complejos, en las inmediaciones de la mina (Hunt-Ortiz 2005). La mineralización, de piritas complejas, se ha considerado muy irregular. Los análisis de varios minerales piritosos del interior de la mina contienen bajas concentraciones de cobre e impurezas de arsénico, sin que sean representativos de los minerales cupríferos explotados.

Los isótopos de plomo han aportado una evidencia indirecta de la explotación prehistórica de las minas de Cala y Monte Romero. Uno de los artefactos de bronce (8,91 % Sn)

de la fase del Bronce Final del poblado de El Trastejón es consistente con las mineralizaciones citadas (Hunt Ortiz 2003, p.177). Las muestras de ocupaciones anteriores del yacimiento también sugieren la utilización de minerales locales junto con otros minerales alóctonos (Hunt-Ortiz 2005).

Finalmente, cerrando este grupo de Huelva, tenemos **La Sierrecilla** (Puebla de Guzmán, Huelva). Se han identificado tres conjuntos de explotaciones antiguas. En la colina documentada como 57a, cuya zona norte es una gran escombrera, aparecieron más de 70 mazas de minero en andesita, una litología no presente en la geología local. Los percutores no presentaban ranuras o entalles (Rothenberg y Blanco-Frejeiro 1981, p.93; Hunt Ortiz 2003). Igual que en Cuchillares, las mazas no eran cantos rodados sino rocas obtenidas en una cantera cercana. En otra labor antigua de la misma mina se recogió cerámica del s. III ANE, junto fragmentos de escorias y un solo martillo, en este caso un canto rodado con ranuras. El mineral de la Sierrecilla es un sulfuro complejo Pb-Zn-Cu con presencia de carbonatos de cobre asociados a cuarzo, óxidos de hierro y pintas de calcopirita. Los análisis por FRX de dos de las muestras de carbonatos de cobre mostraron fuertes concentraciones en cinc y plomo, impurezas de antimonio y ausencia de arsénico (Hunt Ortiz 2003, pp.109-10).

En **Aznalcóllar** (Sevilla) la explotación calcolítica se infiere a partir de los resultados isotópicos, consistentes con dos metales de Valencina de la Concepción (Hunt Ortiz 2003, p.381). Sin embargo, otra vez nos encontramos ante la debilidad de las evidencias de labores prehistóricas en la mina. En este caso, se atribuye una posible cronología calcolítica a unos grandes bloques caídos de la cobertura gossanificada del depósito. En ellos se conservan tramos de galería seccionados que seguían un enriquecimiento de cobre (Hunt Ortiz 2003, pp.105-7 y fig. 76). Los minerales de Aznalcóllar presentan concentraciones elevadas de arsénico.

Para la zona de Badajoz, pese a la gran cantidad de sitios mencionados por C. Domergue, la única mina con una probable adscripción al III milenio ANE es la de **El Berrocal** (Mérida). El elemento de apoyo principal fue el descubrimiento por C. Merideth de cerámica calcolítica junto a mazas y trituradores sin ranura asociados a labores superficiales (Merideth 1998, pp.212-3; Hunt Ortiz 2003, p.132).

Para cerrar este apartado dedicado al Sudoeste, debemos hacer referencia a los recientes trabajos dirigidos por el Instituto Arqueológico Alemán en la zona Sud-Portuguesa. El número de labores con percutores macrolíticos varía entre las 15 de R. Müller et al. (2007) a las 13 de G. Goldenberg y E. Hanning (2014). La realización de tres sondeos arqueológicos en aquellas minas con un mayor potencial de aprovechamiento prehistórico, que además presentaban percutores macrolíticos en superficie, supone un aspecto diferencial respecto a otros proyectos. En dos de ellas se ha conseguido asociar el inicio de la explotación al Calcolítico y Bronce Inicial.

La primera de estas minas es **Mocissos** (Alandroal, Évora), muy cercana a los asen-

tamientos calcolíticos con metalurgia extractiva de San Blas (Hunt Ortiz et al. 2007) y Perdigoa. En las excavaciones realizadas en las escombreras de la mina se ha podido poner en evidencia, a partir de un programa sistemático de datación por radiocarbono, una secuencia con explotaciones mineras desde mediados del IV milenio cal ANE hasta los inicios de la Edad del Hierro (Goldenberg y Hanning 2014).

En la primera explotación, que es la que nos interesa aquí, las fechas radiocarbónicas más antiguas<sup>199</sup> nos sitúan en el intervalo de 3500-3100 cal ANE. Ello que supone avanzarse en varios siglos a la primera metalurgia documentada hasta ahora en el sudoeste europeo y la península ibérica. Aunque no se especifica el origen de las muestras en cuestión, sí conocemos que del total de 12 dataciones radiocarbónicas solo una se efectuó sobre un molar de jabalí, siendo el resto carbones sin especificar. No se puede descartar un envejecimiento por madera vieja de la datación más antigua pero el conjunto de dataciones se muestra consistente entre el 3350 y el 3100 cal ANE.

La explotación más importante por el volumen de residuos generados parece haberse dado durante el Bronce Medio<sup>200</sup> con una última re-explotación prehistórica a principios del I milenio cal ANE.

Las evidencias de explotación entre el Neolítico y el Bronce Inicial, aparecen sin una separación estratigráfica clara. Las dataciones calcolíticas<sup>201</sup> se concentran entre ca. 2700-2500 cal ANE mientras que las del Bronce Inicial se reparten entre ca. 2050-1700 cal ANE<sup>202</sup>. Si la presencia de cerámica es constante en los niveles más recientes, en los anteriores al Bronce Medio únicamente pudo constatarse la presencia de un fragmento utilizado para la reducción de cobre. En este mismo contexto aparecieron dos hachas de anfíbolita.

Por debajo del relleno de la escombrera se documentó un arranque de mineral primigenio, que se relaciona la primera fase estratigráfica (Neolítico a Bronce Inicial). Esta explotación primigenia trabajó sobre vetillas decimétricas de carbonatos de cobre encajadas en cuarzo, perforando un hoyo de 1 metro de diámetro por un metro de profundidad. En su interior, e impregnando la roca encajante, aún se conservaban trazas de malaquita y limonita.

En cuanto a los percutores macrolíticos encontrados durante las prospecciones, contamos únicamente con una imagen de lo que parece ser un canto rodado de cuarcita. Este presenta aristas naturales para facilitar el empuje en un lado y una posible entalladura por piqueteado en el otro. Además, muestra signos evidentes de uso en forma de fracturas escalonadas en la superficie activa (Goldenberg y Hanning 2014, fig.12).

---

199 KIA-30550: 4620±29BP; KIA-31370: 4509±29BP; KIA-30549: 4485±25BP.

200 KIA-30547: 3314±23BP y KIA 30548: 3083±25BP.

201 KIA-0545: 4088±27BP y KIA 30552: 4006±24BP.

202 KIA-31372: 3581±31BP; KIA-31371: 3456±31BP.

Durante este primer período de explotación se beneficiaron carbonatos de cobre en paragénesis con hidróxidos de hierro de tipo limonítico. Este mineral es secundario de una mineralización primaria de calcopirita que se encuentra en capas inferiores. Por su parte, los minerales analizados han mostrado tener trazas muy bajas de arsénico (0,047 % As)<sup>203</sup>.

La otra mina donde se documentó una explotación calcolítica fue **Monte da Angerinha** (Aguilar, Viana do Alentejo). También presenta una secuencia compleja pese a que no hay explotación moderna de la misma. La fase más antigua datada mediante carbones de la escombrera se establece en el Calcolítico Inicial y Pleno (mediana de ca. 2750 cal ANE)<sup>204</sup>. Sin embargo, las labores de ese período no se han conservado debido a la explotación posterior pre-romana, romana e islámica. En la mina se explotaron principalmente carbonatos de cobre, aunque también se ha documentado la presencia de brochantita y delafosita. Las herramientas líticas son numerosas pero de cronología imprecisa. Abundan los percutores en cantos rodados pero también herramientas multifunción con pequeñas cazoletas labradas en uno de sus lados (Goldenberg y Hanning 2014).

La investigación realizada hasta estos momentos en el sudoeste peninsular pone de manifiesto la complejidad que implica estudiar la minería prehistórica aun cuando no exista explotación moderna. El Sudoeste, junto con sierra Morena Oriental, presenta el mayor número de explotaciones mineras prehistóricas de toda la península ibérica, pero su nivel informativo, en cuanto a técnicas y métodos de arranque del mineral, es precario y equívoco. De todas las minas aquí revisadas, únicamente para las dos últimas, Mocissos y Monte da Angerinha, disponemos de dataciones que permiten confirmar su explotación durante el Calcolítico. En otros casos, como en El Berrocal la datación la proporciona la presencia de cerámica campaniforme entre las escombreras de la mina.

La atribución calcolítica de ciertos depósitos queda apuntada también por análisis de isótopos de plomo (Hunt Ortiz 2003; Hunt-Ortiz 2005; Hunt Ortiz et al. 2007; Müller 2008; Costa Caramé et al. 2010). Aun así, las relaciones isotópicas no son siempre nítidas. Las consistencias son poco frecuentes por la superposición de campos isotópicos y la persistencia de objetos y escorias calcolíticas de situarse fuera ellos. En estos casos, los isótopos de plomo no nos sirven como indicador cronológico de las herramientas o labores conservadas en las minas.

En algunos casos, el estudio de los isótopos de plomo permite sugerir un abastecimiento complejo que no se limitaría a las mineralizaciones más cercanas a los asentamientos (Hunt Ortiz, 2003, p. 381). Algunos asentamientos se abastecerían de varios depósitos minerales de diferentes áreas simultáneamente. Estos asentamientos combinarían el metal producido localmente, con el obtenido a partir de redes poco estructuradas de

---

203 En la mina de São Brás dos Matos, a 10 km al norte de Mocissos se han identificado arseniatos de cobre (olivenita) y cobres grises (tetraedrita).

204 KIA-3229: 4158±31 y KIA-33227: 4130±26.

distribución de metal. Esta combinación favorecería que el tratamiento extractivo del mineral no se realizara a pie de mina, si no en los poblados. La posición geográfica de éstos poblados es más afín para actividades socioeconómicas como la agricultura<sup>205</sup>, por lo que no estaría en relación con la cercanía a los depósitos minerales. Un caso particular sería Cabezo Juré (Nocete 2001; Nocete Calvo 2004), cuya especialización metalúrgica, como sucede en Peñalosa, hace que solo tenga sentido en su relación con los depósitos minerales.

#### **4.3.2. La minería prehistórica en Europa**

No es la intención de este apartado realizar un seguimiento exhaustivo de la minería prehistórica europea, pero sí hacernos una idea del tipo de explotaciones mineras que acompañan al primer uso del cobre o a la primera metalurgia extractiva (Fig. 4.16). En consecuencia para cada región se tratarán las minas contemporáneas a esa primera metalurgia, que conviven con una producción metalúrgica aún en ciernes. La cronología absoluta de las mismas variará desde los tempranos hallazgos de los Balcanes en el V milenio cal ANE, hasta los más tardíos de las Islas Británicas, en la segunda mitad del III milenio cal ANE.

Hay dos ausencias justificadas en esta síntesis. En primer lugar se deja fuera Grecia, Chipre y las islas Mediterráneo Central. En toda esta zona apenas se conservan registros de minería prehistórica debido a la intensa explotación posterior de los mismos depósitos minerales<sup>206</sup>. No obstante, se trata de una de las principales regiones donde se extrajo y redujo cobre, y su uso se documenta ya en el V-IV milenio cal ANE, desde Grecia a Cerdeña (O'Brien 2013).

La segunda zona descartada es Europa Central donde sucede un hecho similar. La explotación minera más antigua conservada es Mitterberg, en Austria (Klose 1918), que se remonta al 1800 cal ANE, en el Bronce Medio. También en Europa Central, las primeras evidencias de metalurgia extractiva se remontan a finales del V milenio cal ANE. A tenor de los isótopos de plomo la materia prima utilizada procedería de Madjanpek (Balcanes), a 850 km de distancia (Höppner et al. 2005).

---

205 En contra de este esquema no especializado pueden considerarse los hallazgos del poblado calcolítico de Cabezo Juré. El preciso estudio de su registro metalúrgico (Nocete Calvo 2001; Nocete Calvo 2004) concluye una especialización en la reducción de minerales de cobre durante el período ca. 3100-2500 cal ANE.

206 Las únicas noticias proceden de Amelikou Aletri, un asentamiento metalúrgico datado entre ca. 2044-1029 cal ANE al NW de las montañas Trodos en Chipre. La explotación minera está destruida y pese a que hay algunas noticias de los hallazgos no se ha podido estudiar.

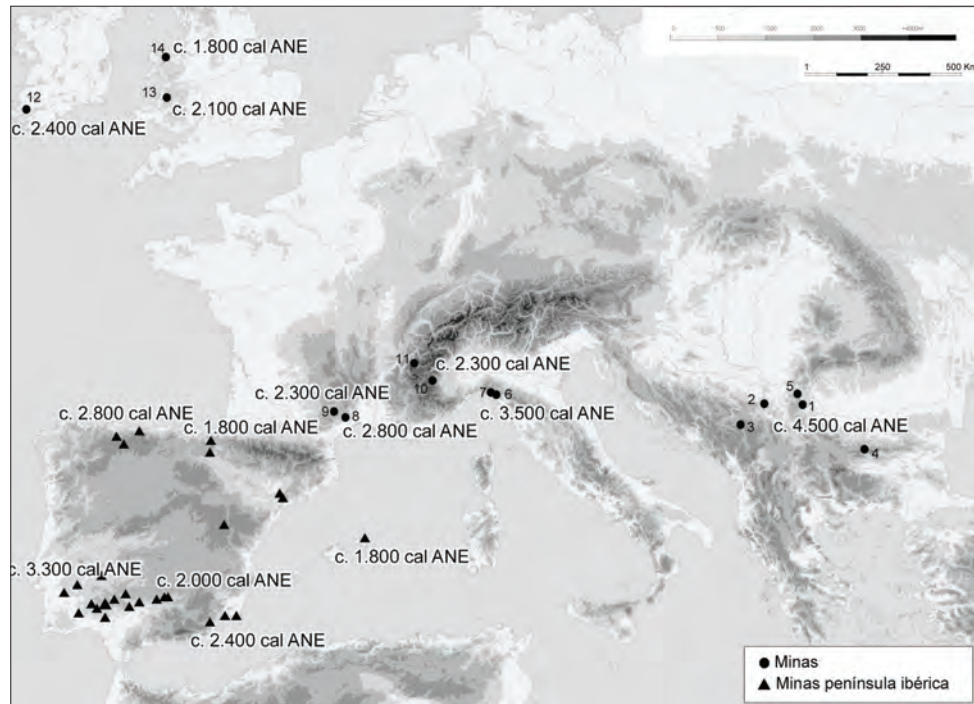


Figura 4.16. Mapa con las principales minas europeas mencionadas en el texto. Se indica el cronología aproximada de explotación inicial. 1: Rudna Glava; 2: Mali Sturac; 3: Jarmovac; 4: Ai Bunar; 5: Madjanpek; 6: Monte Loreto; 7: Libiola; 8: Cabrières; 9: Bouco-Payrol; 10: Saint-Véran; 11: Massif des Rousses; 12: Ross Island; 13: Cwmystwyth; 14: Great Orme.

#### 4.3.2.1. El largo camino hasta la minería del cobre

Una de las discusiones en torno al primer uso de la metalurgia es si requiere un aprovechamiento previo de carbonatos de cobre y cobre nativo destinado a la manufactura de elementos ornamentales (Thornton y Roberts 2009; Murillo Barroso y Montero Ruiz 2012). Estas discusiones, centradas en la innovación tecnológica participan del viejo debate entre una metalurgia autóctona independiente o un aprendizaje fruto del contacto externo, independientemente de la forma en que se dé. Nuestro interés radica en ver cómo estas primigenias extracciones propiciaron la minería con fines metalúrgicos.

Las evidencias más tempranas del uso de malaquita como roca ornamental se dan entre el XI y el IX milenio cal ANE. Este primer uso ornamental sin transformación en metal se ha detectado en la Cueva de Shanidar (Norte de Iraq), Rosh Horesha (arco levantino) y en Çayönü Tepesi y Hallan Çemi (Anatolia) (Thornton y Roberts 2009; Thornton 2014).

A lo largo IX milenio ANE, empieza a trabajarse el cobre nativo mediante batido en Anatolia. Las primeras evidencias se han datado en Çayönü Tepesi al sur de Anatolia, al que le siguen ya en el VIII milenio Aşıklı Höyük y Çatalhöyük, en la Capadocia (Birch et al. 2013, p.307; Lehner y Yener 2014, p.539; Garfinkel et al. 2014, p.3).

A finales de este milenio, otra vez en Çayönü Tepesi hay evidencias del recocido para recuperar las propiedades mecánicas del cobre después del batido en frío (Maddin et al. 1999). Ésta práctica se expande hacia al norte de Siria (Molist et al. 2009) y hacia el



Cáucaso (Courcier 2014, pp.587-603) en el VII milenio cal ANE. Su expansión hacia los Balcanes y la Meseta Iraniana deberá esperar al VI milenio (Radivojević et al. 2010; Thornton 2014).

El trabajo de los minerales de plomo como la galena y cerusita se han documentado en Çatalhöyük en niveles fechados en este período. En Domuztepe, a mediados del VI milenio cal ANE, se ha documentado el trabajo de la plata nativa con evidencias de batido y recocido (Lehner y Yener 2014, p.538). Sin embargo, durante los 4000 primeros años de despegue de la metalistería el número de objetos manufacturados fue escaso y aparecen en unos pocos yacimientos. La repercusión que tuvieron estos primeros metales fue puntual, puede que con un alto valor simbólico en algunos casos, pero no condicionó, ni modificó, la relaciones sociopolíticas de las comunidades prehistóricas.

Los estudios de arqueominería no han podido documentar evidencias de explotación minera asociados a este primer periodo. Se supone un primer aprovechamiento superficial de los minerales secundarios y el cobre nativo que apenas dejaría rastro y que sería borrado por las actividades posteriores, tanto prehistóricas como más recientes. Pero la recuperación de cantidades suficientes de cobre nativo como para fabricar esos primeros objetos requiere una labor considerable. El cobre nativo, pese a poder localizarse a poca distancia de la superficie, raramente aflora debido a que se carbonata en muy poco tiempo, convirtiéndose por lo general en cuprita y malaquita. Puede conservarse en zonas más interiores protegido precisamente por los carbonatos y la roca encajante<sup>207</sup>. Por ello, el descubrimiento y uso del cobre nativo no se produjo hasta después de un primer aprovechamiento de los carbonatos de cobre más superficiales.

El paso entre el uso del cobre nativo y la metalurgia de minerales cupríferos no debe entenderse como una consecuencia de la desaparición o del agotamiento del primero en los afloramientos minerales. Son numerosas las minas anatólicas o de la península ibérica, entre otras, que conservaban cobre nativo antes de su explotación industrial (Domergue 1987; Wagner y Öztunali 2000; Birch et al. 2013, pp.308-9). Sin embargo, excepto en los depósitos de América del Norte (Killick 2014), el cobre nativo aparece disperso y generalmente en poca cantidad, rodeado por minerales de cobre mucho más abundantes. Los inicios de la reducción de minerales deben entenderse desde la perspectiva de un aumento en la cantidad de cobre en circulación y el trabajo de arranque de roca necesario para cubrir ese incremento. La cantidad de objetos que circulan en el V milenio cal ANE en los Balcanes y el Cáucaso indica un fuerte impacto de los metales en un amplio territorio.

Este florecimiento no puede explicarse por una explosión de la metalurgia de reducción de minerales con tan poco tiempo. No es casual que la primera metalurgia extractiva

---

207 El tipo de roca encajante y su brechificación condicionarán en gran medida la presencia de cobre nativo.

se realizara en los Balcanes<sup>208</sup> ya que la cantidad de metal en circulación ya es muy elevada a finales del V milenio ANE (Radivojević 2013; Courcier 2014). La reducción de minerales de cobre se expande<sup>209</sup> porque el cobre nativo es insuficiente para sustentar esa producción metálica. Durante los cuatro milenios que transcurren del primer aprovechamiento de cobre nativo en Çayönü Tepesi, hasta su reducción con éxito en Belovode en el V milenio cal ANE (Radivojević et al. 2010) se habían generado las condiciones tecnológicas y sociopolíticas favorables dotar de valor social el método de convertir el mineral de cobre en metal.

#### 4.3.2.2. Sudeste de Europa

El registro más antiguo de minería del cobre en Europa y Próximo Oriente lo encontramos, a la par que la metalurgia, en la zona balcánica. Son las minas de Rudna Glava, Madjanpek y Bor al este de Serbia (Jovanovic 1989; Krajnovic et al. 1995), Jarmovac en el sudoeste (Derikonjic et al. 2011), Mali Sturac en el centro (Bogosavljevic 1995; Antonovic y Vukadinovic 2012) y Ai Bunar en Bulgaria (Černykh 1978; Jovanovic 1989; Illiev et al. 2007). Todas estas minas se datan entre el V milenio ANE y se relacionan con las fases tardías del horizonte arqueológico Vinča.

En **Rudna Glava** (Serbia) las labores prehistóricas estaban dañadas por la minería posterior. Aun así se pudieron excavar más de cuarenta pozos que seguían filones verticales de cobre. Algunos pozos alcanzaban los veinte metros, pero la mayoría se excava entre los 6 y 10 metros de profundidad. Estos pozos venían acompañados por pequeñas explotaciones en superficie de menor entidad (Jovanovic 1982, pp.1-15). Algunos de los pozos tienen un desarrollo lateral en forma de cámara o galería, para aprovechar los tramos más mineralizados, y la mayoría presenta una plataforma de acceso. El sistema de explotación primigenia de Rudna Glava se repite en otros contextos contemporáneos como la minería sincrónica del sílex en Casa Montero (Vicálvaro, Madrid) (Consuegra Rodríguez et al. 2004). También es un sistema que encontramos posteriormente en el sudoeste europeo, por ejemplo en las minas de El Milagro o Pioch Farrus, del III milenio cal ANE.

Durante las excavaciones efectuadas se recuperaron más de 200 percutores líticos. Los percutores, en su mayoría en gabro, presentan rebajes en los laterales para el empuje, pero sin ranuras completas. Tampoco hay un trabajo de modificación de las superficies activas del soporte. Se seleccionaban aquellos cantos rodados que mejor se adaptaban a la funcionalidad del útil. La morfología y dimensiones son bastante variables, con picos, mazas y posibles trituradores (Jovanovic 1982, pp.20-58).

Además de las herramientas líticas también se hallaron 3 cornamentas de ciervo que

---

208 Y quizás el Cáucaso.

209 Independientemente de cuando se hubiera inventado.

podieron ser utilizados como palancas, si bien los excavadores les proponen una función de recogedor y/o rastrillos para rejuntar los minerales arrancados (Jovanovic 1989, p.14).

Paradójicamente la intensa minería de Rudna Glava no se puede ponerse en relación con la nueva metalurgia, si no con la fabricación de las viejas cuentas de malaquita. El presupuesto de que la minería de cuentas de malaquita o de cobre nativo dejaría un rastro invisible parece desmentirse.

Las labores documentadas en **Mali Sturac (Serbia)** o **Jarmovac (Serbia)** (Derikonjic et al. 2011), asociadas a la tradición arqueológica Vinča, presentan varios puntos en común con Rudna Glava. En ellas encontramos pozos verticales, socavones horizontales y plataformas de acceso a los pozos. También las herramientas macrolíticas de estas minas presentan parecidos formales entre sí, con un dominio de los rebajes y diversidad de formas aprovechando la naturaleza del propio canto rodado (Bogosavljevic 1995).

Uno de los hallazgos comunes en Rudna Glava, y otras minas balcánicas, pero poco frecuentes en otras zonas, son los depósitos cerámicos. Los antiguos mineros depositaron contenedores de gran capacidad, platos zoomórficos, jarritas o boles, algunos de ellos con un marcado sentido ritual en pequeños escondrijos a la entrada de los pozos o en su fondo (Jovanovic 1982). El paralelo más claro lo encontramos en la reutilización funeraria de las minas de variscita de Gavà, también de mediados del V milenio (Borrell y Orii 2009; Borrell et al. 2015). En el caso de la minería metálica del cobre, también hay depósitos cerámicos en algunas labores de Cabrières, aunque estos han aparecido como hallazgos accidentales (Esperou 2008).

**Ai Bunar (Bulgaria)** presenta una morfología de labores similar a las minas serbias, aunque aquí dominan trincheras a cielo abierto de hasta 20 m de longitud, siguiendo filones superficiales de cobre (Cernych 1978). De las galerías conservadas, algunas pueden llegar a los 15 metros de longitud. En su estudio solo pudo documentarse una maza de minero mal conservada. Además, se encontraron dos hachas planas de cobre en las labores.

Pese a que existe una cantidad importante de minas con evidencias de laboreo prehistórico en la zona de los Balcanes (Wagner y Öztunali 2000), es con los isótopos de plomo que se han podido relacionar algunas de ellas con los restos metalúrgicos de los asentamientos (Begemann et al. 1995; Pernicka et al. 1997; Radivojević et al. 2010). En la mayoría de los casos, la combinación del registro arqueológico y el estudio mineralógico, químico y, especialmente, de isótopos de plomo ha sido el medio de datación más sólido para conocer la antigüedad de las explotaciones mineras.

Esta última técnica ha puesto en evidencia que la aportación de Rudna Glava al aprovisionamiento de recursos minerales de centros como Varna era muy pobre, mientras minas más cercanas como Ai Bunar, el distrito de Burghas o las montañas de Rhodope

surtían la mayor parte del mineral (Illiev et al. 2007). Otras minas entraban en el proceso, por lo que el abastecimiento de minerales no era unidireccional desde un único punto. En Belovode (Este de Serbia) se ha podido determinar un origen diferente entre minerales utilizados en la obtención de perlas de malaquita y los minerales utilizados para producir cobre. De los primeros sabemos que proceden de la mina de **Madjanpek** (Este de Serbia)<sup>210</sup>. En cambio el origen del mineral utilizado en la reducción de cobre es desconocido (Radivojević et al. 2010).

La doble explotación de los minerales de cobre según si eran destinados a la reducción o a la manufactura de cuentas es de gran trascendencia. Demuestra un conocimiento relativamente avanzado de las propiedades del mineral y su selección intencional pocas centurias después de los primeros ensayos en su reducción. Una selección que incluía minerales oxidados y sulfuros de diferentes procedencias que eran reducidos en un único proceso (Radivojević 2013).

#### 4.3.2.3. Liguria (Italia)

Hasta la fecha, la minería de cobre más antigua en Europa Central y Occidental son las de Monte Loreto y Libiola (Liguria, Italia) (Dolfini 2013). Afortunadamente, para Monte Loreto tenemos tanto la información de los hallazgos antiguos (Campana et al. 1995), como la procedente de las nuevas campañas de excavación de los años 90. De estas últimas se ha realizado una completa serie radiocarbónica sobre muestras de vida corta que sitúan su explotación entre el 3500 y el 2400 cal ANE (Maggi y Pearce 2005). Además de estas dos minas, también hay referencias a otras en el informe de A. Isel de 1879. En especial la de Val Spina, un socavón de medio metro de alto y de ancho con 20 metros de recorrido (Campana et al. 1995, p.153), que recuerda las labores calcólicas de Feinan.

En **Monte Loreto** (Masso, Liguria) los primeros trabajos consistieron en trincheras con las que explotaban las vetas superficiales de cobre. Luego, se rellenaba las estrechas trincheras, que podían tener solo 30 o 40 cm, con los escombros. En los filones de la trinchera se ha podido identificar el sistema de ataque con fuego. De todo el conjunto la datación más antigua procede del fondo de un pozo subvertical de 2 metros de profundidad (Maggi y Pearce 2005 fig. 3). En las inmediaciones del pozo se identificaron zonas para el primer tratamiento de enriquecimiento y concentración de mineral.

Los percutores utilizados pueden presentar entalles, ranuras simples o ranuras dobles y se utiliza una gran variedad litológica (basalto, dolerita, gabro, arenisca y diorita).

**Libiola** (Villa Libiola, Liguria) es una gran explotación muy cercana a Monte Loreto. En

---

210 Paradójicamente el mineral de Madjanpek, que era utilizado en Belovode exclusivamente en la manufactura de perlas de malaquita, era el que se estaba utilizando en Centroeuropa en las mismas cronologías para obtener cobre.

ella la minería del siglo XX destruyó completamente las labores prehistóricas. A finales del s. XIX, A. Isel recuperó del interior de pequeñas galerías prehistóricas varias palas de madera, un mango de pico de madera de roble y una maza de piedra publicadas I (Campana et al. 1995 fig. 2). Como viene siendo habitual con los hallazgos antiguos, la mayoría de hallazgos se han perdido y solo se conserva el mango de roble del pico. La datación radiocarbónica de éste, sitúa la explotación de las minas de Libiola en algún momento entre el 3490 y el 3120 cal ANE (Maggi y Pearce 2005, p.73).

#### 4.3.2.4. Distritos de Cabrières y Fayet (Midi, Francia)

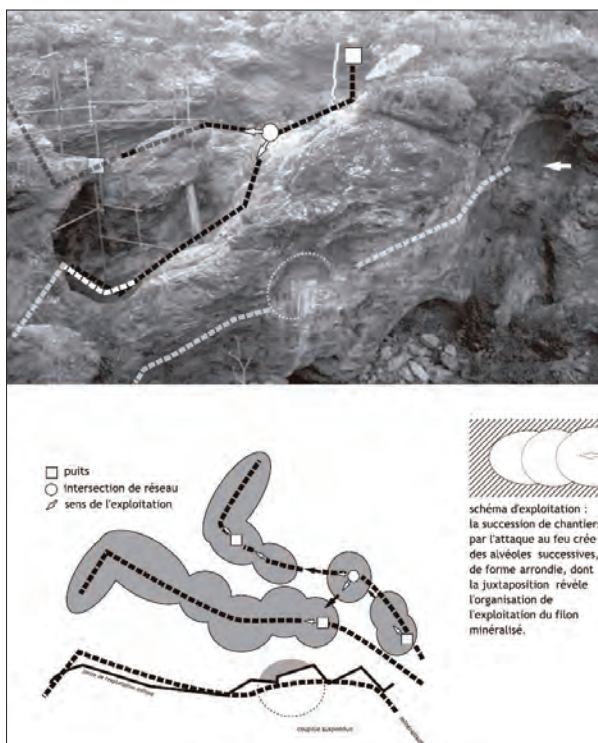


Figura 4.17. Vista general del complejo y sistema de arranque empleado en Pioch-Farrus IV (Carozza y Mille, 2007, fig. 5).

El distrito minero de Carbrières-Peret está constituido por una veintena de minas con restos de labores prehistóricas y romanas, cuya explotación se remonta a principios del III milenio cal ANE siendo la explotación minera más antigua de Francia.

La zona de **Cabrières** (Midi, Francia) se compone de cuatro sectores principales: Bellarade, Font de Nuques, Pioch Farrus y la Roussignole. Además, cuenta con pequeñas labores aisladas (Esperou 2008, p.31). Los sectores mejor conocidos son los de Bellarade, con la mina de Les Neuf Bouches (Bouquet et al. 2006) y Pioch Farrus, con Pioch Farrus IV (Carozza 2005, pp.649-52).

El modelo de explotación en ambos sectores es similar y consiste en el agotamiento del filón más superficial mediante el ataque con fuego y percutores líticos. La diferente inclinación de las mineralizaciones propició una morfología y una estrategia de ataque desiguales.

En **Pioch Farrus IV**, con vetas paralelas o subhorizontales a la superficie, se generó un sistema de galerías de más de 15 metros de largo y seis de profundidad, en el que posiblemente varias galerías comunicarían entre sí (Carozza 2005, pp.649-50)<sup>211</sup>. Aquí se ha podido documentar el avance en las galerías a partir de un método mixto de ataque con fuego y repiqueteado con mazas. Tras de sí dejaba una sucesión de perfiles en cúpula alveolar, en la que cada cúpula representa un episodio de arranque (Fig. 4.17).

211 Y que recuerda al de las minas de Gavà (Bosch et al. 1996, fig.3; Camprubí et al. 2003, fig.6).

Por otro lado, en los **Neuf Bouches**, con una datación entre 2872 y 2506 cal ANE<sup>212</sup> también encontramos un complejo minero con varias labores heterogéneas en dimensiones, que en algunas ocasiones pueden comunicarse (Ambert et al. 1998). La distinción de las labores calcolíticas, respecto a las de la Edad del Bronce, es muy complicada. Los trabajos se solapan unos con otros y posteriormente son alterados por la explotación romana en cantera. La explotación calcolítica de las mismas queda confirmada por la datación de los estériles, removidos en un momento prehistórico posterior. Las únicas dos labores que parecen pertenecer con seguridad a esta primera explotación son las nombradas como B7 y B8 (Bouquet et al. 2006, p.158). Tienen forma de pequeños pozos de unos dos metros de profundidad y siguen verticalmente el filón. También en B1 se encuentran alvéolos de posible ataque con fuego, que recuerdan a los documentados en Pioch Farrus IV, y que podrían corresponderse a esta primera explotación.

A 50 km al noreste de Cabrières aparece el distrito minero de Fayet (Ambert et al. 1998), explotado intensamente durante época romana y la Edad Media. Dentro de él, en las minas de **Bouco-Payrol** (*Midi*, Francia) se ha podido documentar una explotación calcolítica datada a mediados del III milenio ANE.

El sistema de arranque documentado en estas minas emplea tanto el ataque con fuego como la percusión directa sobre la roca. La mina presenta varios tipos de labores que cubren una secuencia de explotación muy larga. Las únicas que han permitido una datación calcolítica son las labores superficiales en trinchera en la cumbre del cerro de Ouyre. El hallazgo de un fragmento de cráneo impregnado de sales de cobre en una de las escombreras de estas trincheras (Bouco-Payrol 22)<sup>213</sup> nos sitúa entre 2564 y 2350 cal ANE<sup>214</sup>.

Se han recuperado unos 700 percutores en las escombreras y en galerías a 90 m de profundidad. Las herramientas documentadas son cantos de río con entalladuras laterales y a veces con ranura, cuyo peso se sitúa entre mayoritariamente entre los 500 y los 1500 gr. Algunos pueden superar los 4 kg. La morfología de un 35 % de estos cantos es aplanada, también con una punta biselada que actuaba como pico<sup>215</sup>. Un 65 % se corresponden con mazas con una o dos superficies activas y extremo redondeado. Hay una diferencia litológica muy marcada entre los picos, en riolita o rocas básicas esquistasas, y las mazas, siempre en basalto, diorita o en cuarcita (Fig. 4.18). También aparecen pequeños cantos basálticos sin retoques, de menos de 700 gr, seguramente utilizados como trituradores. Y, finalmente, pequeños morteros reutilizando percutores

---

212 Gif.9571: 4120±40 BP

213 <http://traces.univ-tlse2.fr>

214 Calibración a 1 sigma. BETA-221099: 3950±40 BC.

215 El dibujo que se presenta de uno de ellos muestra muchas semejanzas con los encontrados en diferentes minas del Sudoeste como Chinflón. La mayor parte de ellos asociados con la minería del hierro antiguo. No sería extraño, en este caso, que las diferentes litologías (y diferentes morfologías) se correspondan mejor con diferentes horizontes de explotación que a una característica funcional.



Figura 4.18. Percutor macrolítico en roca subvolcánica de Bouco-Payrol (extraído de <http://traces.univ-tlse2.fr>).

en los que se ha manufacturado una concavidad en una de sus caras como ya se ha observado en el Áramo. En estas concavidades es frecuente observar azurita. Cada litología requiere una selección específica del material ya que sus depósitos están separados.

En cuanto al mineral, además de carbonatos de cobre, también encontramos cobres grises, cuya mineralización primaria es la tennantita con paragénesis Cu-As-Bi (Leblanc 1997).

La metalurgia del distrito de Cabrières es conocida por La Capitelle du Broum, (Bouquet et al. 2006). Además de La Capitelle, son varias las minas del distrito con presencia de escorias y residuos metalúrgicos como Roque-Fenestre<sup>216</sup>, y Pioch Farrus<sup>217</sup> (Ambert et al. 1998). Por el contrario en el distrito

de Fayet no tenemos noticias de la existencia de metalurgia extractiva en el sitio o sus inmediaciones.

La Capitelle du Broum se considera un establecimiento especializado en la reducción de los minerales que conviviría a lo largo del III milenio cal ANE con otros asentamientos con una producción metalúrgica doméstica, como la documentada en Al Claus (Carozza et al. 1997; Carozza y Mille 2007). Tanto en un yacimiento como en otro se ha constatado la reducción de minerales primarios (la tetraedrita en la Capitelle y la calcopirita en Al Claus) en un solo proceso de reducción (Bourgarit et al. 2003). Sin embargo, se advierte una evolución en el uso de reactores metalúrgicos. Primero se usan pequeñas cubetas de 20 cm de diámetro excavadas en el suelo, como atestigua el registro de La Capitelle, mientras que posteriormente y en cronologías campaniformes se imponen las vasijas de reducción (Rovira y Ambert 2002).

#### 4.3.2.5. Los Alpes Franceses

Aunque algo más tardía que las anteriores, la mina de **Saint-Véran** (Hautes-Alpes, Francia) reviste un enorme interés por su extensión. Las labores se localizan entre los 2650 y los 2300 metros de altitud. Las investigaciones, llevadas a cabo desde mediados de los años 90 (Barge 2003) hasta la actualidad (Bourgarit et al. 2010), han permitido caracterizar los tipos de labores efectuadas en la mina. Igualmente se ha excavado un campamento minero de fondo de valle, La Cabane des Clausis, donde se reducía la bor-

216 Con la datación más antigua del distrito (Ly-2 039: 4310±75 BP).

217 Con dos dataciones que sitúan se explotación en la segunda mitad del III milenio ANE (Ly-1724: 4010±70 BP y Ly-1 72: 3870±80).

nita extraída de la mina. Existe una completa serie radiocarbónica para Saint-Véran que establece su puesta en marcha en torno al 2300-2250 cal ANE y su abandono 400 años después. La explotación prehistórica de Saint-Véran es contemporánea de un aprovechamiento intensivo de recursos de alta montaña en los Alpes (2700-2200 m.s.n.m.), bien documentados en **Massif des Rousses** (Isère y Savoie, Francia). Allí, se han identificado en prospecciones 112 extracciones superficiales de pequeño tamaño, 30 pozos, 32 trincheras y 19 galerías; todas ellas trabajadas mediante ataque con fuego pero sin que se haga mención a herramientas macrolíticas. Los sondeos realizados en varias de estas explotaciones mineras han permitido su datación entre 2100-1600 cal ANE (Moulin et al. 2012).

La mina de Saint-Véran se configura como una gran trinchera de varios metros de espesor que vació el filón desde la superficie. Su explotación fue reemprendida en 1901 y explotada en profundidad de forma interrumpida pero intensa hasta 1970 (Barge 2012). La nueva explotación atravesó las labores antiguas, totalmente colmatadas en superficie. Hay tres tipos de labores prehistóricas conocidas. De la primera y la que se supone más antigua apenas quedan evidencias. Esta afectaría a la cobertura de minerales secundarios aflorantes en el plegamiento en antiforme, hoy desaparecido, de la Tranchée des Anciens.

Una vez agotada esta capa oxidada de la cobertura se empezó a explotar la capa inferior. Para ello se recurrió a un sistema de trinchera a gran profundidad singular en la prehistoria europea y que tiene su símil en las trincheras romanas. Se han documentado tres frentes de trinchera. El primero, de 40 metros de longitud, llega a los 15 metros de profundidad. Un segundo frente, al oeste, tiene 70 metros de largo por 50 metros de profundidad. La tercera columna de trabajos no ha podido ser estudiada por el mal estado de la mina (Barge y Ancel 2003, p.47; Barge 2012, p.13). El filón, y en consecuencia la trinchera, presenta una inclinación subvertical entre 40° y 70° y una anchura de entre 0,60 y 3 m (Barge 2003; Barge y Ancel 2003). A medida que se profundizaban las labores se sellaban los niveles superiores con los escombros de la propia mina. Para ello se utilizaron planchas de madera como techo. De esta manera se ahorraban la extracción de los escombros desde grandes profundidades.

Un tercer tipo de labor es el ataque con fuego de mineralizaciones superficiales (Barge y Talon 2012), posiblemente de cobre nativo (Rostan 2012). Según las dataciones radiocarbónicas se realizó con posterioridad a los trabajos más profundos de la trinchera, en el límite del abandono de la mina (Barge y Talon 2012, p.148)<sup>218</sup>.

Tanto en el exterior como en el interior de la mina han podido ser recuperados numerosos implementos y herramientas de los mineros prehistóricos. Aunque los artefactos líticos no han sido sometidos a un estudio riguroso, vemos que dominan las mazas y picos

---

218 Lo que rompe la visión tradicionalista de una fase inicial de aprovechamiento de cobre nativo





Figura 4.19. Picos y percutores en eclogita de Saint-Véran (Barge, 2003, p. 37).

en cantos de eclogita del Monte Viso, una roca extremadamente dura y con un área de distribución muy amplia durante el Neolítico y el Calcolítico. En la mayoría de casos, el soporte lítico desarrolla entalles y acanaladuras poco marcadas para facilitar su enmague<sup>219</sup> (Fig. 4.19), pero no presentan una preparación previa de la superficie activa. Los soportes macrolíticos se complementaban con cuernos de cabra utilizados como cincel o palanca (Barge 2003).

La conservación de la madera es muy buena por la humedad del interior y se ha podido documentar la presencia de ramitas de pino *larix* que servirían en la iluminación de los trabajos<sup>220</sup>. Estas ramitas aparecieron agrupadas mediante cordones vegetales para cumplir la función de antorcha. La madera también se usó para fabricar planchas y puntales de sujeción y escaleras. Se cree que el uso de planchas permitía crear diferentes niveles de trabajo sobre el que se iban depositando los estériles, ahorrando el trabajo de tener que sacarlos al exterior. Algunos fragmentos circulares de madera de dos a tres centímetros de diámetro han sido interpretados como restos de mangos.

La reciente excavación de varios sondeos en la Tranchée des Anciens ha permitido recuperar escorias inmaduras (Rostan et al. 2011; Balestro 2012), muy diferentes a las encontradas en la Cabane de Clausis (Bourgarit et al. 2008). Su estudio arqueométrico sugiere que podrían pertenecer a una fase no documentada hasta el momento en la mina de la que aún no disponemos de datación radiocarbónica. A diferencia de las escorias producto de la reducción de la bornita ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ), el principal mineral utilizado en esta primigenia metalurgia de Saint-Véran serían los carbonatos de cobre de la cobertura del filón.

En la Cabane de Clausis, el taller de reducción del fondo de valle, se han recuperado unos 100 kilogramos de escorias de tipo plattenschlake que corresponden a 500 kilogramos de mineral tratado. Aunque la cantidad pueda parecer muy elevada, solo representan unas pocas operaciones metalúrgicas antes del abandono del taller. Para poder representar el mineral extraído de la mina se necesitarían 4000 talleres como el excavado (Bourgarit et al. 2010).

219 Probablemente debido a la dureza de la eclogita.

220 Un sistema de iluminación idéntica al que documentó A. Dory (1893) en la Sierra del Áramo, en este último caso con madera de tejo impregnada en aceite y/o cera (de Blas Cortina et al. 2013, p.171).

#### 4.3.2.6. Islas Británicas

En contraposición a la ausencia de metalurgia extractiva (Craddock 1990), la minería prehistórica en las islas británicas ha sido un referente desde su descubrimiento en el s. XVIII. Pese al gran número de minas con explotación prehistórica son muy pocas las que han ofrecido dataciones radiocarbónicas de finales del III milenio ANE. En su conjunto se reparten entre Irlanda, Gales e Inglaterra, con una tendencia a concentrarse en sectores muy definidos (Timberlake y Craddock 2013).

De todas ellas la que presenta la explotación más antigua conocida es la de **Ross Island** (Killarney, Irlanda), datada en el período campaniforme entre el 2400 y el 1900 cal ANE. Las labores antiguas se configuraban como grandes cuevas de forma alveolar por el efecto del ataque con fuego, que podían tener de 10 a 15 metros de profundidad (O'Brien 1998, p.103; O'Brien 2011, p.341). Una de estas cámaras se conectaba a una importante red subterránea datada a finales del III milenio pero se derrumbó accidentalmente durante su explotación moderna (O'Brien 1998, p.103). Sin embargo, sí conocemos que la explotación minera se efectuó mediante la combinación del ataque con fuego y arranque del mineral con percutores líticos.

Los artefactos macrolíticos son de aspecto bastante rudimentario y pueden presentar entalles, ranura simple, ranura doble, y más excepcionalmente acanaladura completa (Fig. 4.20). Aunque no hay una cifra exacta, se calcula en varios miles los percutores recuperados en Ross Island, todos ellos cantos rodados de arenisca roja procedentes de cuencas fluviales cercanas (O'Brien 1998, p.103; Craddock 2010, p.51). También abundan los omoplatos de bovino utilizados como recogedores o palas.

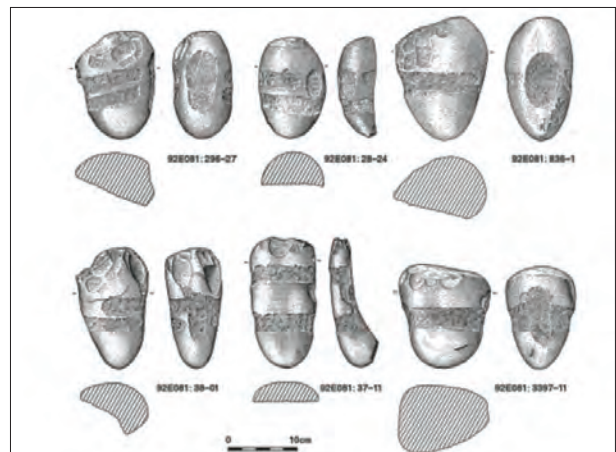


Figura 4.20. Percutores macrolíticos de Ross Island (O'Brien, 2015, fig. 8.5)

El mineral empleado era una mezcla de tennantita y calcopirita. Se propone una reducción a baja temperatura que no generaría escorias (O'Brien 1999), lo que explicaría la ausencia de este tipo de artefactos en el conjunto de las Islas Británicas. La reducción de estos minerales se efectuaría en un campamento, junto al lago que bordea la mina, que ha sido adscrito al grupo campaniforme tanto por datación radiométrica como por tipología cerámica<sup>221</sup>. Ross Island es la única mina de las islas británicas en que se es-

221 Las islas británicas es la única región europea en que no se ha conseguido localizar escorias que permitan caracterizar las operaciones metalúrgicas de reducción, por ello se trabaja con modelos teóricos que expliquen esa ausencia de evidencias.

taría explotando mineral rico en arsénico para la obtención de cobres arsenicados. También es la única que está en funcionamiento con anterioridad a la circulación de los bronce estanníferos, que empiezan a aparecer en la zona a partir del ca. 2200 cal ANE.

La mina galesa de **Cwmystwyth**, (Copa Hill, Gales) tiene dos fases de explotación. La primera entre 2400 y 1750 cal ANE y la segunda del 1700 al 800 cal ANE (Timberlake y Craddock 2013). Se ubica en la zona de mayor concentración de labores prehistóricas

del Centro de Gales. El sistema principal de laboreo prehistórico es una trinchera de 25 metros de longitud, que pudo alcanzar los 12 metros de profundidad. Al menos una pequeña galería de origen prehistórico se abrió al fondo de la trinchera siguiendo la mineralización (Craddock 2010, p.55).

La técnica de explotación seguía el esquema anterior de ataque con fuego y arranque mediante percutores líticos, aunque la presencia de asta de ciervo también confirma su uso como palancas o picos. El mineral era triturado a pie de mina con morteros barquiformes en arenisca (Fig. 4.21)<sup>222</sup>. En Cwmystwyth los percutores no presentan ningún tipo de preparación previa de empuñadura, pese a tener una cronología algo más tardía que en Ross Island. Los minerales explotados era un mineral polimetálico de carbonatos de cobre y óxidos de hierro en vetas de cuarzo. Es posible que también la calcopirita fuera explotada en la antigüedad.

Aunque ya en el II milenio ANE, **Great Orme** (Llandudno, Gales) es la mina conservada de mayor magnitud de la Edad del Bronce en Europa<sup>223</sup>. Se ubica en la costa norte de Gales y fue explotada entre el 1800 hasta el 600 cal ANE. En superficie se realizó una primera explotación en trincheras a cielo abierto, que posteriormente continuaron bajo tierra hasta llegar a los 6 km de galerías y 65 metros de profundidad (Lewis 1990, fig.3). La explotación se desarrolló en las blandas areniscas con percutores líticos y herramientas en hueso y hasta de ciervo. El ataque con fuego también está documentado en la roca más dura (Lewis 1990; O'Brien 2013).

El principal mineral explotado fue la calcopirita, mineralización que aparece también en superficie. La zona de enriquecimiento (*supergéne*) se encuentra cerca de la superficie

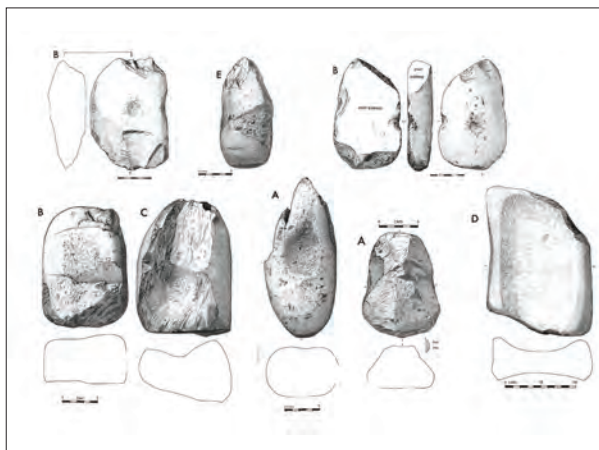


Figura 4.21. Selección de percutores macrolíticos y mortero tipo "sandquerry" de las excavaciones en Coppa Hill (Timberlake y Craddock, 2013, fig. 92 a 95)

222 El ejemplar que aparece en la figura es muy similar a un mortero encontrado en la escombrera de Cerro Minado (supra).

223 Y por este motivo, pese a inscribirse ya en el II milenio, se presenta de forma muy breve aquí.

y abundan los carbonatos de cobre, especialmente la malaquita aunque también se han encontrado en menor cantidad, azurita, tenorita y cobre nativo (Lewis 1990, p.5).

#### **4.4. Caracterización de la explotación minera durante el Calcolítico y el Bronce Inicial**

Este apartado pretende construir una reflexión que nos permita situar las evidencias documentadas en el valle del Guadalentín en el marco minero de la prehistoria europea. La perdurable explotación de un mismo depósito durante diferentes períodos constituye la mayor contingencia, y la más recurrente, a la que hacer frente desde la arqueología. Son muy pocas las minas que nos permiten caracterizar un horizonte arqueológico determinado. Desgraciadamente, también son pocas las excavaciones arqueológicas realizadas en las minas prehistóricas de la península ibérica, y la mayor parte del registro procede de prospecciones superficiales o hallazgos antiguos durante la explotación moderna de las minas. Una explotación que raramente dejó testimonios estructurales de esta minería primitiva. El panorama ha cambiado sensiblemente con excavaciones en minas dispares como Mocissos, Sa Mitja Lluna, José Martín Palacios y La Profunda, además de las excavaciones de los campamentos mineros de Campa las Mines. Un cambio que nos acerca a otras regiones europeas donde la excavación de contextos mineros tiene una larga tradición. Esperamos poder sumar en un futuro cercano alguna de las minas prehistóricas del Sudeste a este repertorio.

Sobre todo el conocimiento acumulado podemos sintetizar una valoración de la minería prehistórica en el cómputo de las prácticas sociales de las comunidades del Calcolítico y Edad del Bronce. Tal síntesis es importante para poder plantear trabajos de investigación futuros en el marco de los resultados de nuestras prospecciones. También nos ayuda a definir la situación de los procesos socioeconómicos y tecnológicos que afectan a la minería prehistórica del valle del Guadalentín respecto a otras regiones.

##### **4.4.1. Tipos de labores**

Ya en la prehistoria encontramos los dos grandes modelos de labores que pueden calificarse de universales: (1) labores subterráneas, y (2) minería al aire libre. La primera está representada por pozos, galerías y trincheras con varios niveles; mientras que la segunda puede ser en trincheras abiertas, canteras, covachas y extracciones de mineral superficial. Cada uno presenta una gran variedad en cuanto a dimensiones e incluso no es infrecuente un modelo mixto que pueda combinar por ejemplo una trinchera con desarrollo posterior en galería o con pozos

Después de revisar las principales explotaciones calcolíticas y del Bronce Inicial podemos concluir que no hay un método normalizado de minería durante este período. Si parece que las primeras extracciones de mineral de cobre en Los Balcanes están aprovechando un sistema común de la minería del sílex anterior, como la que vemos

en Casa Montero (Vicálvaro, Madrid) pero que ya se documenta durante el Paleolítico en algunas minas europeas (Hunt Ortiz 2005). La explotación en pozos acostumbra a ir acompañada, en el caso de la minería del cobre de otros sistemas de labores, como trincheras y pequeñas galerías.

Hay que recordar que las evidencias de minería no metálica del Neolítico y Calcolítico no son homogéneas y algunas superan, con creces, la visión de una minería local que no dejaría improntas sobre el terreno. Como paradigma de explotación subterránea tenemos los complejos de galerías de las minas de variscita de Can Tintorer (Gavà, Barcelona), datadas a mediados del V milenio cal ANE (Blasco et al. 2000), además de los ya citados pozos de Casa Montero (Consuegra Rodríguez et al. 2004). Algo más tardías son las trincheras de la mina calcolítica de variscita de Pico Centeno Encinasola, Huelva) que conviven con la explotación de cobre en la zona durante el III milenio cal ANE.

Para la primera minería metálica hemos visto las grandes minas de El Áramo, con más de 800 metros de labores de interior desarrolladas a lo largo de más de un milenio de explotación continuada. En Europa Occidental la mayoría de explotaciones vinculadas al III milenio ANE presentan como regla general el uso de galerías<sup>224</sup>, como Pioch Farrus, Ross Island, Libbiola o Val Spina (Liguria). Estas galerías pueden ser tanto subverticales como subhorizontales, pero con la característica común de que siempre van siguiendo el tramo mineralizado. En la península ibérica, este tipo de labores pueden encontrarse en La Profunda, El Milagro, Cerro Minado, Balsicas y el Filón Consuelo y no podemos descartar que sea el sistema empleado en varias de las explotaciones del Sudoeste como en La Sultana (Cala), Cuchillares (Campofrío), Aznalcóllar (Aznalcóllar) o la Cueva de San Francisco (Guadalcanal) (Hunt Ortiz 2003). También es probable que, junto a la explotación en trinchera, sea el sistema empleado en la mina José Martín Palacios (Baños de la Encina), según se desprende de la prospección geofísica y los sondeos realizados (Arboledas et al. 2006; Contreras y Moreno 2015).

A cielo abierto son varios los ejemplos de extracción en trinchera. En el marco peninsular las encontramos en Sa Mitja Lluna (Maó), las minas Polígono y José Martín Palacios (Baños de la Encina), Mocissos (Alandroal) y Monte da Angerinha (Aguilar, Viana do Alentejo). También se empleó en la Mina La Turquesa (Cornudella de Montsant), y en varias de las minas prehistóricas mal datadas del Sudoeste. Mucho más común parece ser en otros territorios como algunas zonas de Gales y en los Alpes Franceses.

Los casos más extremos de explotación en trinchera son Mocissos y Saint-Véran. En el primero, la extracción de pequeñas vetillas de carbonatos de cobre dejó tras de sí como única evidencia una pequeña grieta impregnada en carbonatos de cobre. En Saint-Véran (Hautes-Alpes, Francia) la trinchera alcanzó los 50 m de profundidad, generando varios pisos de escombros tras de sí que iban sosteniéndose con planchas de madera.

---

224 Y que no obstante se adentran lo suficiente para dejar de ser labores superficiales.

Algunas grandes minas como El Áramo, La Profunda o Saint-Véran están surtiendo de cobre grandes zonas extra-regionales en un momento en que el metal empieza a ser abundante, ello explica la entidad de sus labores. Para el caso asturiano, recientes investigaciones con los isótopos de plomo muestran que se convirtió en el principal proveedor de metal del sur de Francia durante el Campaniforme (Labaune et al. 2015). En el caso de Saint-Véran, su producción circulaba previsiblemente hacia todo el norte de Italia coincidiendo con el auge del Horizonte Polada (Bourgarit et al. 2010, pp.282-3). También las minas del valle del Rumblar estarían surtiendo a todo el Sudeste, pero al tener una explotación posterior romana desconocemos sus dimensiones originales. Por el contrario, las pequeñas labores como las de Sa Mitja Lluna tendrían un impacto más limitado en unos horizontes culturales en que la demanda de cobre sería muy inferior, como el Naviforme balear.

También se observa la convivencia de grandes labores con otras de menor entidad. Otra vez el ejemplo mejor documentado son las minas del noroeste peninsular, donde labores más limitadas como las de El Milagro se complementan con las de El Áramo. Posiblemente el Sudoeste y el Sudeste también tenían una estrategia mixta de explotación simultánea de grandes depósitos de cobre junto con otras labores más pequeñas. Ello parece desprenderse a partir de los análisis de isótopos de plomo de El Trastejón para la Edad del Bronce (Hunt-Ortiz 2005) y de Zambujal para el Calcolítico del sur de Portugal (Müller et al. 2007). Esta será una de las problemáticas principales de los resultados obtenidos en nuestro trabajo, ya que minas como Cerro Minado o Filón Consuelo podrían haber cumplido la función de grandes explotaciones mineras, mientras que Balsicas cumpliría la función de pequeña explotación de abastecimiento local.

Un caso muy interesante es el Argárico. Aunque la investigación al respecto está en una fase embrionaria, recientemente se ha descubierto más de 20 minas de posible cronología argárica en el Valle del Jándula (Jaén) (Arboledas et al. 2014; Arboledas et al. 2015b). Estas se suman a las ya conocidas de Baños de la Encina y pueden estar manifestando una concentración de la fuerza de trabajo como se observa en la metalurgia de Peñalosa (*infra*). En este caso no se realizarían grandes labores si no que se recurriría a la explotación simultánea y extensiva de varios depósitos minerales cercanos entre sí.

Como acabamos de repasar, no es la antigüedad de una explotación lo que determina labores superficiales o en profundidad. Es el tipo de mineralización y la necesidad (*versus* otros factores) de explotarlo lo que condicionará realizar labores en profundidad o una mayor dispersión de labores superficiales. En consecuencia, cuando las mineralizaciones de cobre se dan en filones superficiales subhorizontales a ras de superficie, como sucede en el valle del Rumblar, encontraremos labores a cielo abierto en forma de trinchera. Pero en cuanto estos filones penetren en el interior de la roca, encontraremos su continuidad lógica en forma de galerías. Este último punto parece ser la situación más frecuente en el valle del Guadalentín.

En resumen, los tipos de labores que encontramos en el valle del Guadalentín son consistentes con la minería calcolítica, pese a la diversidad con que puede presentarse. Es difícil restituir la explotación original de Cerro Minado pues únicamente se conserva un tramo aislado entre minados recientes. No obstante, su posición en relación a la forma original del cerro sugiere que la explotación alcanzó cierta profundidad y desarrollo. Ello tampoco es extraño cuando vemos las profundidades alcanzadas en minas como El Áramo o Arritzaga. Las labores prehistóricas de Balsicas y Filón Consuelo son más contenidas en profundidad. En el primero aparentemente solo se observa una galería de 8 m de recorrido horizontal que podemos atribuir a una explotación prehistórica. En Filón Consuelo, pese a no tratarse de galerías profundas son muchos los posibles puntos de extracción prehistórica de mineral. Las galerías se presentan como subhorizontales con un máximo de 5 a 7 metros de recorrido, pero también aparecen labores que podemos considerar superficiales, aunque la alteración posterior dificulte su caracterización.

La intensidad de la minería prehistórica también nos informa de la gestión de los recursos minerales. Las explotaciones mineras de cobre con poca ganga y arsénico en cantidades considerables son de mayor envergadura que las ferrocupríferas. Esto puede ponerse en relación con una intensificación de la explotación de minerales arsenicados, o bien que al haber menos minas con arsénico su explotación se concentrara. Los minerales ferrocupríferos son los más abundantes en el valle del Guadalentín. Una explotación dispersa de los mismos podría generar el mismo volumen de mineral que una explotación concentrada de los depósitos arsenicados, aunque por su dispersión sería menos visible.

#### **4.4.2. Herramientas e implementos mineros**

La perduración de técnicas mineras y soluciones tecnomorfológicas a lo largo de casi tres milenios supone un enorme desafío para su categorización cronológica de los artefactos mineros. Las herramientas para la extracción minera prehistórica pueden dividirse tanto por su función como por el tipo de materia primera.

El uso de cada una de ellas dependerá del sistema de arranque empleado. Un catálogo completo de las formas en que se podía arrancar el mineral de la roca durante el Calcolítico se registró en El Áramo. Según A. Dory (1893, pp.361-2) este incluía:

- » pequeñas extracciones mediante entalladuras en la roca,
- » grandes muescas circulares para extraer fragmentos considerables de mineral,
- » el ataque con fuego para convertir en quebradiza la roca que después sería desprendida mediante mazas y cuñas,
- » y la extracción de mineral atrapado en la masa arcillosa mediante las propias manos, con millares de digitaciones conservadas en la matriz arcillosa.

De todos ellos el más fácilmente identificable cuando la conservación no es tan excepcional como en el Áramo es el arranque por fuego. También se considera como un sistema identificativo de labores prehistóricas, aun cuando se tengan noticias de su uso hasta el siglo XIX (Simonin 1867). Uno de los referentes de su estudio son las minas británicas calcolíticas de Ross Island o las centroeuropeas de Mitterberg<sup>225</sup> durante el Bronce Medio y Final. También en Cabrières el ataque con fuego ha sido documentado de forma sistemática en Pioch Farrus IV, dejando unas secciones alveolares en cadena que permiten calcular la capacidad de extracción de cada ataque (Ambert y Carozza 1996). El arranque de mineral mediante el calentamiento previo de la roca también está bastante extendido en la península ibérica. En el contexto peninsular ha sido bien descrito en las minas astur-leonesas, pero también lo encontramos registrado durante el Bronce Inicial en Arritzaga (País Vasco) y en las minas de Baños de la Encina (Jaén). En estos yacimientos, además de las características formas alveolares que deja el fuego en las paredes ha sido posible identificar el carbón utilizado. Aunque la falta de excavaciones no permita confirmarlo, los tramos de galería conservados del Filón Consuelo parecen haber sido excavados mediante esta técnica.

Para el resto de sistemas de arranque, muchas veces la única forma de identificarlos son las herramientas conservadas. La identificación de la función de un artefacto vendrá condicionada por su morfología y propiedades mecánicas, así como por las transformaciones sobre el soporte original para adecuarlo al uso previsto. Vuelven a ser las minas asturianas las que aportan un mayor catálogo de soluciones de artefactos mineros. Para al primer proceso de arranque tenemos los picos, las mazas, las cuñas, cinceles o punterolas y las palancas. Las herramientas de este primer grupo pueden ser en piedra, asta de ciervo, cuerno de ovicáprido, huesos largos de fauna o madera o las propias manos. Dado el alto índice de desgaste y rotura de los artefactos debido a los impactos violentos o torsiones extremas, es habitual el reciclaje. En ocasiones simplemente se retoca para seguir cumpliendo la función previa. En otras se intercambian superficies activas por superficies pasivas. También es común que ese reciclaje implique un cambio en la función del útil. El más frecuente son las mazas de considerable tamaño que son utilizadas como morteros para machacar mineral.

Después de su arranque, un segundo proceso de tratamiento del mineral estaría representado por los molinos, morteros, machacadores y trituradores. Todos los elementos de este segundo grupo serían en piedra y se localizan principalmente en el exterior de las labores o en su vecindad. En el sudoeste peninsular también tenemos un amplio registro en varios asentamientos próximos a las minas, que excepcionalmente tienen cronologías calcolíticas o de la Edad del Bronce Inicial. Su identificación es relativamente sencilla, pero su uso perdura aún más que el de los percutores macrolíticos, siendo

---

225 Éstas últimas muestran el que se considera el sistema de ataque por fuego más complejo de los que se conocen durante la prehistoria, lo que les permitió labrar galerías de más de 100 metros exclusivamente con este sistema (Pittioni 1951)



muy habituales en las labores romanas (Hunt Ortiz 2003). Como bien indica E. H.-Pacheco (1907), estas herramientas se corresponden con dos procesos de procesado del mineral.

Un paso previo de concentración mediante triturado con el fin de separar el mineral de la ganga y un segundo paso de trituración y/o molido de este mineral concentrado. El producto obtenido se correspondería con la carga introducida en el reactor. En Cerro Minado ha aparecido un artefacto en piedra para el molido del mineral, muy similar a uno aparecido en Cwmystwyth (Timberlake y Craddock 2013) por lo que como allí, podemos proponer, al menos, un primer procesado del mineral a pie de mina.

Estos soportes pasivos pueden estar en relación con los residuos metalúrgicos presentes en varias explotaciones mineras. Normalmente se identifican escorias y vasijas de reducción como en la Mina José Martín Palacios. En el Áramo A. Dory identificó escorias en adherencias cerámicas consistentes con la metalurgia calcolítica y del Bronce Inicial, pero las recientes excavaciones en el lugar solo han podido reconocer las cubetas y hornillos, asociadas con minerales, donde se practicaría la reducción de cobre.

Otro grupo de herramientas son las manufacturadas en materia orgánica, de conservación excepcional. Pueden cumplir varias funcionalidades. Una de ellas son los elementos de transporte como los capazos o bateas en madera de El Áramo pero que también son habituales de las minas británicas. Es muy posible que, en la Península, la mayoría de elementos de transporte fueran fabricados en fibras tejidas como el esparto. En las explotaciones romanas de Mazarrón se han conservado capazos realizados en esparto de época romana, algunos aún estaban llenos de mineral (Domergue 1990; Siret 2001). Cumpliendo la función de recogedores, las palas se han encontrado tanto en madera (minas de Libiola) como en escápula de bóvido (Ross Island). También en madera, en la sierra del Áramo, Saint-Véran o Mitterberg se han encontrado sistemas de iluminación en forma de astillas impregnadas en resina y/o cera. A parte de la impregnación en resina, en todos estos yacimientos se aprovechan maderas de combustión lenta como el tejo o el pino *larix*. El uso de la madera también se ha documentado para la construcción de estructuras o escaleras. En Saint-Véran se utilizaron planchas de madera para crear diferentes niveles en el interior de la trinchera, mientras que en Ross Island se han podido documentar canalizaciones en madera mediante la cual extraer agua de las minas o también transportar el mineral triturado. La madera para construir entibaciones es algo muy excepcional dada la naturaleza de las labores primigenias, pero en Mitterberg se ha relacionado con la minería del II milenio.

Por otro lado, la cerámica se asocia preferentemente a labores en el exterior y a los campamentos mineros. Su presencia es infrecuente y en ocasiones se ha abusado de ella para situar cronológicamente explotaciones a partir de asentamientos cercanos. Sin embargo, tenemos casos como los de la mina José Martín-Palacios, o Mocissos, donde la cerámica sí es atribuible, como en Cerro Minado, a la explotación minera prehistórica.

En ambas se localiza preferentemente en los rellenos de la escombrera y se asocia a las actividades de exterior. En el interior de la mina la presencia de cerámica obedece casi siempre a depósitos de tipo cultural o funerario. En Can Tintorer se asocia tanto a sepulturas como a ocultaciones o espacios rituales (Borrell et al. 2015). En Rudna Glava no hay documentadas sepulturas pero sí cerámica simbólica al fondo de algunos pozos. Algo más tardíos serían los depósitos cerámicos hallados puntualmente en Cabrières (Esperou 2008) que tampoco presentan enterramientos asociados.

Láminas y cuchillos de sílex han aparecido asociados a escombreras de labores mineras como en la Mina Polígono y José Martín Palacios, Cerro Muriano o Cuchillares, permitiendo así un apoyo a la datación calcolítica de las explotaciones. No parece que tuvieran un uso directo en la explotación del mineral, pero pueden ponerse en relación con pequeños trabajos de mantenimiento de los implementos mineros, como cortar fibras y cuerdas o encender fuego.

Tampoco es infrecuente el hallazgo de hachas de cobre y bronce que, junto a las hachas líticas, podrían estar relacionadas con el trabajo de la madera en el interior y exterior de las galerías. Estas hachas líticas han sido también un marcador cronológico del Calcolítico en varias de las explotaciones prehistóricas del Sudoeste y sierra Morena. Otros artefactos de metal como cinceles o la singular placa biselada de El Aramo podrían tener un uso más directo en la extracción mineral, sustituyendo artefactos equivalentes en piedra o asta.

#### 4.4.2.1. Los percutores macrolíticos. Mazas y picos

Dada la abundancia y universalidad de percutores líticos, éstos se han convertido en el fósil director por excelencia para la identificación de labores mineras prehistóricas. Los intentos de dotar de carácter cronológico los diferentes tipos de percutores, según presenten o no ranuras, la distribución de éstas y su número, han sido ampliamente discutidos (Pickin 1990; Hunt Ortiz 2003; Hunt-Ortiz 2004).

Los percutores macrolíticos, denominados de forma genérica mazas o martillos de minero, son percutores especializados que pueden presentar, o no, sistemas de prensión para el empuje. Estos sistemas pueden ser simples entalles, ranuras laterales o acanaladuras completas. Además, las ranuras y acanaladuras pueden haberse realizado por talla o pulido. Las ranuras pueden ser laterales o transversales y simples o dobles. El tipo más visible y extendido son las mazas con una ranura lateral simple. La mayor visibilidad de las mazas con ranuras ha influido en una sobrerrepresentación de su presencia. De hecho, las labores prehistóricas que solo presentaban cantos rodados sin preparación previa no están siendo reconocidas hasta fechas muy recientes (Perelló et al. 2013; Delgado Raack et al. 2014; Goldenberg y Hanning 2014). Cuando aparecen junto a mazas con ranura, únicamente se da noticia o se representa a éstas últimas. En las tempranas síntesis de principios del s. XX (H.-Pacheco 1907) se enfatizaba el hecho

de que en el sur peninsular la mayoría estaban realizadas en diorita, especialmente en aquellas zonas en que abundan los afloramientos de rocas subvolcánicas.

La dificultad en la adscripción cronológica de las mazas se debe a varios factores. En primer lugar se da el caso de que en algunas regiones su uso perdura a lo largo de tres mil años, desde el inicio de la minería hasta la Edad del Hierro. Durante esos 3000 años hay una explotación minera intermitente de los mismos depósitos. Ello conduce a que tecnomorfologías específicas no puedan asociarse a una cronología determinada. Las pocas excavaciones realizadas en estas minas multifásicas nos advierten de la dificultad de discriminar conjuntos estratigráficos en la amalgama de las escombreras y los rellenos de mina, aunque sí que ha sido posible distinguir entre grandes fases de explotación (Goldenberg y Hanning 2014).

Otro factor que dificulta establecer una cronología de las herramientas líticas es la presencia sincrónica, en zonas alejadas entre sí, de diferentes soluciones tecnológicas en la preparación del soporte. Por ejemplo, en el caso de Sa Mitja Lluna (Menorca) la gran mayoría de percutores no presenta preparación alguna, cuando en la Península están en uso mazas con ranuras desde prácticamente un milenio antes. Otro caso es el de Chinflón, en el Sudoeste. Aquí fue precisamente intentar equiparar las mazas locales con lo que había en Timna (Próximo Oriente), lo que condujo a identificar las mazas con ranura del Bronce Final como calcólicas (Hunt-Ortiz 2004). Tampoco podemos suponer una evolución tipológica clásica en un espacio restringido. Ello lo vemos si comparamos las mazas con ranura campaniformes de Ross Island frente a las posteriores de Cwmystwyth, que carecen completamente de ella.

Para dotar de sentido esa diversidad de tipologías, y poder realizar lecturas cronológicas de las mismas, debemos trabajar con diferentes factores.

En la península ibérica, la tradición tecnológica inmediatamente anterior a la minería del cobre tiene en común la ausencia de una preparación previa significativa del soporte para el empuje, especialmente de ranuras. El caso del Pico Centeno (Huelva), es el más relevante por su cercanía cronológica y geográfica a nuestro objeto de estudio (Odriozola y Villalobos-García 2015). Los útiles allí documentados son idénticos a los contemporáneos de la minería de cobre más antigua documentada, la mina de Moccus (Évora) (Goldenberg y Hanning 2014, fig.12) y también a los que encontramos en Cerro Minado.

Otro aspecto clave es la comparación con los percutores y mazas que encontramos en los asentamientos geográficamente más cercanos. Percutores macrolíticos, en gabro o meta-gabro, utilizados para impactos de gran fuerza y/o poca precisión (Risch 1995, p.396) tenderán a presentar semejanzas en su empuje independientemente de su relación con la actividad minero-metalúrgica, ya que la cinética del artefacto es la misma. La preparación de los soportes se basará, al margen del tipo de materia prima, en la experiencia y la tradición de las propias comunidades locales. Sin embargo, este tipo

de percutores, especialmente cuando no tienen ranura, han generado poca atención y su estudio es algo excepcional<sup>226</sup>.

Para el III milenio cal ANE en el sudeste peninsular, contamos con la tesis doctoral de S. Delgado-Raack (2008) que comprende de varios asentamientos Lorquinos y nos sirve de marco comparativo excepcional en el valle del Guadalentín. En ningún caso, los percutores procedentes de asentamientos tienen ranuras, aunque la aparición de pequeños entalles o muescas no puede ser descartada. También para el Sudeste contamos con la publicación de E. y L. Siret de los percutores de Parazuelos (Lorca) o Tres Cabezos (Cuevas de Almanzora) (Siret y Siret 1887a, lám. 3 y 7; Deramaix 1992)<sup>227</sup>, que tampoco presentan ranuras o preparación para enmangue. En la revisión<sup>228</sup> de materiales de las prospecciones de los años 80 del poblado calcolítico de Carboneros, en Totana, también hemos documentado percutores en gabro. También en este caso se observa la utilización de rocas metabasíticas, sin preparación para el enmangue y con poca o nula modificación previa soporte.

Con el horizonte argárico encontramos una generalización de ranuras en los percutores de los asentamientos. Aunque dominan las ranuras laterales, la presencia de ranuras longitudinales al eje, simples o dobles, está ya muy extendida (Siret y Siret 1887a; Risch 2002; Delgado-Raack y Risch 2008; Delgado-Raack et al. 2015). Los únicos percutores con ranura procedentes de contextos mineros en todo el territorio argárico han sido hallados en las minas del valle del Rumber. Se da la circunstancia que estas son las únicas minas de cobre cuya explotación por las comunidades argáricas ha sido confirmada. Al menos en el caso del Sudeste parece bastante nítida una distinción entre contextos calcolíticos con percutores macrolíticos sin ranura y contextos argáricos preferentemente con ranura. De todos modos, sería comprensible encontrar un período de transición en el que empezarían a aparecer mazas con ranura. Previsiblemente esta transición se daría en los momentos finales del Calcolítico o las fases iniciales de El Argar.

Las evidencias de mazas con ranura en otras regiones peninsulares se corresponden con hallazgos superficiales en asentamientos multifásicos o de hallazgos no contrastados (Hunt-Ortiz 2004). El uso de percutores con ranura en los asentamientos continuaría, al menos en el Sudoeste, hasta los siglos VIII-VII ANE (Hunt-Ortiz 2004). Valgan como ejemplos la factoría metalúrgica de Monte Romero (Almonaster la Real), Castrejones (Aznalcóllar) o Tejada la Vieja (Escacena del Campo). Referencias tan tardías a percutores con acanaladura en la península ibérica pueden encontrarse en los hallazgos dispersos y sin contexto de la marina asturiana, que se han puesto en relación

---

226 Procedentes de poblados es habitual publicar este tipo de percutores cuando presentan ranuras ya que se identifican erróneamente como “mazas de minero”.

227 No obstante, en la Gerundia (Antas) con una última ocupación campaniforme (Maicas Ramos y Román Díaz 2001), también datada en el III milenio apareció un percutor con ranura lateral y entalle transversal (Siret y Siret 1887b, lám. 1, núm. 112).

228 Véase capítulo 5.

con los asentamientos fortificados del siglo VIII ANE (Álvarez Martínez y Pajares 2011). También hemos abordado la posible cronología púnica de la maza con acanaladura del cerro de la Escucha, en Cartagena. Como ya se ha dicho, hay varios elementos para suponerle una cronología anterior de la Edad del Bronce, dado que el registro de labores conservadas de época púnica muestra el uso de herramientas en hierro.

Fuera del ámbito peninsular, el uso de percutores líticos con ranura se ha propuesto para contextos de la segunda Edad del Hierro en asentamientos del oeste de Francia y otras zonas centroeuropeas (Daire 2007). En estos casos la presencia de mazas con ranura en poblados de los siglos II y I ANE no parece traducirse hacia contextos mineros del cobre.

A parte de la relación entre minas y poblados, también debe tenerse en cuenta la litología y la distancia de abastecimiento de la roca sobre la que se realiza. En el Sudeste y Sudoeste vemos como la mayoría de percutores encontrados en las minas están manufacturados en rocas ígneas intrusivas de tipo gabro o microgabro, muchas veces nombrados también como diorita o metabasita. En las minas astur-leonesas, ante la ausencia de rocas volcánicas en las inmediaciones, se utiliza como materia prima preferente cantos rodados de cuarcitas, de dureza similar. En la mina La Turquesa, los percutores también son en las rocas volcánicas disponibles en el territorio (granitos y pórfidos). Este tipo de rocas granoblásticas presentan una composición uniforme y una ausencia de porosidades que les confieren una considerable resistencia ante impactos violentos (Delgado Raack et al. 2014).

Escoger cantos rodados procedentes de ramblas (con episodios de arrastre violento) conlleva una selección natural previa. En estos depósitos solo se conservan enteros los que presentan menos fisuras internas y una mayor compactación. Quedan pocas dudas que los mineros prehistóricos conocían el efecto de selección de los cauces fluviales, donde además se podían seleccionar diferentes morfologías según el uso al que fuera destinado el percutor. En otros casos son las playas las que ejercen esa función, como en Sa Mitja Lluna y quizás en el Filón Consuelo, según la hipótesis de C. Domergue (1987). En estos dos casos se trata de cantos de menor calidad, por la menor selección natural de los depósitos de playa. En Sa Mitja Lluna son areniscas con un índice de fragmentación muy elevado. En Filón Consuelo, como en otras minas del Sudeste son gabros, pero su índice de fragmentación es más elevado que en Cerro Minado.

Por otro lado, cada litología requiere un tipo de preparación específica y el trabajo necesario para la preparación del soporte será muy diferente (Risch 1995). En el caso de las rocas blandas como areniscas o esquistos, ausentes por lo general de las labores mineras, el tiempo requerido para la preparación de ranuras por piqueteado estaría entre una y dos horas. Las rocas ígneas son mucho más duras de labrar, lo que se traduce en una menor profundidad de las ranuras. La estimación realizada por R. Risch para calcular el tiempo de producción de las mazas de minero en rocas ígneas con ranuras

se sitúan entre 20 y 40 horas (Risch 1995).

El registro arqueológico indica que en las minas solo se utilizaban las rocas más resistentes disponibles, a diferencia de los asentamientos, donde pese a ser dominantes también se trabajaban rocas más frágiles para trabajos sobre materias blandas (Risch 1995). Ello nos indica que la selección de la litología está estrechamente relacionada con el uso que se le va a dar; en base a la potencial capacidad de trabajo que este pueda soportar antes de su amortización. Esta idea ya fue expuesta por E.H.-Pacheco (1907), quien menciona la diferente elaboración de los soportes según la calidad de la roca en cuestión.

Hay otros factores que influyen en la selección de la materia prima y su elaboración. Una es la mejora en la cinética y la fuerza de impacto que le confiere la ranura. Ello implica que la mejora aportada por la preparación del soporte tenía que ser superior a la fuerza de trabajo requerida en su preparación. Otro factor trascendente es la distancia de abastecimiento al depósito o cantera. Cuánto más rápido se amortice una herramienta más viajes se tendrán que hacer para su reabastecimiento.

En consecuencia, la elección de una litología concreta para las mazas de minero y la elaboración de ranuras dependen de tres factores, (1) La durabilidad del útil, (2) la distancia a la fuente de aprovisionamiento y (3) el tiempo empleado en su elaboración.

Una vez realizada la selección de la litología hay otros elementos arqueológicamente relevantes. Las rocas blandas, debido a su intensa fractura requerirán una cantidad de materia prima mucho mayor que en el caso de las rocas ígneas. Ello no solo afecta al tiempo y la fuerza de trabajo que se pierde en su recolección. Implica una sobrerrepresentación arqueológica de los útiles, en relación a la entidad de las labores efectuadas. Un ejemplo muy claro es el de Sa Mitja Lluna, en que la situación de la mina solo permitía la utilización de cantos de arenisca de origen marino de mala calidad. La alta tasa de reposición que exigían los artefactos empleados en Sa Mitja Lluna explicaría porque la preparación del soporte es mínima y también el elevado número de artefactos para una explotación tan pequeña.

Tanto en la funcionalidad como en la preparación del soporte es importante el peso y las dimensiones del artefacto. La mayoría de percutores utilizados como mazas o picos para el arranque del mineral pesan entre 1 y 4 kilogramos. No es extraordinario encontrar grandes mazas que superen los 9 kilogramos de peso. Según se ha sugerido este tipo de herramientas podrían ir sujetas mediante una eslinga atada a un soporte (De Blas 2008, fig.11), También se ha demostrado que su uso sería posible con la eslinga directamente sobre el hombro y haciendo un movimiento de vaivén (Pickin y Timberlake 1988). Los trabajos experimentales realizados con este tipo de artefactos han demostrado que para su funcionamiento no es necesario proveerlos de preparación para los dispositivos de presión. Por ello la mayor parte del registro de este tipo de mazas presenta, a lo sumo, pequeños rebajes o entalladuras para evitar el deslizamiento de la

cuerda (de Blas 2007a, fig.12). Es así incluso cuando el resto de picos y mazas para el arranque de mineral sí tienen ranuras u otra preparación para la presión.

En las minas también aparecen una serie de pequeños percutores, considerados como trituradores o machacadores, que en ningún caso presentan sistema de presión para el empuje. Se considera que se usaba directamente con las manos. Este tipo de útil es muy común en los asentamientos calcolíticos del Sudeste, como Parazuelos o el Cerro de la Virgen de la Salud y su uso puede responder al triturado de múltiples materias. En estos casos serán los artesanos del propio poblado los que infieran la funcionalidad del útil. En algunas minas, como en Can Tintorer, estos percutores se fabrican en una litología claramente diferenciada de los artefactos destinados al arranque del mineral (Clop y Álvarez, fig.2).

En síntesis, para dotar de sentido arqueológico los percutores macrolíticos se deberá hacer una valoración particular de cada caso según las cuatro variables principales expuestas. Ello requiere en primer lugar conocer los antecedentes y los paralelos de la explotación minera regional y en qué períodos históricos los diferentes distritos mineros fueron explotados; comparar con los percutores procedentes de contextos domésticos; revisar la disponibilidad geológica local de las litologías utilizadas; y, por último, entender la funcionalidad del artefacto y sus requerimientos de modificación del soporte. Es muy probable que la información arqueológica disponible sea incompleta, pero en todo caso la conjunción de varios de los factores aquí expuestos debería poder aproximarnos a una lectura de los percutores con sentido histórico.

Cuando trasladamos este aprendizaje al caso del valle del Guadalentín y a las minas prospectadas, los hallazgos realizados son consistentes con una explotación calcolítica de las mismas. Más allá de la datación radiocarbónica y la presencia de una forma cerámica diagnóstica de Cerro Minado, los propios artefactos adquieren sentido por sí mismos.

En primer lugar se utilizan artefactos con poca o sin preparación para el empuje siguiendo la tradición neolítica de la minería no metálica peninsular. En la zona, todos los percutores macrolíticos de poblados calcolíticos son sin ranura y/o con pequeños entalles. La elaboración de ranuras solo aparece de forma clara durante la Edad del Bronce.

La litología que se está utilizando, con cantos rodados en gabro y micro-gabros, es la mejor selección posible y en todos los casos son litologías disponibles a distancias cercanas a las minas. También son las litologías que se emplean exclusivamente en los poblados calcolíticos de la región. En nuestro caso, la uniformidad en la ausencia de ranuras hace irrelevante, de momento, la funcionalidad para la determinación histórica de los percutores.

A diferencia del Sudoeste no hay evidencias de una explotación de los depósitos minerales locales de cobre durante el Bronce Final o el Hierro Antiguo. En caso de haber

existido, la ausencia de metalurgia extractiva en los poblados de este período, así como la ausencia de campamentos mineros como los hallados en el Sudoeste y Sierra Morena (p. ej. en Riotinto o Cerro Muriano), sugiere que la explotación de cobre del Bronce Final y la Edad del Hierro fue irrelevante. La misma conclusión se puede extraer ante la ausencia total de metalurgia extractiva en los contextos argáricos de la zona prospectada (*infra*).

Los artefactos de Balsicas y Filón Consuelo han sido caracterizados como picos, lo que descartaría su uso como trituradores y, en consecuencia, el riesgo de un uso más reciente. Finalmente, los artefactos del Filón Consuelo muestran una mayor preparación del soporte antes de su utilización que en Balsicas o Cerro Minado. Hemos argumentado como ello es debido a una menor calidad de la materia prima al ser de origen marino. Este origen también pudo favorecer que su forma natural no se adaptara a su función percusiva.

Otro elemento para proponer la cronología calcolítica de las explotaciones del valle del Guadalentín está en relación a los poblados, que veremos en los siguientes capítulos. Las evidencias seguras de reducción de minerales se datan en el Calcolítico, desapareciendo completamente durante El Argar. Además, en varios de estos asentamientos, como en Carboneros o Parazuelos, se están utilizando como artefactos percusivos cantos rodados de rocas volcánicas, sin ranuras y sin apenas preparación previa del soporte. Esta relación no vuelve a encontrarse en toda la secuencia cronológica del valle del Guadalentín.

#### **4.4.3. Minerales explotados**

El potencial de la mina para surtir mineral de buena calidad también afecta a la magnitud de las labores. La primera metalurgia aprovecha diferentes tipos de minerales de cobre (Tab. 4.3). Los más visibles en los sitios en que se ha estudiado son cuatro:

- 1) Carbonatos de cobre muy puros.
- 2) Minerales polimetálicos de carbonatos de cobre con hidróxidos de hierro.
- 3) Minerales secundarios de cobre enriquecidos en arsénico o arseniatos.
- 4) Minerales primarios de cobre como calcopirita, bornita o tennantita.

Los tres primeros pueden presentar mezclas naturales de minerales secundarios y primarios, como por ejemplo malaquita y calcopirita, que sería la más habitual. Nódulos de calcopirita han sido identificados en asentamientos calcolíticos y de la Edad del Bronce con metalurgia, como Almizaraque (Müller et al. 2004a), El Trastejón (Hunt-Ortiz 2005) o Peñalosa (Contreras Cortés et al. 2010).

Es recurrente que aquellas explotaciones en que los minerales presentan mineralizacio-



*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

nes de mayor envergadura y a poder ser enriquecidos en arsénico muestran, a su vez, un mayor volumen extractivo prehistórico. Ross Island, La Profunda, El Áramo, Bouco-Payrol o Cerro Minado son los mayores exponentes de estas prácticas, aunque la presencia de arsénico en cantidades significativas también se da en Aznalcóllar, la Mina Turquesa, El Milagro, La Profunda o Arritzaga. Como veremos más adelante, a partir del Campaniforme y de algunos artefactos metálicos emblemáticos de este período el arsénico juega un rol primordial.

Nos interesa remarcar la coincidencia entre las minas con explotación prehistórica y la calidad del mineral. Sea o no sea arsenicado, una constante es que las minas explotadas durante la prehistoria reciente presentan, o habían presentado en origen, mineral de muy buena ley y filones de tamaño apreciable independientemente de la dimensión de la mineralización. Coincidiendo con ello, los restos de minerales que encontramos en los asentamientos, aún y poder ser considerados como descartes, son en gran parte de muy buena calidad. Ello nos advierte que posiblemente ignoraran aquellas mineralizaciones en que el cobre se presentaba disperso o en forma de impregnaciones y cuyo enriquecimiento solo es posible mediante tecnología industrial.

Nombre	Composición	% Cu	%As	Coloración	Tipo Min.	Nombre latín
Atacamita	$Cu_2(OH)_3Cl$	59,51%		Verde - verde oscuro	Halogenuro Cu	
Azurita	$2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$	55,3%		Azul	Carbonato	Caeruleum
Bornita	$Cu_5FeS_4$	60,0%		Color variado irisado	Sulfuro	Pyrites aureosus
Brochantita	$Cu_4(SO_4)(OH)_6$	56,0%		Verde oscuro	Sulfato Cu	
Calcantita	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	31,05%		Azul	Sulfato Cu	Chalcitis
Calcopirita	$CuFeS_2$	34,5%		Amarillo metálico	Sulfuro	Pyrites aurei colore
Calcosina	$Cu_2S$	79,8%		Gris acero-negro	Sulfuro supergénico	Aes rudem plumben coloris
Chenevixita	$Cu_2Fe_2(AsO_4)_2(OH)_4 \cdot H_2O$	21,1%	24,86	Amarillo verdoso-verde oscuro, verde oliva	Arseniato Cu	
Conicalcita	$CaCuAsO_4(OH)$	24,5%	28,87	Verde amarillento - esmeralda	Arseniato Cu	
Clinoclasa	$Cu_3(AsO_4)(OH)_3$	50,09%	19,68%	Verde oscuro verde azulado	Arseniato Cu	
Cobre	Cu	100,0%		Rojo claro - rojo cobrizo	Elemento	Aes purum fossile
Cornwallita	$Cu_5(AsO_4)_2(OH)_4 \cdot H_2O$	48,0%	22,58%	Verde esmeralda	Arseniato Cu	
Covellina	CuS	66,5%		Azul oscuro - gris	Sulfuro supergénico	
Crisocola	$CuSiO_3 \cdot 2H_2O$	36,0%		Verde	Silicato	Chrysocola Aes sui-colors/ Aes caldarium rubrum fuscumur
Cuprita	$Cu_2O$	88,8%		Rojo oscuro	Óxido	
Digenita	$Cu_9S_5$	78,1%		Negro-Gris acero	Sulfuro Cu	
Dioptasa	$Cu_6[Si_6O_{18}] \cdot 6H_2O$	40,33%		Verde esmeralda	Silicato	
Domeykita	$Cu_3As$	71,79%	28,2%	Blanco estaño - amarillo	Arseniato Cu	
Enargita	$Cu_3AsS_4$	48,4%	19%	Gris acero-negro (reflejos violetas)	Sulfuro	
Eucroíta	$Cu_2[OHAsO_4] \cdot 3H_2O$	37,71%	22,22%	Verde esmeralda	Arseniato Cu	
Lavendulana	$(Ca,Na)_2Cu_5[Cl(AsO_4)_4] \cdot 4-5H_2O$	Variable	Variable	Azul lavanda	Arseniato Cu	
Linarita	$PbCu[(OH)_2SO_4]$	15,86%		Azul oscuro	Sulfato Pb-Cu	
Luzonita	$Cu_3As_4S_4$	48,42%	19,02%	Gris acero	Sulfuro	
Malaquita	$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$	57,3%		Verde	Carbonato	Molochites
Olivenita	$Cu_2AsO_4 \cdot OH$	44,91%	26,47%	Verde oliva	Arseniato Cu	
Tenantita	$Cu_{12}As_4S_{13}$	51,6%	20,26%	Gris acero-negro	Sulfuro (Arseniato)	
Tenorita, melaconita	CuO	79,8%		Gris acero-negro	Óxido	Aes nigrum
Tetraedrita	$Cu_{12}Sb_4S_{13} / Cu_{12}Zn_{10}Sb_4S_{13}$	45,7%		Gris acero-negro	Sulfuro	
Tirolita	$Ca_2Cu_9[OH_{10}AsO_4] \cdot 10H_2O$	29,0%	25,68%	Verde claro	Arseniato Cu	
Turquesa	$CuAl_6[(OH)_2PO_4]_4 \cdot 4H_2O$	7,81%		Azul claro-verde manzana	Fosfato	

Tabla 4.3. Principales minerales de cobre utilizadas durante la prehistoria y otros citados en el texto.

Estos hechos toman sentido cuando vemos que las minas en las que se han detectado herramientas prehistóricas han tenido explotaciones posteriores y fueron descubiertas como prehistóricas ya a finales del s. XIX. En el valle del Guadalentín, pese a la abundancia de afloramientos de cobre, son pocos los puntos donde su explotación ha superado el adjetivo de prospectivo. Lo que restringe significativamente los potenciales puntos de abastecimiento de mineral durante la prehistoria.

Sin embargo, no podemos olvidar la importancia de los minerales ferrocupríferos durante el Calcolítico Pleno (*infra*) y su localización en depósitos explotados posteriormente para la extracción de hierro. Esto es consistente con la explotación prehistórica de Balsicas. De todos modos puede haber minas que han sido intensamente explotadas posteriormente para el hierro y donde las evidencias de minería prehistórica hayan desaparecido o sean muy difíciles de percibir. Para documentarlas tendríamos que prospectar todos los grandes depósitos de hierro, una labor que supera nuestras posibilidades actuales.

En síntesis, las tres minas prospectadas que conservan explotación prehistórica tienen mineral de muy buena calidad y de fácil concentración. Cerro Minado es excepcional con fragmentos minerales secundarios de malaquita y cuprita que llegan a los 25 cm de longitud, todos ellos con impurezas en arsénico y sin ganga. Cerro Minado y Filón Consuelo tienen concentraciones elevadas en arsénico, mientras Balsicas, sin arsénico, tiene un mineral ferrocuprífero de fácil enriquecimiento.

#### **4.4.4. Restos humanos en contextos mineros peninsulares**

Un último tipo de registro encontrado en las labores mineras del valle del Guadalentín son los esqueletos humanos (Pato y Peña 1918; García Ruíz 2001).

A diferencia de lo que históricamente se ha venido afirmando, la mayoría de esqueletos procedentes de explotaciones mineras prehistóricas se deben a contextos de sepultura y no a accidentes y derrumbes en la mina (De Blas 2010; de Blas 2011). El caso mejor estudiado vuelve a ser el de Campa les Mines, de la sierra del Áramo. Allí todos los esqueletos recuperados son con seguridad enterramientos (De Blas 2010, p.134). El ajuar de muchos de estos inhumados se corresponde con el utillaje minero, por lo que se interpretan como mineros con vinculación con la mina que han sido depositados en zonas abandonadas tras su muerte.

Otros casos como el de la mina Vulcano de la Carrasquilla (Lorca, Murcia), la Cueva de San Francisco (Guadalcanal, Sevilla) o la Cueva de los Hombres Verdes (Urbiola, Navarra) presentan enterramientos colectivos cuya relación con la explotación minera es inexistente o muy ambigua.

Mucho más difícil es discernir otros casos como el de La Preciosa, en el que las descripciones antiguas se muestran consistentes con un posible accidente minero por desplome de la bóveda (Cañal 1894) o los esqueletos romanos de las Minas de Cala de

un período donde el ritual funerario no incluye la inhumación en cavidades. En algunas las explotaciones romanas de Mazarrón, Almagrera y Huelva han aparecido huesos humanos que aún conservaban los grilletes de esclavos. Podían llevarse tanto en los pies como en el cuello y es innegable que la muerte les sobrevino durante la explotación minera (Domergue 1990, p.410; Siret 2001, p.297).

En el Guadalentín tenemos un posible caso de prácticas de enterramiento en las Minas de Merzu, en Nogalte (Lorca, Murcia). No tenemos elementos para asegurar la cronología prehistórica del esqueleto hallado, pero por ser un tipo de labores de poca profundidad y donde los derrumbes y accidentes serían excepcionales sería muy probable. La noticia original del hallazgo menciona la presencia de un esqueleto y no de huesos, ofreciendo una idea de conjunto y no de dispersión. Como apunta M. A. de Blas (De Blas 2010) encontrarse los cráneos enteros y los cuerpos articulados sugiere una deposición intencional.

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

## **5. Calcolítico, Bronce Inicial y metalurgia**

Este capítulo nos servirá para introducir el registro metalúrgico de los poblados calcolíticos incluidos en el estudio. La prospección de éstos ha ido dirigida a la recogida de muestras minerales y residuos metalúrgicos. No obstante, debemos contextualizar y acotar los límites de información que nos pueden aportar.

En el primer apartado se define la temporalidad, las dinámicas sociales y los marcadores arqueológicos del Calcolítico en la zona prospectada. Para ello haremos una síntesis general con el tipo de yacimientos y materiales predominantes en cada período.

Posteriormente abordaremos el estudio de los poblados con metalurgia prehistórica. La presentación de los poblados nos servirá para realizar un inventario del registro metalúrgico disponible. Este registro priorizará la metalurgia extractiva, por lo que no se han incluido aquellos que solo presentaban evidencias de fundición. Para ello se han revisado los materiales, procedentes de prospecciones y excavaciones de urgencia no publicadas, depositados en el Museo Arqueológico de Murcia (MAM) y en el Museo Arqueológico de Lorca (MUAL). También se mencionarán aquí los materiales recogidos durante nuestras prospecciones y los procedentes de las excavaciones arqueológicas de La Bastida.

Finalmente haremos una valoración estrictamente arqueológica de la distribución de los residuos metalúrgicos en los diferentes poblados a lo largo del III milenio cal ANE.

### **5.1. Calcolítico y Bronce Inicial**

El objetivo de este apartado es poder situar las evidencias de metalurgia extractiva del área de estudio en un marco temporal coherente, intentando definir una secuencia que permita subdividir la categoría Calcolítico. No es una tarea exenta de riesgos al proceder la mayor parte de los datos de excavaciones antiguas no publicadas, expolios, o prospecciones superficiales. La propuesta de clasificación se realiza más bien como una guía sobre la que poder formular hipótesis en la interpretación arqueometalúrgica. No obstante, la necesidad de tener una cronología radiométrica en el valle del Guadalentín como la disponible para El Argar, es acuciante.

El conocimiento actual del Calcolítico en la fachada litoral y prelitoral de Murcia sigue con las mismas carencias que denunciaba J. Lomba hace ya 15 años (Lomba 2001, pp.11-3). Con la excepción de la publicación de la monografía de El Cerro de la Virgen de la Salud (Eiroa 2005) y de algunas excavaciones en el caso urbano de Lorca (Martínez Rodríguez y Ponce 2002a; Martínez Rodríguez y Ponce 2002b; Pujante Martínez 2011) son pocas las novedades. Escasas excepciones para establecer una caracterización segura de la evolución de los diferentes grupos que poblaron la zona durante el III milenio cal ANE. Más, en una zona de confluencia entre los horizontes valencianos y almerienses en la que se genera toda una materialidad propia (Lomba 1996; López Pa-

dilla 2006). Una materialidad que ante espacios cronológicos de gran agitación, como el Calcolítico Final y su transición hacia El Argar, refleja un panorama extraordinariamente complejo que aún debemos comprender.

La caracterización que se ha seguido para los asentamientos trabajados parte de la propuesta de J. Lomba (2001), que ante las nuevas evidencias del registro aparecidas estos últimos años se mantiene como la más asentada.

El Calcolítico en el valle del Guadalentín ha sido dividido en el clásico sistema tripartito entre el Neolítico Final/Calcolítico Inicial, un Calcolítico Pleno y un Calcolítico Final. El Calcolítico Final presenta una transición abrupta a la Fase I de El Argar en el 2200 cal ANE (Lull et al. 2014; Lull et al. 2015). Esta fase final se definiría por una movilidad poblacional, con el abandono de los antiguos poblados y el asentamiento en poblados de nueva planta. En los materiales, la transición no es tan nítida y se evidencia cierta continuidad con la tradición alfarera anterior.

Hay algunos poblados, como Las Anchuras o el Cerro de la Cueva de la Moneda que pese a adivinarse una cronología tardía, los materiales y el patrón de asentamiento son divergentes con el registro argárico y con el Calcolítico. Ante la ausencia de marcadores cronológicos se les ha asignado provisionalmente una categoría de transición. En este caso, el término transición debería ser puesto entre comillas, pues no excluye que pueda haber sincronía entre estos poblados y los del Calcolítico Final o de El Argar. Ambos pueden estar reflejando la convivencia, o la competencia, entre varias tradiciones arqueológicas. Ante ello no podemos asignarles formalmente un período propio en el esquema cronológico.

Aunque con algunas modificaciones, la categorización del III milenio cal ANE se adapta a la propuesta genérica del Sudeste, planteada hace veinte años y actualizada recientemente para las fases de transición entre el Calcolítico y el Argar (Castro Martínez et al. 1996; Lull et al. 2015):

- Calcolítico:
  - o Fase I (Calcolítico Inicial): 3100-2800 cal ANE
  - o Fase II (Calcolítico Pleno): 2800-2500 cal ANE
  - o Fase III (Calcolítico Final-Campaniforme): 2500-2200 cal ANE
- Argar
  - o Fase I: 2200-2000 cal ANE

La separación entre los dos primeros períodos del Calcolítico es ambigua, pues la ma-

yor parte de los materiales diagnósticos de un período aparecen en el siguiente. Aun así, algunos elementos, o su ausencia, nos pueden aportar anclajes cronológicos más cerrados.

Durante el Calcolítico Inicial el patrón de asentamiento se distancia de la anterior ocupación en cuevas para expandirse tímidamente en poblados al aire libre<sup>229</sup>. Desde un primer momento, estos poblados se presentan como silos y hoyos excavados en el suelo. Un ejemplo es la primera ocupación de Carril de Caldereros (Lorca) (Delgado Raack 2008). El mismo patrón continúa hasta el final del Calcolítico Pleno, a mediados del III milenio cal ANE, según se desprende de las excavaciones en el casco urbano de Lorca datadas por el método del Carbono 14 (Martínez Rodríguez y Ponce García 2004).

Estos primeros asentamientos calcolíticos de fondo de valle carecen en un inicio de elementos de fortificación. La fortificación del Cabezo del Plomo (Mazarrón)<sup>230</sup> hace su aparición en un momento indeterminado entre el Calcolítico Inicial y los momentos iniciales del Calcolítico Pleno. La ausencia de anclajes cronométricos fiables impide precisarlo.

Por otro lado, ya desde los inicios del Calcolítico encontramos la presencia de enterramientos megalíticos, que en la zona del valle del Guadalentín se caracterizan por la modalidad *rundgräber*.

El material más representativo del Calcolítico Inicial son las vasijas ovoides de cuello corto y estrecho, características del Neolítico Medio y Final en Andalucía Oriental. En el Guadalentín pueden aparecer asociadas a dataciones plenamente calcolíticas como en el Cerro de La Virgen de la Salud (Lorca). Otros elementos de este Calcolítico Inicial de larga perduración son las fuentes abiertas con lengüetas perforadas verticalmente, las fuentes abiertas de labios biselados, o los mamelones con perforación vertical. En fin, el elemento más recurrente es la cerámica a la almagra también de tradición Neolítica y cuya presencia se atestigua hasta el final del Calcolítico. La encontramos en todos los tipos de hábitats y se concentra especialmente en el valle del Guadalentín, sin que se constate su presencia en el vecino valle del Segura o en las llanuras litorales.

Durante el Calcolítico Pleno se intuye una expansión del poblamiento. Sus asentamientos se definen por los hoyos y silos de perfil ligeramente acampanado y semiexcavados en el suelo. El yacimiento donde estas estructuras estaban mejor conservadas es en el Campico de Lébor en Totana (Val Caturla 1948), al que podríamos sumar las evidencias de las primeras fases de Molinos de Papel en Caravaca (Pujante Martínez 2006), y también las del casco urbano de Lorca (Pujante Martínez 2011). Si los fondos de cabaña se excavan en el suelo, normalmente a poca profundidad y sobre la roca madre, otras estructuras más profundas como los silos pueden excavar en la propia roca.

---

229 Si bien durante el Neolítica la presencia de poblados al aire libre ya está atestiguada en el sudeste (Montero Ruiz y Ruiz-Taboada 1996).

230 Aunque sigue siendo un *unicum* del registro arqueológico murciano.



En asentamientos de valle como Lorca, con un gran depósito de arrastre aluvial, todas las estructuras se encuentran excavadas en el suelo, algo que en ocasiones impide su correcta caracterización. En el Cabezo del Plomo (Mazarrón) también encontramos un poblado de cabañas circulares con zócalos de piedra. El conjunto presenta una fortificación utilizando el sistema del poblado de Los Millares (Gor, Almería). En este caso las cabañas se encuentran unidas por un muro de circunvalación del poblado, ello provoca que estas actúen como bastiones. Otra fortificación de este período es la del Estrecho (Caravaca), de 150 m de longitud y una anchura máxima de 1,80 m. El muro de cerramiento del Cerro de la Virgen de La Salud (Lorca), de menor entidad, también puede asociarse a los inicios de este período. Estos asentamientos se caracterizan por ocupaciones de una sola fase constructiva y muy poca potencia estratigráfica evidenciando una intensa movilidad que se repite en todo el Sudeste (Lull et al. 2015)<sup>231</sup>. Debido a la erosión de estos sitios, la mayor parte del material aparece disperso en superficie, o como en La Salud, en un silo que se ha interpretado como de ocultación.

En cuanto a las prácticas funerarias durante el Calcolítico Pleno se expande el uso de las cuevas de enterramiento. Una influencia del horizonte levantino (López Padilla 2006) frente a la tradición megalítica del Sudeste. El límite entre ambas manifestaciones se establece en una frontera permeable entre Mazarrón, Lorca y Caravaca. Las manifestaciones megalíticas del Cabezo del Plomo (Mazarrón), La Ciñuela (Mazarrón) y el Cerro de la Cueva de la Moneda (Totana) serían las más septentrionales en la zona costera y prelitoral. En el interior, los doce megalitos de El Capitán (Lorca) suponen la mayor concentración de este tipo de sepulturas en Murcia. Ambos tipos de sepultura seguirán en uso hasta el final del Calcolítico.

Las cuevas funerarias, que forman auténticas necrópolis como en Carboneros (Totana), Las cuevas de Blanquizares (Totana) o de La Salud (Lorca), presentan materiales tipológicamente más recientes que los poblados vecinos, incluyendo ajuares campaniformes. Ello se debe a una intensa reocupación a lo largo de todo el Calcolítico, donde incluso se constata la práctica de diferentes rituales de enterramiento en un mismo espacio. En los Blanquizares, pero también en las sepulturas megalíticas de Murviedro (Lorca) aparecen inhumaciones secundarias con incineración parcial, frente a inhumaciones primarias más antiguas (Lomba 1989).

Entre los materiales encontramos que se repiten los mismos tipos cerámicos, aunque las ollas ovoides de cuello largo son más raras. Por otro lado abundan las aguadas y engobes a la almagra. Los materiales diagnósticos de este período serían las cerámicas pintadas o incisas con motivos figurados y los vasos de yeso, de alabastro o mármol. Los vasos de yeso estarían atestiguando el límite del Calcolítico Pleno hacia el horizonte campaniforme, tal como parece documentarse en Blanquizares de Lébor (Lomba 1989).

---

231 Otros poblados que cumplen estos requisitos son Las Anchuras (Totana) y el Cerro de la Cueva de la Moneda (Totana).

Las pastas cerámicas presentan por lo general cocciones oxidantes y acabados toscos. Las formas más comunes de asentamientos como Lorca tienen paredes rectas o ligeramente entrantes con bases cóncavas o aplanadas. También aparecen fuentes y platos, algunos con bordes engrosados, y ollas y cuencos. Junto al borde de la cerámica encontramos mamelones redondeados y apuntados, lengüetas horizontales e inclinadas hacia arriba, asas de túnel con perforación horizontal y mamelones perforados verticalmente (Verdú Bermejo 1995; Verdú Vermejo 2002; Pujante Martínez 2003).

También en los momentos iniciales del Calcolítico Pleno podemos datar la aparición de la primera metalurgia extractiva, principalmente en forma de escorias como en la segunda ocupación calcolítica de Carril de Caldereros (casco urbano de Lorca) o en el Cerro de la Virgen de La Salud (Eiroa 2005; Delgado Raack 2008).

El material lítico tallado de momentos avanzados de este período se caracteriza por la presencia de puntas de flecha de tipos foliáceos o bases cóncavas. También de momentos avanzados empiezan a aparecer las primeras alabardas<sup>232</sup> en sílex, más frecuentes en cronologías del Calcolítico Final. De estas cronologías más tardías tenemos ejemplos en la Cárcel Vieja de Totana (*infra*) o el sepulcro colectivo de Camino del Molino (Lomba et al. 2009).

La identificación del Calcolítico Final está en estrecha relación con la materialidad campaniforme y la desaparición de la cerámica pintada del Calcolítico Pleno. En el registro aparece la típica panoplia asociada a la tradición campaniforme como cerámica decorada, que en Murcia se asocia al estilo Ciempozuelos<sup>233</sup>, botones de perforación en V, placas de afilar perforadas, puñales de lengüeta y puntas de Palmela. Sin embargo su presencia es excepcional y normalmente en relación con espacios funerarios.

Igualmente en momentos cercanos a 2300 cal ANE, encontramos en Lorca cerámicas de pastas amarillas y grises, con forma de cuencos o vasijas abiertas. Estas son utilizadas como identificadores cronológicos ya que coinciden con la última ocupación calcolítica. Su aparición se da en niveles alterados junto a cerámica argárica (Martínez Rodríguez y Ponce 2002b). La continuación de las pastas amarillas en momentos argáricos se ha documentado de forma precisa en la Fase I de La Bastida (Lull et al. 2015). Del registro cerámico se retraen al final del Calcolítico pequeñas tulipas catalogadas anteriormente como argáricas, como las encontradas en la Cueva del Calor (Cehegín), en Camino del Molino (Caravaca) o la Cárcel Vieja (Totana).

Por otro lado, también son diagnósticas otras industrias ya citadas como las puntas de flecha de base cóncava, de apéndice invertido, puntas de pedúnculo y aletas muy desa-

---

232 No hay evidencias de empuñadura que puedan sustentar su uso como alabarda (Lull et al. en prensa), aun así se mantiene esta atribución a lo largo del texto para facilitar su comprensión.

233 Algo que J. Lomba pone en relación a un cambio en el patrón de circulación. A diferencia de toda la tradición calcolítica anterior, ahora seguiría un eje perpendicular a las Cordilleras Béticas, penetrando en el valle del Guadalentín a través de Caravaca y la zona de las tierras altas de Lorca.

rolladas o las alabardas en sílex. A nivel constructivo se mantienen los mismos asentamientos que en Calcolítico Pleno. La fundación de nuevos poblados en este período no está bien documentada. En Lorca y la Ciñuela vemos como los muros con zócalos de piedra sustituyen definitivamente los silos, hoyos y fondos de cabaña, que en La Bastida perdurarán hasta la destrucción de la primera fase de la ocupación argárica (Lull et al. 2014; Lull et al. 2015).

Los rituales funerarios se transforman con la introducción de las inhumaciones individuales, que por primera vez permiten ajueres asociados individualmente. La construcción de nuevos monumentos megalíticos cesa, pero tanto estos como las cuevas funerarias siguen utilizándose. En ocasiones excepcionales como Murviedro esta reutilización perdura también hasta cronologías argáricas.

Como vemos la mayoría de elementos que permiten discriminar entre Calcolítico Pleno y Final son artefactos de prestigio, poco frecuentes y asociados a contextos funerarios. Debido a ello, más que la presencia de elementos campaniformes se utiliza su ausencia para identificar el Calcolítico Pleno.

Para concluir este apartado cabe añadir la confusión en la identificación de los residuos metalúrgicos, que se suma a la incertidumbre cronológica del III milenio cal ANE. Esta confusión es inevitable en los materiales de contextos inundados por avenidas fluviales. El registro metalúrgico del casco urbano de Lorca sería un ejemplo. Aquí los residuos están muy alterados por la humedad y varios solo pueden determinarse a partir de un estudio arqueometalúrgico.

#### **5.1.1. Presencia de residuos metalúrgicos durante el Calcolítico y el Bronce Inicial en el Sudeste.**

En los últimos años se ha hecho un esfuerzo por sistematizar la presencia de elementos vinculados a la producción metalúrgica en los asentamientos calcolíticos y argáricos del Sudeste (Lull et al. 2010a; Lull et al. 2010c) a la par que ha mejorado sustancialmente el conocimiento sobre la metalurgia y minería de Peñalosa y su entorno (Arboledas et al. 2006; Contreras Cortés et al. 2010; Moreno Onorato et al. 2010; Arboledas y Contreras 2010; Hunt et al. 2011; Moreno et al. 2012; Contreras y Moreno 2015; Arboledas et al. 2015b).

La lectura que surge de estos trabajos refiere como durante el Calcolítico se practicaba una metalurgia diseminada y de marcado carácter local, con una fuerte presencia en los asentamientos independientemente de su tamaño y carácter. En algunos asentamientos como poblado Los Millares, esta metalurgia tendría un marcado carácter dual. Se encuentra tanto en ámbitos considerados domésticos (interior de las cabañas) como en espacios especializados, como el edificio rectangular considerado como taller metalúrgico (Molina y Cámara 2005; Contreras y Moreno 2015). Esta afirmación se ha puesto en

duda en base a que el tipo de estructura de combustión es común en los hogares sin vinculación metalúrgica de esta cronología (Gómez Ramos 1999). Independientemente de que no sea una estructura especializada, la presencia en este edificio de toda la cadena operativa de metalurgia extractiva, y por el contrario, la ausencia de otros elementos de producción de la vida social sustenta su consideración como taller metalúrgico.

Si durante el Calcolítico encontramos evidencias de metalurgia extractiva en casi todos los asentamientos<sup>234</sup> con excavaciones sistemáticas, durante el Argar estas evidencias desaparecen. La única presencia firme la encontramos en el poblado de Peñalosa y su entorno (Contreras Cortés et al. 2010; Lull et al. 2010c)<sup>235</sup>.

Una posición opuesta a esta lectura del registro argárico es la de M. Murillo-Barroso y otros (2015). En este caso se formula una relectura del registro arqueológico presentado anteriormente<sup>236</sup> en el que se incluyen varias evidencias dudosas del registro argárico. La posición de los firmantes para la metalurgia del Bronce Inicial sigue siendo una metalurgia de carácter local. En este caso, debido al tipo de urbanismo argárico, dónde el espacio entre las casas es mínimo, no dejaría evidencias al realizarse en exteriores. Además, el uso de óxidos y carbonatos que supuestamente empleaban apenas generaría escorias.

El primer argumento queda totalmente fuera de lugar si valoramos el único asentamiento excavado sistemáticamente con metalurgia extractiva, Peñalosa (Contreras Cortés 2000). Aquí, tanto la metalurgia extractiva como de fundición, se encuentra en el interior del asentamiento, aunque preferentemente en los patios exteriores a las unidades domésticas (Moreno et al. 2012). Además, recientemente se ha conseguido identificar un gran vertedero de residuos metalúrgicos en la ladera sur de este asentamiento que se correspondería con la limpieza frecuente del interior del asentamiento (Contreras y Moreno 2015, p.49; Moreno et al. 2015).

Este hallazgo se suma a otra evidencia conocida desde antiguo. Durante el período Calcolítico, con la misma materia prima y tecnología, sí aparecen escorias, en ocasiones en cantidades considerables como Parazuelos, aunque más habitualmente dominan las vasijas con adherencias escoriáceas como en Almizaraque, Los Millares o el Malagón (Siret y Siret 1890b; Delibes de Castro et al. 1989; Keesmann y Moreno Onorato 1999; Molina y Cámara 2005).

---

234 En referencia a la ausencia de restos metalúrgicos en yacimientos calcolíticos que aparece en V. Lull y otros (2010b, n.8) se matizaran los casos de El Cerro de la Virgen de la Salud (Lorca) y el Cabezo del Plomo (Mazarrón) en el capítulo 5.

235 Un dato revelador al respecto es que Peñalosa es el único asentamiento argárico del que se han podido estudiar y publicar escorias de reducción y, en consecuencia, confirmarlas (Moreno Onorato et al. 2010).

236 Todas las evidencias que afectaban a poblados del valle del Guadalentín aparecen en el apartado 5.2.

Es más, independientemente de la cantidad de escorias que pueda generar la utilización de minerales muy puros, la frecuencia de reposición de las vasijas de reducción es muy elevada (Gómez Ramos 1996, p.130), como vemos en los poblados calcolíticos, por lo que debería encontrarse este tipo de residuos en caso de una metalurgia local argárica.

Estas obviedades del registro apoyan la hipótesis de que durante El Argar aconteció una verdadera revolución en las prácticas socio-económicas vinculadas a la producción metalúrgica. No sabemos si se dio desde los mismos inicios de esta tradición arqueológica, pues cabe recordar que la fundación de Peñalosa se establece en torno a ca. 1850 cal ANE. La ausencia de registro arqueometalúrgico durante los siglos anteriores sugiere que de algún modo la transformación es anterior a esta fecha, aunque quedaría por definir qué forma socio-política adoptó en las primeras fases de El Argar.

## **5.2. Inventario de yacimientos**

El examen de la materialidad arqueológica que viene a continuación pretende intentar delimitar los espacios y el tiempo de la metalurgia extractiva en Murcia durante el III milenio cal ANE (Fig. 5.1 y 5.2)<sup>237</sup>. La clasificación que presentamos, dada la larga pervivencia de algunos poblados y la dificultad de diferenciar las diferentes fases, es una propuesta provisional.

Hay algunos poblados en los que la información es tan ambigua que su clasificación resulta imposible. Son los yacimientos de El Cerro de la Cueva de La Moneda o Las Anchuras. Es por ello que se han clasificado como poblados de transición, con una cronología de finales del III milenio cal ANE pero sin poder considerarse propiamente argáricos. En esta categoría también se ha incluido el Cerro de las Víboras de Bagil, donde los materiales metalúrgicos se relacionan con una fase no argárica del Bronce Inicial. En otros, como el Cerro de las Viñas de Coy, la información publicada no distingue entre el Calcolítico y la Edad del Bronce por lo que la atribución de los elementos metalúrgicos es imposible.

El objetivo es enfocar nuevas lecturas de interpretación arqueometalúrgica que serán expuestas al final del capítulo. En el caso de la metalurgia extractiva, nos permitirá calibrar como se enmarcaron estas prácticas productivas en el seno de las comunidades prehistóricas (Tab. 5.1). Con ello se pretende obtener indicios de las estrategias de abastecimiento desarrolladas a lo largo del III milenio cal ANE, contrastadas posteriormente con el análisis de materiales de los capítulos 6 y 7.

Se seguirá un orden cronológico basado en la lectura del registro material disponible. La descripción se focalizará en los poblados que han sido prospectados, aportan elementos de anclaje cronológico al estudio, o existe un debate en torno a su cronología.

---

<sup>237</sup> La información relativa a las dataciones de este capítulo se expone en el Anexo 5.

Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.

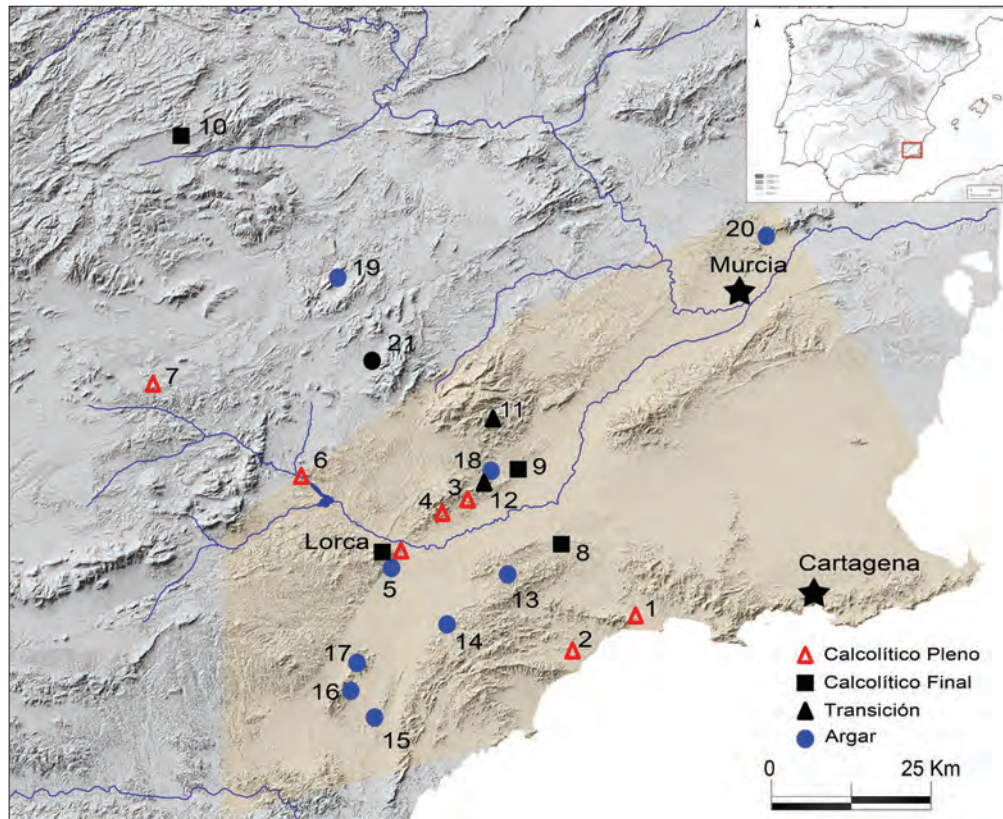


Figura 5.1. Principales yacimientos que aparecen en el texto. Poblados del Calcolítico Inicial y Pleno: 1: Cabezo del Plomo; 2: Parazuelos; 3: Carboneros; 4: Cerro de la Virgen de la Salud; 5: Lorca; 6: Agua Amarga; 7: El Estrecho. Poblados del Calcolítico Final: 5: Lorca; 8: La Ciñuela; 9: Cárcel Vieja de Totana; 10: Cerro de las Víboras de Bagil. Poblados de transición: 11: Cerro de la Cueva de la Moneda; 12: Las Anchuras. Poblados argáricos: 13: Las Alquerías (posición aproximada); 14: Finca de Felí; 15: Collado Aullón; 16: Rincón de Almendricos; 17: Cañada de Alba; 18: La Bastida; 19: El Portillo. 20: Cerro de la Mina; 21: Cerro de las Viñas (en negro porque la metalurgia no tiene cronología asociada a Calcolítico o Argar y presenta las dos secuencias completas). En sombreado se delimita el área cubierta por las prospecciones arqueomineras.

Asentamiento	Municipio	Cronología 1	Cronología 2	C14 cal ANE	Mineral	Escoria Genérico	Escoria Reducción	Resto Fundición	Cerámica con adherencias	Vasija reducción	Crisol	Molde	Metal
<i>Cabezo del Plomo</i>	Mazarrón	Calcolítico	Calcolítico Pleno	3496-3195			X?						
<i>Cerro de la Virgen de la Salud</i>	Lorca	Calcolítico	Calcolítico Pleno	m. 2846	X?	X?							
<i>Lorca c.u.</i>	Lorca C.U.	Calcolítico	Calcolítico Pleno	2786-2026	X	X		X		X			X
<i>Parazuelos</i>	Lorca	Calcolítico	Calcolítico Pleno	m. 2439	X		X	X		X			X
<i>Agua Amarga</i>	Lorca	Calcolítico	Calcolítico Pleno		X		X	X		X	X		X
<i>Carboneros</i>	Totana	Calcolítico	Calcolítico Pleno		X		X			X			X
<i>El Estrecho</i>	Caravaca	Calcolítico	Calcolítico Pleno		X	X							
<i>La Ciñuela</i>	Mazarrón	Calcolítico	Calcolítico Final	2666-1947	X		X	X		X	X		X
<i>Cerro de las Víboras</i>	Moratalla	Calcolítico	Calcolítico Final	2770-2131		X		X				X	X
<i>Cerro de la Cueva de la Moneda</i>	Totana	Transición	Transición		X		X						
<i>Las Anchuras</i>	Totana	Transición	Transición		X							X	
<i>La Bastida</i>	Totana	Argar	Argar 1	2200-2065	X				X			X	X
<i>Portillo</i>	Cehégín	Argar	Argar						X				
<i>Cerro de las Viñas</i>	Coy	Calcolítico	Argar				X	X		X	X	X	X

Tabla 5.1. Evidencias metalúrgicas en los poblados tratados en el texto. Notas a la tabla: El campo de Carbono 14 indica el intervalo entre medianas cuando se disponen de varias dataciones del poblado, o la mediana cuando solo se dispone de una datación. En el caso de la Bastida se utiliza la suma de probabilidades propuesta por V. Lull y otros (2014); En rojo las dataciones poco fiables por ser muestras sobre concha o de vida larga). La bibliografía de la tabla aparece citada en el texto.

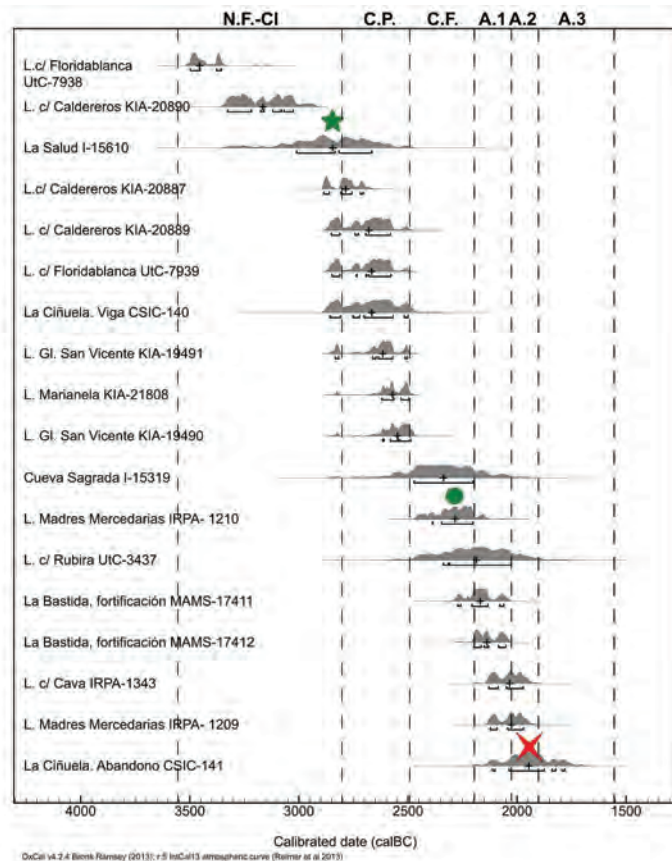


Figura 5.2. Dataciones de Carbono 14 para representar la secuencia del III milenio cal ANE 2800 en la fachada litoral y prelitoral de Murcia. Se han representado los principales fenómenos metalúrgicos: Estrella verde: primera escoria; círculo: nódulos y restos de fundición dominan sobre las escorias; 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: Argar fase 1; A.2: Argar fase 2; A.3: Argar fase 3.

### 5.2.1. Poblados del Calcolítico Inicial y Pleno

En el extremo meridional de la sierra de Las Moreras se asienta el **Cabezo del Plomo** o **Cerro de la Cueva del Plomo** (Mazarrón). El poblado de 0,3 ha, se posiciona sobre un cerro amesetado, que se eleva sobre la Rambla de Las Moreras en su tramo final, a poco más de 1,5 km de la playa de Bolnuevo. Su posición en la desembocadura de una rambla frente al mar y los materiales nos retraen a otros yacimientos calcolíticos como Parazuelos (Lorca) o Almizaraque (Cuevas de Almanzora).

El poblado se define superficialmente por la presencia de una muralla de 1 metro de anchura con 8 bastiones huecos, que como en Los Millares, funcionaron como cabañas. En el interior del recinto encontramos otras cabañas circulares, con la particularidad de que todas ellas están conectadas mediante un muro que las enlaza. En la parte baja del poblado se documentaron tres sepulturas de tipo *tholos*, dos de las cuales fueron destruidas por una cantera y la tercera fue expoliada al poco de comenzar la intervención arqueológica. Tanto el poblado como la sepultura expoliada fueron excavados en los años ochenta por A. M. Muñoz Amilibia (1982), las publicaciones que disponemos para su caracterización son parciales (Muñoz Amilibia 1986; Muñoz Amilibia 1993).

La estratigrafía del yacimiento se ha presentado de forma independiente para cada corte excavado pero siguen una secuencia bastante similar. Por norma general se definen tres estratos, más un estrato superficial de tierra orgánica y 5 cm de potencia máxima. Entre los materiales superficiales apareció cerámica común iberorromana junto a material claramente prehistórico. Material de época romana también apareció en un expolio antiguo del *tholos*. El resto de estratos son exclusivamente prehistóricos. En el exterior de la muralla solo se ha registrado un nivel de abandono y derrumbe. En el interior, la formación del depósito arqueológico no presenta diferencias significativas en los materiales, aunque su distribución varía según el estrato en cada corte.

En la descripción de los diferentes cortes se advierte uno o varios niveles asociados al abandono, más sueltos y con material de derrumbe junto a mobiliario arqueológico. Un nivel de piso de ocupación, compacto, directamente en contacto con la roca y un nivel de preparación del suelo que rellena oquedades y pasa por debajo de las estructuras murarias. El registro funerario del *tholos* también es consistente con una sola fase de ocupación (Muñoz Amilibia 1986).

Entre los materiales de las excavaciones, la cerámica a mano presenta superficies alisadas con cocciones oxidantes y utiliza micaesquisto como desgrasante. Entre las formas se identifican platos con bordes biselados, cuencos de fondos convexos y fondos de tendencia plana, ollas de paredes rectas y labios reentrantes. También hay labios engrosados hacia el exterior, asas en forma de tetón o lengüeta cerca del borde, a veces con posible perforación vertical. De forma excepcional se pudo reconstituir un perfil en S y se recuperó una cuchara de cerámica. Estos materiales cerámicos, que recuerdan sobremanera a los de Parazuelos (*infra*), son comunes durante el Calcolítico Inicial y el Pleno. No se mencionan referencias a elementos diagnósticos del Calcolítico Inicial, como las vasijas ovoides de cuello estrecho, ni del Calcolítico Pleno como la cerámica simbólica.

Abunda la talla de sílex y de cristal de roca, con lascas, puntas de flecha con aletas y pedúnculo y láminas de diferentes tamaños. Del sílex se documenta un posible taller junto a una de las estructuras. También abundan las conchas de moluscos, algunas perforadas como colgantes, junto a otros restos de moluscos y vértebras de pez utilizados en la ornamentación personal. En la sepultura, estas conchas perforadas iban acompañadas de diez cuentas de collar de piedra verde<sup>238</sup> en forma de tonel de entre 8 y 15 mm de longitud (Muñoz Amilibia 1986). De los artefactos macrolíticos, aparecieron varias muelas, abundantes percutores y un martillo en cuarcita, sin especificar su sistema de enmangamiento.

Uno de los mayores condicionantes para la atribución cronológica del poblado es el conflicto que generan las dos únicas dataciones sobre concha<sup>239</sup>. Las dos muestras procedían de los estratos II y III del cuadro D-E/8, en el interior del poblado. Se ha con-

---

238 Posiblemente variscita aunque los análisis no han salido publicados.

239 SUA-1474: 5170± 90 BP y SUA-1476: 4930±120 BP



siderado que estas fechas son más antiguas de lo que sugiere el registro arquitectónico y material (Castro Martínez et al. 1996, n.49; Lomba y Eiroa 1997, p.91), además de tener una elevada desviación estándar. Al volver a calibrar los resultados del Carbono 14 con la curva de calibración MARINE13<sup>240</sup> (Reimer et al. 2013) las fechas del Cabezo del Plomo descienden significativamente. Con la nueva calibración, la fecha SUA-1476 perteneciente al Estrato II se queda en el intervalo 3364-2996 cal ANE a 1 sigma. En cuanto a la datación SUA-1474, que dataría los restos de un hogar y un posible taller de sílex del Estrato III nos situaría entre 3617 y 3371 cal ANE.

Pese a la corrección de la curva de calibración, las dos fechas siguen siendo más antiguas de lo que sugiere el registro material, situándonos entre el Neolítico Final y el Calcolítico Inicial. También nos situarían con anterioridad al grupo arqueológico de Los Millares, donde la fundación del sitio homónimo sería algo más tardía, en torno al 3100 cal ANE (Castro Martínez et al. 1996, pp.79-80; Molina y Cámara 2005, pp.26-9).

Las dataciones, o al menos la del estrato II, pueden servir de orientación, aunque las fechas que ofrece son muy antiguas por lo que seguimos sin una datación adecuada de uno de los asentamientos más emblemáticos de Murcia.

J. Lomba y J.J. Eiroa (1997), en una posición que comparto, consideran oportuno situar la ocupación a inicios del III milenio cal ANE en base al tipo de estructuras, la industria lítica y la tipología del enterramiento megalítico. Una ocupación, que a tenor del escaso depósito arqueológico conservado y la poca variabilidad de los materiales tendría una vida corta.

Recientemente, se ha localizado en el Museo Arqueológico de Mazarrón una escoria procedente de una recogida superficial en el Cabezo del Plomo<sup>241</sup> sin que se conozca si procede del interior del asentamiento (M.M. Alcalde *com. pers.*). El residuo, que no ha sido analizado, tiene el típico aspecto exterior de las escorias de reducción de otros poblados calcolíticos como Parazuelos, con numerosas inclusiones de carbonatos y cloruros de cobre, una morfología irregular de aspecto bulboso y un tamaño de entre 1 y 3 cm, debido a la fractura antigua de la misma. Aunque su aspecto recuerde a la una escoria inmadura y primitiva, sin su contexto preciso es imposible confirmar su pertenencia a la ocupación prehistórica del Cabezo del Plomo.

---

240 Para las conchas marinas se ha utilizado el software Calib 7.0.4 (Stuiver y Reimer 1993). Para corregir la calibración se han seleccionado los puntos más cercanos a la costa murciana del [CHRONO Marine Reservoir Database](#), todos ellos en el Mediterráneo Occidental (Corriente mediterránea). En base a estos datos se ha aplicado un valor de 74 para corrección Delta R de la calibración y 74 para la incertidumbre de Delta R.

241 En la nota de la escoria, recogida por S. Agüera pone Cueva del Plomo. La Cueva del Plomo se abre en la parte superior del cerro y le ha dado nombre al propio cerro, "El Cerro de la Cueva del Plomo". Desconocemos si la escoria procede de la cueva o del poblado.

**Parazuelos** (Lorca) es conocido desde las excavaciones de E. y L. Siret (1890b, pp.59-65 y lám. 6, 7 y 8). Se ubica en la orilla izquierda de la Rambla de Ramonete, cerca de su desembocadura y a 3,5 km de la línea costa. El asentamiento se establece en dos pequeñas colinas vecinas. Solo en la que está al sudoeste se identificaron estructuras de habitación. Todo el yacimiento arqueológico y su entorno han sufrido una enorme transformación en los últimos 50 años destruyéndolo parcialmente (Fig. 5.3). Encima del muro medianero de las casas excavadas por E. y L. Siret se instaló una torre de alta tensión y, en la actualidad, tanto el poblado como la cueva de su interior cumplen la función de vertedero de las casas cercanas.

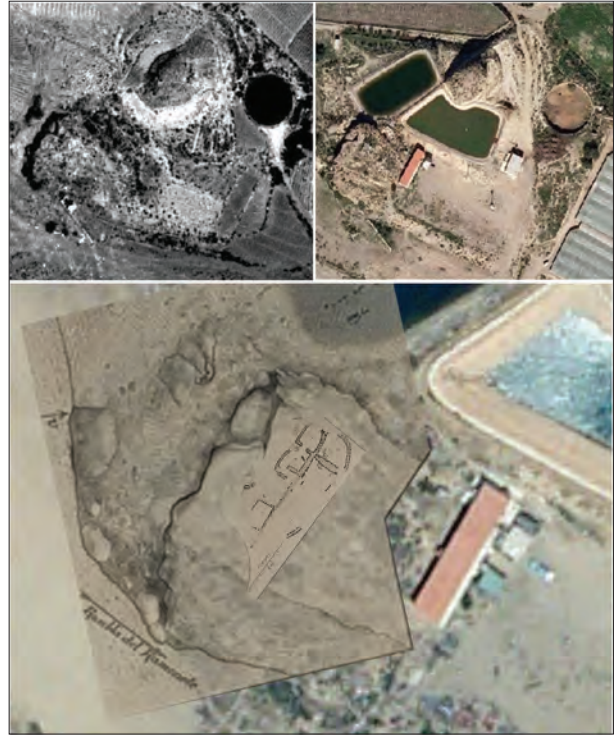


Figura 5.3. Arriba: Ortofotografías aéreas de Parazuelos de 1981 (izquierda) y 2009 (derecha). En la primera ya se ve que la colina Este ha sido roturada en su base, mientras que en el 2009 la transformación es total. Abajo: Superposición de la planta dibujada por E. y L. Siret (1890: lám. 6) sobre ortofotografía del 2009.

Durante la excavación de E. y L. Siret en el cerro más cercano a la rambla, al sudoeste, se identificaron estructuras sobre el suelo vegetal con varias dependencias unidas por un muro longitudinal. Todas las dependencias estaban construidas con zócalos de piedra, de grosor variable y estructura irregular, alcanzando una altura máxima de 60 cm y adosándose a un saliente de la roca en su esquina NE. Según la descripción de los hermanos Siret, la técnica constructiva empleada era muy rudimentaria, sin preocuparse de mantener la línea recta o el grosor de los muros.

En el interior, rebajado, dos de las casas (a y e) presentaban rebancos en piedra adosadas al muro transversal que las separaba. Junto a ambos rebancos se observaron restos de posibles hogares.

También, cerca de las casas y entre ellas aparecieron tres sepulturas del Bronce Final, que han sido utilizadas para poner en duda la metalurgia calcolítica de Parazuelos (Ros Sala 1985). Las 3 sepulturas, una cista de lajas en el cerro y dos pequeños túmulos indican una frecuentación del espacio durante este período pero no hay evidencias de ninguna actividad de producción de objetos que pueda asociarse. Durante el Bronce Final, el uso del cerro de Parazuelos se configura exclusivamente como funerario.

En un aprisco de rocas caídas en la base del cerro Siret encontró una gran vasija de morfología neolítica (Siret y Siret 1887a, lám. 8) y que podría indicar una ocupación

temprana de la cueva de Los Gitanos, debajo del cerro.

A.M. Muñoz relaciona los edificios de Parazuelos con la casa 4 del Cabezo del Plomo (Muñoz Amilibia 1993, p.150). Además de cierto parecido formal en la forma de las cabañas, la técnica constructiva y la morfología de los muros se muestran coincidentes. No contamos con una secuencia estratigráfica de las excavaciones de Parazuelos, pero la manifestación de las estructuras y la escasa cantidad y distribución de los materiales son consistentes con una única fase de ocupación y abandono repentino.

Los materiales cerámicos concuerdan con las descripciones de las fases del Calcolítico Inicial y Pleno que hemos repasado (Fig. 5.4). Las cocciones son oxidantes, a veces con manchas negras. El desgrasante dominante son los micaesquistos, cuarzo y biotita. Los acabados son toscos, las paredes rectas o ligeramente entrantes y las bases cóncavas o aplanadas. Las lengüetas, cerca del borde presentan inclinación hacia arriba. Se menciona la presencia de un solo mamelón perforado (Deramaix 1992, p.93). Entre el material destaca una ollita de base plana y paredes entrantes ligeramente cóncavas, con seis perforaciones cerca del borde.

Esta producción tiene parecidos formales con materiales de Almizaraque, Los Millares y Tres Cabezos. Entre los dibujos de L. Siret también se observa un borde con engrosamiento y otro biselado. En fin, E. y L. Siret asimilan los materiales con los hallados por ellos mismos en Tres Cabezos. Para el valle del Guadalentín repite el mismo patrón que en el Cabezo del Plomo y de algunas producciones del casco urbano de Lorca (Pujante Martínez 2003) asociadas al Calcolítico Pleno.



Figura 5.4. Selección de diferentes tipos de materiales encontrados durante las excavaciones de E. y L. Siret durante sus excavaciones en Parazuelos (1887, lám. 6 y 7).

La industria lítica también está bien representada. Se recuperaron 17 puntas de flecha, algunas losángicas, las más con pedúnculo y aletas. También las hojas de sílex son numerosas con 40 ejemplares.

El material lítico se completa con el registro de artefactos macrolíticos. Entre ellos hay molinos, numerosos percutores, dos hachas y dos martillos. Para las hachas y los martillos se utilizó el gabro y microgabro. Un solo ejemplar está hecho en una roca micácea. De los dos martillos, uno se interpreta como un hacha reutilizada. La superficie activa que presenta es consistente con trabajos de forja de metal o hueso (Risch 1995, p.190). El segundo, con fracturas en escalera en la superficie activa, podría haber servido para triturar mineral o escorias, aunque también para impactos más violentos. Ninguno de los artefactos tiene preparación para el empuñamiento. En uno de ellos vemos una ranura longi-

tudinal descentrada en una de sus caras. Esta ranura no puede asociarse con el sistema de presión sino más bien con una reutilización del artefacto como pulidor, como sucede en Campos (Deramaix 1992, p.71). Los percutores de mano presentan litologías más variadas con gabros, areniscas y rocas micáceas (Deramaix 1992, pp.85-96).

Igualmente tenemos una variada representación de material malacológico, varias conchas están perforadas para su uso ornamental. Entre los restos de fauna se remarca la presencia de huesos largos trabajados como espátulas y punzones. Siguiendo con los materiales ornamentales también se recogieron dos cuentas, una de las cuales presumiblemente de variscita y repitiendo la forma de oliva vista en el Cabezo del Plomo. Los elementos ornamentales se completan con dos fragmentos de brazaete, uno en roca calcárea y otro en esquisto (Deramaix 1992, pp.85-96).

La representación de artefactos metálicos es elevada en relación a la poca entidad del asentamiento. Se contabilizan 7 punzones largos de sección cuadrangular, 2 puntas de flecha triangulares<sup>242</sup> y un cuchillo sin lengüeta, escotadura o remaches (Fig. 5.4). E. y L. Siret atribuyeron una edad de transición del Neolítico a la Edad de los Metales al asentamiento en base a la tipología y morfología de estos metales, que les recordaban en gran medida la industria lítica. Se analizaron cuatro artefactos de metal, todos ellos de cobre arsenical, de los que uno presentaba trazas (“*indicios*” en el original) de estaño. La composición química de los artefactos mostraba afinidad con los minerales hallados en el sitio (Siret y Siret 1890a).

El yacimiento se considera uno de los referentes de la primera metalurgia de la península ibérica por la cantidad y calidad de los residuos metalúrgicos que se recogieron. Éstos se pueden clasificar entre minerales y residuos metalúrgicos.

Un montón de unos 10 kg de mineral, hallado en una brecha en el suelo, muy cerca de una cista funeraria del Bronce Final. El montón de mineral hallado junto a la cista se describe como carbonatos de cobre verdes y azules con pintas de sulfuro<sup>243</sup>.

Diseminadas por el resto del cerro se recogieron entre 10 y 20 kg de escorias cobrizas, entre ellos “*restos de tosca cerámica a los que se hallaban todavía adheridas algunas costras de escorias cobrizas*” y algunos pedazos informes de cobre fundido, que fueron interpretados como pequeños lingotes (Siret y Siret 1890b, p.272). Además, se menciona que el total de escorias cobrizas sólo del cerro al sudoeste sería de unos 25 kg, ya que se dejaron una decena de kilogramos de escorias sin recoger. Pese a la ausencia de estructuras arquitectónicas, en la loma vecina se encontraron el mismo tipo de residuos metalúrgicos asociados a cerámica tosca.

L. Siret realizó varios análisis sobre fragmentos de mineral y escorias (Tab. 5.2). Los

---

242 No está claro que puedan considerarse puntas de flecha por la morfología que presentan.

243 Los análisis efectuados en este trabajo sobre minerales de Parazuelos (véase capítulo 6) confirman los análisis de Siret, también en las trazas de estaño y plomo.

resultados definían un mineral polimetálico de cobre-hierro con arsénico<sup>244</sup> e indicios de sulfuro (Siret y Siret 1890b, p.270). La relación entre el cobre contenido en el mineral (20,72 % Cu) y el atrapado en la escoria (12,24 % Cu) le permitieron estimar una producción de unos 3 kg de metal. Años más tarde pondría en relación el tipo de mineral identificado en Parazuelos con el de Almizaraque (Delibes de Castro et al. 1989, p.84). Un análisis FRX de escoria machacada procedente de las excavaciones de Parazuelos fue realizado dentro del PA, confirmando los resultados de éste (Rovira et al. 1997).

Hay varios elementos como la ausencia de materiales de tradición campaniforme, puntas de flecha de base cóncava y fuentes o platos abiertos sin lengüeta que indican un abandono anterior a al horizonte Campaniforme. Un puñal foliforme de cobre prácticamente idéntico al de Parazuelos se encontró en la Cova del Montgó (Simón García 1998, fig.74.1; Soler Díaz 2007, p.40) cuyos materiales están descontextualizados. De lo visto hasta ahora, vemos que tanto los restos estructurales como los materiales de Parazuelos son consistentes con una ocupación principal del Calcolítico Pleno.

Tanto la tipología como la composición elemental de los diferentes residuos metalúrgicos presentes en el sitio avalan la tesis de su cronología antigua, con una metalurgia exclusiva de cobre arsenical muy rudimentaria.

La única datación disponible es sobre concha y fue recogida en las terreras durante unas prospecciones superficiales (Lomba y Eiroa 1997). Se ha calibrado la fecha<sup>245</sup> con la curva MARINE13<sup>246</sup>, no disponible en las primeras publicaciones. El marco temporal que ofrece la nueva calibración se considera probable. La calibración a 1 sigma lo encuadra entre 2586 y 2275 cal ANE (mediana: 2439 cal ANE), entre el final del Calcolítico

	Mineral	Escoria
	Muestra de ensayo sobre 10 kilos	Muestra de ensayo sobre 10 kilos
Óxido de cobre (CuO)	25.93	15.32
Óxido de estaño (son)	0.1	0.06
Óxido de plomo (PbO)	0.6	1.81
Ácido arsenioso (As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1.86	0.25
Ácido antimonioso (Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.62	0.2
Oro	indicios	
Plata	indicios	indicios
Azufre (S)	indicios	0.64
Cal	1.67	4.06
Magnesia	0.28	0.54
Ácido Carbónico (CO <sub>2</sub> )	8	0
Sílice (SiO <sub>2</sub> )	14.81	19.71
Óxido de hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	39.36	56.73
Óxido de níquel (NiO)	0.4	0.61
Óxidos de Manganeso, alumina, etc.	6.14	0.34
	100	100.3
A deducir por azufre		0.3
		100
Lo que corresponde a:		
Cobre metálico	20.72	12.24
Estaño id.	0.08	0.05

Tabla 5.2. Análisis efectuados por L. Siret (1890, p. 270: Tabla I) sobre escorias y minerales de Parazuelos.

244 En los análisis también detecta trazas de estaño y plomo. Elementos que en su momento sirvieron de inferencia de una posible explotación del estaño de la zona (Lull 1983, p.440). Trazas de estaño en los minerales las detectamos en varias zonas. En Lomo de Bas o Cartagena son más frecuentes y algo más importantes pero también se detectan esporádicamente las otras sierras prospectadas.

245 HAR-521: 4350±80BP

246 Ver especificaciones en nota del Cabezo del Plomo.

Pleno y el inicio del Calcolítico Final. Es una fecha algo más tardía de lo que sugieren los materiales, pero en modo alguno imposible y que debe tenerse en consideración. A falta de nuevas evidencias que contradigan lo visto hasta ahora debemos tomar el Calcolítico Pleno, posiblemente en un tiempo avanzado del mismo, como cronología en que se efectuaron las operaciones metalúrgicas en Parazuelos.

Aunque ahora es un basurero, Parazuelos es, con diferencia, el asentamiento Calcolítico donde se ha registrado una mayor cantidad de residuos de metalurgia extractiva, no solo de la península ibérica, también de toda Europa. Lejos quedan los 7,15 kg de escorias de Cabezo Juré, el principal referente metalúrgico de este período (Bayona et al. 2004, p.298), el kilogramo de Agua Amarga (*infra*), los 300 gr de escorias de Almizaraque (Delibes de Castro et al. 1989) o los 644 gr de La Capitelle du Broum (Bourgarit), por poner algunos ejemplos.

De la decena de kilogramos de escorias que Siret dejó de recoger proceden los ítems que se relacionan a continuación.

En el Museo Arqueológico de Murcia (MAM) hay dos bolsas procedentes de prospecciones superficiales de los años ochenta. Una contiene residuos metalúrgicos, junto con cerámica, mientras que la otra, exclusivamente cerámica<sup>247</sup>. En la bolsa con residuos metalúrgicos se reconocen 13 elementos vinculados a la producción metalúrgica (Fig. 5.5).

- » 1 fragmento de ¿mineral?: 1,8 gr
- » 2 fragmentos de cerámicas técnicas para fundir o reducir cobre: 54,3 gr
- » 9 escorias de pequeño tamaño (<3cm diámetro): 39,4 gr
- » 1 escoria grande (6x3,7x3,5): 89,9 gr

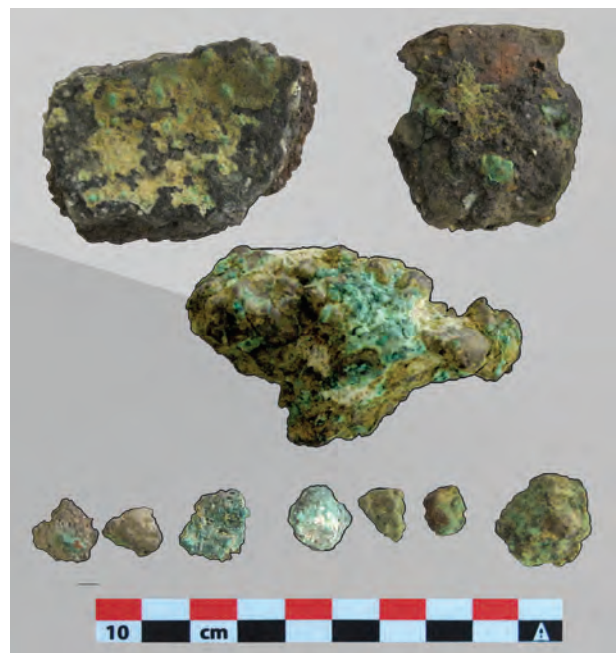


Figura 5.5. Escorias y cerámicas con adherencias del poblado de Parazuelos depositadas en el Museo Arqueológico de Murcia.

Actualmente las evidencias superficiales de metalurgia solo son visibles en la loma donde se excavaron los recintos habitacionales. Su presencia aún es abundante. Para el

<sup>247</sup> Los fragmentos cerámicos de esta bolsa no parecen proceder de los niveles calcolíticos de Parazuelos y sí a fragmentos de urnas de la necrópolis del Bronce Final.

estudio analítico se recogieron varios residuos metalúrgicos<sup>248</sup> de las inmediaciones de las estructuras excavadas por E. y L. Siret:

- » 3 cerámicas con adherencias (PZ01, PZ03, PZ04): 16 gr
- » 2 minerales (PZ05 y PZ06): 15,5 gr
- » 6 escorias (PZ07;PZ08;PZ09;PZ10;PZ11;PZ12): 19,1 gr

**El Poblado de Carboneros** (Totana), se asienta en un cerro amesetado, de empinado acceso, muy erosionado y con la superficie destruida por aterrazamientos del ICONA (Fig. 5.6). Se encuentra en el paraje de los Blanquizares en la sierra de La Tercia. Su situación lo insiere entre los poblados calcolíticos del Cerro de la Virgen de La Salud y el Campico de Lébor. En la meseta superior queda material arqueológico de lo que en su día fue un asentamiento Calcolítico y del que dio noticia J. Cuadrado (1935). De allí recogió varios microlitos de sílex que quedaron expuestos en el Museo Arqueológico Provincial de Almería en los años 50 (Cuadrado Ruíz 1949) y aún pueden verse en la actualidad. En otro texto menciona que recuperó más de 50 flechas pedunculadas (Cuadrado 1947, p.60). Del asentamiento no se describen ni han podido ser observados por nosotros estructuras en piedra de cierre del poblado o de habitación, aunque no se descarta su existencia.

El yacimiento se completa con una necrópolis de cuatro cuevas funerarias pero solo se conocen datos de una de ellas<sup>249</sup>. En un frente de yeso de la parte alta de la ladera sudeste aparece la entrada a la cueva, modificada durante su primera ocupación para darle una forma acanalada (Walker y San Nicolás 1995). Esta fue saqueada en los años 80 y para recuperar los restos del expolio se realizó una campaña de excavación en 1987. Fue durante esta actuación arqueológica que se recogieron materiales superficiales del poblado, actualmente depositados en el MAM.

Una primera revisión de estos materiales permite discernir que se componen principalmente de cerámica y artefactos líticos, tanto macrolíticos como de talla. Aunque el material no ha sido remontado, dibujado ni estudiado, una impresión *de visu* permite definir sus rasgos principales.

Entre la cerámica encontramos vasos de paredes rectas, fragmentos de vasijas de gran tamaño, fuentes y cuencos de mediano y pequeño tamaño. Predominan las pastas de tonalidades salmón, grises y amarillentas. Algún fragmento presenta una coloración in-

---

248 Es de destacar la presencia de un pequeño fragmento de hematites masivo. La presencia de otro fragmento de mineral de hierro, en este caso siderita en La Ciñuela (*infra*) nos hace plantearnos un posible uso metalúrgico que desconocemos.

249 De otra de las cuevas solo conocemos la presencia de pinturas rupestres en otra de las cuevas (Walker y San Nicolás 1995, p.113 y 140).

terna negra con el borde más claro. Los acabados de las grandes vasijas son toscos y con desgrasantes de fracción gruesa en mica, esquisto o cuarzo que sobresalen de la superficie. En cambio los cuencos y platos abiertos tienen un acabado más cuidado. No se observan bruñidos o espatulados pero sí alisados y almagra en algún fragmento. De todo el conjunto observamos un solo elemento de presión aislado en forma de lengüeta. Igualmente un solo fragmento presenta ornamentación en forma de dos nervaduras horizontales y paralelas junto al borde. Este tipo de decoración, pero con una sola nervadura, ha sido descrito para el Cerro de la Virgen de la Salud (Eiroa 2005)<sup>250</sup>.

La presencia de sílex es muy importante aunque casi toda la industria observada se corresponde con restos de talla<sup>251</sup> a los que se suma algún trapezoidal. En las prospecciones realizadas se documentó la presencia de una punta de flecha de base cóncava (Fig. 5.7).

Los artefactos macrolíticos están representados por cinco fragmentos de clastos de gabros y microgabros. En tres de ellos es posible afirmar que proceden de depósitos secundarios, mientras que en los otros dos la fragmentación no permite observarlo. En ninguno de los cinco fragmentos se aprecia preparación previa del soporte (Fig. 5.8).

Finalmente, también encontramos un fragmento de cuernecillo de 3 cm de



Figura 5.6. Vista de la meseta de Carboneros con el trasvase y el valle del Guadalentín al fondo.



Figura 5.7. Punta de flecha in situ en el poblado de Carboneros (Totana).



Figura 5.8. Artefactos macrolíticos en gabro procedentes de las prospecciones de los años ochenta en el poblado de Carboneros.

250 Es posible que las cerámicas con acanaladura del nivel 5 de las excavaciones de D. Fletcher en la Ereta del Pedregal se correspondan también con este tipo (Fletcher Valls 1961, p.91). Algunas de ellas están expuestas en el Museo de Prehistòria de Valencia.

251 Debemos recordar los microlitos expuestos en el Museo de Almería.



diámetro y 13 de longitud. Este tipo de ítems, identificados como placas de telar, se han vinculado con la separación de los hilos durante el tejido y son habituales durante las fases del Calcolítico Pleno<sup>252</sup> (Cardito Rollán 1996). Su presencia en el poblado del Puente de Santa Bárbara (González Quintero et al. 1993a), en Gatas (De Cet 2009) o en todas las fases de Cabezo Juré (Nocete Calvo 2004) nos indica pervivencias durante el Calcolítico Final. El ejemplar de Carboneros no conserva ninguna de las dos perforaciones.

La metalurgia en el poblado de Carboneros se documenta a partir de varias escorias, vasijas con adherencias y un fragmento informe de metal fundido. Se han realizado varios análisis de materiales metalúrgicos. M. San Nicolás (1988, p.72) publica una breve reseña sobre el análisis completo de una escoria (microscopía óptica, DRX, MEB)<sup>253</sup>, con matriz dominada por la magnetita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) y presencia de wuestita (FeO), calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ), olivino ferrocálcico ( $\text{CaO FeO SiO}_2$ ), sulfuro de Magnesio (MgS) e hidróxido de hierro (FeO [OH]- $\alpha$ ). Otra escoria fue analizada en el I.T.G.E. mediante FRX con una composición base en Fe, Cu, As, Ni.

Por otro lado, en el PA (Montero Ruiz 1991, p.347) se analizó mediante FRX un fragmento de metal indeterminado, muy mineralizado, y un fragmento de posible mineral parcialmente reducido. En ambos la sustancia base es el cobre. En el caso del objeto informe (PA0803), presenta como trazas destacadas el hierro, el níquel y el arsénico (0,5 a 1 %). El mineral parcialmente reducido (PA0805) muestra una fuerte concentración de níquel (3,8 %) y arsénico (1,4 %) mientras que el hierro se mantiene muy bajo y se detectan impurezas de cinc (0,4 %).

En líneas generales todos los análisis se muestran coincidentes en señalar la reducción de minerales de cobre arsenicado, con fuertes concentraciones de níquel. Además, la presencia de calcopirita<sup>254</sup> nos señala la utilización de minerales con presencia de sulfuros. Ello estaría en la línea de lo observado en los análisis arqueometalúrgicos de este estudio y que abordaremos en el capítulo 7.

La excavación de la cueva no ha sido publicada, pero tenemos varias noticias que han ido apareciendo a lo largo de los 30 años que han pasado desde su excavación (Eiroa 1994). De la descripción que se ofrece en el estudio palinológico (López 1988) sabemos que se trataba de un enterramiento individual femenino, depositado sobre un tablón de

---

252 L. Siret propuso su utilización como cúpula de horno metalúrgico en Almizaraque. Una propuesta que ya había hecho anteriormente P. de Motos. Sin embargo el uso de estos objetos en la producción metalúrgica se descarta absolutamente (Hanning 2008, p.25).

253 Realizado por Paloma Adeva (C.E.N.I.M.).

254 Aunque es más probable que se trate de algún compuesto de mata ( $\text{CuFeS}$ ).

madera de nogal. Tenía la cabeza vendada con un tejido de *cannabis*<sup>255</sup>. El conjunto estaba cubierto por una estera de cáñamo y se depositó un ramillete de flores con propiedades medicinales al lado.

Entre los materiales procedentes del enterramiento depositados en el MAM hay varios restos de madera correspondientes a la tabla de nogal y otros elementos indeterminados también en madera<sup>256</sup>, dos fragmentos de esparto o cáñamo trenzado y fibras textiles de lo que podría ser la venda de cáñamo.

Además, entre los elementos de ajuar que se abandonaron durante el expolio hay dos artefactos macrolíticos. Uno de ellos, realizado en roca blanda, presenta un recubrimiento de óxidos de hierro o cinabrio en su superficie y podría tratarse de un ídolo. El otro artefacto es un yunque/triturador en metabasita (13 cm de largo por 8 cm de ancho y 4 cm de alto). También en este caso se trata de un canto rodado que presenta una superficie brillante y muy pulida pero sin ningún tipo de preparación para empuñadura. Por tamaño, peso y morfología es muy posible que agarrara manualmente. A parte de estos materiales se sabe que en origen el ajuar incluía un fragmento de obsidiana, un collar y un anillo de cobre (Cano Gomáriz et al. 1997, p.663).

La ocupación de Carboneros a partir de sus materiales es consistente con una ocupación larga que empezaría en el Calcolítico Pleno y perduraría hasta el Calcolítico Final. Por el contrario, están ausentes los marcadores que hemos señalado para el Calcolítico Inicial. Aparentemente, el registro más diagnóstico sería la cueva con inhumación individual con un anillo de cobre. Sin embargo, ya se ha observado que la cronología entre las cuevas de enterramiento y los poblados anexos no siempre es sincrónica. Es más, cuando vemos los dos poblados del Calcolítico Pleno vecinos de Carboneros, el Cerro de la Virgen de la Salud y Campico de Lébor, en ambos las cuevas funerarias tienen reutilizaciones durante el Calcolítico Final. La fecha radiocarbónica de Cueva Sagrada, pese a su amplia desviación estándar, nos posiciona en el tercer cuarto del III milenio cal ANE (*infra*) (Eiroa 2005).

Si nos basamos exclusivamente en los materiales del poblado, encajan tanto con el Calcolítico Pleno como Final, especialmente con éste último por la presencia de la punta de flecha de base cóncava y los cuencos de factura cuidada, algunos en pastas amarillas. Proponemos pues una ocupación que abarca entre el ca. 2800 cal ANE hasta ca. 2200 cal ANE.

Se han registrado trece residuos metalúrgicos depositados en el MAM (Fig. 5.9):

---

255 En la publicación original se menciona como *cannabis indicus* y así es reproducida en algunas obras posteriores de síntesis (Eiroa 1994)(Eiroa 1994). Normalmente, la especie de cáñamo utilizada en la fabricación de tejido es el *cannabis sativa*, por lo que podría tratarse de un error (M. Celma, *com. pers.*).

256 Gracias al entorno yesífero de la cueva, la conservación de la madera y los demás elementos orgánicos era excelente.

- » 1 fragmento de mineral termoalterado: 1,3 gr
- » 3 vasijas técnicas: 23,46 gr
- » 8 escorias: 29 gr<sup>257</sup>
- » 1 fragmento de metal fundido o conglomerado de reducción: 21 gr

A estos debe sumársele los materiales superficiales recogidos para análisis:

- » 4 escorias (CB01 a CB04): 12,8 gr
- » 1 pequeño fragmento indeterminado cubierto de cobre (CB05)

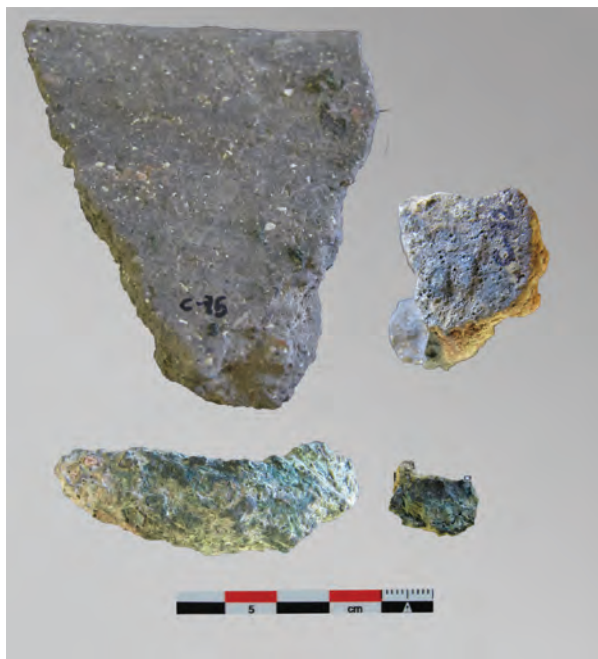


Figura 5.9. Selección de materiales metalúrgicos de Carboneros depositados en el MAM. Arriba cerámicas técnicas. Abajo a la izquierda posible lingote o conglomerado de reducción. A su lado escoria de reducción.

### **El Cerro de La Virgen de la Salud**

(Lorca), se asienta en un espolón amesetado estratégicamente seleccionado, en el centro de La sierra de la Tercia y junto a su principal rambla, la del Saltador. Igual que Carboneros tiene una panorámica absoluta del valle del Guadalentín.

Es uno de los pocos poblados calcolíticos de los que se ha publicado la monografía de las excavaciones (Eiroa 2005) y posemos una datación por Carbono 14 que nos delimita su ocupación. Dado que tanto la cronología del poblado y los materiales se encuentran publicados recientemente y bien definidos, solo ahondaremos en los elementos trascendentes en cuanto a la metalurgia.

Su ocupación, tanto por la datación por Carbono 14 como por los materiales se encuadra en un el primer tercio del III milenio cal ANE (I-15610)<sup>258</sup>. En la transición entre el Calcolítico Inicial y el Calcolítico Pleno.

El poblado se configura a partir de unidades de habitación con fondos de cabañas semiexcavadas y un muro perimetral que cierra el acceso norte, el único posible. El hallaz-

<sup>257</sup> Entre ellas las dos escorias analizada en el C.E.N.I.M.

<sup>258</sup> No podemos dejar de lado la discusión de su sincronía con la cercana Cueva Sagrada (Lomba 2001) con una datación radiocarbónica de *m.* 2332 cal ANE (I-15319: 3870±100BP), lo que significa más de medio milenio más reciente que el posible momento de abandono/ocultación del Cerro de La Salud (Eiroa 2005). Esta diferencia aconseja no vincular de forma ineludible el uso sincrónico de ambos espacios y en consecuencia los tres punzones/leznas de cobre de sección cuadrada (Eiroa 2005, p.21) de la Cueva Sagrada.

go más remarcable es un silo colmatado que había sido utilizado como depósito/ocultación<sup>259</sup> ya que en él se encontraron bastantes piezas completas líticas y cerámicas. La estratigrafía del yacimiento vuelve a ser consistente con una única fase de ocupación de corta duración (Lomba 2001).

Entre los materiales dominan las vasijas ovoides de cuello corto y estrecho y una variedad importante de cuencos hemiesféricos. Menos frecuentes son las vasijas de perfiles carenados, las paredes planas y de perfil en S. Los fondos pueden ser cóncavos o planos. Los labios biselados pueden aparecer en algunos cuencos pero no se da noticia de labios engrosados hacia el exterior. Si es frecuente la aparición de elementos de prensión en forma de mamelones y lengüetas, que pueden presentar perforación vertical o, menos habitual, lateral. Un 13 % de la cerámica está decorada. Esta puede presentarse como incisiones o motivos geométricos de poca profundidad, nervadura horizontal en la panza y aguada a la almagra, que también tiene la función impermeabilizadora.

La lectura arqueometalúrgica presenta varias incongruencias. Como evidencias metalúrgicas, primero se afirma que en poblado aparece 1 fragmento informe de cobre<sup>260</sup> 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, p.30). Sin embargo en las conclusiones generales se afirma:

*“Debe hacerse constar que, si bien en el lugar del asentamiento se encontró un fragmento de mineral de cobre con evidencias de tratamiento térmico (burbujas o escorias de fundición de cobre) del cuadro IJK-10.12.14., no se encontró ningún otro indicio que pudiera indicar una actividad relacionada con la producción de elementos metálicos de cobre, ni siquiera ningún instrumento metálico elaborado. Los únicos elementos metálicos relacionados son los hallados en el enterramiento de Cueva Sagrada I, ya citados.”* (Eiroa 2005, p.198).

En este último párrafo las escorias de la segunda campaña han desaparecido y la el fragmento informe de cobre se convierte en mineral termoalterado. Además su posición varía del cuadro EFG al cuadro IJK. El cambio de cuadro es trascendente en cuanto la única datación disponible del poblado es el sellado del silo situado en el cuadro IJK. Esto nos daría un mayor margen de confianza para datar la única escoria segura del poblado. En cualquier caso, este residuo, que por la descripción podemos asociar a la metalurgia extractiva atestigua esta actividad en el primer tercio del III milenio cal ANE en el asentamiento. No se ha publicado ningún análisis de este residuo.

---

259 En la excavación de Carril de Caldereros también encontramos una estructura sincrónica similar, también con materiales cerámicos completos y otros artefactos enteros (Delgado Raack 2008, p.477)/

260 A partir de ahora me referiré a este arteuso como escoria al ser producto de una operación pirometalúrgica de obtención de cobre.

## **Casco Urbano de Lorca**

El caso del **casco urbano de Lorca** es especial. Se han documentado residuos metalúrgicos en todas las fases calcolíticas en diferentes excavaciones pero debe ser considerado como un único y gran yacimiento en llanura.

En las fases más antiguas tenemos una ocupación caracterizada por los silos y estructuras excavadas de diversa índole. Por el momento se haya podido determinar si en algunos casos pudo tratarse de unidades de habitación. Durante el Calcolítico Final es cuando empezamos a encontrar estructuras con zócalos de piedra que funcionan como áreas polifuncionales, pero también como unidades domésticas. Finalmente la ocupación argárica tiende a alterar los niveles calcolíticos, ya sea para excavar fosas para las sepulturas o para levantar muros. En todas las excavaciones del casco urbano de Lorca los materiales metalúrgicos asociados a contextos argáricos se encuentran mezclados o alterando niveles calcolíticos que también presentan metalurgia, por lo que su adscripción siempre es dudosa. En el caso de los restos metalúrgicos en el interior de rellenos de fosas, o incluso en el relleno de urnas de enterramiento, es evidente que se trata de intrusiones de los niveles calcolíticos que están alterando.

En contrapartida a esta situación de alteración postdeposicional por la intensa ocupación del asentamiento, Lorca es el único yacimiento donde tenemos información estratigráfica de la situación de los residuos metalúrgicos. En muchos casos los residuos están asociados a dataciones por Carbono 14. Ello nos permite poder situarlos en su contexto espacial y temporal.

La información disponible es dispar. Parte de las excavaciones de Lorca han sido publicadas en artículos científicos donde se detallan los diferentes contextos excavados y se sitúan los materiales en ellos. Por otro lado, varias excavaciones solo cuentan con una breve nota, de una o dos páginas, con un resumen de los hallazgos más destacados y sin ningún tipo de referencia estratigráfica donde situar los hallazgos.

Aunque el registro de Lorca es extenso, únicamente en las excavaciones de Plaza Juan Moreno y del Carril de Caldereros parece que los residuos metalúrgicos están en su posición original.

En conjunto podemos establecer una secuencia cronológica para la metalurgia del casco urbano de Lorca que abarcaría desde comienzos del III milenio cal ANE hasta finales del III milenio cal ANE. La metalurgia más antigua aparece en Carril de Caldereros y Calle Floridablanca, ambas con dataciones radiocarbónicas que la asocian a la primera mitad del III milenio cal ANE. Sin datación pero también en el Calcolítico Pleno tenemos los restos de C/ Juan II esquina Leonés. Del Calcolítico Final únicamente podemos asociar con seguridad los restos de la Plaza Juan Moreno. Forman un registro muy numeroso pero muy fragmentario y alterado por la corrosión. Es muy posible que a estos momentos del Calcolítico Final se deban asociar los hallazgos de la Antigua Iglesia del

Convento de Madres Mercedarias y Calle Zapatería núm. 5, muy próximos entre sí y que en ambos casos aparecen en niveles de alteración.

Por otro lado, la posición estratigráfica del registro argárico, exclusivo de la calle Floridablanca y Plaza Juan Moreno, genera dudas al encontrarse en niveles que alteran estratos inferiores del Calcolítico Final.

Repasaremos a continuación las excavaciones donde se ha encontrado producción metalúrgica para el Calcolítico Pleno, aunque en varias de ellas la secuencia incluye todo el Calcolítico. En el apartado siguiente abordaremos aquellas excavaciones con evidencias solo del Calcolítico Final.

En **Avenida Juan Carlos I con el Carril de Caldereros** tenemos escorias de cobre vinculadas a estructuras de fondos de cabañas (Pérez Asensio 2004; Delgado Raack 2008, pp.19-20-479). Estas escorias se asocian al nivel 1 de Carril de Caldereros que tiene dos dataciones por Carbono 14. El margen cronológico a 1 sigma se establece entre 2886 y 2580 cal ANE<sup>261</sup>. Las escorias se encontraron en dos concentraciones de derrumbe en la zona central del solar, una compuesta por adobes y la otra por piedras. Se interpretan estas concentraciones como posibles parapetos en forma de media luna. El material cerámico asociado no permite una distinción clara con los materiales del Neolítico Final de la fase 2 del yacimiento. En ambos casos se trata de cerámica lisa y/o tratada a la almagra, asas de sección tubular, de cinta, apéndices con orificios y mamelones. De los niveles calcolíticos de Carril de Caldereros también proceden varios artefactos macrolíticos que se destinaron a la percusión de materias minerales duras, uno en el *hoyo 8* y otro en la UE 4087. Este último, es un percutor de cuarcita con un alto grado de modificación de la superficie de percusión. Se sugiere un posible uso en el triturado de mineral o de escorias (Delgado Raack 2008, pp.478-9).

Superpuesto a los niveles del Calcolítico Pleno, encontramos el nivel 0, que cierra la ocupación calcolítica. En este nivel no aparecieron restos metalúrgicos pero sí un martillo de metabasita que pudo servir para tareas de forja de metal. En el mismo nivel apareció el único fragmento cerámico que puede asociarse a una ocupación campaniforme (Delgado Raack 2008, p.478). Ninguno de los percutores macrolíticos del yacimiento presenta preparación para el enmangue.

Los niveles prehistóricos de la **Calle Floridablanca** (Martínez Rodríguez y Ponce García 2004, p.297; Delgado Raack 2008, p.22) comprenden una secuencia desde el Neolítico Final hasta El Argar, con una ocupación principal del Calcolítico Pleno. La única estructura argárica documentada es un hogar (UE2000) con un perímetro de carbones dispersos a su alrededor donde se documentó una escoria de cobre, junto a cuencos de tipología argárica (Formas 1 y 2). Carbones asociados al hogar se han datado, a 1

---

261 KIA-20887: 4200±30BP y KIA-20889: 4105±40BP

sigma, entre 1735 y 1620 cal ANE<sup>262</sup>. El hogar corta un nivel Calcolítico (UE2001) con presencia de residuos metalúrgicos.

En los estratos calcolíticos por debajo de este hogar encontramos la UE2001, un estrato de tierra compacto en el que apareció un fragmento de vasija con cobre adherido, interpretado como un posible crisol. Los materiales asociados incluyen un fragmento decorado con círculos incisos, cuencos con almagra interior, fuentes y vasos de paredes rectas. La UE2003, con tres grupos de materiales (pastas claras, desgrasante grueso; pastas grises, desgrasante fino; pastas negras escamosas, desgrasantes gruesos) es también un nivel de tierra compacta, En él apareció un lingote de cobre (no se especifica su morfología) y mineral de cobre. El abandono de la ocupación calcolítica se ha datado por la colmatación de un canal excavado en la tierra, cuya fecha sitúa las actividades metalúrgicas en algún momento anterior al rango (1 sigma) 2849-2579 cal ANE<sup>263</sup>, por lo que todo el conjunto debería asociarse al Calcolítico Pleno.

Las excavaciones arqueológicas en la **C. Juan II esquina C. Leonés** han aportado numerosas evidencias de producción metalúrgica (Pujante Martínez 2003; Verdú Vermejo 2004; Pujante Martínez 2011). Todos los residuos pertenecen a la fase calcolítica del asentamiento. Esta fase se caracteriza por un asentamiento de larga duración configurado por fondos de cabañas con silos tipo Campico de Lébor (Totana), El Capitán (Lorca) o Cerro de la Virgen de la Salud (Lorca) y que ya veíamos en Carril de Caldereros. Aunque no se mencionan materiales del Calcolítico Final se asume la existencia de esta fase junto al Calcolítico Pleno pero con una importancia secundaria. Entre el sedimento que colmataba algunas de estas fosas (Estructura 1043, Estructura 1046, Estructura 1047, Silo 1094) aparecieron pepitas de cobre y restos de mineral (Pujante Martínez 2003, lám. 22).

**Agua Amarga** (Lorca)<sup>264</sup> se establece en un pequeño cerro en forma un espolón, sobre la margen derecha del Río Luchena en la confluencia con la rambla Cañada de las Retamas (Fig. 5.10). Geológicamente se asienta sobre calizas margosas blancas eocénicas que le da un aspecto de playa al sedimento. Todo el flanco septentrional y oriental queda cortado en vertical por el río, que en este punto forma un meandro. La ladera sur también es bastante abrupta aunque se documentan materiales en ella. El acceso natural sería por el oeste. Se observan varios tramos de muro y sus descubridores afirman que tuvo estructuras de tipo defensivo y de habitación (Gris Martínez y Gris Martínez 2007, p.16)

---

262 IRPA-1245: 3370±40 BP

263 KIK-977/UtC-7939: 4100±35BP

264 Este yacimiento aparece citado como Ojos del Luchena por M. M. Ayala (1991, p.363: 52-O LUC C SUP) y como Los Crisoles por S. Rovira (Rovira 2002a). Aquí se utiliza el nombre con el que aparece en la Carta Arqueológica.



Figura 5.10. Confluencia del Río Luchena con la Rambla de las Retamas. La ladera sur de Agua Amarga en primer plano.

La situación de Agua Amarga debe entenderse bajo el prisma de las principales vías de comunicación durante el Calcolítico (Lomba 1996; Lomba 2001, p.15). Su posición, muy cerca del interfluvio entre el Río Corneros y el Río Luchena le aseguraba dos de las principales vías de comunicación con el valle del Guadalentín durante el Calcolítico. Además, la zona era fácil de asegurar, protegida por la presencia de El Capitán (Lorca), al norte, Lorca al sur y el Cerro de las Canteras (Vélez Rubio) al oeste (Lomba 2001, p.15). La gran densidad de asentamientos en las inmediaciones denota la importancia del lugar durante el Calcolítico.

A 3 km al norte de Agua Amarga encontramos el gran poblado Calcolítico de El Capitán (Lorca) (Gilman Guillén y San Nicolás del Toro 1995), con sus 14 sepulturas megalíticas de tipo *rundgräber* y varias cuevas de inhumación asociadas. Las dataciones radiocarbónicas y materiales asociados lo encuadran entre el Neolítico y el Calcolítico Final. A 3 km al sur tenemos los hábitats al aire libre de La Greda y La Parroquia. El gran poblado de Puentes, también ocupado durante el Calcolítico y donde se encontró un pequeño fragmento de crisol está a 8 km al sudeste (Gris Martínez 2006). Esta densidad poblacional, junto con el escaso registro de materiales metalúrgicos en estos poblados favorece la posibilidad de que se trate de un establecimiento metalúrgico especializado.

El yacimiento solo ha sido prospectado, aunque se detectan varios expolios en las laderas que han afectado el depósito arqueológico.

Toda la cima y las laderas sur y oeste muestran materiales arqueológicos. En base a los materiales cerámicos recuperados de las escombreras de los expolios, se ha establecido una cronología del Calcolítico Antiguo y Pleno (Gris Martínez y Gris Martínez 2007). La cerámica presenta formas abiertas tipo fuentes, platos y también vasos de paredes rectas. En la cerámica observada no aparecen elementos de presión. Algunos fragmentos tienen restos de almagra. También hay láminas de sílex.



Figura 5.11. Material en el piedemonte oeste del asentamiento. En la imagen pueden llegar a contabilizarse más de 60 residuos metalúrgicos.



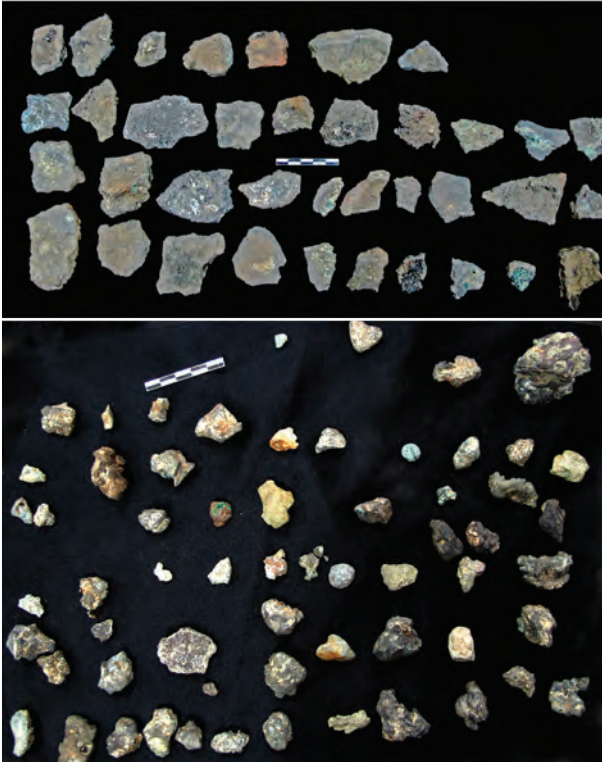


Figura 5.12. Arriba, vasijas de reducción y crisoles de Agua Amarga depositados en el MUAL. Abajo, fragmentos de minerales y escorias.



Figura 5.13. Nódulo de cobre procedente de Agua Amarga. Este tipo de nódulos se quedan atrapados entre la escoria.

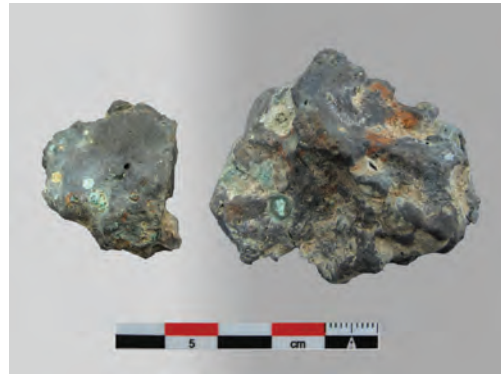


Figura 5.15. Detalle de dos de las escorias recuperadas en Agua Amarga.

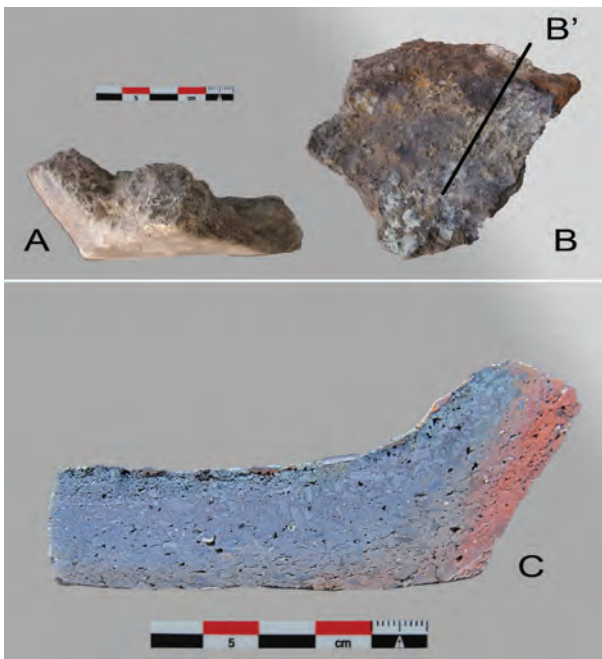


Figura 5.14. Crisol procedente de Agua Amarga. A) Vista lateral; B) Vista cenital con inclusiones de cobre; C) Sección en corte por B'. En esta última imagen se observa perfectamente la dirección calor en las paredes del crisol.

En la parte baja del cerro encontramos una acumulación importante de residuos metalúrgicos junto a restos de antiguos expolios, que constituyen la evidencia arqueológica más visible del lugar (Fig. 5.11). En la parte alta hay una menor densidad de residuos metalúrgicos.

En su superficie se recogieron hace varios años varios kilogramos de residuos metalúrgicos con una representación completa y abundante de todas las fases del proceso, minerales, vasijas de reducción, escorias, crisoles (Fig. 5.12) y hasta un nódulo de cobre de 1 centímetro de diámetro (Fig. 5.13). Parte de esos materiales fueron devueltos al yacimiento y el resto depositados en MUAL (A. Martínez *com. pers.*).

Entre los residuos conservados en el MUAL tenemos:

- » 38 fragmentos de vasijas de reducción y crisoles: 719 gr
- » 61 escorias: 480 gr
- » 12 minerales: 40 gr
- » 1 nódulo de cobre de 1 cm de diámetro: 3 gr

Durante nuestras prospecciones hemos podido comprobar que aún resta una gran densidad de materiales relacionados con la metalurgia extractiva aunque desconocemos si son los mismos que se devolvieron hace veinte años<sup>265</sup>. Se recogió una selección de muestras para análisis que se detalla a continuación (Fig. 5.14 y 5.15):

- » 1 fragmento de crisol de base plana que con arranque de pared.
- » 5 fragmentos de vasijas de reducción: 40 gr
- » 11 escorias: 109 gr
- » 12 minerales: 100 gr

**El Estrecho** (Caravaca), es un asentamiento fortificado situado en un espolón en la Cuenca Alta del Río Quípar. En él se han desarrollado dos campañas de excavación arqueológica limitadas de las que solo contamos con publicaciones muy parciales (Verdú Bermejo 1995; Verdú Vermejo 2002).

Presenta una única ocupación datada por tipología cerámica en el Calcolítico Pleno. El asentamiento se configura a partir de varias construcciones con zócalos de piedra, tanto curvilíneas como con muros rectos.

Entre los materiales líticos y cerámicos tenemos una representación completa de las formas, morfometría y acabados del Calcolítico Pleno. Los recipientes abiertos presentan decoración con engobes y aguadas a la almagra, las puntas de flecha son romboidales y de pedúnculo con aletas. También se ha hallado el extremo de una alabarda de sílex. Entre los elementos que aseguran una cronología del Calcolítico Pleno está un fragmento de cerámica decorada, posiblemente con punzón metálico, y la ausencia de materiales diagnósticos del Calcolítico Final como placas perforadas de afilar, botones de perforación en V o cerámica campaniforme (Verdú Bermejo 1995; Verdú Vermejo 2002). Por el contrario la alabarda de sílex sería más propia de cronologías tardías.

Durante las excavaciones realizadas aparecieron dos escorias en un revuelto del sector

---

265 No se pudo precisar la zona en que fueron devueltos (J. Gris *com. pers.*)

C (Verdú Vermejo 2002, p.70). Ambas presentan una morfología similar a los residuos documentados en los poblados del Calcolítico Pleno del Guadalentín.

### 5.2.2. Poblados del Calcolítico Final

**La Ciñuela** (Mazarrón) está en el término de Gañuelas. Hoy consiste en un pequeño montículo muy alterado por la carretera de La Atalaya al Paretón que seccionó su ladera norte y los cultivos de invernadero que han nivelado todo el entorno circundante (Fig. 5.16). Antiguamente, según referencias de E. y L. Siret se trataba de *dos estaciones prehistóricas sobre pequeñas eminencias* (1890b, p.135).

A 400 metros al noroeste se ha identificado un posible megalito tipo *rundgräber* que recibe el nombre de Los Ruices. Según la Carta Arqueológica se trataría de una posible estructura circular de piedras con una posible cámara central constituida de piedras medianas. Parte de la estructura reutiliza una gran roca natural de aproximadamente 2 m de diámetro<sup>266</sup>.



Figura 5.16. Vista de la Ciñuela en una imagen de A. Zamora (1976), probablemente desde el túmulo de Los Ruices y una imagen actual desde Cuevas del Mayorazgo.

La historia de la Ciñuela es dilatada y no obstante ambigua<sup>267</sup>. Los hermanos Siret la describen muy escuetamente aunque encuentran varios residuos metalúrgicos de importancia (1890b, p.15; 2001, p.219). En las pocas líneas que le dedican relaciona los materiales con los de Ifre; además, el texto referente a la Ciñuela se insiere junto con otros yacimientos de filiación argárica, la Bastida de Totana entre ellos, a los que considera en conjunto poco importantes.

Medio siglo después es E. Cuadrado (1947, p.67 y lám. VII), en su publicación de El Argar en Murcia quien recoge el yacimiento, situándolo en su mapa de las rutas de expansión de la cultura argárica y relacionándolos con Zapata e Ifre.

En los años siguientes se suceden diferentes actuaciones sobre el yacimiento. Aragoneses efectuó una cata de la que no tenemos noticias. Posteriormente A. Zamora (1976)

<sup>266</sup> [www.arqueomurcia.com/carta/](http://www.arqueomurcia.com/carta/)

<sup>267</sup> En esta síntesis no trataremos las manifestaciones de época romana del yacimiento.

efectuó dos campañas de excavaciones. En ellas se abrieron cuatro catas. Durante las excavaciones se evidenciaron dos momentos de ocupación separados por una capa de margas de arcilla amarilla. En base a estas actuaciones las estructuras del poblado pudieron definirse a partir de un muro de circunvalación en el que se apoyaban las viviendas. Los muros excavados presentaban una base horizontal que sostenía otras hiladas inclinadas formando una morfología en espiga conocida tanto para el Calcolítico como para El Argar (Lull 1983).

Según la descripción ofrecida la mayor parte del material cerámico se correspondía a cerámica común con cuencos, platos o fuentes abiertas, algunas con acabados a la almagra junto a tulipas y un hacha plana (Zamora 1976, p.220). Todos estos materiales fueron vinculados a la época argárica pese a que su descripción coincide con las formas calcolíticas.

V. Lull (1983, pp.237-8) incluyó la Ciñuela en su estudio de El Argar, advirtiendo que las formas cerámicas presentaban morfometrías extraordinarias para El Argar. En su interpretación consideraba que la ocupación de la Ciñuela empezaría en la segunda mitad del III milenio, para seguir habitándose durante la época inicial de El Argar. Para ello se basa en la observación de los materiales depositados en el Museo Provincial de Murcia, las noticias por entonces orales de la presencia de material campaniforme (Ayala y Idáñez 1987, fig.1e) y la ausencia de sepulturas en el asentamiento. Esta hipótesis se refrendaría posteriormente con la publicación de dos fechas radiocarbónicas<sup>268</sup> que situaban la ocupación del poblado *ca.* 2650<sup>269</sup> y su posible abandono en 1950 cal ANE (Castro Martínez et al. 1996, pp.122-3).

Por M.M. Ayala y J.F. Idáñez (1987: nota 10) sabemos que hubo una actuación arqueológica posterior a cargo de E. Cuadrado, S. Agüera y el Departamento de Arqueología de la Universidad de Murcia de la que no hay noticias, ni se han encontrado los materiales en el MAM. También la propia M.M. Ayala prospectó el yacimiento en 1977.

Se han revisado los materiales procedentes de las excavaciones de Zamora Canellada (1976)<sup>270</sup> depositados en el Museo Arqueológico de Murcia (MAM). El tipo de pasta y los acabados se corresponden bastante bien con los de la primera fase de La Bastida, aunque con las formas más propias del Calcolítico Final. Dominan los grandes cuencos, fuentes abiertas, una de ellas carenada y otra con el borde marcadamente exvasado. Aparecen en menor proporción cerámicas con tonalidades negruzcas o engobe. Ninguna de ellas presenta los bruñidos argáricos característicos, aunque sí se observan espatulados y bruñidos menos intensos. No se ha detectado ninguna cerámica que

---

268 CSIC-140: 4090±70 y CSIC-141: 3590±70

269 Para obtener esta fecha se dató una viga del techo de la casa. Al ser una muestra de vida larga puede estar fechando un momento anterior a la ocupación de La Ciñuela.

270 No han sido localizados residuos metalúrgicos en las cajas materiales. Lo que me extraña dada la frecuencia con que aparecen en superficie en el yacimiento.

pueda ser identificada como perteneciente a las fases clásicas del grupo argárico en consonancia con las dataciones por Carbono 14.

Además de la cerámica, entre los materiales destacan las placas de telar, que ya citaban V. Lull (1983) y M.M. Ayala(1980) de las que se han contabilizado más de sesenta. Las hay de dos tipos, ovaladas de sección ligeramente convexa y cuatro agujeros; y en forma de creciente aplanado de dos agujeros (Fig. 5.17). Esta última tipología se sitúa entre los típicos cuernecillos del Calcolítico Pleno y es totalmente inédita en asentamientos argáricos. Las placas planas ovaladas son características del Calcolítico Final y siguen en uso en la fase formativa de El Argar como se ha documentado en La Bastida.



Figura 5.17. Placas de telar procedentes de las excavaciones de A. Zamora (1976) actualmente depositadas en el MAM.

Por el contrario entre los materiales depositados en el MAM, los únicos restos de residuos metalúrgicos son dos minerales en una bolsa con cerámica romana. Tampoco en la única publicación de las excavaciones se hace mención a residuos metalúrgicos.

Con todo esto, no deja de sorprender que L. y E. Siret, comparen los materiales de la Ciñuela con Ifre y olviden la gran vasija de reducción que más de un siglo después fue redescubierta en el Museo Arqueológico Nacional (Montero Ruiz 1999; Rovira 2002a).

S. Rovira (Rovira 2001; Rovira 2002a; Rovira 2005), analizó con MEB las adherencias escoriáceas de esta vasija. Los resultados muestran la presencia de fayalita, ausente en el amplio registro estudiado de Almizaraque. Ello podría ser indicador de la utilización de minerales menos saturados en hierro. También

identificó la reducción de sulfuros de cobre, probablemente mezclados con óxidos. Entre las principales impurezas que podían asociarse al mineral que constituyó la carga del reactor señaló la presencia de arsénico, antimonio, plomo y bismuto. Junto a la vasija cerámica también analizó un mineral de cobre del mismo origen. De los resultados, únicamente se desprende que era un mineral ferrocuprífero con trazas de sulfuro y posiblemente en ganga silíceas.

La secuencia ocupacional con aparente continuidad entre Calcolítico y Argar no es frecuente en la fachada prelitoral y litoral de Murcia, como sí lo es en la vecina depresión de Vera (Lull et al. 2015). La secuencia continuista también es más frecuente en las tierras

del interior, con los conocidos casos del Cerro de las Viñas de Coy (Lorca) y el Cerro de las Víboras de Bagil (Moratalla) (*infra*). También excepcional es su abandono en la fase formativa argárica<sup>271</sup>. A poco más de 350 metros encontramos el asentamiento poblado argárico de Cuevas del Mayorazgo. En la superficie alterada de este asentamiento el conjunto de materiales es homogéneo y se identifica nítidamente con las fases recientes de El Argar y, a diferencia de la Ciñuela, no presenta residuos metalúrgicos. Parece ser que la ocupación de Cuevas del Mayorazgo estuvo en relación con el abandono de La Ciñuela, aunque tampoco se puede asegurar que fuera inmediata.

Durante las prospecciones efectuadas en La Ciñuela, se observó la presencia en superficie de minerales (Fig. 5.18), vasijas de reducción, escorias (Fig. 5.19) y un goterón de cobre fusiforme totalmente mineralizado. Su presencia se reparte por toda la parte alta del cerro de las excavaciones de Zamora Canellada.

Se han recogido para el análisis:

- » 8 minerales de los cuales uno es siderita: 104 gr
- » 2 fragmentos de vasija de reducción: 6,1 gr
- » 4 escorias: 16,5 gr
- » 1 fondo de cubeta de reducción: 3 gr
- » 1 goterón de fundición

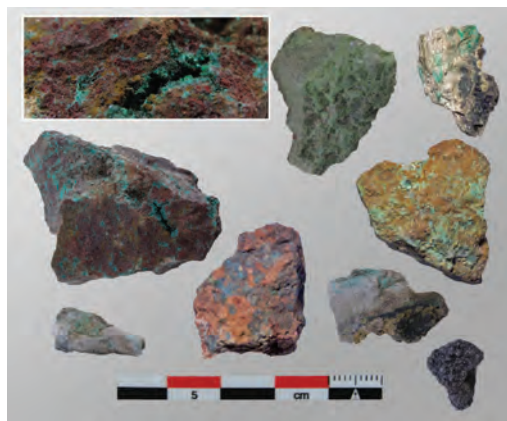


Figura 5.18. Minerales procedentes de La Ciñuela. En la esquina superior izquierda, detalle de cristalización de malaquita. En la esquina inferior derecha pequeño fragmento de siderita.

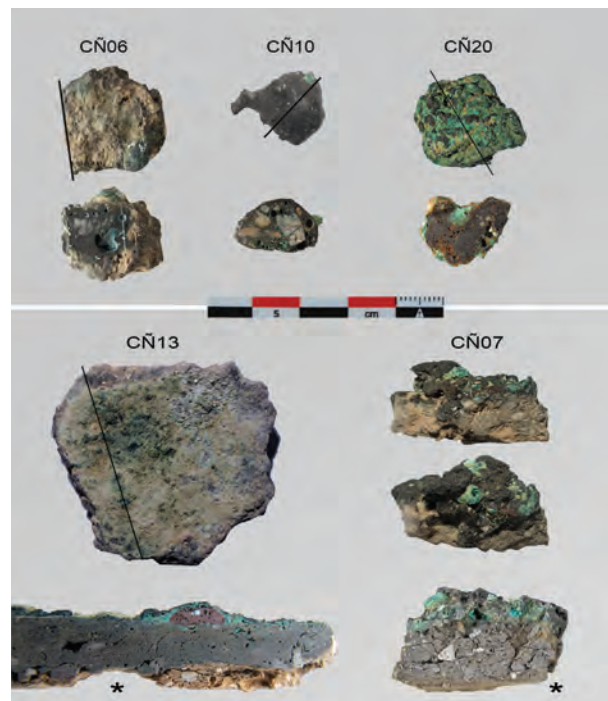


Figura 5.19 Arriba, escorias. Abajo, fondo de contenedor metalúrgico con inclusión de cobre y vasija con adherencias. (\* Las imágenes inferiores de sección no están a escala).

271 El único asentamiento con una posible secuencia similar es la Cárcel Vieja de Totana que veremos a continuación.

**Cárcel Vieja de Totana** (Totana) es un yacimiento multifásico situado en una pequeña colina al sudoeste del actual casco urbano de Totana. El edificio que corona actualmente la colina fue, como su nombre indica, una cárcel hasta mediados del s. XX. La única excavación arqueológica se corresponde con una actuación de urgencia ante el descubrimiento, por unas obras, de niveles arqueológicos que estaban siendo expoliados (Gallego Gallardo et al. 1985; Iniesta Sanmartín 1986; Gallego Gallardo et al. 1986).

Durante la excavación se identificaron tres estratos, el estrato I y II estaban removidos y presentaban mezclas de materiales modernos, enterramientos vinculados a una posible Ermita del s. XVII, materiales islámicos del s. XII<sup>272</sup> y materiales prehistóricos. Era en el Estrato III donde se conservaba bastante inalterada la ocupación prehistórica. Ésta se caracterizó por presentarse debajo de un nivel de margas donde se conservaban troncos de madera quemados. En los informes de la excavación no se hace mención a estructuras murarias o fondos de cabaña.

Entre los materiales, el informe incide en la presencia de cerámicas finas y muy bruñidas, de superficies negras entre las que destacan una vasija de carena baja. A. Iniesta (1986) menciona la presencia de un fragmento de cerámica campaniforme (no descrito). También se citan puntas de flecha triangulares, una punta de alabarda de sílex, un núcleo en sílex y restos de mineral de cobre.

De la observación directa de los materiales calcolíticos recuperados se constató que la cerámica presenta pastas negras y amarillas con desgrasante fino, algunas con bruñido y buena factura. Otras piezas presentan acabados más toscos, también en pastas amarillas y grises con desgrasante grueso. Entre los materiales del Corte 2 Estrato I tenemos también las pastas amarillas y un fragmento con almagra. Son pocas las vasijas que permiten reconstruir su forma, entre ellas una pequeña forma carenada, de pasta negra y acabado bruñido, que puede ser tanto del Calcolítico Final como de El Argar. El fragmento de cerámica campaniforme no pudo ser identificado. En general, el conjunto cerámico es equiparable al de momentos del Calcolítico Final y su transición hacia El Argar.

En base a los materiales se puede proponer una ocupación del Calcolítico Final, con presencia de Campaniforme, que quizás tendría continuidad durante la Fase I de La Bastida, en una situación parecida a la de La Ciñuela.

Se han registrado dos residuos metalúrgicos procedentes de La Cárcel Vieja de Totana. Ambos son de difícil caracterización y la datación calcolítica no es segura ya que proceden del estrato I. Lo más probable es que en ambos casos se trate de mineral de cobre termoalterado.

---

272 Esta ocupación no aparece registrada, pero entre los materiales revisados en los almacenes del MAM aparecen materiales islámicos. Entre ellos 4 fragmentos de jarritas esgrafiadas del s. XII, y un asa de vidrio, por lo que debería sumarse a la secuencia del yacimiento.

- » CVT\_MAM\_24: Presenta una base de óxidos de hierro con impregnaciones de malaquita en zonas porosas.
- » CVT\_MAM\_25: Toda la superficie del objeto está carbonatada de cobre y en un punto de fractura se observa un interior poroso de color gris acerado, lo que indicaría su reacción térmica y su reducción parcial.

### **Casco urbano de Lorca**

Del gran asentamiento bajo la actual ciudad de Lorca, es en la **Plaza Juan Moreno confluencias de c/ Los Tintes y c/ Escalinatas**<sup>273</sup> donde se ha podido documentar un mayor número de residuos metalúrgicos (Martínez Rodríguez y Ponce 2002b; Delgado Raack 2008, pp.24-5).

Durante la fase del Calcolítico Final<sup>274</sup> se excavaron parcialmente dos unidades de habitación con zócalos de piedra de planta absidal que parecen constituir áreas polifuncionales. En ambas habitaciones se registraron residuos metalúrgicos vinculados con la fundición de cobre. En cuanto al registro cerámico encontramos vasijas de pastas amarillas y campaniformes. Los fragmentos cerámicos hallados en la UE321 son fundamentalmente piezas abiertas (cuencos, fuentes, vasitos...), algunas con lengüeta. Algunos fragmentos tienen acabados de aguada a la almagra y una de ellas conserva improntas de cestería. En la UE303 se registró la presencia de cerámica Campaniforme junto a cerámica de pastas amarillas.

En la primera habitación el hallazgo más interesante es un hogar (UE345) en el que se fundió cobre, ya que en su interior se encontraron cuatro residuos de fundición (TE\_MUAL\_08 a TE\_MUAL\_11) junto a una cerámica del Calcolítico Final.

En la otra habitación, un nivel que cubría un pavimento también presentaba restos de mineral de cobre muy pulverulento<sup>275</sup> junto con algún nódulo de fundición (TE\_MUAL\_24) y varios fragmentos de un mismo objeto de cobre donde no se conservaba metal (TE\_MUAL\_25). En la misma estancia aparecieron más residuos metalúrgicos. Entre ellos un fragmento de mineral ferrocuprífero (TE\_MUAL\_23) cerca de un murete parcialmente destruido. También asociado a este murete tenemos la UE321 que estaba alterada por la fosa de uno de los enterramientos argáricos. En esta UE se concentra el mayor volumen de residuos metalúrgicos de toda la excavación. Aparecieron 2 minerales de cobre (TE\_MUAL\_17 y TE\_MUAL\_28) que suman 20 gr (el 50 % del peso total de los

---

273 Esta es la única excavación de la que se han revisado los elementos metalúrgicos en el Museo Arqueológico de Lorca. También es la excavación donde más registros hay y mejor contextualizados están. Las fichas de registro pueden consultarse en el anexo.2.

274 Se ha datado esta fase calcolítica en torno al 2300-2250 cal ANE en base a sus paralelismos con las excavaciones Calle Cava 35 y la Iglesia de las Madres Mercedarias.

275 Que también podrían ser restos metálicos de fundición totalmente mineralizados.



residuos de la excavación) y un pequeño conjunto de 4 residuos (TE\_MUAL\_14) que contabilizan dos restos indeterminados, un pequeño fragmento mineral y un nódulo de cobre, cuyo peso global no llega al gramo. En esta misma UE también se encontró un pequeño fragmento de metal indeterminado de sección redondeada y cubierto por una gruesa capa de corrosión (TE\_MUAL\_13). Finalmente, también en este espacio se descubrió un fragmento de mineral de cobre parcialmente fundido (TE\_MUAL\_22) junto a una concentración de adobe quemado que cubría un hogar u horno de tendencia circular. En la UE303 encontramos un fragmento de mineral ferrocuprífero que también podría estar termoalterado (TE\_MUAL\_15).

De niveles argáricos<sup>276</sup>, siempre alterando niveles calcolíticos, procede un trocito de piedra con restos de fundición de cobre (TE\_MUAL\_10). Estos se hallaron en el relleno de un muro que es la única estructura conservada que puede ponerse en relación a la ocupación argárica. Al exterior del mismo muro, en un nivel de derrumbe de adobe<sup>277</sup>, apareció un fragmento de placa de afilar perforada, un punzón de hueso, un cuerno trabajado, una escoria de metal de cobre y dos o tres gotitas de fundición soldadas entre sí, que pueden interpretarse como posibles restos de fundición.

Debajo de este derrumbe de adobe, y asociado al muro argárico encontramos un estrato con predominancia de materiales argáricos e intrusiones calcolíticas con cerámica de pastas amarillas decoradas con almagra. Junto con ellos se documentó un pequeño fragmento de mineral de cobre y hierro.

Hay dos sepulturas argáricas, excavadas también en niveles calcolíticos, la primera en urna y la otra en fosa. El enterramiento en urna se corresponde con un individuo infantil y entre el sedimento que la rellenaba se recuperó una escoria de cobre y una concentración de semillas carbonizadas. En el relleno de la fosa donde se instaló la urna apareció un resto de fundición junto a cerámicas argáricas y calcolíticas. Las únicas dataciones disponibles de esta ocupación proceden del enterramiento 2 en fosa y se adentran en cronologías argáricas<sup>278</sup>.

El conjunto de ítems prehistóricos relacionados con la producción metalúrgica<sup>279</sup> suma 22 registros (Tab. 5.3). De éstos, un pequeño mineral y un resto de fundición cuyo peso conjunto no supera el gramo se asocian a niveles argáricos alterando los pisos inferiores calcolíticos.

Entre los materiales asociados a contextos no alterados del Calcolítico tenemos 17 residuos con un peso conjunto de 38 gr, el 97 % del registro. Se han contabilizado seis

---

276 Hay dos dataciones del enterramiento 2 en fosa (OxA-7667 y OxA-7668), que caen en el marco 2069±59 y 1907±52 cal ANE. Estas fechas se sitúan entre el final de la fase I y el inicio de la fase III de La Bastida (Lull et al. 2014, p.399).

277 Entre los materiales del MUAL no aparecieron los materiales de este derrumbe (UE324).

278 OxA-7668 y OxA-7667.

279 Incluyendo los 3 de la UE 324 que no se han podido revisar.

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

UE	Período	Contexto	N Residuos	Peso	Min.	ESR. ind	ESR. Red.	Nódulo	R. Fund.	Ind.
310	Argar	Relleno muro argárico	1	<0,1					1	
323	Argar	Estrato de tierra. Intrusión pastas amarillas con almagra.	1	1	1					
324	Argar	Derrumbe de adobes	(3)			(1)			(2)	
303	Calc.Final	Campaniforme	1	8	1					
304	Calc.Final	Concentración adobe quemado con piedras cubriendo hogar 332	1	1	1					
313	Calc.Final	Murete destruido	1	3	1					
321	Calc.Final	Sedimento asociado a UE313	6	20	2			1	1	2
322	Calc.Final	Debajo muro con adobes (UE323, UE310)	2	3		1			1	
329	Calc.Final	Tierra sobre pavimento. Pasta arcillas amarillas y campaniforme	2	1	1			1		
345	Calc.Final	Hogar con restos de fundición	4	2				1	3	
312	Ind.	Nivel de contacto entre fase Ibérica y Calcolítica.	2	<0,1	2					
<b>TOTALES</b>			<b>N Residuos</b>	<b>Peso</b>	<b>Min.</b>	<b>ESR. ind</b>	<b>ESR. Red.</b>	<b>Nódulo</b>	<b>R. Fund.</b>	<b>Ind.</b>
	Argar		2 (+3)	1	1	(1)			1(+2)	
	Calcolítico Final		17	38	6	1		3	4	2
	Indeterminado		2	<0,1	2					
	Total		24	39	9	1			8	2

Tabla 5.3. Registro de materiales metalúrgicos de la Plaza Juan Moreno (Lorca).

minerales, una escoria indeterminada, tres pequeños nódulos o gotas de cobre, cuatro restos de fundición y dos residuos sin determinar.

Además, en un relleno datado en el s. II ANE apareció una escoria de cobre que no muestra diferencias significativas con los ítems prehistóricos. Finalmente, tenemos dos pequeños fragmentos de mineral (TE\_MUAL\_20 y TE\_MUAL\_21) de un nivel de contacto entre la fase Ibérica del asentamiento y la calcolítica.

El registro metalúrgico de esta excavación es muy abundante pero se encuentra en un estado muy deteriorado por los efectos del río Guadalentín. A ello contribuye el pequeño tamaño que presentan los residuos. Si excluimos los dos minerales de la UE321 con 20 gramos de peso, el registro Calcolítico pesa 20 gramos para 15 elementos, lo que supone poco más de un gramo de peso por objeto. El conjunto documentados sugiere que la metalurgia que se llevó a cabo en esta zona del antiguo poblado Calcolítico de Lorca fue poco importante pero frecuente, enfocada principalmente a la fundición de pequeños objetos en que pudo intervenir la reducción puntual de minerales de cobre. En cualquier caso, parece que las actividades metalúrgicas durante el Calcolítico Final en este sector de Lorca se desarrollaron en el ámbito doméstico, ya que se encuentra el mismo tipo de registro en las dos dependencias o habitaciones polifuncionales de este período.

Visto el contexto en que aparecen los residuos y su cuantificación global, debemos considerar que las operaciones metalúrgicas se relacionan exclusivamente a momentos del Calcolítico Final. Todos los niveles argáricos con presencia metalúrgica están alterados.

En algunos casos, como los rellenos de las fosas y urnas de enterramiento, la asociación con los estratos calcolíticos que rompen es clara. En los más dudosos, el pequeño tamaño de los restos y su presencia residual también sugiere que se trata de intrusiones calcolíticas.

### **5.2.3. Poblados de transición**

**El Cerro de la Cueva de la Moneda** (Totana) es un espolón amesetado entre Los Algarrobos y Campix, en el interior de sierra Espuña. Sus flancos septentrional y oriental están bordeados por la rambla de la Sisquilla, presentando en ambos casos caídas en vertical. El único acceso practicable es a través de un paso estrecho desde el sur. La parte de la cima y la vertiente meridional presentan numerosos zócalos de muro, algunos de ellos conservan dos hiladas y una longitud de más de cinco metros (Fig. 5.20). Sin embargo, la mayor parte del asentamiento se ubica sobre roca y apenas se conserva depósito arqueológico. El control visual sobre el valle del Guadalentín y el paso hacia Mazarrón es total. En la parte sur del espolón está la Cueva del de La Moneda, que también presenta ocupación prehistórica y del hierro aunque totalmente indefinida y hoy expoliada. No hay sepulturas en el propio cerro pero se conoce un megalito tipo *rundgräber* expoliado a 500 metros al sur, que no aparece en la Carta Arqueológica.

Las primeras actuaciones arqueológicas se las debemos a L. Siret (2001, p.96), aunque la información que proporciona es muy escasa, define muy bien la tendencia general marcada por la ambigüedad. De hecho, L. Siret atribuye el poblado a su período Neolítico más antiguo. Del poblado destaca la presencia de lascas de sílex, un cincel de fibrolita de sección plano-convexa y una cerámica decorada con puntillado en el interior de posibles triángulos incisos (Siret 2001, lám. 34). Esta cerámica podría ser comparada a la de Lugarico Viejo y otras producciones de transición entre el Calcolítico y El Argar (De Cet 2009; Lull et al. 2015).

J. Cuadrado (1935) lo integra dentro de los poblados neolíticos en un primer momento, y lo relaciona con La Parrilla (Lorca)<sup>280</sup>. En una publicación posterior también le añade una cronología argárica (Cuadrado 1947). V. Lull (1983) no lo incluye en su estudio de la cultura de El Argar y posteriormente, M.M. Ayala lo inscribe como argárico en varias de sus publicaciones (1986; 1991), analizando a su vez una gran escoria<sup>281</sup> obtenida en prospecciones superficiales (Ayala Juan 1991, p.361 y 390: 17 CU MO PG). No obstante, como advierte C. Mathers (1986) los materiales del Cerro de la Cueva de la Moneda presentan formas y pastas que no se corresponden con lo habitualmente argárico.

---

280 Se trata de dos pequeños cerros en La Tercia, uno con ocupación calcolítica y el otro argárica. Uno de ellos ha sido totalmente arrasado (Lomba et al. 1996).

281 Los resultados con un fuerte contenido en hierro sugieren que se trata de una escoria de reducción, aunque hemos visto varios minerales con apariencia de escoria y altos contenidos en hierro en el asentamiento.



Figura 5.20. Estructuras murarias del Cerro de la Cueva de la Moneda.



Figura 5.21. Industria lítica tallada (arriba) y dos fragmentos de minerales del Cerro de la Cueva de la Moneda.

Solo L. Siret nos ofrecen la descripción y dibujo de la cerámica decorada. Durante nuestra prospección el material observado fue muy escaso, dominando el sílex sobre la cerámica (Fig. 5.21). De esta última es imposible de determinar su forma al estar muy rodada. Del lítico tallado, observamos dientes de hoz sobre sílex oolítico y algunas láminas y lascas bastante rudimentarias (Fig. 5.21). También se han observado varios minerales de cobre (Fig. 5.21).

La arquitectura, la presencia de un túmulo cercano y el tipo de talla de sílex deberían encuadrarlo en un momento indeterminado del Calcolítico. La presencia de sílex oolítico, ausente en los poblados del Calcolítico Pleno que acabamos de revisar podría favorecer su adscripción a un Calcolítico Final como también sucede con la cerámica decorada.

No podemos descartar que esta ambigüedad del registro arqueológico nos sitúe en momentos de transición con la tradición argárica, en un caso similar al de Las Anchuras. Los materiales de este último también impiden su adscripción y han sido asociados tanto al Calcolítico como al Argar. Hay ciertas coincidencias en la presencia de sílex oolítico y mineral de cobre, así como el tipo de asentamiento en altura con abundantes estructuras murarias. También las ausencias son coincidentes, pues ambos carecen de cerámica diagnóstica siendo muy escasa en general y ambos carecen de sepulturas en el propio cerro. Tampoco hay mención a puntas de flecha, grandes láminas o algún elemento lítico que permita una cronología calcolítica. En el caso del Cerro de la Cueva de la Moneda tenemos la existencia de una sepultura megalítica a poca distancia, que sería la más septentrional del valle del Guadalentín. Sin embargo esta sepultura no se corresponde con lo que vemos en el propio poblado y podría estar relacionada con algún otro yacimiento cercano. Otra diferencia remarcable es el aislamiento del Cerro de

la Cueva de la Moneda, algo que vemos en poblados de otras sierras<sup>282</sup>, como La Tercia con el Cerro del Buitre (Lorca) o el Cerro de la Cueva de Lucas en Lomo de Bas (Lorca). Ambos son también de cronología imprecisa.

Del Cerro de la Cueva de la Moneda únicamente se han recogido para su análisis:

- » 4 fragmentos de mineral de cobre (CC01 a CC04): 14 gr

**Las Anchuras** (Totana) es otro yacimiento de cronología e interpretación complicadas (Lull 1983, p.311). Se trata de un asentamiento encastillado, concentrando el hábitat hacia la ladera meridional y cerrándolo con un muro de 1,25 metros de anchura y 80 metros de longitud en la cima. El acceso a la vertiente meridional solo es posible desde el norte, por lo que este muro, que por su anchura cuesta definirlo como muralla, sería un obstáculo al paso (Lomba et al. 1996). Tanto su posición como características recuerdan a los muros perimetrales dibujados por E. y L. Siret de Fuente Vermeja y Lugarico Viejo (Siret y Siret 1890b, p.90 y 97-98), y como hemos visto ya están presentes en el sustrato Calcolítico local.

Toda la superficie de la vertiente meridional aparece cubierta de restos de muros, a veces formando ángulos rectos y sin mostrar un plan de conjunto bien marcado (Siret y Siret 1890b, p.123-126 y lám. XIII). En esta zona es donde asoma más material (Lomba et al. 1996). Ello no excluye la aparición de algunas estructuras y materiales en la ladera septentrional. Por su parte los Siret enfatizan la ausencia de sepulturas, de las que actualmente tampoco tenemos noticias. Si tomamos como referencia el vecino poblado de La Bastida, nos sugiere que probablemente no hubo una ocupación durante las fases finales de El Argar (2000-1550 cal ANE).

La única representación del registro mueble procede de E. y L. Siret (1890b, lám. XIII). Los materiales son poco diagnósticos para El Argar y V. Lull (1983) sugirió, con cautela, una ocupación desde el Calcolítico hasta el Bronce Final. De la última fase identifica dos pequeños fragmentos con ornamentación. Los adornos están formados por líneas y puntos en hueco y también podrían corresponderse con motivos de transición al Argar<sup>283</sup>.

---

282 Lo encontramos en la sierra de la Tercia con el Cerro del Buitre (Lorca) y en la confluencia entre la sierra de Almenara y Lomo de Bas con el Cerro de la Cueva de Lucas (Ramonete, Lorca). Ambos yacimientos en la zona más interior de las sierras en que se encuentran, con una importante presencia de muros de piedra, y materiales poco diagnósticos y muy escasos. Por otro lado, la descripción que se ofrece del Estrecho (Caravaca), del Calcolítico Pleno también coincide con lo que acabamos de definir, presencia de muros y un muro de cerramiento, asentamiento en cerro escarpado y muy poca potencia estratigráfica al estar gran parte del poblado sobre roca.

283 Como ejemplos más conocidos que reproducen este patrón tenemos las cerámicas de Lugarico Viejo (Cauwe 2003 fotografía 14). Motivos que también encontramos en las fases campaniformes de Ciavieja o del Calcolítico Final de Gatas (De Cet 2009)

El material más abundante eran los restos de fauna, dientes de hoz oolíticos, conchas marinas, molinos y morteros. La importante presencia de dientes de hoz en sílex oolítico se asocia mejor a contextos argáricos. Aunque las láminas tendrían preferentemente una cronología más antigua su uso también se documenta en yacimientos argáricos. Por el contrario el registro de conchas marinas es mucho más habitual en poblados calcolíticos.

Como piezas más significativas destacan un molde que podría corresponderse con un puñal en espiga<sup>284</sup>, una placa de afilar perforada y un cuchillo de sílex. Entre el material lítico, junto al molde de puñal, también dibuja un posible estirador de flechas o afilador de punzones de hueso y un molde de punzones o barras de 4 cm de largo con una ranura de 6 mm de anchura, ambos en arenisca (Lull et al. 2015). Junto a ellos una piedra con cazoleta. Los moldes en arenisca aparecen por primera vez en el Sudeste a partir del 2300/2200 cal ANE coincidiendo con su expansión en toda Europa Central (Risch 1995, pp.207-8). Casi todos ellos se asocian a ocupaciones argáricas, pero tanto en este caso, como en el que acabamos de ver de Bagil, no podemos descartar una introducción inmediatamente anterior.

El utillaje metálico está formado por dos ítems difíciles de clasificar. Uno de ellos, descrito como punta de sección rectangular podría pertenecer al extremo distal de un punzón (2,6 cm x 0,5 cm de ancho). El otro L. Siret lo describe como anillo, pero su morfometría (4,5 cm de largo por 0,7 cm de ancho) como el cuerpo ligeramente doblado bien una barra o punzón ligeramente doblado. Ambos, en su conocimiento actual son bastante inclasificables.

Durante las prospecciones arqueológicas Rambla de Lébor 90 también se documentaron materiales que sugieren una cronología antigua dentro de El Argar (Lomba et al. 1996, pp.754-5)

Con todos los elementos en la mano, solo podemos proponer una ocupación corta, quizás sincrónica a la fundación de La Bastida y que podría continuar durante su primera ocupación (Lull et al. 2015). Aun así tampoco se puede descartar que la primera ocupa-

---

284 Puñales con espiga y remaches no son inéditos, aunque proporcionalmente muy residuales durante El Argar. En algunos casos documentados en contextos argáricos se trataría de un reaprovechamiento de la hoja ante la fractura de la placa de empuñadura. Los ejemplares donde más claramente se trata de una espiga, con bordes rectos o ligeramente convexos y con remache central pertenecen todos a yacimientos externos al área nuclear argárica y donde el Calcolítico perdura más allá del 2200 cal ANE. Como artefactos similares al tipo que reproduce el molde de Las Anchuras podemos citar el puñal de la tumba 14 de La Camarilla, la tumba 3 de la Loma de la Rambla de Huéchar (Los Millares) (Brandherm 2003: Taf. 24-26). Parece ser que existe cierta concentración de este tipo de ítems en los enterramientos en túmulo granadinos (Brandherm 2003: Taf. 24-26). En el Cerro de la Viñas (Coy) también apareció un puñal con espiga y un orificio de remache central en un enterramiento en fosa. Completaban el ajuar una placa de afilar con seis perforaciones, siete botones de perforación en "V" y una punta Palmela. El enterramiento, anterior a la construcción de la fortificación, se adscribe al Calcolítico Final (Ayala Juan 1991, pp.198-201).

ción tuviese lugar a finales del Calcolítico, poco antes del 2200 cal ANE.

De Las Anchuras, a parte del molde de puñal, Siret también informa de la presencia de mineral de cobre sin que se asocie a escorias o vasijas de reducción. Ningún otro registro de interés metalúrgico ha podido ser confirmado en las múltiples prospecciones posteriores (Mathers 1986; Lomba et al. 1996) incluidas las que se han realizado para este trabajo.

El asentamiento en **El Cerro de las Víboras de Bagil** (Moratalla), se inicia en un momento temprano del Calcolítico Pleno y sigue ocupado hasta el final del período argárico (Lomba y Eiroa 1997; Eiroa García 1998). La ocupación más importante es la calcolítica y del Bronce Inicial asociado a materiales Campaniformes. Presenta materiales campaniformes tanto en el poblado, como en los sepulcros megalíticos asociados. Durante la fase calcolítica se construirían los elementos defensivos del asentamiento. La ocupación durante el Bronce Medio muestra características poco ajustadas a la norma argárica que lo definen como un poblado de frontera; con fuertes influencias tanto de lo argárico como del Bronce Manchego (Eiroa García 1998, p.92).

En la Terraza 2, se encontró junto a materiales campaniformes (que son adscritos al nivel A2 del Bronce Inicial)<sup>285</sup>, varias escorias indeterminadas, fragmentos de un molde de escoplo en arenisca y fragmentos de “moldes”<sup>286</sup> de arcilla (Eiroa García 1998, p.85). En un punto indeterminado de las excavaciones se encontraron los restos de un posible horno (Eiroa 2010) sin que se tengamos información de su adscripción cronológica<sup>287</sup>.

#### **5.2.4. Poblados argáricos**

**Rincón de Almendricos** (Lorca) es un pequeño poblado argárico en llanura, situado en las estribaciones meridionales de la sierra de Enmedio. Ha sido objeto de varias publicaciones cuya síntesis encontramos en M. M. Ayala (1991). En ella se describen minuciosamente todos los hallazgos del interior de la Casa Z (Ayala Juan 1991, pp.67-73-81) sin mencionar una posible escoria que posteriormente atribuye a este espacio y de la que

---

285 Hay una datación radiocarbónica de esta fase (I-18050) cuyos extremos a 1 sigma caen entre 2469 y 2146 cal ANE.

286 Los moldes de arcilla no se documentan en el Sudeste hasta el Bronce Final. Es probable que se trate de una confusión con un crisol de fondo plano, habitual en contextos metalúrgicos calcolíticos y del Bronce Inicial. Hay ejemplos publicados en Cabezo Juré (Nocete Calvo 2004, pp.284-90), Zambujal (Müller et al. 2007) o Cabrières (Cert 2003). Algunos fragmentos que pueden relacionarse con esta tipología se han observado entre los materiales de Agua Amarga depositados en el Museo Arqueológico de Lorca. No obstante, también se ha sugerido la función de proto-moldes para este tipo de útiles. Con ellos se obtendría una masa metálica sobre la que se manufacturaría el objeto por batido (Cert 2003; Müller et al. 2007).

287 Dada la relación entre las principales evidencias metalúrgicas y la fase del Calcolítico Final se incluye este asentamiento como de esta fase.

se hacía referencia al principio de la publicación (1991, p.13 y 385)<sup>288</sup>. La asociación de esta escoria junto a la aparición de un molde de lezna sirve a la autora para proponer un taller metalúrgico en el poblado.

En la citada publicación aparecen los análisis arqueometalúrgicos de todos los materiales del poblado y los realizados sobre diferentes residuos metalúrgicos y metálicos de todo Murcia. Pero para consultar los resultados de la escoria de la Casa Z se remiten a una publicación previa (Ayala Juan y Polo Camacho 1986). Y es aquí donde empieza el enigma. En esta otra publicación la autora vuelve a referirse a la localización de la escoria y a su análisis:

*“Es en esta dependencia donde se halló un fragmento de posible escoria analizada por el Dr. Polo Camacho, coautor de este trabajo y cuyos resultados se incluyen a continuación” (Ayala Juan y Polo Camacho 1986, p.520)*

Y sin embargo, el único resto de fundición analizado corresponde al Cerro de la Viñas de Coy (Ayala Juan y Polo Camacho 1986, pp.525-7). Al final de este artículo se menciona:

*“en la casa Z de éste yacimiento se halló un molde de lezna, pero hasta ahora, no se ha documentado otros vestigios procedentes de fundición que nos afirmen de que el taller estaba ubicado en el mismo yacimiento” (Ayala Juan y Polo Camacho 1986, p.527).*

Lo verdaderamente enigmático del caso, es que si nunca se analizó esta escoria y se menciona que no existe en las conclusiones, ¿por qué se siguió citando en todos los estudios posteriores y nunca se publicó su composición?

Si enfatizo este episodio, que no debería pasar de lo anecdótico, es porque esta escoria se ha utilizado para justificar la metalurgia extractiva en los poblados argáricos (Murillo et al. 2015). Su validez era mayor que en otros ejemplos al estar en contexto de habitación, proceder de una excavación sistemática, publicada, y de un poblado exclusivamente argárico. Después de esta sucesión de equívocos, extrañamente inadvertidos durante 30 años, no sabemos si la escoria es de fundición, de reducción o si alguna vez ha existido.

Lo más probable es que al igual que en otros casos se trate de una escoria que nada tiene que ver con el proceso metalúrgico. Pese a las constantes referencias a ella, no solo no tenemos su análisis, tampoco aparece dibujada entre los materiales ni hay ninguna descripción de la misma.

**Cañada de Alba** (Lorca) es un asentamiento en altura situado en un paso estratégico al norte de la sierra de Enmedio, que controla, ocultándose, el Campo de Lorca y los pasos

---

288 La escoria de Almendricos fue mencionada en casi todos los artículos de aquella época por M.M. Ayala, evitaremos su cita por no aportar nada adicional.



de la sierra de Almenara a la Torrecilla.

Una descripción minuciosa de los problemas etimológicos y de la situación real de este asentamiento argárico y su “necrópolis” puede encontrarse en J. A. y J. Gómez (2006, pp.505-6)<sup>289</sup>. Estos autores plantean que la situación del poblado muestra una clara intención de ocultarse sin perder el control del territorio. Una estrategia que recuerda a la situación de La Bastida. El tipo de cerro y las defensas naturales también se parecen a las de La Bastida. Desde ese punto se controla tanto el paso sur como el norte del valle del Guadalentín entre la sierra de Almagro y Lorca.

La parte alta del yacimiento, cerrada con una posible fortificación, tendría según cálculos aproximativos una superficie de 1,5 ha. A ella se le debe sumar un cerro al piedemonte del primero, con una superficie algo menor. Sin duda, es uno de los asentamientos más interesantes para mejorar el conocimiento del poblamiento argárico en el valle del Guadalentín.

Estos mismos autores han localizado un fragmento de mineral rico en malaquita, “en el área del antiguo poblado, a sobre cincuenta metros al noroeste de la cota 497” (Gómez Martínez y Gómez Martínez 2006, p.511). No hay mención a residuos metalúrgicos como escorias, crisoles o moldes.

**Finca de Felí** (Lorca) es un poblado argárico en altura en la sierra de Almenara, justo enfrente de otro cerro que acoge el Castillo de Felí. La zona arqueológica fue dada a conocer por A. Beltrán, quien prospectó toda la zona junto a su propietario de la época. De su visita cita material Neolítico/Calcolítico Inicial, cerámica e inscripciones romanas, la presencia de varios emplazamientos emirales documentados históricamente, y un horno de cal más moderno. Sin embargo, A. Beltrán no cita la presencia de elementos identificables con una ocupación argárica. De sus prospecciones, M.M. Ayala (1991, p.261) cita materiales de la típica cerámica argárica, molinos, percutores y cuchillos de sílex. También señala la presencia de varias bocas de galerías en la vertiente oeste del propio cerro, aunque no se especifica qué sustancia explotan. En el perímetro exterior a la muralla de la ladera sur recogió varios fragmentos de cuprita<sup>290</sup>. Uno de estos fragmentos fue analizado químicamente con los consiguientes problemas de fiabilidad (Ayala Juan 1991, p.367), lo que impide cualquier lectura. Finalmente las últimas noticias de

---

289 En síntesis, Las Pocicas excavado por Siret, La Cañada de Alba del Conde la Sella y P. de Motos, el Cerro de las Yeseras de E. Jiménez Navarro y la Cañada Honda de M.M. Ayala constituyen el mismo poblado, con una necrópolis y una serie de túmulos excavados de antiguo en su base.

290 La referencia constante a cuprita que hace M.M. Ayala tanto para este como otros hallazgos superficiales debe tomarse con muchísima precaución. La cuprita es un mineral bastante raro y muy infrecuente en Murcia. En superficie su exterior se carbonata rápidamente a malaquita. Por ello creo que los minerales de cuprita de M.M. Ayala deben tomarse como mineral de cobre de forma genérica.

la ocupación argárica de Finca de Felí proceden los materiales depositados en el Museo de Lorca (Martínez Rodríguez y Ponce García 1999, p.11). A parte de cerámica, también indican la presencia de un cuchillo de dos remaches que se sumaría al fragmento de cincel registrado por M.M. Ayala.

**Las Alquilerías** (Lorca) es otro asentamiento igual al anterior. En él, M.M. Ayala (Ayala et al. 1990; 1991, p.250) encontró mineral de cobre junto a varias galerías de mina<sup>291</sup>. Pese a la presencia de estas galerías no cita restos de escorias u otros residuos metalúrgicos en el poblado.

La misma autora, también otorga al **Collado Aullón** (Lorca) la explotación de cuprita ya que a 500 metros hay un indicio de cobre. Sin embargo en este yacimiento, que también vincula con la extracción de lajas de pizarra para los asentamientos circundantes, no encontró ninguna evidencia de mineral de cobre o metalúrgica.

El caso de **La Bastida** (Totana) es bastante más fructífero. Sin entrar en detalles de las últimas excavaciones que pueden consultarse en varias publicaciones recientes (Lull et al. 2009; Lull et al. 2010d; Lull et al. 2012; Lull et al. 2013; Lull et al. 2014), nos centraremos exclusivamente en los elementos metalúrgicos y su cronología.

Conviene retener la fase del asentamiento (Lull et al. 2014, p.399), dividida en tres grandes fases y que modifica lecturas anteriores de la temporalidad argárica (Castro Martínez et al. 1996).

La fase I (ca. 2200-2025 cal ANE) estaría caracterizada por pequeñas cabañas de forma ovalada, semiexcavadas en el suelo. Algunos grandes edificios, incluido todo el sistema de fortificación, serían construidos en piedra durante este período. El final de la fase viene determinada por un incendio que destruye grandes zonas del asentamiento. Los materiales de esta primera ocupación se caracterizan por mantener una fuerte tradición calcolítica, con pastas amarillas y marrones con cuencos mayor tamaño que en fases posteriores. Sin embargo ya aparecen formas carenadas. No se han documentado enterramientos de esta fase en el asentamiento.

La fase 2 (ca. 2025-1900 cal ANE) supone una reorganización completa del poblado. Se construyen nuevos edificios con zócalos de piedras y estructuras monumentales en la cima. Es el momento en que se construye la gran balsa en la parte baja de la ladera

---

291 Aunque se ha intentado prospectar este yacimiento, no catalogado en la Carta Arqueológica de Murcia, su localización no ha sido posible. Tampoco se ha encontrado ningún indicio metalogenético de cobre en la zona donde M.M. Ayala lo sitúa.

sudeste. Se empiezan a documentar las primeras sepulturas.

La fase 3 (ca. 1900-1600/1550 cal ANE), es la fase que presenta un mayor número de materialidad arqueológica y representa lo que se conoce como “norma” argárica, con sus elementos característicos y diferenciales. El poblado se convierte en una ciudad.

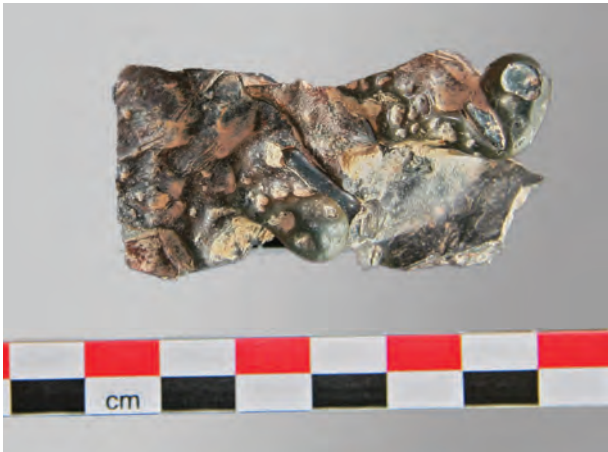


Figura 5.22. Una de las famosas escorias de galena de La Bastida, con estructura de colada.

Las primeras noticias de metalurgia vienen dadas por su primer excavador R. de Incharraundieta (1869). En ellas se mencionaba la presencia de varios pozos circulares rodeados de piedras en un recinto oval (la balsa)<sup>292</sup> con escorias (Fig. 5.22). Una vez analizadas dieron de 6 a 8 % de plomo e indicios de plata.

V. Lull (1983, p.318) recoge la información del excavador para afirmar la reducción de galena en el poblado. El mismo autor lamenta que R. de Incharraundieta no informe de la presencia de otros elementos asociados que pudiesen dar más información. I. Montero (1991, tab. 8) recoge la información precedente y también integra las escorias de la Bastida a su fase argárica.

Estas mismas escorias fueron analizadas posteriormente por H. Bachman (2000, p.178), que distingue tres tipos, vítrea, cristalina y con sulfuros. La concentración de plomo en sus análisis oscila entre el 6 y el 10 %, remarcando un mayor contenido en este metal respecto a escorias modernas de Garrucha que tienen un 0,6 % de plomo. \*\*[ojo, en la monografía de La Bastida está el informe de Rovira que también analizó las escorias. Mira anexos, creo]

Posteriormente en el marco del Proyecto La Bastida que está actualmente en curso, se encargaron análisis de varias de estas escorias a dos laboratorios diferentes<sup>293</sup>. En ambos casos las conclusiones son claras, se trata de escorias de colada producto de la reducción de galena. Las concentraciones de plomo de estos análisis vuelven a ser elevadas, entre el 5 y el 22 %.

La concentración en plomo de todos los análisis realizados (Tab. 5.4) se ajusta a la

292 A lo largo de las excavaciones del “Proyecto la Bastida” han seguido apareciendo estas escorias sin ningún tipo de contexto definible. Estas se concentran, como detectó R. de Incharraundieta en la zona de la balsa, pero también han aparecido en puntos a más de 500 metros y fuera de la zona de la ciudad argárica, siempre en la zona del piedemonte de las laderas Este y sur.

293 Análisis realizados por Ernst Pernicka (Curt-Engelhorn –Zentrum Archäometrie gGmbH) y David Bourgarit (Centre de Recherche et Restauration des Musées de France).

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

Óxido	C2RMF (PIXE)		Manheim (ED-FRX)	Bachman (¿?)		
	67775-1	67775-2	1	Vítrea	Cristalina	Sulfuros
CuO	<0,02	<0,03	0.03	-	-	-
SiO <sub>2</sub>	32.8	32.2	25.7	36.6	36.4	32.4
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	44.4	43.9	29.7	27.8	38.1	41.7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.1	3.6	3.2	5.3	3.5	3.8
CaO	6.9	5.2	5.2	16.1	6.7	7.4
PbO	5.4	12.9	22.7	6.2	9.9	8.2
MgO	0.9	0.6	0.37	2.3	1.1	1.2
SO <sub>3</sub>	2.8	1.1	2	0.2	0.6	2
Na <sub>2</sub> O	0.3	0.4	1.5	-	-	-
K <sub>2</sub> O	1.1	1.1	0.96	1.8	1.2	1.1
TiO <sub>2</sub>	0.6	0.6		0.3	0.2	0.2
MnO	0.6	0.1	0.92	0.3	0.6	0.7
ZnO	0.5	0.5	0.27	0.2	0.3	0.3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<0,05	<0,05		1.8	0.2	0.1

Tabla 5.4. Análisis químicos de escorias de plomo de La Bastida.

media (10-11 %) <sup>294</sup> de las escorias romanas de plomo de Cartagena, refundidas a mediados del s. XIX (Domergue 1987, p.565) <sup>295</sup>. También su forma y aspecto concuerda con las *gachas* romanas. La hipótesis más probable es que sean *gachas* traídas para refundir con las galenas que se estaban extrayendo durante el siglo XIX en la mina San Gabriel, que se encuentra a escasos dos kilómetros al oeste de La Bastida, en el interior de la sierra de La Tercia <sup>296</sup>. Antiguamente el acceso a la sierra pasaba junto al piedemonte de La Bastida antes de cruzar la rambla de Lébor. La balsa, al formar un espacio diáfano y aplanado, sería un buen lugar de almacenamiento.

Tampoco se puede descartar que las escorias estén en relación con una frecuentación romana de La Bastida. En la propia balsa han aparecido materiales romanos, pero a un metro y medio de profundidad y sin que exista conexión con las escorias de niveles superficiales. Por el contrario es del todo imposible relacionar las escorias de galenas con la ocupación argárica del cerro. En primer lugar los argáricos no tenían hornos capaces de producir escorias de colada (Rovira y Montero Ruiz 2013) <sup>297</sup>. Tampoco tenían la capacidad tecnológica de extraer la plata de los sulfuros de plomo como las galenas. El trabajo de la plata durante el período argárico se centró exclusivamente en la plata nativa y, quizás, en cloruros como la plata córnea o clorargirita (Montero-Ruiz et al. 1995; Murillo-Barroso 2013; Delgado-Raack et al. 2015).

<sup>294</sup> Datos originales publicados por Ezquerro del Bayo en 1850.

<sup>295</sup> En la misma fuente se explica que la cantidad de plomo en las escorias varía mucho de una zona a la otra dependiendo de dos factores. La disponibilidad de hierro como fundente y la cantidad de plata atrapada en el plomo. Así, las escorias con mayor pérdida de plomo tienden a contener menos plata por tonelada de plomo que las que contienen menos plomo. Lo que se intentaba minimizar durante la metalurgia antigua era la pérdida de plata.

<sup>296</sup> Esta interpretación también explicaría porque todas ellas están en niveles superficiales.

<sup>297</sup> De hecho estos hornos no empiezan a aparecer en el Sudeste hasta el final de la Edad del Bronce (Gómez Ramos 1999)

Durante las excavaciones del Seminario de Historia Primitiva "(...) *junto al corte norte de la vivienda (Departamento XI), aparecieron debajo de una capa de greda tres pequeños pozos circulares, uno de los cuales contenía fragmentos de cerámica cuyo interior mostraba restos de cobre fundido*" (Martínez Santa-Olalla et al. 1947, p.53).

El hecho de que en el mismo departamento apareciera un fragmento de molde de hacha y unos hoyos con cenizas, llevaron a interpretar el espacio como un taller metalúrgico<sup>298</sup>. Ni el Seminario de Historia Primitiva, ni ninguna de las excavaciones que se han llevado a cabo con posteridad<sup>299</sup> han podido documentar la presencia de cualquier otro residuo de metalurgia extractiva como escorias o minerales que permitan inferir la reducción. Por ello se tiene que considerar que lo más probable es que se trate de un crisol<sup>300</sup>.

Durante las campañas de prospección y excavación llevadas a cabo por el Proyecto Bastida se han recuperado 5 minerales de cobre (BA01 a BA05). Salvo BA05, el resto se ha recuperado en las inmediaciones de la fortificación (Zona 9 de las excavaciones). Los minerales siempre han aparecido o directamente en la superficie o bien en los niveles superficiales del relleno. El contexto superficial no permite establecer el porqué de su presencia allí. No se pueden descartar operaciones de metalurgia extractiva, no documentadas hasta el momento pese a la excavación de una gran área del asentamiento (más de 6.000 m<sup>2</sup>). Ningún otro residuo metalúrgico que pueda relacionarse con estos materiales ha sido registrado

En el barranco que separa la zona 9 del piedemonte hay un diminuto afloramiento de malaquita con pintas de calcopirita. Se encuentra en un bloque de esquisto cementado en la brecha que conforma el suelo geológico (Fig. 5.23). Esta brecha son los relictos del antiguo Paleomacizo Bético que separaba las cuencas de Lorca y el Hinojar. Se ha recogido una muestra de este afloramiento para comparar con el resto de minerales del poblado (BA06). Ante esta última evidencia, tampoco podemos descartar que parte de los minerales sean naturales del cerro y que su presencia se deba a la erosión superficial del mismo. Ante las dudas la clasificación de los minerales superficiales como arteuso o circundato se pospondrá hasta su estudio químico.

Una explicación a la ausencia de metalurgia extractiva es posible encontrarla en los niveles iniciales de la entrada a la fortificación de la Bastida, que se datan entre ca. 2200 y 2120 cal ANE (Lull et al. 2014, tab. 1). Es una concentración de 70 nódulos de cobre, completamente mineralizados y muy homogéneos. La gran mayoría de ellos tiene forma circular y miden entre 2,5 y 4 mm de diámetro (Fig. 5.24). La más grande tiene 7,9 mm de longitud y 5,4 de ancho y forma ovalada.

---

298 Por información oral sabemos que en el mismo espacio apareció (muy cerca del hoyo con cenizas que describe Santa-Olalla) otro molde de hacha con su tapadera plana durante un expolio.

299 Este departamento fue consolidado en una actuación del año 2001.

300 Pese al completo registro de los materiales de excavaciones antiguas que se realizan desde El Proyecto Bastida no se ha podido encontrar.

El peso actual del conjunto (2 gr) no es representativo al encontrarse totalmente mineralizado. Más interesante es el cálculo de su peso original a partir del volumen medio de las 70 bolitas (3,5 mm) y la densidad del cobre. El conjunto de las 70 bolitas pesaría 14 gr, suficiente para fabricar una punta de flecha lanceolada, un puñal pequeño o varios punzones. Todos ellos objetos funcionales, de vida corta y rápida amortización acorde con el registro metálico de la Fase I de la Bastida.



Figura 5.23. Mineralización de cobre en un clasto esquistoso cementado en la brecha de La Bastida. Detalle de la veta en la esquina superior derecha.

Su descubrimiento formando un pequeño depósito de más de 70 de ellas insinúa que en origen éstos nódulos estaban en un pequeño contenedor orgánico, probablemente un pequeño saco de cuero o similar. Su aparición en una zona de paso como la entrada a la Bastida sustenta la hipótesis de que eran transportadas al poblado desde el exterior.



Figura 5.24. Concentración de bolitas de cobre, encontrados agrupados en el nivel basal del acceso a la fortificación.

Nódulos como los hallados en La Bastida los acabamos de ver en las excavaciones del casco urbano de Lorca (Plaza Juan Moreno) y son bastante habituales en los registros arqueometalúrgicos del Calcolítico (Müller 2008), aunque difíciles de distinguir de los goterones de fundición si están aislados. Sin embargo solo conozco dos casos más en que estas bolas de cobre aparecen formando concentraciones.

Uno lo hemos visto al hacer la síntesis arqueológica de la sierra de Almagro. En Zájara se recuperaron 60 gotas de fundición en una pequeña cubeta, sin otros elementos metalúrgicos asociados (Camalich Massieu y Martín Socas 1999, p.267). Aunque no contamos con una datación exacta del contexto de las bolitas, el poblado de Zájara tiene una ocupación que cubre la segunda mitad del III milenio cal ANE, dentro del Calcolítico Final.

El otro caso es Terlinques (Villena, Alicante) donde una concentración de bolas de cobre apareció amalgamada en el nivel de abandono de la fase 1. Este nivel ha sido datado entre el 2000 y el 1950 cal ANE (Jover y López Padilla 2016, p.434). El hecho que este

nivel fuera destruido por un potente incendio pudo favorecer que la concentración de bolas se fundiera parcialmente entre sí.

Se han analizado dos de estas bolitas<sup>301</sup> (Tab. 5.5). Los resultados deben ser considerados con reservas debido a su estado totalmente mineralizado<sup>302</sup>. Éstos indican, además del cobre, la presencia de arsénico y hierro. En una de ellas además se han detectado trazas de plomo. El arsénico se presenta en concentraciones bajas, aunque puede considerarse como cobre arsenical en el primero de los análisis. Más interesante es la cantidad de hierro. Éste es muy superior al contenido medio de hierro de los objetos de la Bastida, especialmente en el nódulo BA-H77-155. Concentraciones similares de hierro las hemos detectado al analizar inclusiones y nódulos de cobre en escorias de reducción de otros poblados de la zona y que veremos en el capítulo 6. Ello nos permite sugerir que se trata de nódulos de cobre obtenidos tras machacar la escoria. Estos serían posteriormente trasladados a La Bastida para su fundición. La recuperación de los nódulos de las escorias, pese a ser teorizada desde hace varios años (Montero Ruiz 1991; Rovira 2005; Rovira y Montero Ruiz 2013) no habían podido documentarse arqueológicamente en el Sudeste.

Del estudio químico de los minerales del poblado de La Bastida, en ninguno de ellos se presenta el plomo como impureza. El único mineral con trazas de plomo es el recuperado directamente del afloramiento natural, pero en este caso no tiene suficiente arsénico para conseguir cobre arsenical. Por otro lado, la presencia de impurezas de plomo es un elemento característico del metal procedente de la zona de sierra Morena debido a la explotación de depósitos plumbocupríferos<sup>303</sup>. A falta de análisis isotópicos, y teniendo en consideración el registro arqueológico, lo más probable es que las bolitas no procedan de operaciones metalúrgicas realizadas en La Bastida.

<b>Cód. Lab.</b>	<b>Sigla</b>	<b>Cu</b>	<b>As</b>	<b>Fe</b>	<b>Ag</b>	<b>Bi</b>	<b>Sb</b>
PIXE2014-05mar0021	BA-H77_155	98.1	1.02	0.76	<0,02	<0,05	<0,025
PIXE2014-05mar0022	BA-H77_155bis	99.5	0.16	0.099	<0,02	<0,05	<0,025
<b>Cód. Lab.</b>	<b>Sigla</b>	<b>Sn</b>	<b>Pb</b>	<b>Ni</b>	<b>Co</b>	<b>Au</b>	<b>Hg</b>
PIXE2014-05mar0021	BA-H77_155	<0,05	0.068	<0,02	<0,008	<0,05	<0,03
PIXE2014-05mar0022	BA-H77_155bis	<0,05	<0,03	<0,02	<0,008	<0,05	<0,03

Tabla 5.5. Análisis con PIXE (C2RMF) de dos de las bolitas de cobre de La Bastida.

301 Análisis realizado con PIXE en el C2RMF a partir de dos de las muestras previamente trituradas y compactadas en un *pellet*.

302 El primer análisis muestra una mejor calidad, seguramente debido a que conserva mejor la composición original del metal.

303 Se han descrito estas explotaciones mineras en el capítulo 4.

**El Portillo** (Cehegín) es un asentamiento argárico en altura de 0,6 ha, orientado hacia los recursos ganaderos de la zona en que se asienta. En superficie se recogieron varios fragmentos de cerámicas con grosores anormales en sus paredes y alteradas térmicamente que los autores identifican como vasijas de reducción (Lomba 1998, p.75). No se especifica si estas cerámicas tienen adherencias escoriáceas y/o glóbulos de cobre por lo que podría tratarse de crisoles o simplemente cerámicas termoalteradas sin relación con la metalurgia.

Finalmente, cabe mencionar el **Cerro de la Mina** (Santomera). Ya ha sido abordado en detalle en el capítulo 3. Solo recordaré que no hay constancia de hallazgos arqueológicos que puedan ponerse en relación con una producción metalúrgica argárica o prehistórica. Algo que por la situación del propio cerro es muy informativo de las dinámicas de gestión de los recursos minerales durante El Argar.

#### **5.2.5. Contexto impreciso**

##### **Casco urbano de Lorca**

En la Antigua Iglesia del **Convento de las Madres Mercedarias** (Martínez Rodríguez y Ponce 2002a) aparecieron dos escorias de cobre. La excavación se centró principalmente en el importante número de sepulturas argáricas que se pusieron al descubierto por las obras de cimentación de una construcción. Varias de ellas habían sido ya parcialmente destruidas durante las obras sin control arqueológico. La fosa de algunas de estas sepulturas estaban excavadas en niveles calcolíticos que no se pudieron documentar correctamente al estar por debajo de la cota afectada por las obras.

De los dos residuos metalúrgicos, el primero se encontró entre la tierra que había colmatado el enterramiento 16. Un enterramiento en urna (Forma 5) dispuesta verticalmente cortando niveles calcolíticos. La segunda escoria también apareció en el interior de un enterramiento en urna (Forma 5), parcialmente destruida por un pilotaje de cimentación que también perforaba niveles calcolíticos. Volvemos a encontrar aquí que los residuos metalúrgicos están en el relleno de sepulturas argáricas. Nunca estos residuos han sido interpretados como ajuar de las mismas por lo que probablemente procedan de los estratos calcolíticos que excavan al realizar las fosas para la tumba.

**Calle Zapatería, nº 5** es el último yacimiento con residuos metalúrgicos del casco urbano de Lorca. En este caso se efectuó una supervisión arqueológica de los pozos y correas de cimentación de una nueva construcción realizada en octubre de 1988 (Martínez Rodríguez 1988). En el nivel A de uno de los pozos, con revuelto de materiales del Calcolítico Final y argáricos, se encontraron 2 paredes de cerámica con adherencias



escoriáceas. Son los fragmentos mejor conservados de todo el conjunto lorquino.

- » LR\_MUAL\_1 es un fragmento no diagnóstico de pared con una capa de escoria homogénea, de entre 1 y 4 mm, adherida en su interior. Pese a la gruesa capa de escoria en los cortes de fractura no parece que el interior esté fundido. La pasta cerámica es de color grisácea debido a una termoalteración completa de todo el núcleo, con desgrasante de fracción gruesa, principalmente cuarzo. La cara externa presenta un acabado tosco en el que sobresalen numerosos fragmentos de desgrasante y se observa una línea de fractura rellena por inclusiones terrosas.
- » LR\_MUAL\_2 también es un fragmento de cerámica no diagnóstico. En este caso la capa de adherencia es más irregular y en algunas zonas ha saltado dejando visible el interior. En este caso sí que el proceso pirotecnológico fundió la zona en contacto con el caldo y penetrando varios milímetros hasta la zona central del cuerpo. En algunos puntos se conserva nódulos de escoria adheridos con cloruros de cobre recreciendo en las porosidades. El desgrasante es de fracción más fina que en LR\_MUAL\_1. Junto al cuarzo se observa esquisto. Varias grietas denotan un fuerte estrés térmico de la cerámica. La superficie de la cara externa tiene un acabado mucho más fino, sin que sobresalgan granos de desgrasante. La coloración y el acabado son los comunes en las pastas amarillas y contrasta con el negro de las zonas térmicamente más afectadas.

**El Cerro de las Viñas de Coy** (Lorca) es un asentamiento de muy larga ocupación, desde el Calcolítico Inicial hasta la época islámica, incluyendo el Calcolítico Final y el Argar (Ayala Juan 1991; Ayala Juan et al. 1993; Milá Otero et al. 1999). Esta secuencia recuerda a lo documentado en el Cerro de las Víboras de Bagil (Eiroa García 1998).

Se ha publicado un registro de 12 ítems relacionados con la reducción y fundición de cobre (Ayala Juan 1991, p.351 y ss.). Sabemos que ocho proceden de diferentes puntos la superficie del cerro. Los otros cuatro proceden de los cortes A, B y H pero nunca se ha publicado su posición estratigráfica, ni se conoce con que fase (estrato) de las tres en que se divide la estratigrafía se corresponden<sup>304</sup>. Los últimos cuatro, solo uno podría identificarse como una escoria de reducción y no un elemento de fundición a partir del contenido en hierro de las muestras<sup>305</sup>.

Así las cosas, el registro del Cerro de las Viñas, pese a su riqueza arqueometalúrgica, no nos sirve ni en el plano arqueometalúrgico por la nulidad de los análisis efectuados, ni en el marco del contexto arqueológico ya que no podemos asegurar su cronología en

---

304 Aunque la excavadora siempre ha vinculado todo el conjunto a momentos argáricos (Ayala Juan y Polo Camacho 1986; Ayala et al. 1990; Ayala Juan 2003)

305 El único uso posible de todo el conjunto analizado podría ser este y con mucha cautela. En todo caso son análisis que solo se pueden comparar con ellos mismos.

un poblado ocupado durante más de 2000 años. En este caso tenemos el agravante de que su secuencia contempla toda la secuencia calcolítica y toda la secuencia argárica además de una ocupación posterior islámica.

### **5.3. Temporalidad y dinámicas de la metalurgia durante el III milenio cal ANE**

No se puede negar que el panorama expuesto constituye una materialidad incierta, y no obstante, es la única materialidad de la que disponemos. De ella únicamente podemos intentar definir el esbozo sobre el que enfocar la investigación arqueológica a realizar.

La metalurgia extractiva y el procesado de minerales hacen su primera aparición en un momento temprano del Calcolítico Pleno. Tanto en el Cerro de la Virgen de la Salud (Lorca) como en Carril de Caldereros o en Floridablanca (Casco urbano de Lorca) tenemos fechas radiocarbónicas válidas que anclan esta metalurgia en el primer tercio del III milenio cal ANE. Se trata de una metalurgia ocasional, que genera una cantidad muy limitada de residuos y estos se hallan dispersos entre el registro arqueológico de otras actividades productivas. También la escoria descontextualizada del Cabezo del Plomo podría, con muchas reservas, asociarse a esta primera metalurgia de la fachada litoral y prelitoral murciana.

En momentos más avanzados del Calcolítico, pero aún en el Calcolítico Pleno, se observan dos dinámicas contrapuestas en la producción metalúrgica. Por un lado una metalurgia igualmente ocasional similar a la anterior. Dentro de este grupo se inserirían las diferentes excavaciones del casco urbano de Lorca (Carril de Caldereros, Calle Floridablanca), el Estrecho (Caravaca) y Carboneros (Totana). De este último la cronología de la metalurgia también podría abarcar el Calcolítico Final.

Por otro lado tenemos una metalurgia que supera claramente el autoabastecimiento en Parazuelos. Este se configura como centro metalúrgico relevante aunque desconectado de las dinámicas de interior y claramente enfocado al mar, quizás en relación con Almirazaque y el horizonte de Los Millares. El volumen de residuos metalúrgicos coincide con una mayor presencia de objetos metálicos respecto a otros asentamientos de este período. No obstante, tanto el registro metálico como el tamaño del yacimiento es muy inferior a Almirazaque, con casi 100 artefactos de cobre (Montero Ruiz 1994, p.115). La excavación de varias cabañas en Parazuelos y la ausencia de elementos Campaniformes en toda la secuencia de los hermanos Siret o en la revisión de materiales de sus excavaciones (Deramaix 1992) hacen bastante probable un abandono anterior al Campaniforme, pese a la datación radiocarbónica tardía que genera poca confianza.

El caso de Agua Amarga es similar al de Parazuelos en varios factores. Por su situación en un espolón junto a un río/rambla, las pequeñas dimensiones del asentamiento y la gran cantidad de residuos metalúrgicos. Los dos tienen la particularidad que están

en puntos de confluencia, Parazuelos con el mar y Agua Amarga con el interior. Para Agua Amarga, al no haberse practicado excavaciones y proceder todos los materiales de expolios y prospecciones, hacen su adscripción cronológica más ambigua. Como en el caso de Carboneros, tampoco podemos descartar una pervivencia de la ocupación durante el Calcolítico Final, pese a la ausencia de materiales que lo confirmen.

Las lecturas arqueológicas del registro varían considerablemente dependiendo de la adscripción cronológica de Agua Amarga y Carboneros. Si asumimos la hipótesis de una cronología de Carboneros y Agua Amarga del Calcolítico Pleno, la situación es comparable al Sudoeste (Nocete et al. 2011).

En los momentos finales del Calcolítico se apreciaría un descenso de los residuos metalúrgicos y se podría sugerir la desaparición de los poblados especializados como Parazuelos y Agua Amarga. Ello se podría poner en relación con la decadencia de asentamientos como Almizaraque (Delibes de Castro et al. 1989), Cabezo Juré y la desaparición de la metalurgia en Valencina (Nocete et al. 2011). Es una tendencia que supera la península ibérica ya que se repite en el taller metalúrgico de la Capitelle du Broum (Ambert et al. 2005) y se vincula siempre a la presencia del horizonte Campaniforme. Por otro lado, seguirían asentamientos con una metalurgia de escala más restringida. Destacan La Ciñuela y Lorca. En general, en el Guadalentín se observa una menor volumetría del registro metalúrgico y una mayor presencia de minerales en relación a los residuos metalúrgicos (*infra*).

La lectura arqueometalúrgica es mucho más limitada si se plantean ocupaciones y prácticas metalúrgicas indiferenciadas durante todo el Calcolítico. En este caso la hipótesis sigue siendo la de una doble producción, una especializada y otra local, que perviviría hasta la Edad del Bronce.

Será interesante ver los argumentos que aportan los análisis de minerales y de los residuos metalúrgicos, y de cómo apoyan, de un modo u otro, las dos líneas argumentales expuestas.

El proceso de deslocalización de la metalurgia parece acentuarse en los momentos de transición hacia El Argar. Prueba de ello son las concentraciones de nódulos de cobre desvinculadas de actividades metalúrgicas. No podemos descartar que estas concentraciones de nódulos estén visibilizando un cambio de dinámica que no tiene por qué afectar a todos los poblados. En aquellos en que aparecen pueden estar indicando la distribución a mediana y larga distancia de cobre metálico, desvinculándolo de una metalurgia extractiva local.

Por otro lado, es sugerente que estas pequeñas concentraciones contenían suficiente metal para objetos de uso cotidiano con una tasa elevada de desgaste y reposición. Pero eran del todo insuficientes para obtener objetos distinguidos como los grandes puñales en lengüeta campaniformes o las alabardas argáricas. Se podría plantear la

hipótesis, en base a estas evidencias, que la fabricación de herramientas cotidianas en cobre seguiría un proceso diferenciado de los objetos distinguidos (Lull 2007). De estos últimos se ha señalado la presencia sistemática de concentraciones de arsénico más elevadas tanto en el Campaniforme como en El Argar (Hook et al. 1991, Lull et al. en prensa) . Lo que puede explicarse tanto por un menor reciclaje al ser artefactos que son amortizados en tumbas, como por su fabricación en una aleación distinguida respecto al resto de artefactos. Esta aleación, vincula una tipología artefactual distinguida con un metal diferenciado. Ello solo puede ponerse en relación con prácticas económico-políticas transformativas que afectan la gestión de los recursos minerales y su reducción en metal.

Es innegable que la consolidación y expansión del grupo argárico a inicios del II milenio cal ANE supone una transformación radical de las prácticas metalúrgicas. Una transformación que se expresa en la desaparición de metalurgia extractiva en todos los poblados excepto los del valle del Rumbero. Ni un solo yacimiento argárico excavado o prospectado presenta evidencias seguras de reducción de minerales. Únicamente encontramos en ellos minerales de cobre dispersos, siempre en superficie o en contextos alterados. Al respecto es altamente significativo que las únicas escorias y vasijas de reducción argáricas estudiadas con métodos arqueometalúrgicos procedan de Peñalosa.

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

## **6. Gestión de los recursos minerales de cobre**

Una de las inferencias más recurrentes es asociar mecánicamente cualquier resto mineral o los artefactos de cobre que se encuentran en un poblado, no solo con operaciones metalúrgicas, sino también con las minas más cercanas a él. Este axioma se empezó a tambalear, primero en el Egeo y después en el sudeste peninsular, con los primeros estudios de isótopos de plomo de artefactos metálicos (Stos-Gale et al. 1999). Pese a las críticas posteriores a las hipótesis planteadas desde el Proyecto Gatas, vemos como todavía existe una enorme dificultad para asociar los artefactos con las minas de cobre del litoral almeriense y murciano. De hecho, hasta la fecha ni un solo artefacto argárico de Murcia o Almería es consistente con los valores isotópicos de los indicios minerales locales (Murillo et al. 2015).

Al respecto, se pueden discernir dos causas posibles. La primera es que los campos isotópicos estén insuficientemente caracterizados. Mientras algunas zonas cuentan con un número elevado de análisis (p.ej., los afloramientos del Cabo de Gata, de la sierra Almagrera o de sierra Morena) otras zonas siguen sin caracterizarse (p.ej., sierra de Enmedio, sierra de Almenara, sierra de La Torrecilla). Otro factor importante a tener en cuenta es la presencia de plomo radiogénico en diferentes proporciones en la mayoría de las mineralizaciones de Murcia y Almería. Ello produce un “estiramiento” del campo isotópico de cada depósito mineral que en algún caso, como Cerro Minado, conduce a una dispersión extrema de valores (R. Risch. com. pers.).

La segunda causa es que desconocíamos las características químicas tanto de los depósitos minerales, como de los minerales que se están utilizando en la prehistoria. A excepción de Almizaraque (Delibes de Castro et al. 1989; Müller et al. 2004a), Los Millares (Hook et al. 1991) y algún otro yacimiento como Las Pilas (Rovira et al. 1997), la caracterización química de los minerales en los poblados ha sido obviada. Los pocos minerales analizados en los poblados solo permiten una idea aproximada del quimismo general de los mismos. Sin embargo, necesitamos disponer de esta información para poder cotejarla con la composición química de los depósitos de mineral de cobre. Siguiendo la terminología propuesta por V. Lull (1988), podríamos decir que este tipo de acercamiento nos permitiría establecer una relación entre los arteusos seleccionados por las sociedades prehistóricas y los circundatos metálicos de la zona. El análisis químico debe permitirnos contrastar, al menos, si los depósitos cercanos a los poblados con metalurgia disponen de la clase de mineral que se está reduciendo en estos poblados.

Con un poco de suerte, el estudio de los minerales permitirá detectar ciertas firmas geoquímicas características de una zona, o indicios con un quimismo específico. Encontrar esas impurezas en los minerales de los poblados cercanos será un apoyo adicional para sugerir que el mineral es consistente con el de la zona. Ello nos será de utilidad aunque desconozcamos todos los depósitos minerales que debieron existir en la prehistoria. De cara a un futuro, los análisis de isótopos de plomo pasarían a jugar un

papel crucial para precisar las procedencias propuestas.

En base a lo dicho, se parte de tres cuestiones básicas para responder a la hipótesis de la existencia de una minería local:

- » ¿Qué minerales hay disponibles en la proximidad de los asentamientos?
- » ¿Se corresponden los minerales de los asentamientos con los de los depósitos locales?
- » ¿Se corresponden los minerales de los asentamientos con las prácticas metalúrgicas que se están realizando?

Para responder a estas preguntas se ha utilizado una base material de 156 muestras minerales. Se reparten entre 130 minerales de 33 depósitos minerales<sup>307</sup> (Tab. 6.1) y 25 minerales de cinco asentamientos (Tab. 6.2). En la figura 6.1 se ha representado la distribución de los indicios analizados en relación a los no analizados.

La presentación de los resultados se divide en tres partes:

- » La primera nos servirá para conocer los componentes químicos que definen mineralógicamente el mineral (sustancia base). Con esta información se establecerá una cartografía geoquímica del territorio prospectado y se responderá a la primera de las cuestiones planteadas.
- » La segunda incorporará la información de las impurezas principales. El objetivo será una aproximación a las posibles procedencias de los minerales de los asentamientos y responder a la segunda cuestión.
- » Finalmente incorporaremos el estudio analítico de los restos metalúrgicos. Ellos nos informarán sobre el aprovechamiento de los minerales que encontramos en los asentamientos. Se responderá así a la cuestión número 3. Esta se abordará en el capítulo siguiente al no tratarse de minerales.

### **6.1. Clasificación a partir de las sustancias principales de los minerales**

Los minerales han sido clasificados en base a los principales elementos químicos<sup>308</sup>. Para poder establecer los parámetros de esta clasificación se han evaluado sus propiedades metalúrgicas.

---

307 Se consideran dentro de “minas” el mineral analizado procedente de un afloramiento natural de La Bastida y un mineral de cobre recuperado en un cargadero de mineral de Calabardina, en Lomo de Bas.

308 Para esta primera fase del estudio se ha trabajado exclusivamente con los análisis por pFRX ya que todas las muestras estaban representadas con esta técnica. También se han eliminado las muestras extremas por debajo del 5% en CuO.

Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.

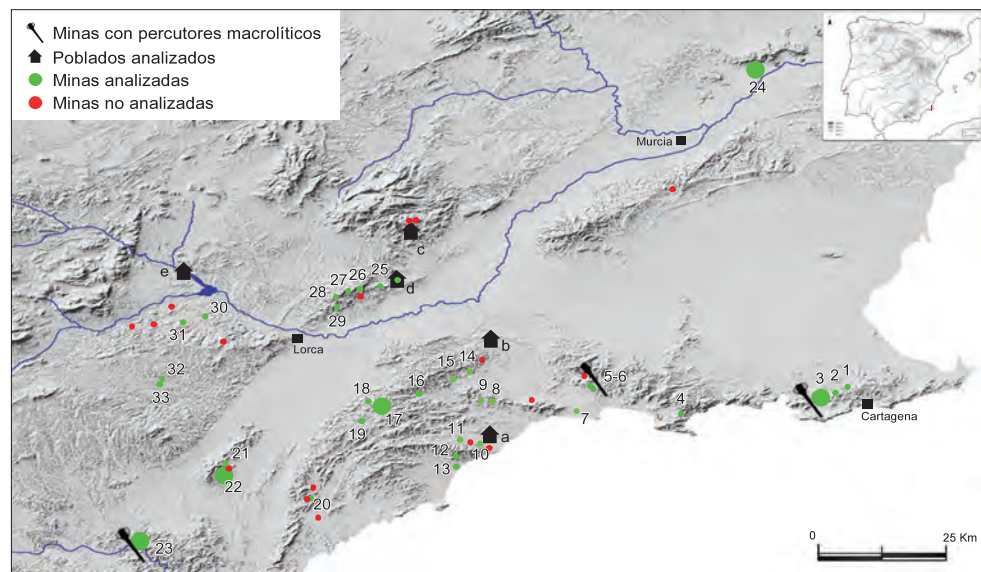


Figura 6.1. Mapa de las mineralizaciones prospectadas. En verde se señalan aquellas que han sido analizadas. Los círculos de mayor tamaño indican minas con una maor explotación moderna. La correspondencia de la numeración puede consultarse en las tablas 6.1 y 6.2.

Mapa	Siglas	Mina	Sierra	N. Análisis
1	SV	Corta San Valentín	Cartagena	3
2	RA	Rambía del Abenque	Cartagena	3
3	FC	Filón Consuelo	Cartagena	14
4	CB	Collado Bolete	Algarrobo	2
5	BL1	Balsicas 1	Algarrobo	5
6	BL2	Balsicas 2	Algarrobo	8
7	BL	Bolnuevo	Moreras	2
8	DL	Mina Dolores	Moreras	6
9	BM	Barranco Malcamino	Moreras	4
10	MO	Casa del Moro	Lomo de Bas	7
11	UP	Umbria de Ramonete	Lomo de Bas	2
12	CP	Cuproja	Lomo de Bas	2
13	PC	Cargadero Calabardina	Lomo de Bas	1
14	CJ	Las Crisolejas	Almenara	4
15	BR	Barranco La Sima	Almenara	4
16	MJ	Mina Juanito	Carrasquilla	2
17	TN	Mina Las Tres Niñas	Carrasquilla	3
18	ML	Molino Carrasquilla	Carrasquilla	2
19	DJ	Casa Don Jimeno	Carrasquilla	1
20	CA	Cuatro Amigos	Carrasquilla	2
21	MD	Mina La Diosa	Enmedio	2
22	SI	Mina Santa Isabel	Enmedio	5
23	CM	Cerro Minado	Almagro	16
24	CF	Cerro de la Fuente	Orihuela	5
25	SG	Mina San Gabriel	Tercia	4
25	BA	La Bastida	Tercia	1
26	Z	Zarcicos	Tercia	4
27	AR	Arcón	Tercia	1
28	CZ	Casa Manzanera	Tercia	1
29	CT1	Castillarejos	Tercia	4
30	RR	Rambía Roja	Torrecilla	4
31	TT	Rincón de Tostones	Torrecilla	2
32	SP	Mina Santa Primitiva	Torrecilla	2
33	MA	Mina Adela	Torrecilla	2

Tabla 6.1. Indicios metalogenéticos analizados. La primera columna se corresponde con la numeración de la figura 6.1.

Mapa	Poblado	Sigla	Cronología	Sierra	N. Análisis
a	Parazuelos	PZ	Calcolítico Pleno	Lomo de Bas	2
e	Agua Amarga	AG	Calcolítico Pleno	Torrecilla	9
b	La Ciñuela	CÑ	Calcolítico Final	Almenara	7
c	Cerro de la Cueva de la Moneda	CC	Transición	Espuña	4
d	La Bastida	BA	Argar	Tercia	5

Tabla 6.2. Sitios arqueológicos con análisis de minerales. Las letras se corresponden con las de la figura 6.1.



Se entiende por propiedades metalúrgicas aquellos elementos que tienen una influencia determinante durante la reducción del mineral, ya sea alterando las condiciones dentro de la estructura de reducción (oxígeno, sílice, hierro, azufre), o bien, como el arsénico, en la composición final del metal (Lechtman y Klein 1999; Shugar y Rehren 2002; Rehren 2003; Müller et al. 2004a).

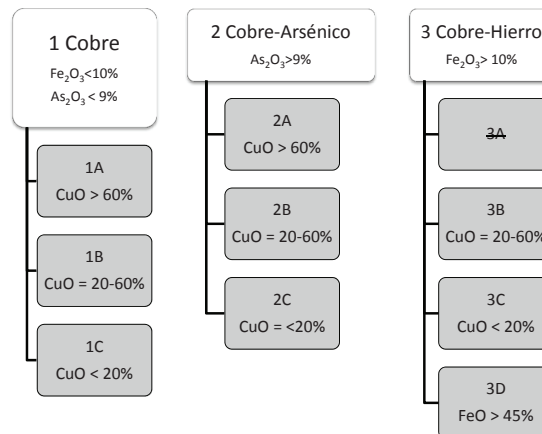


Figura 6.2. Clasificación y valores de los niveles 1 y 2.

Dados los problemas en las mediciones de los elementos ligeros con pFRX, finalmente se ha utilizado para esta primera clasificación el cobre, el hierro y el arsénico<sup>309</sup>, donde el primero de ellos es el eje sobre el que pivotan los otros dos.

En un principio se intentó trabajar mediante estadística multivariante (análisis clúster y análisis de componentes principales) pero los resultados no fueron satisfactorios, pues no reflejaban la importancia metalúrgica de cada elemento. Esto no supone solo un problema de magnitud que puede solucionarse mediante la normalización de los resultados, sino que es un problema más concreto en el que cada elemento tiene unas dinámicas metalúrgicas diferentes respecto a los demás<sup>310</sup> y se presenta en los minerales cupríferos con una distribución diferente en cada uno. A pesar de ello, los análisis clúster mostraban unas divisiones que han servido de guía en el método de clasificación final.

Se ha establecido un sistema clasificatorio basado en tres niveles para reflejar las propiedades que se han considerado esenciales en la caracterización prehistórica de los minerales (Fig. 6.2).

El primer nivel informa de los elementos que forman la base química del mineral. Lo llamaremos “Clase (mineral)” y se organiza mediante numeración arábica.

El segundo nivel informa de la ley en cobre del mineral y lo definiremos como “Grupo”. Se identifican mediante las letras A, B, C y excepcionalmente D.

El tercer nivel especifica el contenido en arsénico cuando no está presente como sustancia base y nos referiremos a él como “Subgrupo”. Se identifica mediante una com-

309 Todo el trabajo con los elementos principales se ha realizado a partir de su cuantificación en óxidos. Para simplificar, cuando se hable de cobre, arsénico o hierro se hace referencia a la nomenclatura en óxidos de los mismos (CuO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

310 Aún con valores estandarizados, el análisis clúster separaba los minerales por encima o por debajo del 50% en CuO. En el interior de ambos grupos se incluía minerales sin arsénico y minerales con un 10% de arsénico. Las implicaciones metalúrgicas del segundo caso son mucho más relevantes que si el mineral tiene un 40% o un 70% de CuO.

binación del número 0 si no hay arsénico y con la letra A en minúscula y mayúscula cuando sí se detecta.

La combinación de los tres niveles nos permitirá caracterizar las muestras con una matrícula específica en función de su composición. Veamos cómo se definen estos niveles.

### 6.1.1. Descripción de las Clases (Nivel 1)

El primer nivel diferencia la composición base del mineral. Para realizar esta primera clasificación se han tenido en cuenta algunas recurrencias que salían parcialmente reflejadas en los análisis clúster. Se han establecido tres clases (Fig. 6.3): minerales de cobre sin otras sustancias principales (Clase 1), cobre con elevados contenidos en arsénico (Clase 2) y cobre con elevada proporción de hierro (Clase 3). Vemos como la distribución de los tres óxidos entre las diferentes clases tiene una composición muy bien delimitada en las clases 1 y 3 y más variable en la clase 2. En esta última el arsénico es el elemento diferenciador.

La **Clase 1** lo forman minerales que a nivel de cobre se definen como “puros”. En ellos la concentración conjunta de hierro y arsénico está por debajo del 10 %.

La **Clase 2** lo forman los minerales con más del 9 % en  $As_2O_3$ . Para establecer este límite se ha observado el patrón de distribución del arsénico en el conjunto de muestras analizadas (Fig. 6.4).

La distribución del arsénico muestra una realidad compleja, donde una mayoría de indicios no tienen minerales con arsénico o éste está por debajo de los límites de detección del equipo utilizado (<0,01 %). A éstos le sigue un grupo menor de indicios en el cual

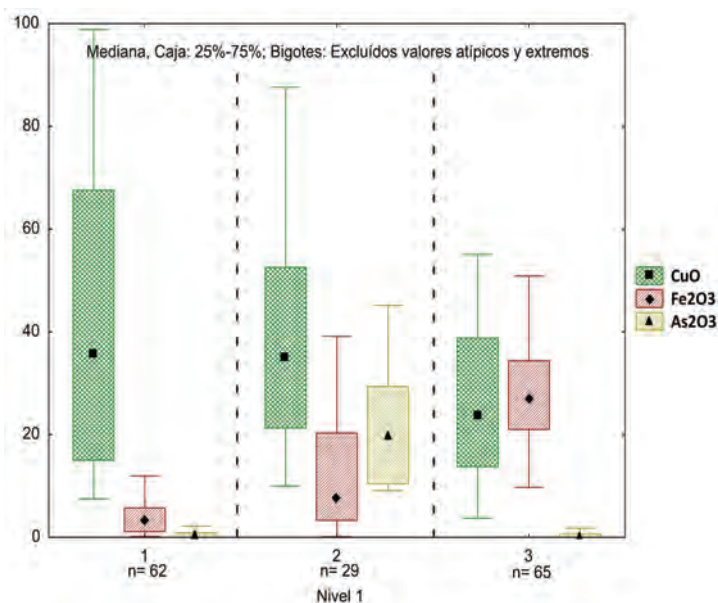


Figura 6.3. Gráfico de caja y bigotes de la composición de las tres clases de minerales. Se han omitido los valores atípicos y extremos.

el arsénico se presenta como impureza, dibujando una curva logarítmica que es la habitual en la distribución de los elementos en la corteza terrestre (Limpert et al. 2001). En la cola de esta distribución log-normal encontramos un subgrupo que está señalando otra realidad. Parte de las muestras que encontramos aquí proceden de carbonatos de cobre muy “puros” de minas en las que también hay arseniatos (p. ej. Cerro Minado). Junto con ellos también encontramos otras muestras donde no se puede establecer una relación directa con minerales ricos en arsénico. Por

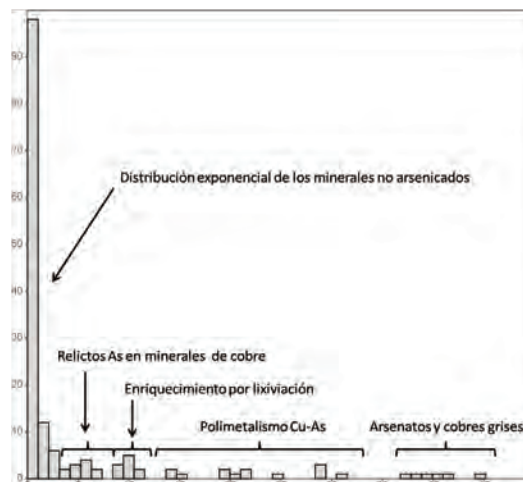


Figura 6.4. Histograma del arsénico para el conjunto de minerales analizados. Se ha señalado la explicación de los diferentes grupos que se observan.

ello, no se ha incluido este conjunto de minerales junto a los minerales de la Clase 2 y se han generado los subgrupos (nivel 3) que nos permiten ver su distribución.

Las minas con minerales que tienen concentraciones en arsénico superiores al 9 % son las mismas que las que tienen arseniatos<sup>311</sup>. En el grupo que se observa entre el 8 y el 11 % se trata de minerales enriquecidos por efectos atmosféricos en la escombrera de Cerro Minado. De todos los indicios prospectados, Cerro Minado y Calicata Dolores son los únicos sitios donde puede darse este efecto (Iyer 1999)<sup>312</sup>. A partir del límite del 9 % encontramos varias agrupaciones en las que el arsénico es un elemento preponderante. La primera son minerales compuestos por carbonatos o sulfuros de cobre y arseniatos o cobres grises. Es lo que se llama minerales compuestos o mezclados, dependiendo de cómo se presenten, desde tiempos de G. Agrícola<sup>313</sup> (Hoover et al. 1950, p.libro I, 2). La mayor o menor presencia de cada uno determinará la composición final de cobre. Finalmente, tenemos el grupo bien definido de arseniatos o cobres grises con concentraciones por encima del 30 % en  $As_2O_3$ .

La **Clase 3** lo constituyen aquellos minerales de cobre con más de un 10 % de hierro, siempre y cuando el arsénico esté por debajo del límite del 9 %. Cuando lo supera, independientemente del porcentaje de hierro, la muestra pertenece a la Clase 2.

311 Excepto en Castillarejos (infra).

312 El tratamiento de los minerales entre 0 y 9% lo veremos en la explicación del nivel 3.

313 Se distingue entre minerales simples, que solo tienen una sustancia (p. ej. Oro); los minerales compuestos que se encuentran cementados por la naturaleza formando una especie nueva y cuya separación solo es posible mediante el fuego; y los minerales mezclados donde cada mineral conserva su forma original y se pueden separar a mano, con agua o con fuego. Esta concepción de los minerales fue expuesta en el *Natura Fossilium* en 1546.

### 6.1.2. Descripción de los Grupos (Nivel 2)

El segundo nivel diferencia los minerales según su concentración en cobre. Para identificarlos hemos usado las letras “A”, “B” y “C”. Adicionalmente, para los minerales de la Clase 3, se observa un conjunto de muestras con cantidades de hierro muy elevadas (>45 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Normalmente vienen acompañadas por valores de cobre inferiores al 20 %. En consecuencia se ha creado un grupo específico, el grupo 3D.

Para establecer los límites de la concentración en cobre de los minerales se han utilizado los patrones observados en el histograma de la figura 6.5.

El **Grupo “A”** es también el menos frecuente. Es el Grupo que engloba los minerales con concentraciones muy altas de cobre, cuyo límite inferior puede establecerse a partir del 60 % en CuO. La ausencia de minerales de cobre/hierro con más del 60 % en CuO determina que la Clase 3 no tenga Grupo 3A.

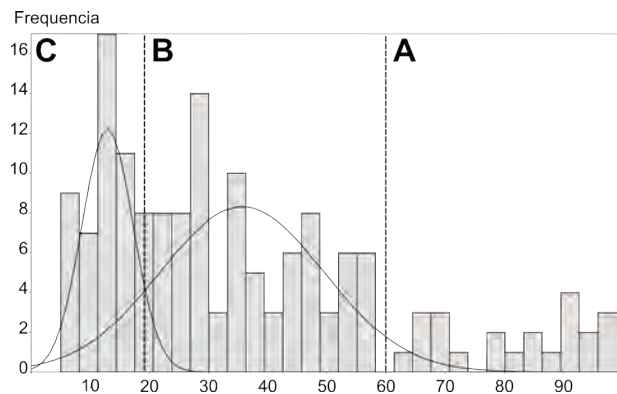


Figura 6.5. Histograma en el que se representa la concentración en cobre del conjunto de muestras analizadas. Las líneas discontinuas identifican los límites de los tres grupos. Las letras se corresponden a cada grupo.

El **Grupo “B”** configura el grueso de las muestras que se reparten de forma uniforme entre el 20 y el 60 % de cobre. Para poder establecer un límite inferior se ha utilizado el punto de contacto de las curvas de la distribución combinada (Mixture Analysis)<sup>314</sup>. La concentración en cobre de estos minerales, con más de un 20 % en CuO, también sería ideal para su aprovechamiento prehistórico.

Finalmente, el **Grupo “C”** acoge los minerales por debajo del 20 % de CuO. Se trataría de los minerales más difíciles de concentrar y en consecuencia los que exigen una mayor inversión de trabajo en relación al cobre que se obtiene. Estos porcentajes tan bajos en CuO también informan de la necesidad de extraer mucha más cantidad de mineral para conseguir una misma cantidad de metal.

Por otro lado, la mayor parte del mineral del Grupo “C” lo forman elementos ligeros como sílice, calcio, aluminio muchas veces imposibles de separar manualmente del cobre. También tiene efectos durante la reducción, ya que una saturación de sílice exige mayores temperaturas de trabajo para poderlo fundir y liberar el cobre del mineral.

En síntesis, el Grupo C, numeroso en los indicios, no sería deseable para su reducción en las condiciones prehistóricas. Su uso implica una inversión de trabajo muy superior a la reducción de minerales más ricos en cobre. Tampoco sería bien visto por un minero o

<sup>314</sup> Para los cálculos de distribución combinada se ha utilizado el software Past (Barceló 2007).

minera prehistórico/a ya que provoca un mayor desgaste de los medios de trabajo y un mayor consumo de leña si se utiliza el ataque por fuego. En un principio, la representación de estos minerales en los asentamientos debería obedecer a descartes durante el proceso de enriquecimiento o triturado del mineral. Conocer su distribución en las minas nos permitirá conocer aquellas menos atractivas y aprovechables por el sobreesfuerzo que representan.

### **6.1.3. Descripción de los Subgrupos (Nivel 3)**

Este nivel se ha generado para poder hacer un seguimiento preciso de la distribución del arsénico en los minerales cuando no forma parte de la sustancia principal. En consecuencia solo afecta a la Clase 1 y a la Clase 3.

Para establecer los subgrupos hemos utilizado el histograma de la concentración de arsénico descrito más arriba (Fig. 6.4). También en este caso hemos primado la simplificación del número de subgrupos a favor de una mayor comprensión. El objetivo principal es que la distinción tuviera una lectura minero-metalúrgica.

Se ha tenido en cuenta la posibilidad de que algunas minas, hoy prácticamente agotadas, hubieran tenido en origen arseniatos o sulfoarseniuros. A partir de las minas con minerales de Clase 2 (p. ej. Cerro Minado, Calicata Dolores, Las Crisolejas, Bolnuevo) hemos visto que todas las muestras, aún los carbonatos más puros también tienen arsénico. En los minerales más puros el arsénico aparece frecuentemente por encima del 1 %, aunque también puede encontrarse por debajo de este valor y hasta el 0,1 %. Por lo tanto, en caso de que una mina hubiera tenido en origen arseniatos, hoy desaparecidos, encontramos que todas o casi todas las muestras tienen arsénico como impureza.

Por el contrario, algunas minas presentan minerales en los cuales el arsénico se documenta de forma esporádica, sin que haya sido posible detectarlo en el resto de muestras analizadas. Normalmente en estos casos su concentración está entre el 0,1 y el 1 % y se considera anómalo que supere este límite.

Para una mayor comprensión de la lectura de los subgrupos, y para evitar confusiones con los niveles de clasificación anteriores, su nomenclatura será diferente:

- » **Subgrupo “0”**: Minerales donde no se detecta arsénico o está por debajo del <0,1 %.
- » **Subgrupo “a”**: Minerales con arsénico entre 0,1 y 1 %.
- » **Subgrupo “A”**: Minerales con arsénico entre 1 y 9 %

Los minerales con más de un 9 % de arsénico pertenecen a la Clase 2, que no tiene subgrupos.

En definitiva, combinando los tres niveles de clasificación química propuestos podemos asignar matriculas específicas a cada tipo de mineral. Algunos ejemplos de “matriculas” serían:

$$65 \% \text{ CuO} / 3 \% \text{ As}_2\text{O}_3 / 5 \% \text{ Fe}_2\text{O}_3 = 1\text{AA}$$

$$15 \% \text{ CuO} / 0 \% \text{ de As}_2\text{O}_3 / 30 \% \text{ Fe}_2\text{O}_3 = 3\text{C0}$$

$$35 \% \text{ CuO} / 15 \% \text{ de As}_2\text{O}_3 / 12 \% \text{ de Fe}_2\text{O}_3 = 2\text{B}$$

En el texto, cuando nos refiramos a una Clase en concreto solo se utilizara el primer código. Cuando sea para un grupo utilizaremos tanto el código específico (Grupo “A”) como también las dos primeras letras del código, dado que permiten una mayor comprensión (Grupo 1A). De igual modo procederemos con los subgrupos, pudiendo referirnos a él con el código específico del 3 nivel (Subgrupo 0) o con el código completo (Subgrupo 1A0).

#### **6.1.4. Distribución del conjunto**

En este punto veremos la representación de los diferentes subgrupos y su distribución entre los sitios analizados. En los casos donde se ha documentado minería prehistórica se especificará la localización de las muestras relacionadas.

#### **Clase 1 (n=62)**

Los tres grupos de la Clase 1 no muestran diferencias significativas en cuanto al arsénico o hierro, cuya media se acerca al 1 % en el primer caso; y, entre el 2 y el 4 % para el segundo (Fig. 6.6). Únicamente cuatro muestras de toda la Clase 1 proceden de poblados, tres del Grupo 1A y una del Grupo 1B.

#### **Grupo 1A (n=18)**

Óxidos de cobre muy puros, sin apenas ganga. La distribución es variable en los minerales sin arsénico y muy concentrada en los subgrupos 1Aa y 1AA. Los dos últimos subgrupos solo se presentan en Cerro Minado (Almagro) y Filón Consuelo (Cartagena), las dos con explotación prehistórica.

**El Subgrupo 1A0:** Contiene solo seis minerales, cada uno de un sitio diferente. Cuatro son de minas y los otras dos proceden de Agua Amarga y del Cerro de la Cueva de la Moneda. Las cuatro minas son Adela (Torrecilla), Juanito (Carrasquilla), Casa don Jimeno (Carrasquilla) y Casa del Moro (Lomo de Bas).

**Subgrupos 1Aa:** Seis minerales repartidos entre Filón Consuelo y Cerro Minado. Aquí

se posicionan los minerales de Cerro Minado procedentes de vetas en el interior de galerías, tanto del final del socavón, como de la galería con percutores macrolíticos. Del Filón Consuelo, son minerales de la escombrera de la trinchera. También aquí encontramos un mineral procedente del Cerro de la Cueva de la Moneda.

**Subgrupo 1AA:** Tiene 5 minerales, todos repartidos entre el Filón Consuelo y Cerro Minado. Se repite la localización en Filón Consuelo mientras que en Cerro Minado aparecen asociados a la cantera norte y sus escombreras. Sin muestras en poblados.

### **Grupo 1B (n=22)**

En el Grupo 1B tenemos un mayor número de indicios representados, repartidos por casi toda la geografía prospectada. Son minerales en su mayoría de ganga cuarzosa que tienen un buen aprovechamiento de cobre. Únicamente un mineral del grupo procede del contexto de un asentamiento. Sorprende porque por las características generales de los minerales, carbonatos ricos en cobre y poca ganga, se esperaría una muy buena representación en los sitios con metalurgia.

**Subgrupo 1B0:** Lo componen 10 minerales. Están bastante repartidos entre diferentes sierras, siendo el indicio mejor representado la Casa del Moro, en Lomo de Bas, junto a la Corta San Valentín, en Cartagena. No hay minerales procedentes de asentamientos en este subgrupo.

**Subgrupos 1Ba:** Tiene seis minerales, tres de ellos del Filón Consuelo. Los otros tres se reparten entre San Gabriel (Tercia), Santa Primitiva (Torrecilla) y Collado Bolete (Algarrobo), minas donde el arsénico es residual. No aparece en los poblados.

**Subgrupo 1BA:** También con seis minerales, cuatro del segundo grupo de labores del Filón Consuelo, uno de Las Crisolejas (Almenara) y otro de La Ciñuela, que es el único poblado representado.

### **Grupo 1C (n=22)**

Es mucho más heterogéneo. Aquí los minerales de la Tercia son los que tienen una mayor representación, confirmando la pobreza general de los filones que ya se había observado durante las prospecciones.

Si consideramos la hipótesis de un aprovechamiento preferente de carbonatos y óxidos de cobre más puros (Grupos 1A y 1B), el Grupo 1C representaría los minerales descartados en los asentamientos. En consecuencia se esperaría una representación abundante. Rompiendo esta lógica, y pese al elevado número de minerales que forman el grupo, ninguno procede de contexto de hábitat.

**Subgrupo 1C0:** Tiene ocho muestras repartidas entre el Cerro de la Fuente (Orihuela), Almenara, Cartagena y La Torrecilla. Dos de las minas, Rambla del Abenque (Cartagena) y Rambla Roja (Torrecilla) tienen dos minerales cada una. Sin minerales en los asentamientos.

**Subgrupos 1Ca:** Hay 11 minerales con trazas de arsénico del Grupo 1C. Se reparten entre La Tercia, Las Moreras, Lomo de Bas y una muestra del Cerro de la Fuente. Dominan los minerales de La Tercia con 7 de las 11 muestras del subgrupo y repartidas en varios indicios. No hay registros procedentes de asentamientos.

**Subgrupo 1CA:** Solo tiene tres minerales. Dos repiten en La Tercia y el tercero es de Las Crisolejas, en Almenara. Sin minerales de asentamientos.

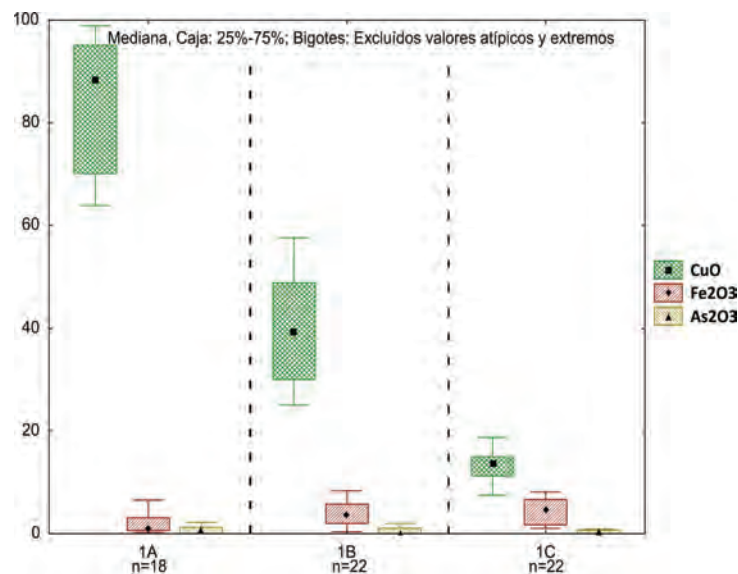


Figura 6.6. Gráfico de cajas y bigotes de los grupos de la Clase 1.

## **Clase 2 (n=29)**

La Clase 2, que no tiene subgrupos de tercer nivel, es la menos representada en las minas. Casi todos sus efectivos se encuentran en el Grupo 2B (69 %), mientras que en los grupos 2A y 2C están pobremente representados. Las mineralizaciones de este grupo son de gran interés por su restricción geográfica y por ser los principales minerales con los que obtener cobre arsenical (Fig. 6.7). La distribución de la Clase es muy restringida, con la mayoría de muestras procedentes exclusivamente de Cerro Minado o la sierra de las Moreras. Únicamente Castillarejos (Tercia) y Umbría de los Paredones (Lomo de Bas) rompen este dominio.

## **Grupo 2A (n=5)**



Sería el mejor ejemplo de los supuestos minerales tipo, aprovechados durante la prehistoria del Sudeste. Carbonatos y óxidos de cobre, con un porcentaje elevado de arsénico (10-20 %). Su reducción proporcionaría un cobre arsenicado sin generar apenas escoria y sin la necesidad de tener un buen control de la atmosfera reductora durante el proceso. Sin embargo, en ningún asentamiento hay minerales de este grupo.

Solo tenemos cinco muestras que se correspondan a esta composición. Cuatro de Cerro Minado y una de Calicata Dolores (Moreras). En el caso de Cerro Minado es probable que se trate de enriquecimientos postdeposicionales en arsénico, ya que todas las muestras proceden de escombreras en que puede darse este fenómeno (Ixer 1999).

### **Grupo 2B (n=20)**

Es el mejor representado dentro de la Clase 2 y contiene arseniatos, minerales secundarios de cobre en paragénesis con arseniatos y sulfoarseniuros de cobre. También es el mejor representado de esta clase en los asentamientos.

Los minerales de este grupo se reparten principalmente entre Cerro Minado y las sierras de Las Moreras y Almenara. De estas últimas tenemos minerales de la Calicata Dolores, Bolnuevo y Barranco Malcamino en las Moreras, y de Las Crisolejas en Almenara. Únicamente un mineral de Castillarejos (Tercia) no procede de las otras dos zonas.

Hay cinco minerales de Cerro Minado. Tres fueron recogidos en la rambla al sur del cerro y de éstos, dos, se presentan como sulfoarseniuros por la elevada cantidad de sulfuro. El tercero puede considerarse un arseniato. Los otros dos minerales del Grupo 2B de Cerro Minado proceden de escombreras.

Este grupo también tiene una representación interesante en los asentamientos. Agua Amarga con tres muestras, La Bastida con una y La Ciñuela con otra, completan el Grupo 2B. La muestra de La Ciñuela, se identificó de viso como olivenita y es posible que haya sufrido algún tipo de termoalteración. En cuanto a la muestra de La Bastida, se recogió en los niveles superficiales cercanos a la fortificación. Difiere del resto de minerales recogidos en el asentamiento y del recogido directamente del afloramiento local, que se clasifica como Clase 3. En el estudio de las impurezas los analizaremos conjuntamente para discernir su clasificación como arteuso o circundato.

### **Grupo 2C (n=4)**

Contiene cuatro minerales difíciles de clasificar por su heterogeneidad en hierro y su pobreza en cobre. Tanto el cobre, como el arsénico están siempre cerca del 10 % y la composición del hierro puede ser muy elevada. Tres de ellos proceden de la zona de Las Moreras y Lomo de Bas. El valor extremo de hierro lo encontramos en un mineral de

la Calicata Dolores (Moreras) y se da por la mezcla de farmacosiderita  $\{KFe_4 [(OH)_4(AsO_4)_3] 7H_2O\}$  con carbonatos y arseniatos de cobre dispersos.

El quinto ejemplar procede de Agua Amarga (AG16). A priori se identificó como un mineral parcialmente fundido por su aspecto exterior, Su composición, que evaluaremos en el capítulo 7 al estudiar los residuos metalúrgicos, nos hace dudar al respecto.

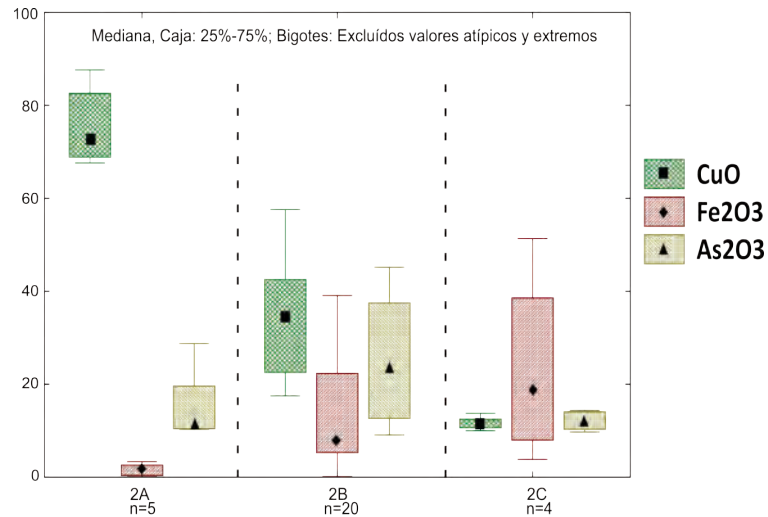


Figura 6.7. Gráfico de cajas y bigotes de los grupos de la Clase 2.

### **Clase 3 (n=65)**

La Clase 3 la forman minerales polimetálicos de carbonatos de cobre y óxidos e hidróxidos de hierro, como la hematites o la goethita (Fig. 6.8).

Dada la riqueza en hierro de la mayoría de minerales, el cobre nunca aparece por encima del 60 %. En consecuencia no hay Grupo 3A. Por el contrario, un grupo de minerales con contenidos bajos en cobre y muy elevados en hierro nos obliga a generar el Grupo 3D.

La Clase 3 con 16 minerales recogidos en contexto de asentamiento es claramente la mejor representada. Además, está presente en todos ellos.

### **Grupo 3B (n=40)**

El Grupo 3B es el que acumula un mayor número de minerales. Se caracteriza por contenidos elevados de cobre y hierro, muchas veces en una ratio muy cercana a uno pero con predominio del cobre. Lo encontramos repartido por todas las sierras menos en La Tercia y es un grupo muy común en los asentamientos.

Antes de entrar en detalle en los subgrupos, es interesante subrayar que 12 de las 13 muestras de las labores de Balsicas (Algarrobo) forman parte del Grupo 3B.

**Subgrupo 3B0:** Con 27 minerales es el subgrupo más representado, aunque 10 de las muestras pertenecen a Balsicas y otras 7 han sido recogidas en poblados. Las 10 muestras de Balsicas advierten de la homogeneidad de la mineralización de las dos labores, pese a los 400 metros que las separan. Las restantes muestras del subgrupo representan un indicio metalogénico cada una menos la mina Cuatro Amigos (Tébar), que tiene dos. Tres se reparten por La Torrecilla y una viene de Santa Isabel, en la sierra de Enmedio. Otra procede de un cargadero mineral en Calabardina, por lo que con toda seguridad se trata de mineral de Lomo de Bas, posiblemente de las minas de la Cuesta de Gos o de El Cantal.

Aparece un conjunto con tres de los minerales de La Bastida. Uno de ellos es el mineral recogido directamente del afloramiento (BA06). Los otros dos fueron recogidos en niveles superficiales.

Los minerales procedentes de otros poblados también están bien representados en este subgrupo. Tenemos dos de La Ciñuela y otros tres de Agua Amarga.

**Subgrupo 3Ba:** Solo lo componen cinco minerales, cuatro de minas y uno de Agua Amarga. De las minas dos son de Balsicas, el tercero de Santa Isabel (Enmedio) y el último del Cerro de la Fuente (Orihuela).

**Subgrupo 3BA:** El registro es algo superior al anterior con 8 minerales, de los que tres fueron recogidos en poblado y los cinco restantes, en cinco minas diferentes. Los minerales de este subgrupo no presentan coincidencias de localización con el Subgrupo 3Ba. No solo eso, además los minerales de ambos subgrupos pertenecen a zonas diferentes.

Quedan representadas en el Subgrupo 3BA las minas de Cerro Minado, con un mineral del piedemonte sudeste, Filón Consuelo con un mineral de la trinchera, Casa del Moro, Barranco Malcamino y Rambla del Abenque. Los minerales de poblados se reparten entre Parazuelos, con dos, y un último de La Ciñuela. Estos tres últimos minerales tienen los valores más elevados en arsénico de la Clase 3, si bien seguidos de cerca por minerales de este mismo subgrupo de Cerro Minado y Filón Consuelo.

### **Grupo 3C (15)**

En el Grupo 3C la relación entre cobre y hierro se invierte respecto al Grupo 3B. Con los valores de cobre por debajo del 20 %, la presencia de hierro tiende a mantenerse por encima del cobre. De los 15 minerales de este grupo dos han sido recogidos en La Bastida, el único poblado representado. Las minas aparecen bastante repartidas.

**Subgrupo 3C0:** Solo con dos ejemplares, uno de la Mina Juanito y otro de Las Tres Niñas, ambas en la Carrasquilla y cercanas entre sí.

**Subgrupo 3Ca:** Hay siete minerales de este subgrupo, uno de ellos de La Bastida. Los

restantes seis minerales se reparten en seis minas de zonas diferenciadas, a saber: Cerro de La Fuente (Orihuela), la Cuproja (Lomo de Bas), Adela y Rambla Roja, ambas en la Torrecilla, La Diosa (Enmedio) y el último del Filón Consuelo (Cartagena). Respecto al mineral de La Bastida el arsénico está en el límite inferior del Subgrupo "a".

**Subgrupo 3CA:** Presenta seis minerales, todos muy pobres en cobre. Tres de ellos son del Barranco La Sima y otro del Barranco Malcamino, ambas minas situadas en Las Moreras. Un quinto mineral procede del Cerro de la Mina (Orihuela). El sexto es de una recogida superficial en la Zona 9 de La Bastida.

### Grupo 3D (n=10)

El Grupo 3D exagera la concentración de hierro de los minerales (>45 %), mientras que el cobre se mantiene en concentraciones bajas de entre el 5 y el 25 %. Ningún mineral se clasifica en el Subgrupo 3DA. Son minerales masivos de hierro donde el cobre es accesorio. Su presencia en las minas se concentra exclusivamente en la zona del Cantal (Lomo de Bas), La Torrecilla y sierra de Enmedio. La representación de los asentamientos es mayor de la esperada.

**Subgrupo 3D0:** Tiene cuatro muestras. Dos de ellas proceden de Santa Isabel (Enmedio) y una tercera de Rincón de Tostones (Torrecilla). La cuarta es de Agua Amarga, siendo el mineral con menor concentración de cobre del poblado.

**Subgrupo 3Da:** Tiene seis muestras, dos de ellas del Cerro de la Cueva de la Moneda y que en un principio habíamos confundido con escorias. Ambas tienen una composición muy homogénea y podrían haber formado parte en origen de un mismo fragmento mineral. Las otras cuatro se reparten entre la Casa del Moro (Lomo de Bas) y la Mina La Diosa (Enmedio).

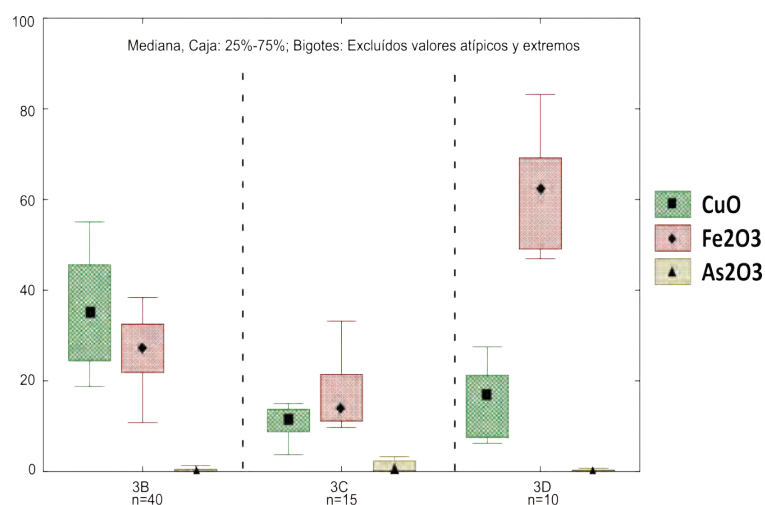


Figura 6.8. Gráfico de cajas y bigotes de los grupos B, C y D de la Clase 3.

### 6.1.5. Visibilizando el arsénico a partir del Subgrupo "A"

El objetivo de este apartado es poder identificar posibles mineralizaciones ricas en arsénico hoy agotadas y ver la correlación entre los minerales de Clase 2 y los Subgrupos "A" y "a" de las demás clases. Tomaremos como hilo conductor el Subgrupo "A" y lo compararemos con el resto de minerales en los que se detecta arsénico. Para poder inferir si la presencia del Subgrupo "A" puede estar revelando minerales arsenicales también se observarán las mineralizaciones cercanas.

La distribución geográfica de este subgrupo (Fig. 6.9) se amplía respecto a la distribución de la Clase 2 (Tab. 6.3). Los minerales de la Clase 2 se reparten principalmente entre Las Moreras/Lomo de Bas y Cerro Minado, con un solo ejemplar adicional de Las Crisolejas en Almenara y otro de Castillarejos en La Tercia.

En el Subgrupo "A" está muy bien representado el Filón Consuelo (Cartagena) con la mitad de sus minerales. La otra mitad se corresponde con minerales del Subgrupo "a". La frecuente presencia de minerales de Filón Consuelo del Subgrupo "A", junto con la ausencia de minerales del Subgrupo 0, nos está indicando que la mineralización original probablemente contenía minerales de base cobre/arsénico. También de Cartagena se registra una de las muestras de Rambla del Abenque, sin que se haya detectado en los otros dos minerales analizados, por lo que aquí la presencia de arsénico parece más irregular.

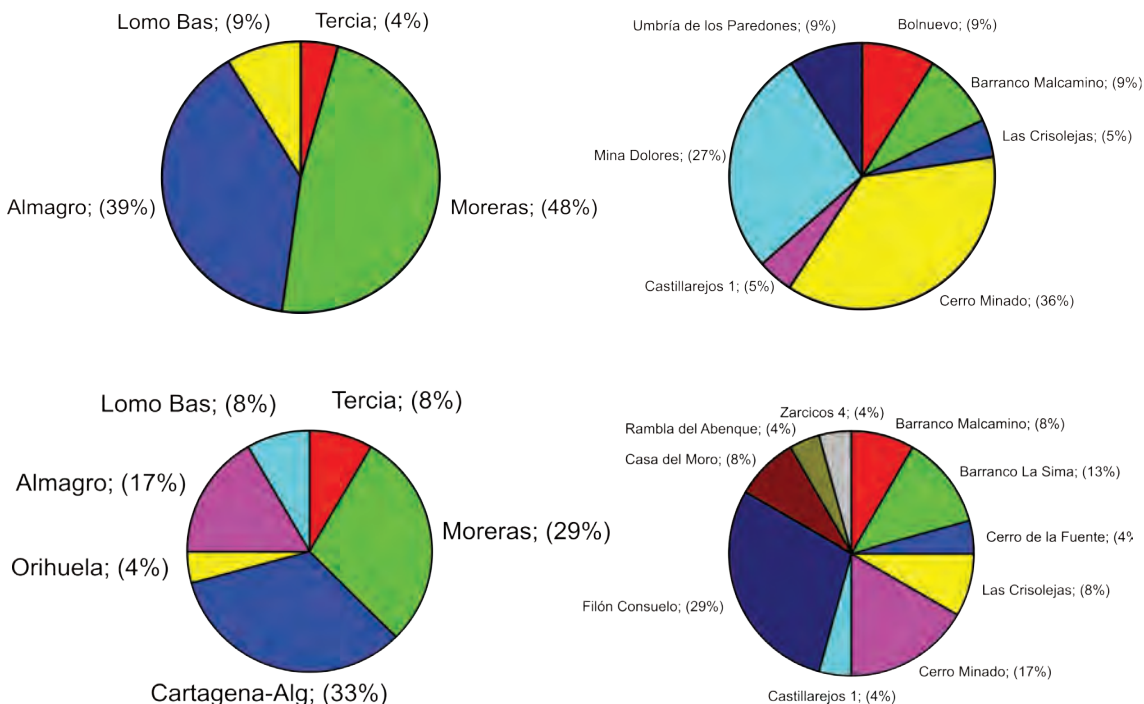


Figura 6.9. Distribución de muestras analizadas de Clase 2 (arriba) y del Subgrupo "A" (abajo) por sierras a la izquierda y por minas a la derecha.

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

Sigla	Mina	Sierra	N Total	Clase 2 %	Sub. A %	Sub. a %	Sub. 0 %
CF	<i>Cerro de la Fuente</i>	Orihuela	5	0	20	60	20
CT1	<i>Castillarejos 1</i>	Tercia	2	50	50	0	0
Z	<i>Zarzicos</i>	Tercia	4	0	25	75	0
CM	<i>Cerro Minado</i>	Almagro	16	56	25	19	0
UP	<i>Umbría de Ramonete</i>	Lomo de Bas	2	100	0	0	0
MO	<i>Casa del Moro</i>	Lomo de Bas	7	0	14	29	57
DL	<i>Mina Dolores</i>	Moreras	6	100	0	0	0
BL	<i>Bolnuevo</i>	Moreras	2	100	0	0	0
BM	<i>Barranco Malcamino</i>	Moreras	4	50	50	0	0
CJ	<i>Crislolejas</i>	Almenara	4	25	50	25	0
BR	<i>Barranco La Sima</i>	Almenara	4	0	75	25	0
FC	<i>Filón Consuelo</i>	Cartagena	14	0	50	50	0
RA	<i>Rambla del Abenque</i>	Cartagena	3	0	20	0	40

Tabla 6.3. Minas con presencia de Clase 2 y/o Subgrupo "A"

Otra zona inédita en la Clase 2 que se incorpora al Subgrupo "A" es Orihuela con la mina del Cerro de la Fuente. En este caso casi todos los demás minerales analizados encajan en el Subgrupo "a", por lo que también se confirma la presencia de minerales arsenicales en origen<sup>315</sup>.

Tanto aquí como en el Filón Consuelo se trata de minas que han sido explotadas intensamente en los siglos XIX y XX. La recuperación de muestras de calidad es difícil en ambas al estar las escombreras muy limpias de mineral. En todo caso, el Filón Consuelo muestra una mayor frecuencia y concentración de arsénico en sus muestras mientras que la mineralización en arsénico del Cerro de la Fuente sería más débil e irregular.

La presencia de minerales de la Casa del Moro (Lomo de Bas) y Barranco la Sima (Almenara) suponen ampliar la influencia de las mineralizaciones ricas en arsénico concentradas en todas las minas de Las Moreras. De esta zona hay minas únicamente con minerales de Clase 2 por su elevada riqueza en arsénico. Son la Calicata Dolores, Bolnuevo y la Umbría de Ramonete, esta última en Lomo de Bas y cercana a la Casa del Moro.

Finalmente, el Subgrupo "A" se completa con minerales de La Tercia, concretamente con un mineral de Zarzicos 4 y otro de Castillarejos 1. Castillarejos también presenta un mineral de la Clase 2. Solo estas dos minas presentan minerales del Subgrupo "A" o Clase 2 en toda la Tercia. Sin embargo, en San Gabriel y en el Arcón los minerales se asocian al Subgrupo "a". La presencia de minerales con arsénico en la Tercia parece generalizada, pero con la contrapartida de que son minerales muy pobres en cobre y tanto este como el arsénico aparecen en concentraciones bajas.

<sup>315</sup> Ya hemos indicado en el capítulo 3 la posible presencia de cobres grises en esta mina.

#### **6.1.6. Algunas notas sobre el sulfuro**

Aunque el sulfuro no ha sido incluido en el estudio comparativo podemos realizar algunas reflexiones en torno su presencia. En los análisis de composición elemental con PIXE y en la difracción de rayos-X hemos visto que entre los minerales de los asentamientos y de las minas son bastante frecuentes las impurezas de sulfuro. Macroscópicamente aparecen como pintas o inclusiones de calcopirita, digenita o brochantita mezcladas con cualquiera de las formas carbonatadas y oxidadas dominantes. Ello nos sitúa en la línea de las observaciones de Müller y otros (2004a), quienes admiten la utilización de minerales primarios mezclados con los carbonatos y óxidos en Almizaraque y la Ciñuela a partir del estudio de vasijas de reducción. Una apreciación que S. Rovira extiende al yacimiento de Agua Amarga (Rovira 2002a) y M. San Nicolás a Carboneros (1988).

La recurrencia de estos minerales en los asentamientos demuestra que la utilización de minerales primarios o mixtos (carbonatos/óxidos + sulfuros) no sería algo excepcional si no un hecho recurrente, motivado por las mineralizaciones dominantes en el área litoral y prelitoral de Murcia. Tampoco lo podemos considerar accidental ya que las pintas de calcopirita son perfectamente visibles macroscópicamente. Sin embargo, es probable que aun observando su presencia no les importaría mientras no impidiera la reducción de cobre. Establecer la relación  $\Delta$  calcopirita =  $\Delta$  mata no debió exigir mayores complicaciones que la experimentación. Otra cuestión es si eran capaces de identificar esta calcopirita como un mineral para producir cobre, o como una impureza más de la ganga del mineral. En cualquier caso, la presencia de pintas de calcopirita no les condicionó el aprovechamiento de este tipo de minerales polimetálicos.

En este caso, la presencia de minerales primarios en los asentamientos no repercute en el tipo de explotación minera. En los grandes depósitos los minerales primarios se encuentran en las capas inferiores de los depósitos minerales (hypogène zone) o en las zonas de enriquecimiento (supergène zone) (Ixer 1999). No obstante, en algunas mineralizaciones prospectadas, como en Rambla Roja (Fuensanta, Lorca), hemos encontrado pequeñas vetas de calcopirita en los niveles aflorantes. Las cupritas de las galerías de la cantera norte de Cerro Minado también presentan concentraciones de en torno el 1 % de sulfuro. En la mayoría de indicios, los sulfuros de cobre pueden localizarse a pocos metros de la superficie junto con minerales secundarios. De ello se forman compuestos minerales donde la parte de mineral primario siempre es secundaria.

En el capítulo 7 veremos cómo este sulfuro afecta a las operaciones metalúrgicas en los diferentes asentamientos y como su uso accidental en el valle del Guadalentín está muy extendido.

#### **6.1.7. Hacia una cartografía química de los recursos de cobre**

Toda esta información nos permite una primera cartografía de la disponibilidad de re-

cursos minerales de cobre en el área de estudio (Fig. 6.10). En el mapa se advierte una distribución geográfica importante de las clases minerales que permite ya desde un principio un primer acercamiento regional a los recursos disponibles

En primer lugar observamos una concentración de mineralizaciones ricas en arsénico en toda la zona de Las Moreras-Lomo de Bas meridional. Esta zona se caracteriza porque todos los indicios analizados han aportado concentraciones significativas de arsénico. El perímetro de la distribución del arsénico está bien delimitado por el análisis de varias minas limítrofes sin arsénico o donde este aparece irregularmente en el Subgrupo "a". Entre estas tendríamos Balsicas al oeste, Mina Juanito al nordeste o Mina Cuproja al sudeste.

Las otras dos localizaciones con minerales de Clase 2 se encuentran aisladas entre indicios donde el arsénico es residual. Tal es el caso de Castillarejos (supra) y Cerro Minado.

De la zona de la sierra de Almagro solo se ha analizado Cerro Minado, pero disponemos de los estudios del IGME en la zona. En ellos se remarca que la mayor parte de indicios, y los de mayor entidad, se corresponden con minas de hierro. En algunas puede aparecer el cobre como mineralización secundaria (GEODE). También I. Montero (1994b, pp.91-5) prospectó y analizó varias de estas minas, como La Mina Los Tres Pacos o el Cortijo de los Guardas. En sus análisis de minerales de cobre de estas minas no documentó la presencia de arsénico y sí una fuerte concentración de hierro en los minerales.

En cuanto a las mineralizaciones polimetálicas de cobre-hierro se observa que están presentes en todas las zonas, también en las zonas con minerales de Clase 2. Además, son exclusivas de amplias áreas como toda la zona de El Cantal-sierra de Enmedio, La sierra del Algarrobo y la Torrecilla.

Finalmente tenemos unas pocas zonas donde el cobre no aparece asociado de forma frecuente al hierro. El caso más claro es la sierra de La Tercia (excepto Castillarejos y La Bastida). Otra zona sería el área septentrional de la sierra de Almenara con la Mina Las Tres Niñas, el Molino de Carrasquilla o La Casa Don Jimeno, allí es posible obtener minerales de los Clases 1 y 3. La misma situación encontramos en La sierra de Cartagena. Pese a tener analizados más minerales de clase 1, el hierro también es frecuente en los minerales.

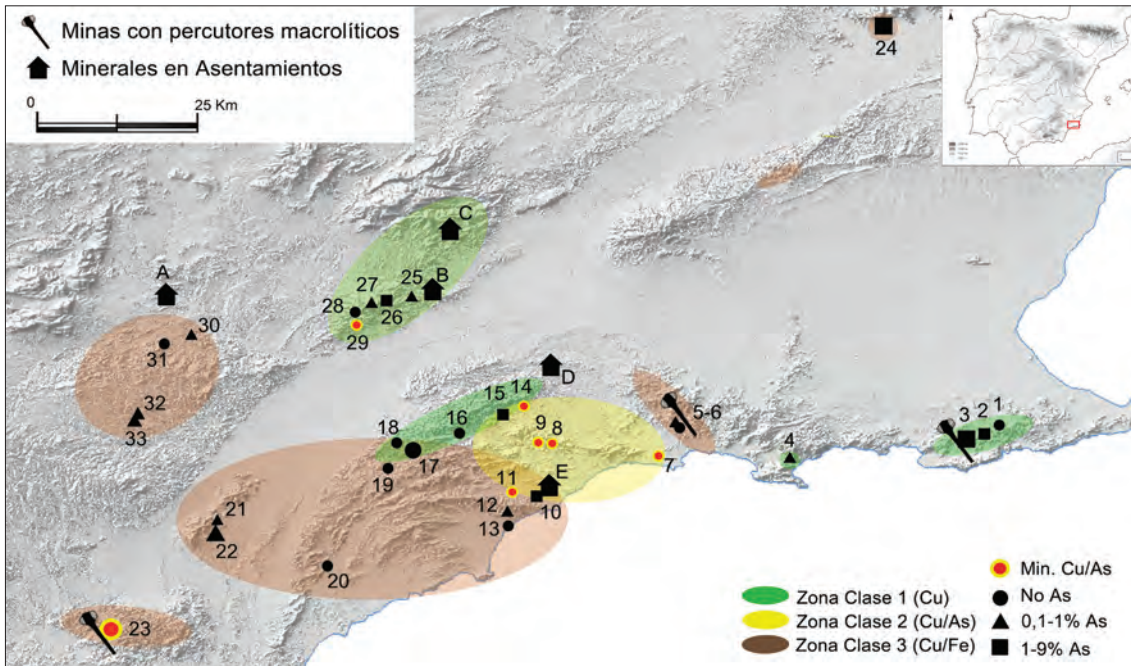
#### **6.1.8. Áreas potenciales de captación de los poblados**

Una vez realizada la lectura del mapa de mineralizaciones queda responder a la primera pregunta que planteábamos al inicio del capítulo:

*¿Las clases de mineral que encontramos en los poblados se corresponden con*



Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.



Subgrupos 3er nivel: No presencia de clase "2" Presencia de clase "2"

0 (No As) ● 1 (<10% Fe) ●  
 a (0,1-1% As) ▲ 2 (>10% Fe) ▲  
 A (1-9% As) ■

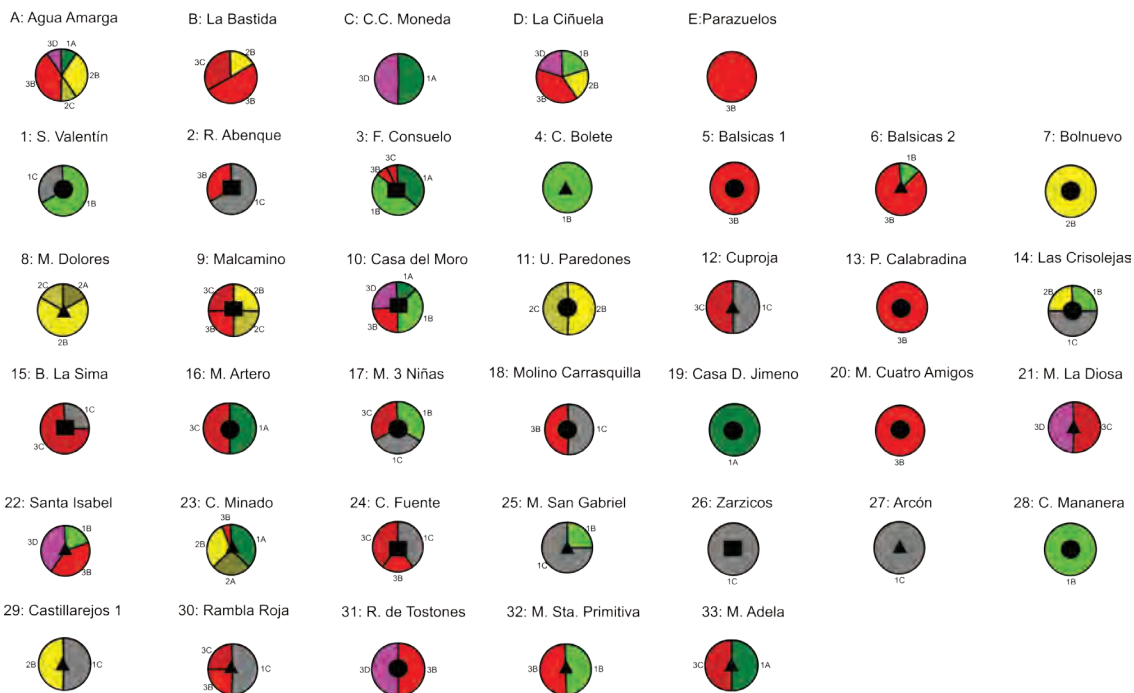


Figura 6.10. Distribución de las principales clases de minerales en el territorio prospectado. Los símbolos de mayor tamaño reflejan las minas de mayor envergadura. Se representa tanto el mapa de síntesis de dominios geoquímicos como la leyenda con la distribución de clases por indicio en la parte inferior. La numeración de uno y otro se corresponden y se puede tener de esta manera una información más precisa si se requiere. En los símbolos de los gráficos circulares se ha tenido en cuenta la presencia/ausencia de los valores reflejados en la leyenda, no los valores dominantes.

*una potencial minería local?*

La primera aproximación para establecer las potenciales áreas de abastecimiento es ver si los minerales presentan la misma distribución de Clases y Grupos entre minas y poblados<sup>316</sup> (Fig. 6.11 y Tab. 6.4).

La Clase 1 aparece en el 71 % de las minas pero solo en el 40 % de los poblados, perdiendo representación en los segundos. Cuando aparecen en los poblados lo hacen en su forma más rica en cobre, el Grupo 1A, que es el grupo menos abundante en las minas. Los Grupos 1B y 1C, que son muy abundantes en las mineralizaciones, apenas están representados en los contextos metalúrgicos.

La Clase 2 tiene el efecto contrario. Solo aparece en siete de las minas pero está en tres de los cinco poblados analizados. En éstos, el Grupo 2A desaparece y el Grupo 2B, de arseniatos y cobres grises, es el más abundante. El Grupo 2C, tanto en las minas como en los poblados, tiene una situación residual.

La Clase 3 aparece en 22 de las minas, un 65 % del total, y en todos los poblados. Vemos como en ambos casos los minerales del Grupo 3B son los más abundantes, tanto en minas como en poblados, con una ligera sobrerepresentación en éstos últimos.

Clase	Sitios donde aparece		% sobre el total	
	Minas	Poblados	Minas	Poblados
Clase 1	24	2	71%	40%
Clase 2	7	3	21%	60%
Clase 3	22	5	65%	100%
Grupo	Sitios donde aparece		% sobre total	
	Minas	Poblados	Minas	Poblados
Grupo 1A	6	2	18%	40%
Grupo 1B	11	1	33%	20%
Grupo 1C	14	0	42%	0%
Grupo 2A	2	0	6%	0%
Grupo 2B	8	3	24%	60%
Grupo 2C	3	1	9%	20%
Grupo 3B	16	4	48%	80%
Grupo 3C	9	1	27%	20%
Grupo 3D	5	2	15%	40%

Tabla 6.4. Comparación de la distribución de Clases a partir del número de minas/yacimientos en que aparece y el total de minas/yacimientos analizadas/os.

**Distribución Grupos por Minas      Distribución Grupos por Poblados**

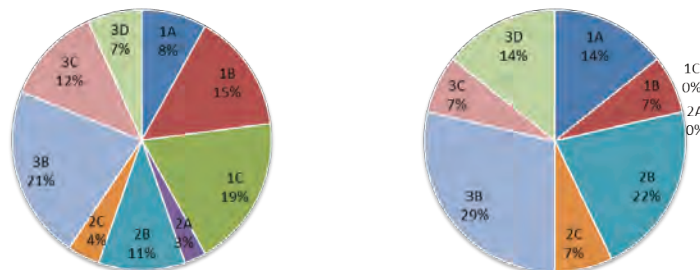


Figura 6.3. Gráfico de caja y bigotes de la composición de las tres clases de minerales. Se han omitido los valores atípicos y extremos.

316 Provisionalmente los 5 minerales superficiales recogidos de La Bastida aparecen clasificados como artesuos. El sexto, procedente de la veta que clasificado como circundato. Se ha tomado esta decisión para facilitar el trabajo conjunto de los minerales.

A tenor de esta primera aproximación podemos observar una distribución desigual. Sin olvidar que la diferente distribución registrada puede responder a las características del muestreo disponible para los poblados y no a la distribución real, vamos a ver la situación individual de cada uno de ellos respecto a las minas cercanas.

Agua Amarga y La Ciñuela, con un mayor número de análisis, son los que nos ofrecen respuestas más precisas. Por ello, serán los principales referentes del estudio.

**Parazuelos**, con solo dos minerales analizados ofrece una visión más restringida. La composición de ambos minerales se puede complementar con los análisis realizados por E. y L. Siret (1890b, p.270) sobre una muestra de ensayo del montón de 10 kg de minerales hallados por ellos en el sitio. Los resultados de sus análisis mostraron la utilización de un mineral polimetálico de cobre y hierro con impurezas de arsénico y sulfuro<sup>317</sup>. Su composición general encaja perfectamente con nuestros resultados y muestra que se trata de minerales del mismo Subgrupo. En nuestros análisis la concentración en cobre y arsénico es superior en los dos minerales analizados, seguramente debido a la concentración manual del mineral. Éstos se clasifican dentro del Subgrupo 3BA y la composición es consistente con los minerales de la zona inmediata al asentamiento, como la Casa del Moro.

En **Agua Amarga** algo más de la mitad de los minerales se corresponden a grupos que encontramos en las minas analizadas de la vecina sierra de La Torrecilla (subgrupos 1A0, 3B0, 3Ba, 3D0). Por el contrario un 40 % de los minerales del asentamiento son del Grupo 2B, completamente inédito en las sierras vecinas. Su quimismo tampoco coincide con los minerales de La Tercia.

En **La Ciñuela** encontramos representados los subgrupos con arsénico 1BA, 2B y 3BA y el subgrupo sin arsénico 3B0. Todas las mineralizaciones de la cercana sierra de Las Moreras tienen los subgrupos representados con arsénico. Esta zona se concreta como posible origen de gran parte de los minerales de La Ciñuela. Por otro lado, el subgrupo 3B0 está muy bien representado en Balsicas (Sierra del Algarrobo), y de forma más desigual en las minas de la zona de Carrasquilla. Todas ellas están en un radio de entre 10 y 20 km.

En **La Bastida** cuatro de los cinco minerales recogidos superficialmente son de Clase 3. Uno del Subgrupo 3Ca, otro del Subgrupo 3CA y dos del subgrupo 3B0. En este último subgrupo también encaja el fragmento de veta aflorante en el propio cerro. Esta primera clasificación nos permite sugerir la posibilidad de que al menos 3 de los minerales recogidos puedan ser circundatos del propio cerro (Subgrupos 3B0 y 3Ca), pero para definirlos debemos esperar a contrastar esta información con las impurezas.

Un último mineral es un arseniato del Grupo 2B. Su composición lo distingue del resto

---

317 Véase la tabla 5.2.

de minerales y también de los de las mineralizaciones más próximas de La Tercia o Espuña. A diferencia de este mineral de La Bastida, los minerales de Castillarejos de Clase 2 son ricos en hierro. Ello nos llevaría a considerarlo como un arteuso aislado. De momento no tenemos otros elementos arqueológicos que justifiquen su presencia en los niveles superficiales de la Zona 9 de La Bastida.

Las muestras del **Cerro de la Cueva de La Moneda** presentan un patrón químico algo diferente a lo que hemos estado observando. De las cuatro muestras, dos se ajustan al Grupo 1A (Subgrupos 1A0 y 1Aa) y otras dos al Subgrupo 3Da. En ningún caso la presencia de arsénico supera el 1 %. El mineral del Subgrupo 1A0 se identifica como un mineral masivo de tenorita con recrecimiento superficial de malaquita. Este tipo de mineral no es posible encontrarlo en ninguna de las mineralizaciones cercanas y desconocemos cual puede ser su origen. Los minerales del Subgrupo 3Da tienen que proceder de una mineralización muy rica en hierro, como las que encontramos en sierra de Enmedio o Lomo de Bas. Ni en sierra Espuña<sup>318</sup>, ni en La Tercia, conocemos minerales con los que puedan ponerse en relación.

En síntesis, vemos como, excepto Parazuelos, en el resto de poblados una parte de los minerales analizados no pueden proceder de las áreas metalogénicas más cercanas. Por otro lado, excepto en el Cerro de la Cueva de la Moneda (y sin valorar el caso de La Bastida) todos los poblados tienen minerales que podrían proceder de los depósitos inmediatos. Ello explicaría la mayor heterogeneidad de los Grupos en los poblados que en las minas, ya que a priori benefician tanto minerales cercanos como alóctonos.

En lo que se refiere a una la selección de minerales, se observa con claridad cómo se priorizan los minerales ricos en cobre, especialmente en las Clases 1 y 3. La baja representación de minerales de Clase 1 en los poblados a favor de las Clases 2 y 3 supone un giro a la interpretación más oportunista de la minería prehistórica, que sí pudo darse en poblados como Parazuelos. Aquí, tanto por nuestros análisis como por los de los hermanos Siret se aprecia una sola clase de mineral. Por el contrario, la clara selección de los arseniatos en el caso de Agua Amarga confirma una explotación de recursos dirigida y selectiva.

## **6.2. Estudio de los patrones de impurezas dominantes.**

Se ha trabajado con el cinc (Zn), el plomo (Pb), el cobalto (Co)<sup>319</sup>, el níquel (Ni), el bismuto (Bi), el antimonio (Sb), el mercurio (Hg) y la plata (Ag) como indicadores principales. El oro (Au) y el estaño (Sn) son muy poco frecuentes, en bajas concentraciones (>0,1

---

318 Las minas de Sierra Espuña no se analizaron en este trabajo por la baja calidad de los minerales. Sin embargo, contamos un análisis del PA (PA21926) que efectivamente muestra un cobre muy pobre sin apenas hierro (M. Renzi, com. pers.).

319 Debido a los problemas de cuantificación en los análisis de pFRX, el cobalto se usará en apoyo a otros elementos, excepto cuando éste supere el 1%.

%) y su presencia en un indicio no es regular. Se utilizarán como elemento de apoyo en caso de encontrar estos elementos en los minerales de los asentamientos. Las clases de los elementos principales las hemos utilizado como factores discriminantes.

El trabajo con las impurezas se ha dividido en tres partes. En primer lugar se ha realizado un acercamiento al patrón general de impurezas de cada mina y se ha cartografiado ese patrón para observar tendencias regionales, ya fuera en la presencia o en la ausencia de los elementos. Con ello, pretendíamos suplir la posibilidad de que en los poblados se hubieran aprovechado depósitos minerales no conservados en la actualidad, o no prospectados por desconocimiento.

Al hacer esta primera aproximación nos hemos percatado de que algunas minas presentaban patrones de impurezas que podían diferenciarse. Establecer una media genérica de todos los minerales difuminaba esa heterogeneidad. Ante ello, y con el interés de reducir el número de observaciones a comparar, se han agrupado estas asociaciones de impurezas. Una vez agrupadas se ha procedido al trabajo estadístico con el fin de identificar los patrones geoquímicos, o al menos, los más consistentes de cara al estudio en detalle.

Finalmente, se ha revisado la composición química de los minerales de los poblados y sus potenciales lugares de procedencia.

Cada uno de estos procedimientos será desarrollado en los siguientes apartados.

A partir de este apartado se utilizarán sistemáticamente los símbolos químicos para referirnos a un elemento.

### **6.2.1. Matrículas y cartografía de los patrones de impurezas**

Se han diseñado unas matrículas que permiten una visualización rápida del registro de impurezas de cada indicio con el fin de poder comparar singularidades y observar patrones regionales (Tab. 6.5).

Las matrículas ofrecen distintos niveles de información:

- » las principales impurezas aparecen en primer lugar. Estas pueden estar separadas por el símbolo ">", que indica que un elemento tiene una mayor concentración que el otro, o bien por una coma, que indica que dos o más elementos aparecen en concentraciones del mismo orden de magnitud<sup>320</sup>.
- » Cuando el símbolo del elemento aparece entre paréntesis revela que se presenta habitualmente por debajo del 0,1 %. La ausencia de paréntesis indica que su con-

---

320 Para las impurezas se han establecido tres rangos, menos de 0,1% (1000 ppm), entre 0,1% y 1% (10.000 ppm) y más del 1%. La conversión entre porcentaje y ppm se establece en 1 ppm= 0,0001%/ 1.000.000 ppm=100%.

centración acostumbra a superar ese valor.

- » Cuando el símbolo del elemento va precedido de un asterisco indica que, de forma esporádica, puede presentarse por encima del 0,1 % aunque lo habitual es que esté por debajo de este valor.
- » Cuando el símbolo del elemento aparece tachado nos dice que esa impureza no ha sido detectada en nuestros análisis.
- » Cuando no se menciona el símbolo de un elemento indica que aparece irregularmente en niveles cercanos a los límites de detección del equipo y en consecuencia no es un indicador fiable.

Si cartografiamos la información genérica de las matrículas de las diferentes minas no se configura un mapa tan claro como sucedía con las Clases de sustancias principales (Fig. 6.12). Se han presentado conjuntamente aquellas coincidencias entre minas que pueden dar una idea más global de los patrones dominantes.

Podemos destacar algunos aspectos regionales importantes.

El Cerro de la Fuente presenta concentraciones muy bajas de impurezas. Empiezan a aparecer esporádicamente en el orden de las 100 ppm. Su aparición es irregular debido a que las concentraciones aparecen cercanas a los límites de detección de los equipos.

En la Tercia se encuentra una situación bastante heterogénea con la única presencia constante de Zn entre las 1000 ppm y las 8000 ppm. El Pb también está presente en algunas minas y cuando aparece es más regular que el Zn. Zarzicos 4 y Castillarejos son las únicas minas donde no se detecta Pb, quizás en relación con una mayor presencia de As. Otras impurezas como Sb o Hg solo aparecen en Castillarejos, en la misma proporción que Zn.

Probablemente es en la sierra de La Torrecilla donde más notables son las variaciones. Rincón de Tostones presenta impurezas de Pb del orden del 5 % y de Sb en el 3 %. La tercera impureza que se detecta es el Ni, pero ya en las 1000 ppm, seguida del Zn cerca de los límites de detección, en las 100 ppm. En Rambla Roja, la única impureza que aparece en todas las muestras es Zn entre 1000 y las 5000 ppm. El Pb, que en la mayoría de muestras está en las 100 ppm, llega al 2 % en una de ellas (RR02). En las minas de Merzu S.A. (Mina Adela y Santa Primitiva) únicamente hay impurezas esporádicas de As.

Las impurezas de Cerro Minado son bastante diferenciables en el área analizada. Sus minerales siguen un patrón bastante regular de Zn>Ni>Co>Sb pero incluso así puede presentar variaciones importantes. Por ejemplo, una muestra de la escombrera norte (CM14, Subgrupo 2B2) solo tiene Sb, Ag y Zn como impurezas, sin que se detecte Ni y Co que son las señas geoquímicas más identificativas de la mina.

Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.

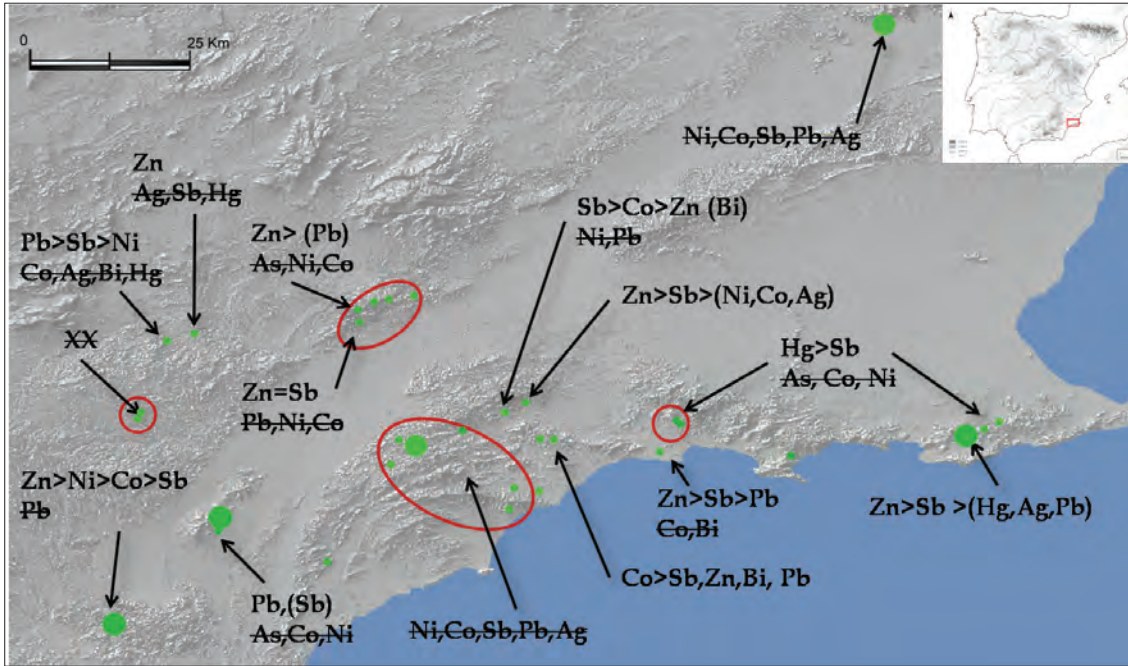


Figura 6.12. Mapa con la distribución de los campos de impurezas principales.

Mina	Sigla	Sierra	Grupo	Subgrupo	Matrícula
Cerro de la Fuente (n=5)	CF	Orhuela	1C/3B-C	0-a-A	(Bi), *Zn/Co, Ni, Sb, Pb, Ag
San Gabriel (n=2)	SG	Tercia	1B-1C	a	Zn, (Pb), (Bi)/Co, Ni, Sb
Arcón (n=1)	AR	Tercia	1C	0	/Co, Ni, Pb, Ag
Casa Manzanera (n=1)	CZ	Tercia	1B	0	Zn > Co/As, Ni, Sb, Bi
Castillarejos 1 (n=2)	CT1	Tercia	1C/2B	A	Zn > Sb > (Bi)/Co, Ni, Pb
Zarzicos 1 (n=2)	Z1	Tercia	1C	a	/Co, Ni, Sb, Bi, Ag
Zarzicos 4 (n=2)	Z4	Tercia	1C	a-A	*Zn, *Hg, (Sb)/Co, Ni, Ag, Sn, Pb, Au
La Bastida veta (n=1)	BA	Tercia	3B	0	(Pb), (Bi)/As, Co, Ni, Sb, Hg, Zn, Ag, Sn, Au
Rambla Roja (n=4)	RR	Torrecilla	1C/3B-C	0-a	Zn, *Pb > *Co/Ag, Sb, Hg, Au
Rincón de Tostones (n=2)	TT	Torrecilla	3B-D	0	Pb > Sb > Ni > (Zn), (Sn)/Co, Ag, Bi, Hg, Au
Santa Primitiva (n=2)	SP	Torrecilla	1B/3B	0-a	/As, Ni, Zn, Ag, Sb, Hg, Sn, Au
Cerro Minado (n=17)	CM	Almagro	1A/2A-B/3B	a-A	Zn > Ni > Co > Sb > Ag/Pb, Au
Adela (n=2)	MA	Torrecilla	1A/3C	0-a	/As, Co, Ni, Sb, Pb, Ag
La Diosa (n=2)	MD	Enmedio	3C-D	a	Sb > Zn, Pb > (Ni), (Bi)/Co, Ag, Au
Santa Isabel (n=5)	SI	Enmedio	1B/3A-D	0-a	Pb, (Sb), (Bi)/As, Co, Ni, Ag, Sn, Au
Cuatro Amigos (n=2)	CA	Carrasquilla	3B	0	*Pb, *Zn > (Bi)/As, Co, Ni, Hg, Au
Casa de Don Jimeno (n=1)	DJ	Carrasquilla	1A	0	Fe > (Zn)/As, Co, Ni, Sb, Bi, Hg, Pb, Au
Molino Carrasquilla (n=2)	ML	Carrasquilla	1C/3B	0	(Zn), (Sb), (Bi), (Pb)/As, Ag, Hg, Au
Las Tres Niñas (n=3)	TN	Carrasquilla	1B-C/3C	0	*Zn, *Co/As, Ni, Sb, Bi, Pb, Ag
Juanito (n=2)	MJ	Carrasquilla	1A/3C	0	As, Co, Sb, Bi, Pb, Ag, Hg, Sn, Au
Cuproja (n=2)	CT	Lomo de Bas	1C/3C	a	(Sn)/Co, Ni, Sb, Ag
Umbria de Ramonete (n=2)	UP	Lomo de Bas	2B-C	a	Sb > (Ni), (Zn), (Bi), (Hg)/Co, Ag, Sn, Pb, Au
Casa del Moro (n=7)	MO	Lomo de Bas	1A-B/3B-D	0-a-A	*Pb, *Bi/Co, Ni, Ag
Playa de Calabardina (n=1)	PC	Lomo de Bas	3B	0	(Zn), (Pb)/As, Co, Ni, Ag, Sb, Hg, Sn, Au
Bolnuevo (n=2)	BL	Moreras	2B	a	Zn > Sb > Pb > Hg/Co, Bi
Barranco Malcamino (n=4)	BM	Moreras	2B-C/3B-C	A	Sb > Zn > Hg > *Bi > *Pb > (Ni)/Co, Au
Dolores (n=6)	DL	Moreras	2A-B-C	a	Co > Sb, Zn, Bi, Pb/Hg, Sn, Au
Las Crisolejas (n=4)	CJ	Almenara	1B-C/2B	a-A	Zn > Ni, *Sb, *Co/Sn, Au
Barranco de la Sima (n=4)	BR	Almenara	3C	A	Sb > Co > Zn, *Bi/Ni, Pb, Ag
Collado Bolete (n=2)	CL	Cartagena	1B	a	(Zn)/Co, Ni, Hg, Ag, Pb, Au
Balsicas (n=13)	BL1-2	Algarrobo	3B	0-a	Hg > Sb, Bi, (Ag, *Au)/As, Co, Ni, Pb
Corta San Valentín (n=3)	SV	Cartagena	1B-1C	0	Zn > Pb > (Sb), (Sn), (Ag)/As, Co, Ni, Bi, Hg, Au
Rambla del Abenque (n=3)	RA	Cartagena	1C-3B	0-A	Hg > Sb > Zn > Bi/Co, Ni, Pb, Ag
Filón Consuelo (n=14)	FC	Cartagena	1A-B/3B-C	a-A	Zn > Sb > (Hg, Pb, Ag, Ni, Co, Bi)/Au

Tabla 6.5. Tabla con las matrículas propuestas para la visualización de las impurezas. Notas: (X), presente pero por debajo del 0,1%; Con \*, cuando está en alguna muestra por encima del 0,1% pero no es habitual; Tachado no se detecta en ningún análisis; cuando no se nombra un elemento se debe a que aparece irregularmente por debajo de 0,05%.

En la sierra de Enmedio, los dos indicios analizados también muestran diferencias entre sí. Mientras la Mina La Diosa, con minerales del Subgrupo "a", presenta impurezas en Sb, Zn y Pb por encima de los 1000 ppm, en Santa Isabel, sin arsénico solo el plomo se encuentra en estas concentraciones. En ninguna de las dos minas el conjunto de impurezas supera el 1 %.

El patrón de toda la zona de la Carrasquilla y el Cantal, en Almenara Occidental, se caracteriza por la presencia irregular y en bajas concentraciones de impurezas.

En casi todas las minas de la zona de Las Moreras y Cartagena el antimonio es el elemento más frecuente y se configura como demarcador regional. Sus concentraciones pueden ser muy elevadas pero también variables dentro de un mismo indicio. Un ejemplo lo vemos en la Calicata Dolores donde la variación va de 0,01 a 2 % (Sb). En esta mina, a veces la concentración de Sb es igualada o superada por el Co (rango de 0,1 a 6 % Co). En otras minas como en Bolnuevo es el Zn la impureza dominante por encima de Sb (m= 0,8 % Zn vs 0,4 % Sb). Lo mismo sucede en el Filón Consuelo (m= 0,8 % Zn vs 0,3 % Sb). Normalmente estos otros elementos son más locales pero a la vez más regulares en cada indicio. Por el contrario, la presencia de Sb por encima del 1 % es posible en todos ellos. Las concentraciones varían de una mina a otra, pero en algunas minas (Barranco Malcamino y Balsicas) el Sb puede tener una concentración de hasta un 5 %<sup>321</sup>. En Balsicas (Algarrobo), Sb aparece casi siempre por debajo de Hg (rango de 0,5-13 % Hg). En la Rambla del Abenque, Hg y Sb pueden aparecer con una concentración similar de entre 1 y el 1,5 % de Sb y Hg.

En síntesis, vemos como estas matrículas nos son bastante útiles en el momento que definen que elementos y que concentraciones de impurezas pueden darse en una zona. Pese a que las impurezas puedan variar de una mina a la más cercana, tienden a compartir ciertos parámetros que nos pueden ser de ayuda. En muchos casos, gracias a ellos podremos discriminar si es posible la relación de los minerales de los poblados con las minas más cercanas.

### **6.2.2. Aproximación estadística**

Se han identificado la heterogeneidad interna que puede darse en una misma mineralización y se han agrupado los minerales homogéneos entre sí. Para hacer esta agrupación nos hemos basado en las variaciones detectadas al realizar las matrículas, por lo que se sustentan en los mismos parámetros. Estos son la ordenación de los elementos según su concentración, la constancia en la concentración de un elemento en base al orden de magnitud en que aparece y la ausencia o presencia de un elemento.

Para hacer esta clasificación también se ha tenido en cuenta la naturaleza de cada

---

<sup>321</sup> Estas concentraciones sugieren la presencia de cobres grises en la variedad de tetraedritas, aunque no han sido detectadas en la difracción de rayos-X.



elemento. Así, para elementos como As, Sb o Zn se admite una mayor variabilidad que para Ni o Pb.

También se han considerado las limitaciones de la técnica reflejadas en el apartado metodológico. Elementos como Co o Bi se han valorado independientemente.

El mismo trabajo de agrupación realizado para cada mina se ha llevado a cabo para los minerales de los asentamientos.

En total se han contemplado 72 agrupaciones que reflejan la diversidad tanto de poblados como de minas. Estas agrupaciones se han identificado mediante la sigla del lugar de procedencia seguido de una "G" y un número consecutivo. Al final, y entre paréntesis, se identifica el número de muestras que componen la agrupación. Cuando un mineral no podía agruparse con otros se ha suprimido la referencia a la agrupación ("G") dejando la sigla identificativa del mineral.

Una vez obtenidos los grupos se han calculado las medias para realizar el trabajo estadístico del que se ha servido la estadística exploratoria multivariante<sup>322</sup>.

Como primera aproximación se ha realizado un dendrograma conjunto del global de los minerales (Fig. 6.13). En esta primera aproximación se ha visto como el clúster agrupaba bastante bien los indicios con mayor concentración de impurezas, pero no así con aquellos indicios con bajas impurezas. En estos últimos mezclaba muestras con presencia o ausencia de diferentes elementos. También se observa claramente como los minerales ricos en arsénico concentran un mayor contenido en impurezas. Por otro lado, algunas minas sin arsénico como Rincón de Tostones, San Valentín o Balsicas también tienen un fuerte contenido en impurezas, rompiendo la dinámica general y permitiendo su clas.

Dada la poca fiabilidad de los resultados en lecturas de concentraciones muy bajas, se ha procedido a repetir el mismo test excluyendo los minerales del Subgrupo 0 (Fig. 6.14). Además, en este caso se ha incluido el Subgrupo como una variable más para que actuara como factor discriminante. Los resultados muestran algunas relaciones interesantes. El dendrograma se divide en dos ramas principales. A la izquierda se encajan los valores altos en Ag, Co, Bi, Ni y As, mientras que a la derecha se agrupan los valores elevados de Pb, Hg, Sb, Zn y Sn.

Respecto a los minerales agrupados a la izquierda del gráfico muestran una mayor variabilidad, pero también una mayor distancia entre los minerales de un indicio a otro. Ello

---

322 Para el trabajo multivariante se han utilizado todas las impurezas a excepción de Au que únicamente se detecta en dos agrupaciones de minas. Se ha trabajado con datos estandarizados. La estandarización de los datos se utiliza en estadística multivariante para igualar el peso estadístico de las diferentes variables. Para ello la media de cada variable se convierte en 0 y se da una unidad a la desviación estándar (en positivo y negativo).

Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.

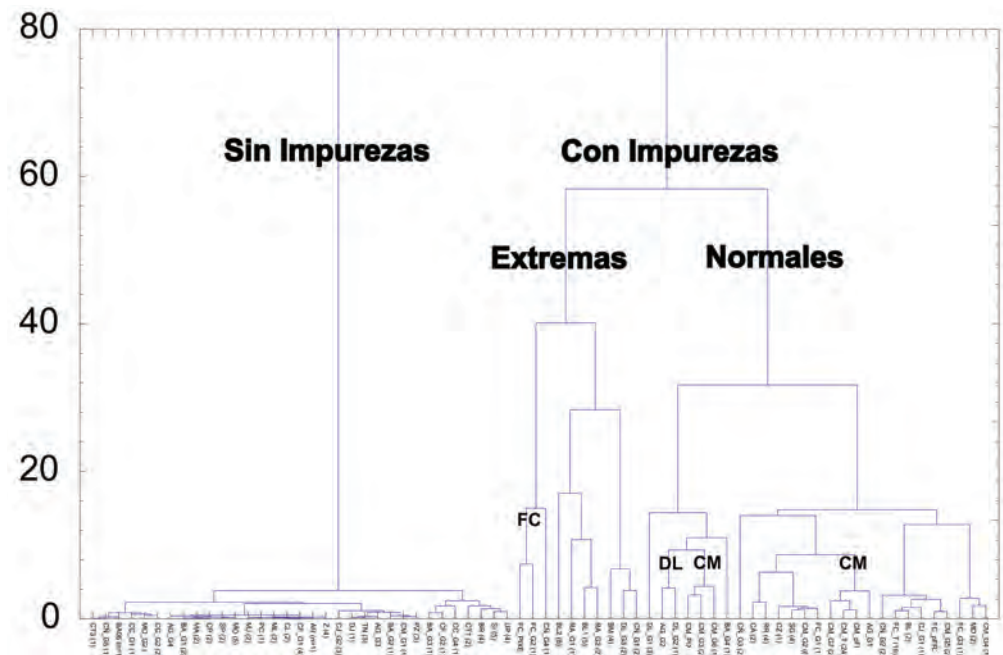


Figura 6.13. Dendrograma clasificadorio que comprende el conjunto de agrupaciones (Método de Ward/ Distancias euclidianas)..

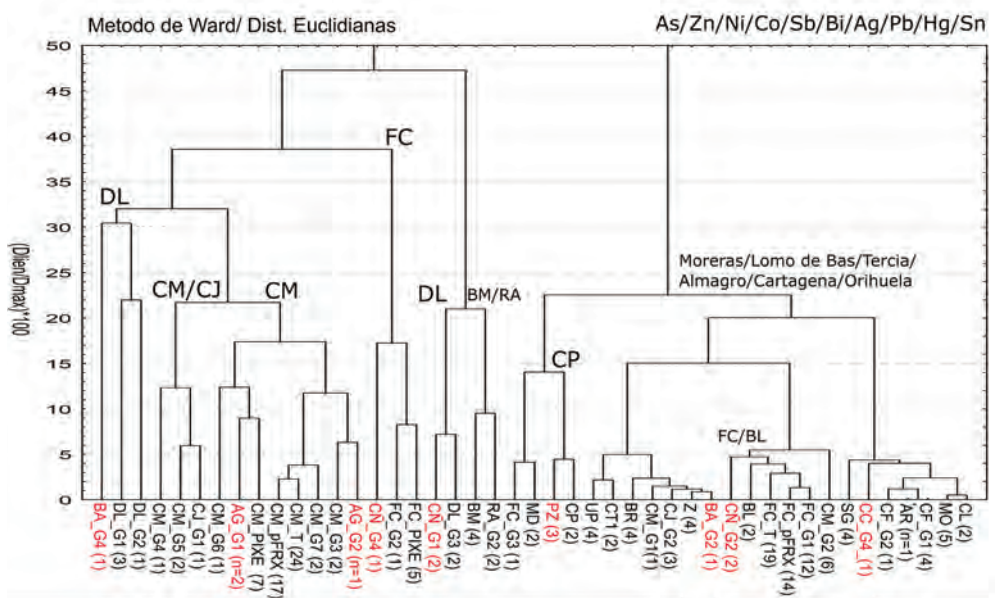


Figura 6.14. Dendrograma de los grupos con más del 0,1% en arsénico. En rojo se identifican los minerales procedentes de poblados.

permite que las agrupaciones que puedan darse tengan menos riesgo de verse influidas por la imprecisión del equipo o por la heterogeneidad del mineral. Así vemos como se diferencian a gran distancia los minerales de Calicata Dolores, respecto a Cerro Minado y Filón Consuelo. Únicamente una de las agrupaciones de las Crisolejas se asocia con una rama de Cerro Minado, pudiendo confundirse. En esta primera rama encontramos algunos de los minerales procedentes de poblados. En primer lugar BA\_G4, que es el arseniato procedente de la Bastida, está a mucha distancia de cualquier otro indicio, siendo la agrupación más cercana de la Calicata Dolores. Esta distancia probablemente significa que no puede relacionarse con ninguno de los indicios analizados. Los minerales arsenicales de Agua Amarga (AG\_G1 y AG\_G2) parecen ser consistentes con la composición de Cerro Minado, bastante bien diferenciada de las demás en sus diferentes grupos. Por otro lado, CÑ\_G1 (La Ciñuela) es consistente con las impurezas de DL\_G3 (Calicata Dolores), si bien no se pueden descartar agrupaciones del Barranco Malcamino, muy cercana a éstas o la Rambla del Abenque, ya en Cartagena. En cuanto al mineral que compone la agrupación CÑ\_G4 la distancia que lo separa de Filón Consuelo hace poco consistente la asociación siendo, no obstante, la única con que puede relacionarse.

A la derecha del gráfico vemos asociaciones a menor distancia. Esto se debe a una menor diferencia entre algunos elementos como el Sb o el Zn y por una menor cantidad de impurezas en general. Incluso a distancias muy cortas vemos como se agrupan minas de diferentes zonas, por lo que algunas asociaciones serán poco diagnósticas. En esta zona, de las cinco ramas que vemos a partir de la distancia 10, solo en dos podemos definir cierta fiabilidad en las asociaciones con minerales de poblados. La primera agrupa el mineral de Parazuelos con el de la cercana mina de la Cuproja, con la que comparte impurezas de estaño. La segunda agrupación aceptable es la que vemos de CÑ\_G2 con las minas de Filón Consuelo o Bolnuevo, pese a que también hay un grupo de Cerro Minado que interviene y podría ponerse en relación. En los grupos donde están las agrupaciones de CC\_G4 y BA\_G2 la diversidad de zonas situadas por debajo de 5 puntos de distancia no permite darles validez.

Se han hecho varias pruebas de Análisis de Componentes Principales, tanto trabajando conjuntamente minerales arsenicados y sin arsénico, como éstos últimos de forma independiente. Para las agrupaciones de minerales con valores muy bajos en impurezas el riesgo de que los límites de detección de los equipos utilizados oculten información relevante es muy elevado. También lo es el propio margen de error del equipo, que se incrementa cuando menor es la concentración detectada.

Para los valores más elevados y en ciertas minas se consigue una correcta discriminación, aunque la explicación de la varianza del conjunto es inferior o cercana al 50 % (Fig. 6.15). En síntesis, la información aportada por el PCA no mejora o define lo que ya se desprendía del dendrograma, el cual resulta de más utilidad a la hora de establecer posibles relaciones.

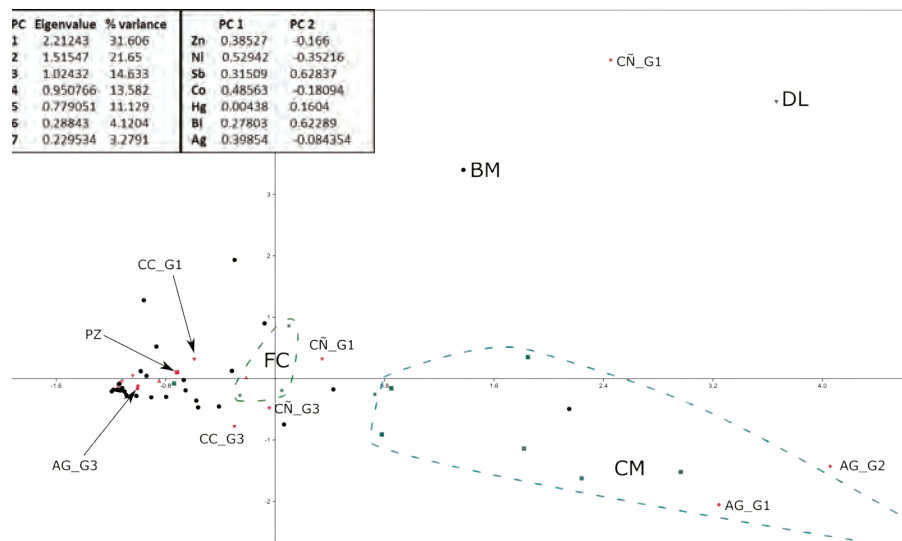


Figura 6.15. Análisis de Componentes Principales para Zn/Ni/Co/Bi/Sb/Ag/Pb (Se han excluido las observaciones con valores extremos).

### 6.2.3. Evaluación detallada del registro de los poblados

Para el estudio comparativo de las trazas incorporamos algunas muestras analizadas solamente en PIXE. La comparación entre PIXE y pFRX es útil pero como hemos visto en el capítulo 2 debe hacerse con cautela. Por ello se especificará cuando una muestra haya sido analizada mediante PIXE. Dado que los análisis de minerales PIXE utilizados son menos que los de pFRX se ha aplicado el factor de corrección del arsénico sobre el PIXE.

#### 6.2.3.1. Parazuelos

De este asentamiento solo tenemos dos minerales analizados, uno de ellos tanto en PIXE como en pFRX. Ambos se corresponden a un mismo tipo de mineral rico en cobre y hierro y con presencia de arsénico por encima del 1 %. Estos resultados se complementan con el análisis de la muestra de ensayo sobre 10 kg realizada por L. Siret (1890b, p.270). Parazuelos rompe la dinámica de la heterogeneidad de los asentamientos que veremos a continuación. Desconocemos hasta qué punto la homogeneidad que se observa en su composición se debe a las pocas muestras analizadas o quizás pueda atribuirse a la tradición arqueológica del asentamiento<sup>323</sup>.

Ambos también se presentan sin apenas impurezas y las que se detectan lo hacen muy cerca de los límites de detección del equipo (Fig. 6.16). Los dos análisis de pFRX coinciden en detectar la presencia de antimonio, bismuto y trazas de estaño. Trazas de plomo se detectan en una de las muestras y trazas de plata en la otra. La ganga no férrica es poco importante en relación a las cantidades de cobre y hierro.

323 Con materiales predominantemente arcaicos dentro del Calcolítico Pleno.

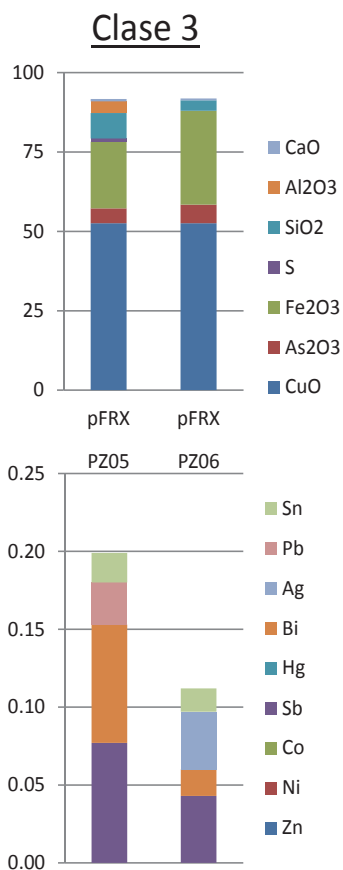


Figura 6.16. Gráfico de barras de la composición química de los minerales de Parazuelos.

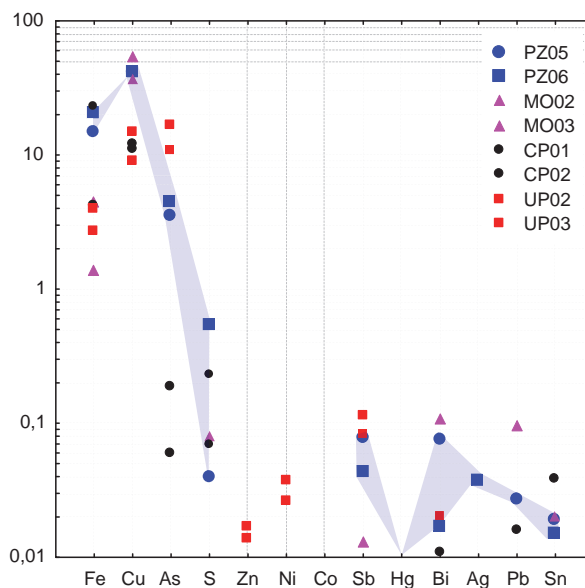


Figura 6.17. Gráfico comparativo de la composición de Parazuelos con las mineralizaciones cercanas de Casa del Moro (MO), Mina Cuproja (CP) y Umbría de Ramonete (UP).

Tanto por las observaciones de L. Siret, como por el dendrograma y el PCA, se sugería que el mineral de Parazuelos tendría un origen local. La composición de algunas de ellas se ha representado junto a los minerales de Parazuelos en la figura

6.17. Casa de los Moro es la explotación de cobre más cercana, también es la que, por componentes base e impurezas detectadas, podría corresponderse con los minerales de Parazuelos. Al igual que Parazuelos, y junto a la Cuproja, también aparecen trazas de estaño en varios de sus minerales. En cuanto a las trazas, la Casa del Moro comparte la baja concentración trazas con la presencia de Sb, Bi en algunos minerales. Sin embargo, la presencia de arsénico no es regular y de los minerales analizados ninguno alcanza los valores que vemos en Parazuelos.

Por otro lado, conviene recordar lo visto durante las prospecciones. La morfología del mineral, de tipo stockwork con inclusiones de calcopirita, no coincide con la mineralogía de los pequeños indicios como la Casa del Moro y, en cambio, podría corresponderse con el gossan de un indicio de hierro de mayor tamaño enriquecido en cobre.

Podemos concluir que el mineral de Parazuelos tiene un origen local y probablemente muy cercano al poblado. Faltaría por ver si es posible que proceda de algunas de las minas de hierro que no se han prospectado de la zona.

### 6.2.3.2. Agua Amarga

Ya hemos visto como en Agua Amarga tenemos tres clases de mineral diferente. En un segundo momento, conjugando las clases con las impurezas, se han identificado cuatro agrupaciones. En el gráfico de barras acumulativo de la figura 6.18 se aprecian las diferencias entre las tres Clases en la parte superior. Vemos como las diferencias no solo afectan a la fracción metálica del mineral, sino también a la ganga que le acompaña y que nos sirve para identificar la roca encajante original.

En líneas generales AG08 de la Clase 1 y los minerales de la Clase 3 forman un paquete homogéneo con ausencia de impurezas y la presencia de SiO<sub>2</sub> y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> como ganga principal<sup>324</sup>. Veremos primero los arseniatos y después estudiaremos conjuntamente el resto.

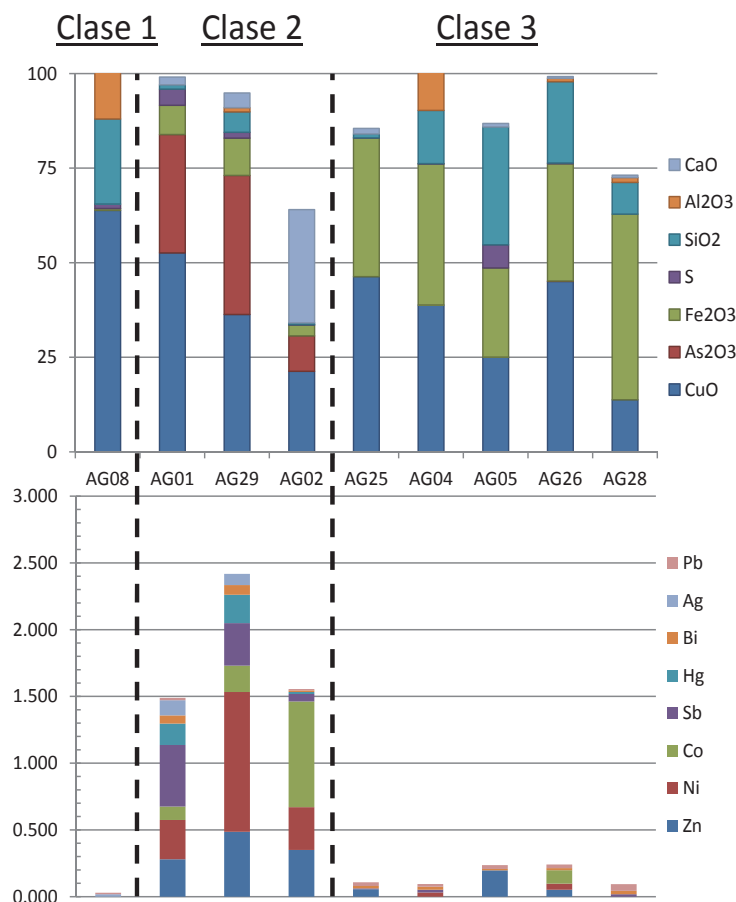


Figura 6.18. Composición de los minerales de Agua Amarga. Todos los resultados obtenidos a partir de análisis con pFRX.

324 Los análisis de las muestras AG25, AG26, AG28 y AG29 proceden de la serie tres de análisis en pFRX. Para las muestras AG26 y AG29 se disponía de sendos análisis en PIXE. Los valores de SiO<sub>2</sub>, CaO y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> de AG26 y AG29 reflejan los resultados del análisis en PIXE. Asumimos que para AG25 y AG28 los elementos ligeros están subestimados aunque permiten observar la ausencia o presencia de los óxidos representados.

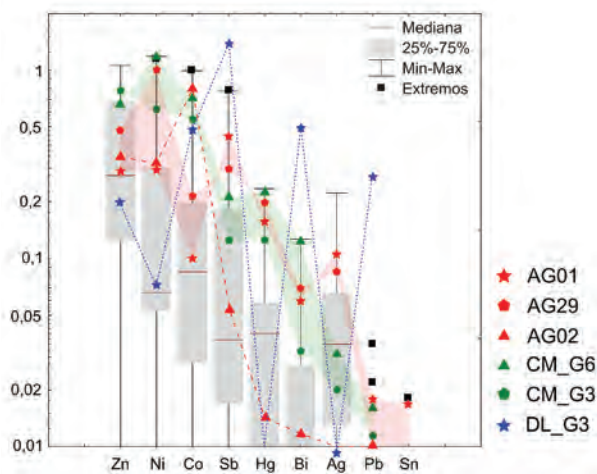


Figura 6.19. Gráfico de cajas a escala logarítmica de las impurezas globales de Cerro Minado. Se ha representado los minerales de Agua Amarga (en rojo), las medias de las agrupaciones de Cerro Minado más similares (en verde) y la agrupación de Calicata Dolores que más se aproxima por la concentración de cobalto (en azul). Se ha sombreado el espacio entre las dos agrupaciones de Cerro Minado (verde) y AG01 y AG29 (rojo) para establecer un área intermedia de referencia. AG02 sigue un patrón diferente al resto de minerales de Agua Amarga y se marca con línea discontinua.

Los minerales de Clase 2 de Agua Amarga se definen por su poco Fe, ganga principal de CaO y una concentración de impurezas mucho más elevada que el resto. En base tanto a la cantidad de cobre y arsénico que presentan, como al patrón de impurezas, se han definido dos agrupaciones. El grupo AG\_G1 lo integran AG01 y AG29. Su composición química refleja una tendencia común tanto en los componentes de base, como en impurezas. Presenta tres rangos de impurezas. Por encima del 0,1 % en Ni, Zn, Sb, Co y Hg, por debajo del 0,1 % en Bi y Ag y en valores cercanos a las 100 ppm de y de forma irregular de Pb y Sn. El dendrograma asociaba este grupo con la mineralización de Cerro Minado y comprobamos como efectivamente en esta mina encontramos minerales con un patrón de impurezas bastante similar (Fig. 6.19).

AG02 sigue un patrón diferente. Vuelve a ser un arseniato, en este caso en el límite inferior del Grupo 2B. Tiene menos cobre, arsénico y hierro que los anteriores y la ganga vuelve a estar dominada por CaO. En las impurezas domina claramente el Co sobre Zn y Ni, todos entre el 0,1 y el 1 %. También tiene trazas de Sb, Hg, Bi y Pb en este orden entre el 0,1 y el 0,01 %. Pese a que la asociación de este mineral con Cerro Minado no es descartable, la relación  $Co > Ni > Sb$  que presenta no la encontramos en las muestras de esta mina. Otra posibilidad sería la Calicata Dolores, más rica en Co que Cerro Minado, pero tampoco en este caso parece probable dada la poca concentración de Ni y Zn y especialmente las diferencias en Bi y Pb que se dan entre ambos registros.

Para discernir su posible procedencia, se ha representado en un gráfico binario la relación Co-Ni de los tres arseniats de Agua Amarga, frente a Cerro Minado y Calicata Dolores (Fig. 6.20). En él se aprecia claramente como AG02 queda alejado de las tendencias de ambas minas. AG29, aún sin mostrar una plena incorporación a la tendencia de Cerro Minado sí es más posible, mientras que AG01 parece que se integra bien dentro del abanico que marcan los minerales de Cerro Minado.

Si Cerro Minado es el origen más consistente de los arseniats de Agua Amarga, con los datos actuales no se puede descartar otra procedencia desconocida. Se conoce la exis-

tencia de cobres grises en la zona de Vélez Rubio. Por la cantidad de Co que se detecta, es muy probable que AG02 proceda de algún otro indicio no prospectado donde también se haya explotado esta sustancia. El extremo oeste de la sierra de las Estancias es rico en minerales Cu-Co, y en algún caso con Cu-Co-Ni<sup>325</sup>. En la Mina de Don Jacobo (Oria, Almería) se ha registrado la presencia de conicalcita<sup>326</sup>. Estas minas, externas a nuestra prospección, están a la misma distancia de Agua Amarga que Cerro Minado. La comunicación por el corredor Cúllar-Chirivel sería más directa que ir a Cerro Minado por el Guadalentín.

La tercera agrupación de minerales de Agua Amarga la forma solo AG26. Se ha separado porque tiene trazas de As (0,1 %) y una concentración diferente en Zn-Ni-Co del resto de minerales de Clase 3. En el dendrograma general<sup>327</sup> aparecía en la amalgama de minerales sin impurezas junto con minerales de varias procedencias. Entre estos volvemos a encontrar una de las agrupaciones de Cerro Minado (CM\_G1), que refleja los minerales ferrocupríferos de la ladera sur. También los minerales de la inmediata Rambla Roja presentan una composición química similar. Se han representado las composiciones de los tres registros (Fig. 6.21). La comparación es poco conclusiva por el bajo contenido de impurezas, cercano a los límites de detección. La consistencia parece darse mejor con Rambla Roja ya que ambos registros comparten un patrón más similar de presencias/ausencias, más allá de la propia cuantificación. Pese a tener concentraciones de Zn más similares con Cerro Minado, en este también

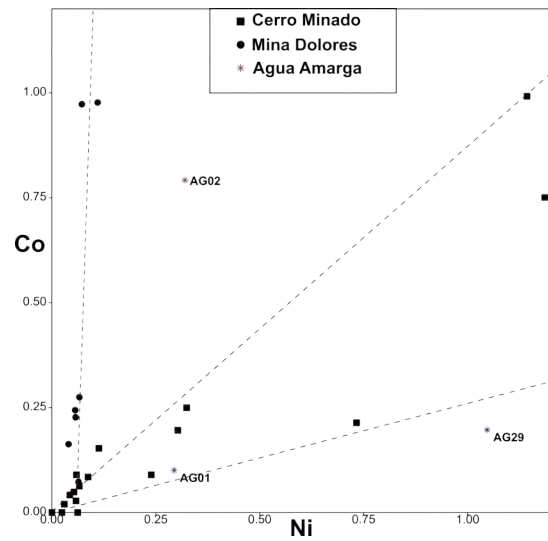


Figura 6.20. Gráfico binario donde se muestra la relación Co-Ni de los minerales de Agua Amarga versus Mina Dolores y Cerro Minado.

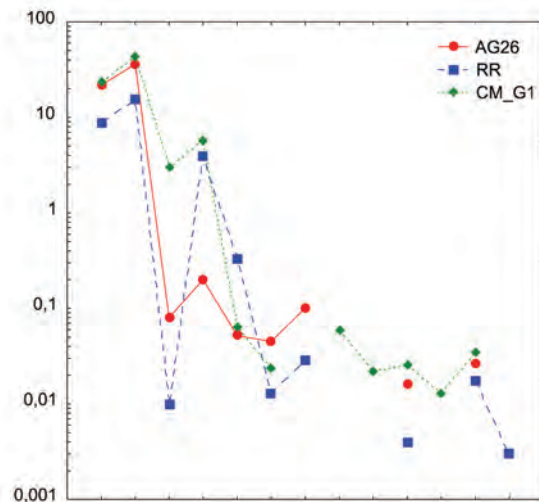


Figura 6.21. Comparativa de los valores de impurezas a escala logarítmica entre AG26, Rambla Roja y la agrupación de Cerro Minado CM\_G1. Los puntos ausentes se deben a que el elemento no ha sido detectado.

325 Mina de Lobulli, Mina de Don Jacobo, Minas del Cañarico (estas tres se encuentran juntas), Barranco de Aix, Cerro de la Roza, Cortijo del Fraile, (Rubio Navas 2003, pp.166-8).

326 <http://gr-mulhacen.foroactivo.com/t16-mina-de-don-jacobo-mina-lobulli-y-mina-canarico-oria-almeria>

327 Véase figura 6.13



se detecta Sb, Hg y Ag que no aparecen en Agua Amarga ni en Rambla Roja. Por el contrario en esta agrupación de Cerro Minado no se detecta Co, que es una de las impurezas principales de AG26. En síntesis, no se puede descartar ninguno de los dos indicios, pero AG26 es más consistente con la mineralización local de Rambla Roja que con los minerales de Cerro Minado.

La cuarta agrupación de Agua Amarga completa el registro con los minerales de las Clases 1 y 3. En este último grupo se aprecia una mayor heterogeneidad entre las impurezas, probablemente debido a sus bajas concentraciones. Las únicas constantes son la detección de plomo y bismuto en la mayoría de minerales, unas impurezas compartidas con varios indicios de La Torrecilla. AG05 con un 0,2 % de Zn podría permitir un posible acercamiento con la mineralización de Rambla Roja, que acabamos de constatar como probable para la agrupación anterior. En todo caso vemos como el tipo de mineralización, incluso la presencia de sulfuros entre los minerales polimetálicos de cobre-hierro, hacen muy posible que esta clase de minerales se extrajeran de alguno de los afloramientos de cobre de la zona. Para poder contrastar la información aquí expuesta se requiere de pruebas alternativas como los isótopos de plomo.

Como apuntábamos en el apartado 6.1 los minerales sin arsénico de Agua Amarga son consistentes con las mineralizaciones locales, pero los bajos valores de impurezas no permiten avanzar más en una relación concreta. Por el contrario, con la información que disponemos actualmente, los arseniatos del asentamiento pueden proceder de Cerro Minado o de alguna de las minas Cu-As-Co de la sierra de las Estancias. En cualquier caso, no procederían de las mineralizaciones locales ni de otros puntos del valle del Guadalentín.

#### 6.2.3.3. La Ciñuela

La Ciñuela, con siete minerales, es el segundo asentamiento del que disponemos de un mayor número de análisis. A primera vista (Fig. 6.22) la variabilidad tanto en las trazas como en la composición base es elevada. En el gráfico se presentan conjuntamente los resultados sobre muestras de PIXE y pFRX debido a que los límites de detección del primero son por lo general más elevados. Ello obliga a que, pese a la mayor precisión y fiabilidad del PIXE, para comparar las impurezas no dominantes con las minas, debemos recurrir a los análisis con pFRX. Tanto para los elementos mayores como para las impurezas dominantes los resultados de ambas técnicas son coincidentes.

Se han establecido cuatro agrupaciones de impurezas para los minerales de La Ciñuela. Adicionalmente se había propuesto una quinta agrupación (nombrada como CÑ\_G4) para el mineral CÑ16. Esta se corresponde con un mineral parcialmente reducido y será tratada junto con el resto de residuos metalúrgicos.

Las agrupaciones CÑ\_G1 (CÑ18-CÑ22) y CÑ\_G2 (CÑ15 y CÑ17) comparten la presen-

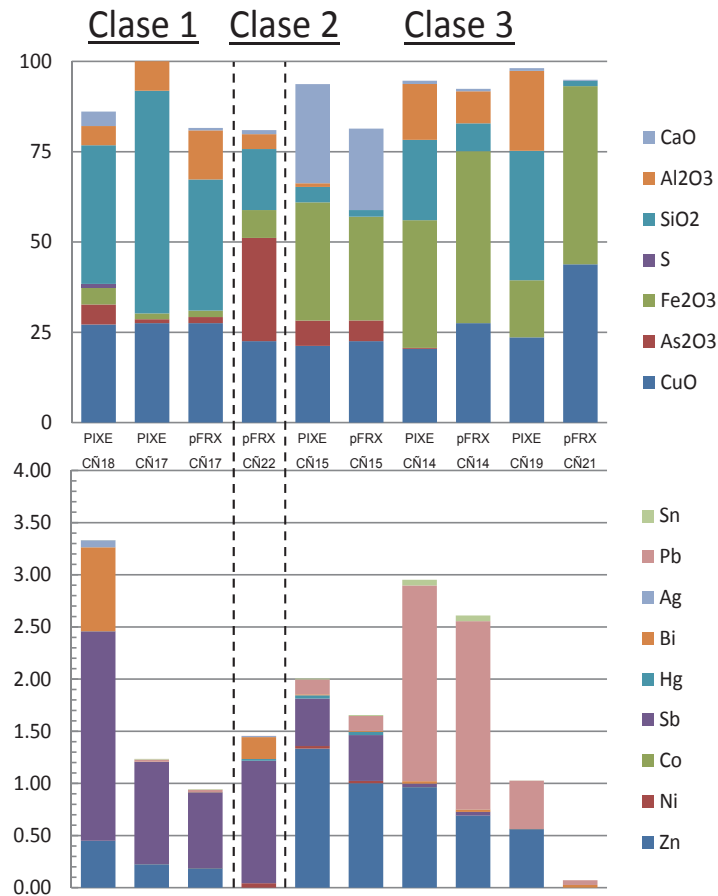


Figura 6.22. Composición de los minerales de La Ciñuela. Se presentan tanto los resultados en pFRX como en PIXE. De CÑ18 y CÑ19 solo se dispone de análisis PIXE, mientras que de CÑ22 solo disponemos de análisis de pFRX. Las líneas discontinuas separan las tres Clases de mineral.

cia de arsénico y el dominio el Sb como impureza principal (Fig. 6.23). Ambos grupos proceden con toda probabilidad de la misma zona, aunque las diferencias en el patrón de impurezas y en la sílice y el hierro merecen un examen detallado.

Los minerales de CÑ\_G1 comparten además de Sb como impureza dominante un patrón similar de Sb, Bi y Ag. Esto podría vincularlos, si no a un mismo origen por la diferencia en el Zn, sí a un área bastante restringida. La ausencia de Zn en CÑ22 lo distingue. Como se observa en la figura 6.23, este aparece por encima de 0,1 % en el resto de minerales y su ausencia no puede justificarse por los límites de detección del equipo. No podemos descartar que haya sufrido algún tipo de proceso térmico que haya volatilizado el Zn del mineral, aunque en superficie no se aprecian signos de reducción y el mineral encaja en ganga cuarcítica. Probablemente la ausencia de Zn esté en relación

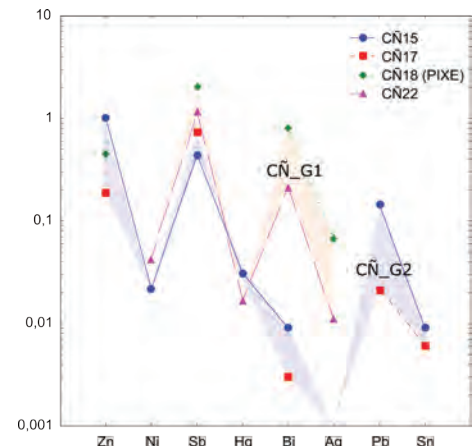


Figura 6.23. Patrón de impurezas de los minerales de La Ciñuela con Sb dominante. La sombra salmón marcaría el área de dispersión probable de CÑ\_G1, mientras que la sombra azul hace lo propio con los minerales de CÑ\_G2.

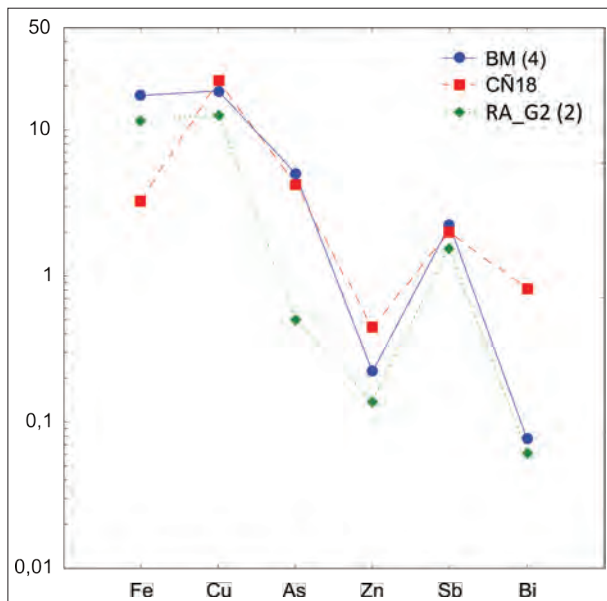


Figura 6.24. Comparación de las impurezas principales entre los minerales de CÑ18 y las minas de Rambla del Abenque y Barranco Malcamino. Dado que en CÑ22 no se ha detectado Zn, la comparación se realiza exclusivamente con CÑ18 (PIXE).

a su clasificación como arseniato (Grupo 2B).

CÑ\_G2 muestra un mismo patrón en el que el Zn acompaña a Sb como impureza dominante. En ninguno de los dos minerales que la forman se detecta Ag, mientras que los valores de Bi, Pb y Sn siguen un mismo orden y se distinguen de la agrupación CÑ\_G1.

El patrón de impurezas Zn, Sb de las agrupaciones CÑ\_G1 y CÑ\_G2 solo pueden relacionarse con minas de la zona de Cartagena y Las Moreras/Almenara.

Para establecer posibles relaciones con CÑ\_G1 (CÑ18 y CÑ22) nos hemos

basado en la relación de Clase 2 o Subgrupo "A" con Sb, Zn y Bi como impurezas dominantes. Los únicos indicios analizados consistentes son los del Barranco Malcamino y la Rambla del Abenque (Fig. 6.24). Si comparamos los valores de las impurezas principales entre estas dos minas y CÑ18, el ajustamiento es positivo, especialmente con el Barranco de Malcamino. Únicamente en el Bi los minerales de La Ciñuela sobresalen sensiblemente. En este sentido, Barranco de Malcamino junto con la Calicata Dolores (que no puede compararse por los valores extremos en Co que tiene), presentan los minerales con mayores concentraciones de Bi de todas las minas analizadas. Por el contrario, en Rambla del Abenque la impureza principal junto a Sb es Hg, que supera el 1 %. Ello alejaría la posibilidad de Cartagena a favor de algún depósito mineral de la sierra de las Moreras, seguramente próximo a Barranco de Malcamino.

La agrupación de CÑ\_G2 (CÑ15 y CÑ17) tiene como indicios metalogenéticos más consistentes Filón Consuelo y Bolnuevo, ambos podrían dar minerales con esa composición (Fig. 6.25). Con ambos comparten el patrón de Zn, Ni, Sb, Hg, Bi<sup>328</sup> y Pb. Los minerales de la Ciñuela tienden a caer en el límite superior de las medias de Filón Consuelo, mientras que la consistencia con los dos únicos minerales de Bolnuevo parece más cercana. Las diferencias que se observan en el Bi no pueden considerarse relevantes al estar cerca de los límites de detección, por lo que ambas minas deben considerarse probables.

La agrupación de CÑ\_G3 (CÑ14 y CÑ19) comprende los minerales ferrocupríferos sin calcio como ganga y con impurezas elevadas en Pb y Zn y ausencia de arsénico. Entre

328 Para Bi y Ni las mediciones caen muy cerca de los límites de detección.

los elementos situados cerca del límite de detección está el Sb que, como ya hemos visto, es el principal demarcador regional de las Moreras y el Algarrobo. En consecuencia, difícilmente podrá proponerse un origen local.

No hay ninguna agrupación cuyas medias coincidan con estos dos minerales pero sí hay tres posibles coincidencias individuales que pueden servirnos de comparación. Todas ellas son problemáticas y afectan a minerales únicos dentro de cada mina. Estas tres minas son Cuatro Amigos (Tébar, Carrasquilla), Rambla Roja (Torrecilla) y San Valentín (Cartagena). La relación con las impurezas dominantes es bastante cercana entre ellas a excepción de San Valentín, donde los elevados valores en Zn pueden ser engañosos debido al origen en profundidad del mineral (Fig. 6.26). Sin embargo, dado que el resto de impurezas aparecen cerca de los límites de detección es problemático profundizar más. Únicamente la coincidencia en valores bajos de Sb y Sn en las muestras CÑ14<sup>329</sup> y SV05 podría hacer más probable un origen en alguna mina de la sierra de Cartagena. Por el contrario, la detección de Sb y Bi permitiría establecer la misma conclusión para la zona de Tébar y La Carrasquilla. Menos probable parece la relación con Rambla Roja, dado que no coincide con ninguno de los tres elementos detectados en bajas concentraciones con CÑ14.

Finalmente, la agrupación CÑ\_G5 (CÑ21) es un mineral ferrocuprífero, muy rico en ambos elementos, y donde únicamente se han detectado impurezas de Pb y Bi cercanas entre las 200 y las 500 ppm. Hay un amplio rango de minas que presentan composiciones cercanas a CÑ21 y con concentraciones bajas de impurezas. Ninguna se encuen-

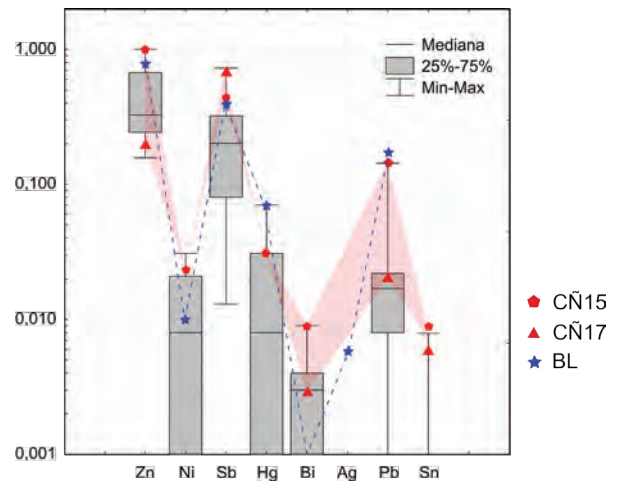


Figura 6.25. Comparación de los minerales de CÑ\_G2 y BL (Bolnuevo) con las medias (cajas) y valores máximos (bigotes) de la agrupación de FC\_G1 (12). Se han utilizado únicamente resultados de pFRX.

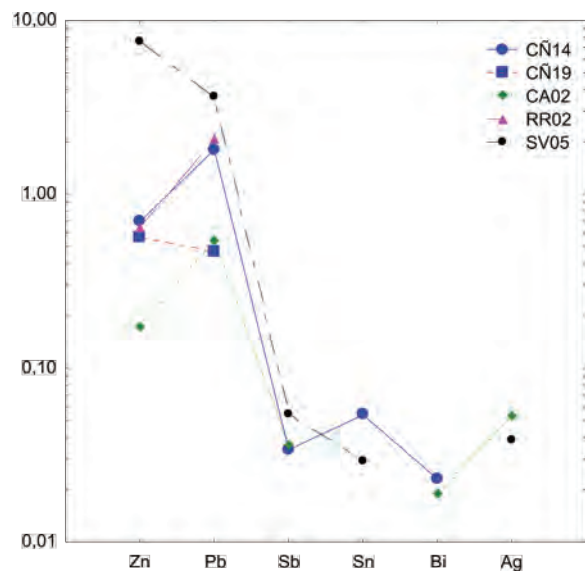


Figura 6.26. Comparación de los minerales de CÑ\_G3 con minerales de Cuatro Amigos, Rambla Roja y San Valentín. Se han omitido los elementos ausentes en todas las muestras.

329 Cabe recordar que CÑ19 solo cuenta con análisis PIXE y en consecuencia los límites de detección son más elevados.

tra en las zonas más cercanas como Almenara, Las Moreras, el Algarrobo.

En la Tercia, el mineral procedente del afloramiento de La Bastida y algunos de los recogidos en este asentamiento muestran el patrón de impurezas más coincidente con CÑ21. Coincidencias que se constatan tanto por las presencias y ausencias de elementos, por el subgrupo de mineral y por las concentraciones de Bi y Pb (Fig. 6.27). Minerale similares los detectamos en el Cerro de la Cueva de la Moneda, pero aquí también se detecta As y Zn. Tam-

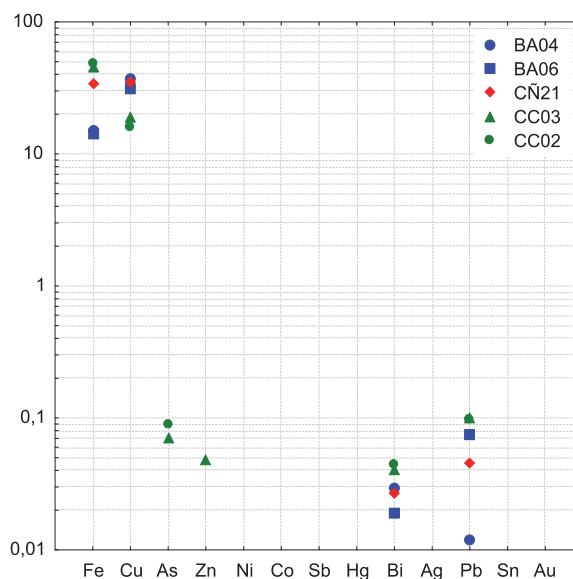


Figura 6.27. Gráfico comparativo entre CÑ21 y minerales de La Bastida y El Cerro de la Cueva de la Moneda.

poco podemos descartar que el mineral tenga el mismo origen que CÑ\_G3 y que se distinga por la ausencia de ganga ligera e impurezas. En cualquier caso no es un mineral que nos sirva para establecer una procedencia probable.

Para cerrar el caso de La Ciñuela, podemos resumir que volvemos a encontrar una estrategia mixta de abastecimiento de minerales de cobre. Otra vez dominan los minerales locales, siempre del Subgrupo "A" o Clase 2 y con fuertes impurezas en antimonio. Este puede aparecer junto a concentraciones importantes de Zn, de Bi y menos importantes de Pb. En general, las diferentes composiciones químicas reflejan un abastecimiento no restringido de los afloramientos locales en el que la sierra de las Moreras con las Minas de Barranco Malcamino y Bolnuevo serían los sitios más consistentes químicamente. Los minerales compatibles con Bolnuevo tienen su mimesis en el Filón Consuelo. Dada la presencia de minería prehistórica en este último sitio, no podemos descartar que pueda ser el origen de parte de los minerales de La Ciñuela.

Otro conjunto significativo de minerales tiene una obligada procedencia externa. Su característica principal es la ausencia de Sb, combinado con impurezas importantes de Zn y Pb y, como en el último caso revisado, prácticamente sin impurezas.

Si bien en este segundo caso el patrón de impurezas no es conclusivo, su estudio permite sugerir que las posibles zonas eran ajenas a su zona de captación inmediata definida por la sierra de Almenara, Las Moreras y el Algarrobo. Estas zonas podrían ser la sierra de Tébar en Carrasquilla, Cartagena, La Tercia y menos seguro por la ausencia sistemática el arsénico, Lomo de Bas.

La paradoja es que la presencia de estos minerales alóctonos no puede justificarse desde el punto de vista metalúrgico, ya que a la vez están beneficiando minerales locales

cuya base metálica y ganga es similar<sup>330</sup>. La única diferencia remarcable es una mayor regularidad en el hierro y la ausencia de arsénico.

#### 6.2.3.4. El Cerro de la Cueva de la Moneda

Se han analizado cuatro minerales de este asentamiento, todos en pFRX (Fig. 6.28). Dos de ellos se han clasificado como del Grupo 1A (Subgrupos 1A0 y 1Aa) y otros dos como del Subgrupo 3Da.

En un principio se han realizado tres agrupaciones de mineral a partir de la clase de mineral y las impurezas, separando los dos minerales de Clase 1 y manteniendo juntos los minerales de Clase 3. Todos ellos son materiales poco diagnósticos con bajos contenidos en impurezas.

CC\_G1 (CC01) es el mineral con mayor concentración de cobre de toda la muestra analizada. Es un fragmento procedente de una veta o filón de más de 1 cm de potencia que la DRX identifica como tenorita. Sin embargo, contiene un 1 % de sulfuro evidenciando la presencia residual de sulfatos como la calcosina o covellina. Tiene muy poca ganga con algo de SiO<sub>2</sub> y CaO. Las impurezas también son muy bajas, con Bi, Ag y Pb.

CC\_G2 (CC02, CC03) son dos minerales ferrocupríferos con el mismo patrón de impurezas que CC\_G1. Tanto por el contenido en metal como por las impurezas pueden pertenecer incluso a un mismo fragmento mineral original. Las impurezas presentan como única diferencia la detección de Zn en CC03, pero en estas concentraciones puede deberse a los límites de detección del equipo.

Tomando las precauciones necesarias al evaluar valores tan bajos, se comprueba que el patrón de impurezas de los minerales de CC\_G1 y CC\_G2 podría corresponderse con algunas mineralizaciones de La Tercia<sup>331</sup> (Fig. 6.29). Sin embargo la correlación no es completa en ningún caso. Los minerales de Castellarejos y Zarzicos presentan concentraciones de impurezas bastante más elevadas, mientras que en San Gabriel donde

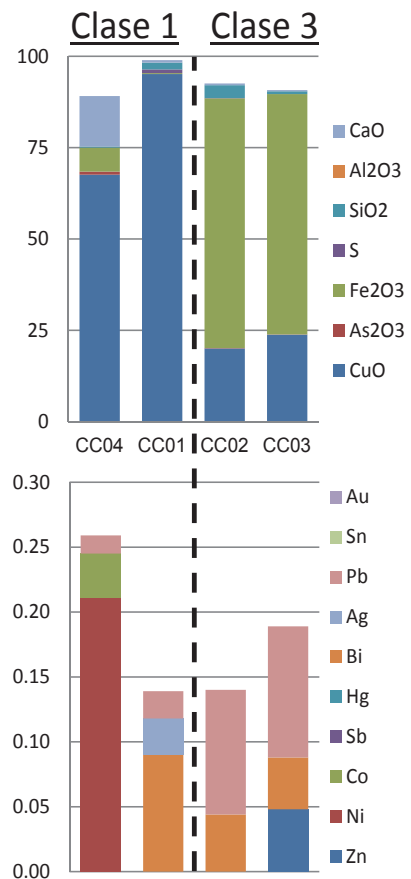


Figura 6.28. Gráfico acumulado con la composición de los minerales del Cerro de la Cueva de la Moneda. Todos los resultados obtenidos con pFRX.

330 Para la ganga no férrica se puede ver comparando la presencia de Si, Al y Ca de minerales "locales" como CÑ15 o CÑ17, con los alóctonos de CÑ14 en la figura 6.21.

331 No así con los minerales de Sierra Espuña donde no hay mineralizaciones ferrocupríferas.

el arsénico aparece en concentraciones similares, el zinc tiene a presentarse como impureza principal por encima del 0,1 %. Vuelve a ser con el afloramiento de La Bastida donde la comparativa es más cercana, tanto en las ausencias como en las presencias. En consecuencia, únicamente podemos admitir la posibilidad de que el mineral procede de algún punto cercano, a diferencia de la apreciación inicial por el subgrupo mineral<sup>332</sup>. Ya hemos visto al revisar los minerales de La Ciñuela que esta composición también es compatible con otras zonas.

CC\_G3 (CC04), tiene menos cobre e impurezas de arsénico y hierro junto a CaO como ganga. Presenta trazas de Ni>Co y algo de Pb por lo que diverge de los anteriores. La presencia de Ni>Co recuerda a las composiciones de Cerro Minado, pero estas siempre van acompañadas de Zn cuando Ni está por encima del 0,1 %. Más allá de Cerro Minado, únicamente el mineral AG26 (supra), podría presentar similitudes. Se trata de un mineral del Grupo 3C, con trazas de As, aunque con presencia de Zn y relación Co>Ni inversa que en CC04. Sea como fuere, no parece que en este caso pueda atribuírsele un origen local, ya que en ninguna mina el Ni supera el 0,01 %. La combinación de Ni con la ausencia de Zn aleja aún más una posible procedencia local. Son pocas las minas que aporten minerales con concentraciones de Ni destacables pero su presencia se correlaciona normalmente con otras impurezas y no es el caso. El mineral más similar es una cuprita de Cerro Minado (Subgrupo 1Aa), procedente de la cantera de la cima de esta mina (Fig. 6.30). El punto

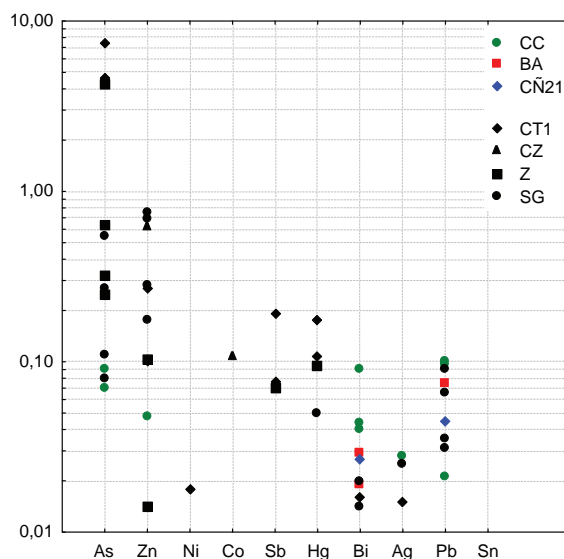


Figura 6.29. Representación del gráfico de la figura 6.27 donde se han incorporado las mineralizaciones locales de Castillarejos (CT1), Casa Manzanera (CZ), Zarzicos (Z) y San Gabriel. Se ha homogeneizado la presentación de los valores según el sitio de procedencia. La composición individualizada de los minerales de poblado se presenta en la figura 6.27. En este gráfico se ha incorporado el mineral BA02 de La Bastida.

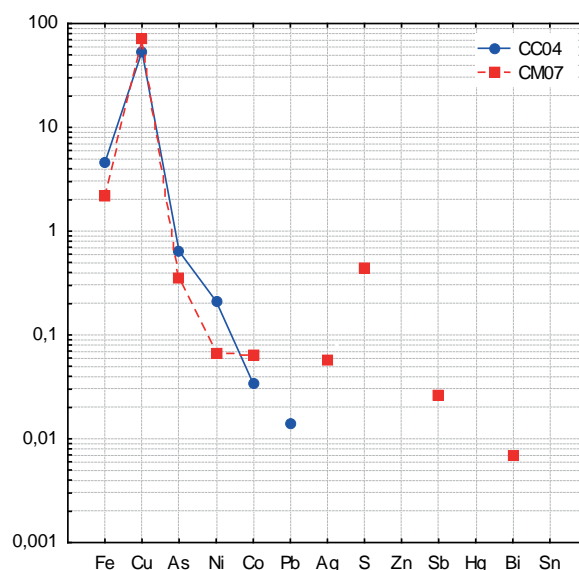


Figura 6.30. Comparación entre CC04 y CM07 (Cerro Minado).

332 No hay que olvidar las minas de hierro y galena de Rincón de Yéchar en Totana, donde también hay documentadas mineralizaciones superficiales de cobre.

más problemático sería la presencia de impurezas de plomo en CC\_G3, ya que el plomo es muy infrecuente en Cerro Minado y solo aparece en minerales con más arsénico. Tampoco en este caso nos podemos aproximar a un origen concreto, aunque sí descartaríamos un origen local.

En conjunto, y con los datos de que disponemos actualmente, se configura como más probable la opción de un aprovechamiento de mineral local para los grupos CC\_G1 y CC\_G2 y alóctono para el caso de CC\_G3, sin poder precisar más.

#### 6.2.3.5. La Bastida

La problemática de La Bastida no reside solo en determinar un posible origen del mineral. También se tiene que resolver si los minerales deben ser considerados como arteusos o circundatos.

Cuatro de los minerales se recogieron directamente en superficie o en el nivel superficial durante las excavaciones en la zona 9, donde se edificó la fortificación (BA01, BA02, BA03, BA04). El quinto mineral procede de la limpieza de vegetación en el piedemonte de la ladera este. En la representación genérica vemos dos grandes grupos según su Clase (Fig. 6.31).

Únicamente BA03 (BA\_G4), una conicalcita<sup>333</sup>, tiene una concentración relevante de impurezas. El dendrograma ya nos advertía que presentaba características muy poco comunes en la zona estudiada, quedando aislado de todos los grupos establecidos<sup>334</sup>. En el PCA se ha tenido que excluir al distorsionar los componentes principales. El patrón Ni>Bi (en torno al 1 % en peso) y en un orden de magnitud inferior Co>Ag>Pb es excepcional en la zona. Las minas con cantidades tan significativas de impurezas, relacionadas con presencia de arsénico, han sido bien caracterizadas. Más aún cuando la presencia de conicalcita no es frecuente y se han

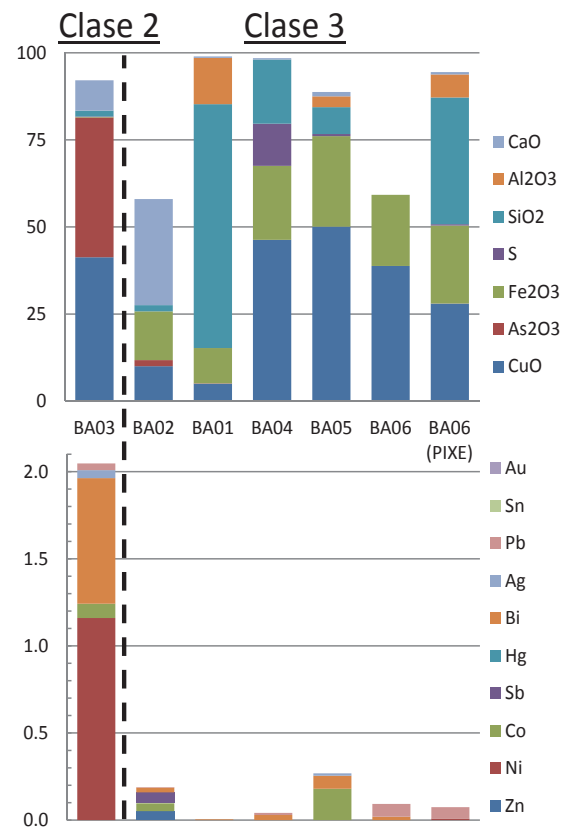


Figura 6.31. Gráficos de barras acumulativos de los minerales de La Bastida. Cuando no se especifica lo contrario, el análisis se ha realizado con pFRX.

333 Identificada en DRX.

334 Véase el dendrograma de la figura 6.14



prospectado todos los indicios de Murcia donde ha sido documentada.

Al ampliar la búsqueda a otras zonas constatamos como este patrón<sup>335</sup>, junto a la ausencia de Zn y Sb, tampoco puede compararse con las minas de la vecina depresión de Vera (Montero Ruiz 1994b). Asimismo, tampoco se ha observado un registro similar en los minerales analizados de los pocos poblados calcolíticos del sudeste Ibérico (Rovira Llorens et al. 1997). La única comparación posible sería con un mineral parcialmente reducido del cercano poblado de Carboneros, analizado por I. Montero (1991, p.347) pero del que desconocemos la composición en Bi<sup>336</sup>. Desconocemos pues el origen natural de tan enigmático mineral, aunque se puede afirmar que su procedencia no es local y tuvo que ser introducido en el área de La Bastida de forma antrópica.

El resto de minerales pueden trabajarse conjuntamente aunque tanto BA01 como BA02, también de la Zona 9, presentan concentraciones de cobre muy bajas. Si analizamos la presencia/ausencia de impurezas, vemos como BA04 tiene una composición muy semejante al afloramiento natural y podría ser considerado como perteneciente a la misma mineralización. BA01 donde no la única impureza detectada es el arsénico, posiblemente por el bajo contenido en cobre podría también asociarse con BA06.

Menos consistente parece la asociación con BA05 donde se detecta Co por encima de 0,1 %. Sin embargo hemos visto como la detección de Co es irregular por el equipo utilizado y las trazas de plata están en los límites de detección. Por el contrario, la composición de las sustancias principales y del sulfuro es muy similar a BA06, por lo que tampoco se pueda descartar que sea un circundato del propio cerro.

Finalmente BA02, con mayor cantidad de arsénico y un patrón en que se detecta Bi, Co, Zn y Sb y no Pb, es menos probable que proceda de este afloramiento. Valores similares de estos elementos son posibles encontrarlos en los minerales de La Tercia, especialmente de Zn, que es una de las impurezas más comunes.

La conclusión que podemos extraer es que el único mineral que se puede considerar arteuso es BA02. El resto, a excepción de BA02, presenta una composición química muy similar de minerales de base cobre-hierro con niveles de impurezas muy bajos (Fig. 6.32). Aunque vemos algunas diferencias entre ellos, no hay elementos seguros para descartar que se trate de circundatos procedentes de clastos en la propia brecha geológica del propio cerro. De BA02 no podemos descartar que proceda de algún afloramiento de La Tercia, sin que ninguno de ellos presente coincidencias notables.

La ausencia de metalurgia extractiva en el poblado argárico de La Bastida o en los asentamientos argáricos con los que comparte territorio restringe mucho la posibilidad

---

335 En los análisis del PA no se determina el Bi. El Co no se cuantifica aunque se llega a detectar en algunos casos.

336 De nuestros análisis de residuos metalúrgicos de este poblado (véase apartado 7.2.2) vemos como las impurezas en Ni y Zn son habituales pero no se da la relación Ni-Bi que aparece aquí.

de que estos minerales tuvieran un aprovechamiento metalúrgico durante El Argar.

Para explicar la presencia de BA03, la única hipótesis que en estos momentos se puede plantear es que proceda de alguna frecuentación anterior por comunidades calcolíticas. Es reseñable que el único mineral comparable procede de un cercano poblado calcolítico con metalurgia, Carboneros. Quizás, su presencia podría vincularse con el arranque de los minerales naturales que afloran en La Bastida por poblaciones calcolíticas. Como hemos visto a lo largo del apartado, BA06 representa una clase de mineral muy común en poblados calcolíticos como Agua Amarga, La Ciñuela o el Cerro de la Cueva de la Moneda. La frecuentación de la Bastida por comunidades calcolíticas locales, vinculadas a la producción minera, es una hipótesis que no podemos descartar.

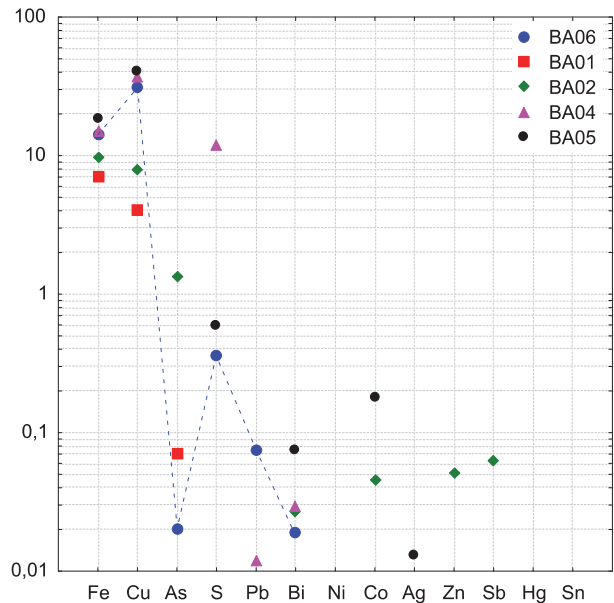


Figura 6.32. Comparación de los minerales de La Bastida con bajas impurezas. Se señala en trazo azul la composición de BA06 que es el natural del propio cerro.

### 6.3. Recapitulación del estudio químico de los minerales

El objetivo de este capítulo ha sido presentar una caracterización metalogenética de los indicios de cobre del corredor del Guadalentín. También comprobar si era posible establecer relaciones con los minerales localizados en contextos de hábitat del III milenio cal ANE.

Los resultados obtenidos son resolutivos en varios aspectos, pero algunas cuestiones necesitan la contrastación mediante un estudio con isótopos de plomo en un futuro.

En primer lugar, se caracterizan químicamente los minerales que aparecen en los asentamientos. Los resultados evidencian una situación que en absoluto coincide con el aprovechamiento preferente de minerales de cobre puros, tal como se había propuesto hasta ahora (Rovira 2005).

En la mayor parte de poblados vemos una combinación de minerales ferrocupríferos y arseniatos o minerales ricos en arsénico. Cuando aparecen minerales de cobre “puros”,

clasificados en este capítulo como Clase 1, se trata de minerales de gran riqueza en cobre que en ningún caso pueden considerarse descartes.

El dominio de los minerales ferrocupríferos (Clase 3) en los poblados coincide con las mineralizaciones dominantes en gran parte de la zona prospectada. Si bien, el mineral más frecuente es el del Grupo 3B, el más rico en cobre, en los asentamientos también están representados aquellos con contenidos bajos en cobre y extremos en hierro. En este caso sí puede plantearse la hipótesis que se trate de sobrantes de mineral descartado, aunque tampoco se puede descartar su interés metalúrgico.

El conjunto de minerales ferrocupríferos estaría aportando una cantidad significativa de hierro durante la reducción. El hierro actúa como conglomerante del cobre, permitiendo que este se concentre formando nódulos de mayor tamaño y ser así más fáciles de recuperar. No obstante, una saturación de hierro puede impedir que el cobre encuentre espacio para conglomerarse.

Hemos de destacar la distribución de minerales del Grupo 2B, minerales ricos en cobre y en arsénico. Son arseniatos, visualmente reconocibles, como la conicalcita, la olivenita, la clinoclasa o la mezcla de estos con tennantita u otros sulfuros de cobre-arsénico. El arsénico siempre es una impureza recurrente en las minas donde aparecen estos minerales. La comparación de la presencia de este tipo de minerales entre minas y poblados muestra como se establece una selección prioritaria de su explotación.

La composición química de los minerales permite, en algunos casos, un acercamiento muy nítido. Lo hemos visto para los minerales de Agua Amarga y especialmente con los de la Ciñuela cuya impureza principal era el antimonio. También algunas matrículas de minas son muy características, como en Cerro Minado, Balsicas o las de la sierra de Las Moreras.

También se ha mostrado como los poblados calcolíticos utilizan una estrategia de abastecimiento que combina el aprovechamiento de los recursos locales con minerales alóctonos. El único sitio del que se puede extraer una lectura metalúrgica de esta práctica es en Agua Amarga, donde claramente están importando arseniatos para la obtención de cobre arsenical.

En La Ciñuela, la presencia de minerales alóctonos no obedece a priori a sus propiedades químicas. Únicamente podría considerarse la posibilidad de que necesitaran minerales de cobre con mayor contenido férrico. Es un tema que abordaremos en el capítulo 7.

En La Bastida, el único mineral que con seguridad es alóctono también es un arseniato. Podría considerarse una estrategia común con Agua Amarga, pero la ausencia de reducción de cobre en el poblado descarta su uso metalúrgico durante El Argar. Se ha planteado la hipótesis de un aprovechamiento calcolítico por comunidades locales de

los minerales de Clase 3 que aparecen en el propio cerro.

Parazuelos es el único yacimiento donde se documenta exclusivamente mineral local. Sin embargo este poblado tiene algunas singularidades que podrían justificar esta práctica. En primer lugar se trata del poblado más antiguo de los que hemos estudiado, por lo que la producción minero-metalúrgica puede obedecer a otro registro de prácticas sociales que en Agua Amarga y especialmente de La Ciñuela o el Cerro de la Cueva de la Moneda. En segundo lugar, el número de residuos hallados en él lo distinguen claramente del resto de poblados estudiados aquí y apoyan algún tipo de especialización en la producción metalúrgica que podría implicar otro tipo de estrategia en el abastecimiento de minerales.

La situación del Cerro de la Cueva de La Moneda es ambigua. El registro no ha permitido documentar la presencia de minerales capaces de producir cobres arsenicales, aunque sí vemos que uno de ellos tiene una procedencia externa. Ello señala su integración en redes de circulación de medio o largo alcance pero la ausencia de un contexto arqueológico claro nos impide ir más allá.

Una de las cuestiones que debemos plantearnos es como entran estos diferentes minerales en el proceso metalúrgico. Dado que existe una selección de minerales arsenicados, partimos de la hipótesis que conocían las propiedades que estos minerales podían transferir al metal. Pero, ¿eran capaces de controlar el proceso? Aunque el registro en poblados de diferentes cronologías comparte ciertos aspectos básicos, hemos visto divergencias remarcables.

No podemos descartar que algunas comunidades del III milenio cal ANE desconocieran las propiedades de los diferentes minerales. En este caso los minerales se utilizarían según la disponibilidad inmediata y se producirían composiciones de cobre diferentes de un poblado a otro según el tipo de minerales disponibles en las inmediaciones. La señal más evidente sería que en algunos poblados se produciría siempre mineral de cobre puro, sin arsénico. El uso directo de arseniatos, al contrario, generaría cobres con altas cantidades de arsénico, por encima de su fase alfa (Rovira y Gómez Ramos 2003). Partiendo de estas premisas, el estudio de los residuos metalúrgicos que abordamos en el siguiente capítulo aportará las claves de cómo se utilizaban estos minerales durante la reducción de cobre.

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

## **7. Los residuos metalúrgicos de los asentamientos**

El principal objetivo del estudio de los residuos metalúrgicos es intentar comprender el proceso mediante el cual los diferentes tipos de minerales eran utilizados, si todos ellos están representados, o bien si vemos que se están utilizando minerales no documentados en el asentamiento. Focalizaremos el examen en los puntos clave para identificar el rol de los diferentes minerales durante el proceso de reducción.

Para ello debemos conocer el proceso tecnológico de reducción de minerales durante el Calcolítico, que ya ha sido estudiado previamente en varios yacimientos del mediodía peninsular. El primer apartado será una revisión de las bases de esta metalurgia calcolítica que nos relaciona la estrategia de obtención de recursos naturales con el producto obtenido. Para comprender realmente el proceso el producto final también tiene que ser considerado. Aunque en el valle del Guadalentín no son muchos los artefactos de base cobre del III milenio cal ANE analizados, serán también objeto de estudio.

En el segundo apartado se presentará el estudio analítico de los residuos metalúrgicos en todas sus facetas, desde la clasificación por densidad y viscosidad, hasta la caracterización del metal obtenido a partir del estudio con el MEB.

Finalmente, el tercer apartado servirá para hacer una recapitulación de los principales resultados del estudio de este capítulo.

### **7.1. Metalurgia extractiva prehistórica en el sur peninsular**

A diferencia de otros tipos de procesos tecnológicos donde no es necesaria una transmutación de la materia, en la producción minero-metalúrgica tenemos el condicionante de que antes de poder conformar el objeto se debe transformar la roca en metal. Ello es trascendental pues, si bien la transformación no es tecnológicamente complicada, dependiendo de cómo se efectúe el proceso se obtendrá un tipo de metal u otro.

Hay dos tipos de metal de base cobre que se están produciendo durante el III milenio cal ANE en el Sudeste: el cobre puro y el cobre arsenical. Una de las principales cuestiones que se han debatido y a las que hemos hecho referencia desde la introducción es si la obtención de cobre arsenical es un efecto aleatorio en función de los recursos disponibles, si interviene una selección de minerales ricos en arsénico o si es el resultado de una aleación metalúrgica (Hook et al. 1991; Montero Ruiz 2002; Rovira y Montero Ruiz 2013).

La cantidad necesaria de arsénico en un mineral de cobre para producir cobre arsenical no está del todo clara (Hook et al. 1991; Müller et al. 2004a). Influyen tres factores. Por un lado la cantidad original de arsénico en el mineral, por el otro las condiciones reductoras y el tercero es la temperatura durante alcanzada durante la reducción y el tiempo que se ha mantenido. Los tres factores están interrelacionados y la variación de uno

afecta el comportamiento de los demás (Pollard et al. 1991).

La obtención de cobre arsenical derivada de un cierto grado de control del proceso tecnológico de reducción se puede realizar generando una atmósfera más reductora, o bien utilizando un rango de temperaturas elevado. Éstas impiden la volatilización del arsénico en forma de gas al cementarse en el cobre aún sólido (Pollard et al. 1990). Este tipo de aleaciones producirían un cobre arsenical limitado por la cantidad de arsénico del mineral original.

En estudios experimentales con minerales peninsulares se han podido conseguir excepcionalmente nódulos de cobre arsenical (1-4 % As) a partir de minerales con concentraciones de arsénico por debajo del 0,1 %. (Hanning et al., 2010). En este mismo estudio advierten que los resultados de sus experimentaciones no coinciden con lo que se observa en los residuos metalúrgicos arqueológicos y faltaría por ver la composición global de la masa metálica de la escoria o de los nódulos de mayor volumen. La obtención de cobre arsenical en esta experimentación se debió, como en los experimentos de A. M. Pollard, a una atmósfera más reductora y una mayor temperatura que las condiciones prehistóricas.

Para discernir si durante la prehistoria se dio un control de la atmósfera y la temperatura, la mejor guía son los propios materiales arqueológicos. Cuando se ha podido comparar las cantidades de arsénico en minerales, escorias y artefactos metálicos, la pérdida de arsénico en los residuos y artefactos acostumbra a ser elevada respecto al mineral (Müller et al. 2004, p.52; Ambert et al. 2013).

Las condiciones muy oxidantes y el bajo control de la temperatura observados en la formación de las escorias calcolíticas (Rovira 2002a), habrían favorecido una pérdida de arsénico respecto al mineral en un porcentaje que no se ha podido establecer con seguridad.

En segundo lugar, la producción de cobres arsenicales puede deberse a la mezcla de diferentes minerales o al uso de minerales de cobre muy ricos en arsénico. Una opción puede darse con la adición de speiss, subproducto de la reducción de arseniatos de hierro, a minerales de cobre sin arsénico tal como se produce en Irán en el IV milenio (Hauptmann et al. 2003; Thornton et al. 2009). Pero la mezcla más común sería la co-reducción de sulfoarseniuros, o arseniatos de cobre, con minerales cupríferos sin arsénico (Lechtman y Klein 1999).

La reducción directa de arseniatos se supone en la primera metalurgia británica. En Ross Island se ha registrado estructuras de combustión con restos de cobre que muestran una reducción de cobres grises no escorificante por la baja cantidad de hierro de los minerales (O'Brien 2011). Esta reducción a baja temperatura daría lugar a cobre metálico con concentraciones de arsénico de entre el 1 y el 3 % y representa un tipo de metal muy común entre ca. 2500-2000 cal ANE en Gran Bretaña. El registro arqueológico de

Ross Island es muy similar al documentado para las minas de El Áramo (de Blas Cortina et al. 2013), con estructuras metalúrgicas que no han generado apenas escorias, y que estarían explotando los óxidos de cobre con arsénico de la propia mina.

La situación en el valle del Guadalentín, a partir del estudio de los minerales, se corresponde a una mezcla de diferentes minerales de cobre. No obstante será a partir de la caracterización de los residuos que tendremos los elementos para contrastarlo.

En la península ibérica el estudio de estos residuos está muy vinculado a las comunidades que florecieron en el Sudeste y Sudoeste. En los inicios de la investigación arqueometalúrgica el Sudeste se erigió como el foco de la primera metalurgia peninsular, con Almizaraque (Delibes de Castro et al. 1989) y Los Millares (Hook et al. 1991) como paradigmas. Todo ello fue en gran parte consecuencia de la continuación del legado Siretiano. Después, la aparición de un fragmento de vasija de reducción en contextos de mediados del V milenio en Cerro Virtud (Ruiz Taboada y Montero Ruiz 1999), convirtió el Sudeste en un foco primigenio y autóctono de metalurgia del cobre. Sin embargo, el contexto de este descubrimiento ha sido puesto en duda y se trata de unicum durante 1500 años que, en la actualidad, sigue generando un intenso debate (Roberts 2014; Murillo et al. 2015).

Ha sido en el Sudoeste, especialmente con Cabezo Juré (Sáez et al. 2003), pero también con Valencina de la Concepción (Rodríguez Bayona et al. 2009) y la ya más tardía del Trastejón (Hunt-Ortiz 2005), donde ha podido documentarse una metalurgia más asentada y especializada (Nocete et al. 2011). Esta se desarrolla de forma interrumpida desde ca. 3100 a 2500 cal ANE, sufriendo una grave crisis que coincide con la tradición arqueológica campaniforme. Es muy probable que la metalurgia ya estuviera presente de forma puntual en toda la Península desde los inicios del III milenio<sup>337</sup>, como vemos en el nordeste (Soriano 2013) y de forma más nítida en el Áramo (de Blas Cortina et al. 2013), pero no será hasta la segunda mitad cuando se generalice a pequeña escala. Paradójicamente, esta expansión de la metalurgia coincide con la decadencia de los centros especializados como Cabezo Juré y probablemente Los Millares, en funcionamiento desde el inicio del III milenio cal ANE (Nocete et al. 2011; Mederos 2016). En este último sitio, la metalurgia del taller especializado se abandona junto a la zona del poblado en que se encuentra, a favor de una metalurgia ocasional en los fortines (Molina y Cámara 2005).

Según los trabajos de Rovira y Montero (2013, pp.232-3) podemos sintetizar las características de la primera metalurgia del sur peninsular en cinco puntos:

- » Existencia de escorias metalúrgicas de forma irregular, no cristalizadas y con un peso medio inferior a 10 gramos. El total de escorias recuperadas en los yacimientos puede variar entre algunos gramos y varios kilogramos. De las últimas desta-

---

337 Ver el caso del nordeste, con 8 escorias dispersas en abrigos.



can los sitios de Cabezo Juré con 8 kilogramos de escorias y Parazuelos con 25 kilogramos de escorias (Siret y Siret 1890b; Nocete Calvo 2004).

- » Se trata de escorias inmaduras de baja calidad, con una composición mineralógica y química muy heterogénea y viscosidad alta. Las fases cristalinas también muestran poco control sobre las condiciones reductoras, con un dominio de las fases oxidantes. Además, tienden a contener valores muy altos de cobre. Todo ello coincide con la definición que A. Hauptmann (Hauptmann 2007) presenta para las escorias primitivas halladas en vasijas de reducción.
- » Reducción directa de minerales sin adición de fundentes. Por regla general, la composición de la escoria es un reflejo de la composición del mineral original de cobre. En este punto también hay que tener en cuenta que cuanto más puro sea el mineral utilizado, menor será la cantidad de escoria obtenida. La utilización de óxidos y carbonatos muy puros explicaría porque se han localizado tan pocas escorias metalúrgicas primigenias. En Cabezo Juré sí se ha documentado la adición de fundentes ricos en manganeso (Sáez et al. 2003), sin que por el momento se hayan notificado más casos.
- » Uso de vasijas cerámicas y cubetas excavadas en la arcilla como medios de reducción. Éstas tienden a ser de morfología abierta, tipo fuente, con un diámetro de entre 20 y 30 centímetros, aunque hay algunos casos de diámetros mucho mayores como el de la Ciñuela (Rovira, 2005). Las vasijas de reducción se distinguen de los crisoles porque los segundos tienden a presentar cobre en una fina capa bien separada de la cerámica. En las vasijas de reducción, por el contrario, resulta difícil reconocer el límite entre éstas y la pared del recipiente cerámico que se ha fundido con el calor. Además, la capa escorificada que se forma está dominada por una matriz silicatada con óxidos de hierro, mientras que en los crisoles dominan los óxidos, cloratos de cobre y el cobre metálico. Dichas vasijas raramente presentan termoalteración en su cara exterior. Por el contrario, los crisoles muestran termoalteración exterior.
- » Ausencia generalizada de estructuras de horno donde se llevaban a cabo las operaciones metalúrgicas. Raras veces se ha podido documentar la presencia en los yacimientos de estructuras de combustión específicas para contener las vasijas de reducción, por lo que se supone que éstas se harían en fuegos al aire libre o mediante pequeñas cubetas excavadas para mejorar las condiciones termodinámicas. Las estructuras de combustión que sí se han conservado se presentan en forma de anillos circulares de arcilla rubefactada de entre 40 y 100 cm de diámetro, similares a los hogares contemporáneos. Los casos más señalados en el Sudeste son los de Los Millares (Craddock 2010, p.133) y el Cerro de la Virgen, en Orce (Schüle 1980, p.36 y lám. 115c). Las estructuras de Cabezo Juré, en el Sudoeste, deben entenderse como estructuras metalúrgicas especializadas (No-

cete Calvo 2004, pp.280-2).

Aunque se asume que la metalurgia resta tecnológicamente inmutable durante todo Calcolítico y Bronce Inicial, hay ciertos elementos que se contradicen. Éstos nos permiten sugerir una situación heterogénea según las condiciones socioeconómicas de cada región y muy transformativa en cuanto se adapta a los vaivenes socio-políticos de cada período. Sin embargo, el escaso registro documental con el que contamos, a excepción de algunos asentamientos como Almizaraque (Delibes de Castro et al. 1989; Müller et al. 2004a), Cabezo Juré o Los Millares (Keesmann y Moreno Onorato 1999), impide una valoración genérica de esas transformaciones.

El caso más paradigmático es el de Peñalosa y que refleja la metalurgia de El Argar durante la fase 3 de La Bastida (1900-1550 cal ANE) (Lull et al. 2014, p.399). El excepcional registro del poblado nos puede servir como eje comparativo con las evidencias calcolíticas que acabamos de nombrar.

El hallazgo de la escombrera de residuos metalúrgicos de Peñalosa trasciende en varios aspectos nuestra perspectiva de la metalurgia del Bronce Inicial. Pese a estar localizado en una vaguada con una tasa de erosión muy fuerte, este vertedero aún conserva una potencia considerable. Desgraciadamente, no contamos con cálculos de volumen aproximado del mismo, pero sí podemos afirmar que, como mínimo, estamos ante centenares de kilogramos; un cambio de magnitud revolucionario respecto a las cantidades de escorias presentes en asentamientos calcolíticos. De momento, únicamente se ha realizado una pequeña cata que ha permitido comprobar que la escombrera se compone principalmente de fragmentos de vasijas para reducir minerales, con desechos de minerales, escorias y crisoles de fundición (Moreno et al. 2015, p.16). Un primer estudio de estos restos viene a confirmar su coincidencia con los materiales analizados del interior del asentamiento (Moreno Onorato et al. 2010). En el interior del asentamiento también encontramos una mayor profusión de cerámicas técnicas<sup>338</sup> que de escorias. De éstas últimas “solo” se han contabilizado unos 150 ítems (Moreno Onorato et al. 2010). Una cantidad superior a los registros metalúrgicos de Almizaraque o Los Millares, aunque inferior a Parazuelos.

Los materiales cerámicos vinculados a la producción metalúrgica de Peñalosa ofrecen varias novedades destacadas respecto al Calcolítico. La primera de ellas es que se están utilizando pastas cerámicas diferentes según el uso específico del contenedor. Unas pastas que a diferencia del Calcolítico, donde se emplean por lo general vasijas comunes, son elaboradas específicamente para el proceso pirotecnológico (Cortés Santiago 2007, pp.65-6; Moreno Onorato y Contreras Cortés 2010).

---

338 El concepto de cerámicas técnicas procede de la traducción del inglés technical ceramics (Martín-Torres y Rehren 2014) y hace referencia a los materiales “cerámicos” empleados en diferentes procesos pirometalúrgicos. Utilizaré este concepto para referirme indistintamente a vasijas de reducción, crisoles o paredes de horno en los que no se pueda hacer una determinación a mayor nivel.

Otra diferencia sustancial respecto al Calcolítico es la tipología de estas cerámicas. Además de algunos moldes en arcilla hay dos tipos de “crisoles”, los crisoles planos y los crisoles hondos (Moreno Onorato 2000, pp.183-9). Los crisoles planos, divididos a su vez según su fondo convexo o su fondo plano, tradicionalmente se han interpretado como crisoles de fundición ya que los crisoles de fondo convexo pueden presentar pico vertedero. Ambos tienen una capa de adherencias escoriáceas de entre 2 y 4 mm. Normalmente esta capa está dominada por cobre pero en algunos ejemplares presenta manchas de color blanquecino debido a la oxidación del plomo atrapado en la adherencia.

Por su parte, los crisoles hondos fueron interpretados en un primer momento como contenedores de tostación<sup>339</sup> y reducción del mineral (Moreno Onorato 2000, p.188). La ausencia de adherencias en sus caras internas podría estar en consonancia con la primera hipótesis, pero difícilmente con la segunda.

Los estudios arqueometalúrgicos de estos elementos (Cortés Santiago 2007; Moreno Onorato et al. 2010; Renzi 2010; Moreno et al. 2015) han modificado sustancialmente esta adscripción. Los crisoles planos de Peñalosa servirían tanto para la reducción de minerales como para la fundición de cobre. Por otro lado, la función de los crisoles hondos sigue sin aclararse. La ausencia de escorificaciones en sus paredes lo impide. En ellos sí que encontramos contaminación por plomo, señales de una menor temperatura de trabajo que en los crisoles planos y un calentamiento exclusivamente interior (Moreno Onorato et al. 2010). Todo ello sugiere un proceso de tostación.

La última, y quizás más sorprendente, innovación de la metalurgia argárica de Peñalosa es la utilización sistemática de minerales polimetálicos de cobre-plomo para obtener cobre metálico. El proceso tecnológico sería similar al empleado durante el Calcolítico. En este caso se reducían dos tipos diferentes de mineral. Minerales cupríferos, en ocasiones acompañado de hierro, y minerales polimetálicos plumbocupríferos<sup>340</sup> en las que el cobre aparece junto a la galena (Moreno Onorato 2000; Moreno Onorato et al. 2010). Como resultado de esta metalurgia los artefactos de Peñalosa contienen concentraciones de entre el 0,1 y el 1 % de plomo.

Pese a que se empieza a conocer el proceso empleado, hay dos cuestiones que están centrando la investigación actual.

¿Cómo se consigue eliminar casi todo el plomo durante el proceso de transformación del mineral? Los minerales plumbocupríferos empleados contienen unos niveles de plo-

---

339 La justificación de la tostación vendría por la aparición frecuente de sulfuros de cobre como calcopirita entre los minerales del asentamiento.

340 A partir de los análisis químicos se relacionan los minerales cupríferos con la Mina José Martín Palacios, mientras que los plumbocupríferos procederían de la mina Polígono (Moreno Onorato et al. 2010). El uso de estas minas para el abastecimiento de minerales en Peñalosa ha sido contrastado mediante isótopos de plomo (Hunt et al. 2011).

mo de entre el 10 y el 70 %, su eliminación, aún y cuando se mezcle con minerales sin plomo, fue una innovación tecnológica importante. Más importante aún es conocer por qué se están utilizando estos minerales plumbocupríferos si en la misma zona hay óxidos de cobre o minerales ferrocupríferos más fáciles de reducir.

La segunda concierne al arsénico, su presencia en los minerales está documentada (Moreno Onorato 2000, pp.177-8; Contreras Cortés et al. 2010, p.308) pero no queda claro si se asocia a las menas cupríferas, a las plumbocupríferas o a ambas<sup>341</sup>. También desconocemos que cantidad de arsénico tenían los minerales de Peñalosa.

¿Eran capaces de transferir las trazas de arsénico de algunos minerales a los metales con una atmosfera reductora muy controlada?, o por el contrario, ¿estaban utilizando, a su vez, minerales de cobre ricos en arsénico que no han sido identificados?

Ante estas evidencias, es innegable que la metalurgia argárica supuso un cambio sustancial y subversivo respecto a la metalurgia calcolítica en varios aspectos, que pueden sintetizarse en:

- » 1) Concentración, control y especialización de la fuerza de trabajo
- » 2) Especialización de los contenedores reactores para la reducción del mineral
- » 3) Adaptación tecnológica a los requerimientos de una nueva materia prima inédita.

#### **7.1.1. La composición de los artefactos metálicos del III milenio cal ANE en el área del Guadalentín.**

Hemos visto a través del estudio de los minerales como hay un interés en aquellos con fuertes concentraciones en arsénico. Antes de abordar el estudio de los residuos veremos como el uso de estos minerales, al menos en el valle del Guadalentín, tiene su contrapartida en la obtención sistemática de cobre arsenical. Hasta ahora los estudios realizados han enfatizado la producción no intencional de cobre arsenical (Rovira y Montero Ruiz 2013). Si bien esta es la lectura que puede extraerse de una visión generalista de los artefactos de cobre, la situación cuando focalizamos el objeto de estudio parece ser muy diferente.

Son pocos los artefactos metálicos del III milenio cal ANE del valle del Guadalentín de los que se haya publicado su composición química. Descartando los análisis realizados por M.M. Ayala (Ayala Juan 1991) (supra), únicamente tenemos constancia de cinco

---

341 Al respecto cabe lamentarse de que no se haya publicado los resultados de los análisis químicos de minerales. En estudios anteriores (Moreno Onorato 2000, pp.172-8), un estudio preliminar de minerales mostraba que tanto los minerales cupríferos normalmente con base Cu-Fe como las Galenas sin cobre podían contener trazas de arsénico, pero en ninguno las cantidades eran suficientes para producir cobre arsenical.

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

Sitio	Cronología	Contexto	Ítem	Técnica	Cu	As	Fe	Ref. General	Ref. Análisis	
Cantera de Murviedro	Calcolítico Final	Sepultura Megalítica	Puñal	FRX	96.28	3.72		Idáñez 1987	Stos-Gale et al. 1994	
			Sierra	FRX	96.99	2.16				
			Punzón	FRX	98.05	1.78	0.17			
			Puñal	FRX	98.34	1.51	0.15			
<b>Media</b>					<b>97.4</b>	<b>2.29</b>				
Ciñuela	Calcolítico Final	Superficial	Punta de Flecha	PIXE	98.28	1.7	0.025	Zamora 1976	Inédito	
			Punzón	PIXE	95.83	4.14	0.028			
			<b>Media</b>							<b>97.1</b>
La Bastida	Bastida 1	Dep. V. Dep. VIII	Cinzel	PIXE	96.59	3.37	0.04	Lull et al. 2015	Inédito	
			Cinzel	PIXE	98.19	1.79	0.025			
			<b>Media</b>							<b>97.39</b>
Molinos de Papel	Calcolítico Final	UE1045. Sepultura 1	Punta de Flecha	PIXE	98	1.81	0.036	Pujante 2007	Inédito	
			UE1026. Exterior Cabaña 1	Cinzel	PIXE	98.8	0.45			0.49
				UE2024*. Cabaña 2.	Punzón	PIXE	99.3			0.33
			Derrumbe							
<b>Media</b>					<b>98.7</b>	<b>0.86</b>	<b>0.17</b>			

Tabla 7.1. Registro y composición química de los artefactos de cobre del III milenio cal ANE del valle del Guadalentín (\*La cronología del Calcolítico Final de la UE2024 no es segura).

análisis efectuados en el marco del Proyecto Gatas (Stos-Gale et al. 1999). Los análisis comprenden un punzón de La Ciñuela y dos cuchillos y dos sierras de Canteras de Murviedro, todos ellos del Calcolítico Final. A ellos no podemos añadir los análisis realizados por L. Siret de artefactos de Parazuelos, ya que, a diferencia de los minerales y escorias, no estima el arsénico (Siret y Siret 1890b, p.273).

Dentro de las colaboraciones efectuadas en el marco del Proyecto La Bastida<sup>342</sup> se han analizado varios artefactos que complementan el registro. Estos incluyen una punta de flecha lanceolada de La Ciñuela, dos cinceles de la primera fase de ocupación de La Bastida (y que pueden datarse con anterioridad al II milenio cal BC), un cinzel, una punta de flecha y un punzón del yacimiento caravaqueño de Molinos de Papel (Pujante Martínez 2006)<sup>343</sup>.

Del enterramiento múltiple de Camino de Los Molinos, en Caravaca, (Lomba et al. 2009) se han realizado 10 análisis con extracción de muestra que están pendientes de publicación<sup>344</sup>. Estos análisis se complementan bien con nuestro registro. Todos ellos tienen concentraciones en arsénico por encima del 1 % y en tres de los casos el arsénico está entre el 4 y el 5 %. La media general de todo el conjunto es de 2,4 % As (J. Lomba com. pers.).

Sin contabilizar los análisis del Camino de Los Molinos, disponemos de 11 artefactos analizados químicamente (Tab. 7.1). En principio, la cronología representada nos indica que estamos en todos los casos en la segunda mitad del III milenio cal ANE, especialmente en contextos donde hay presencia de tradición campaniforme.

342 Todos los análisis se han efectuado mediante PIXE en el C2RMF en el marco de un Proyecto CHARISMA.

343 Agradezco a Ana Pujante el haber cedido estos materiales para su estudio.

344 Agradezco la amabilidad de J. Lomba en cederme esta información.

Del cómputo global de objetos representados, ninguno es de cobre totalmente puro. La media en arsénico del total de objetos se sitúa en el 2,1 % (Desv. std.= 1,22). La distribución que presenta no es normal y una hipótesis es que se corresponda, al menos, a tres grupos de composición diferentes, uno con artefactos de cobre con muy poco arsénico (<1 % As), el segundo entre 1 y 2,5 % As y otro con objetos por encima del 3 % (Fig. 7.1). Si miramos las concentraciones por su procedencia, vemos un equilibrio entre los artefactos del Murviedro, La Ciñuela y La Bastida y una media bastante inferior para Molinos de Papel (Tab. 7.1). En este último sitio tenemos los dos únicos análisis con valores de arsénico por debajo del 1 %, un punzón y un cincel. La punta de flecha lanceolada del mismo yacimiento muestra una concentración muy superior, acercándose al 2 % de media.

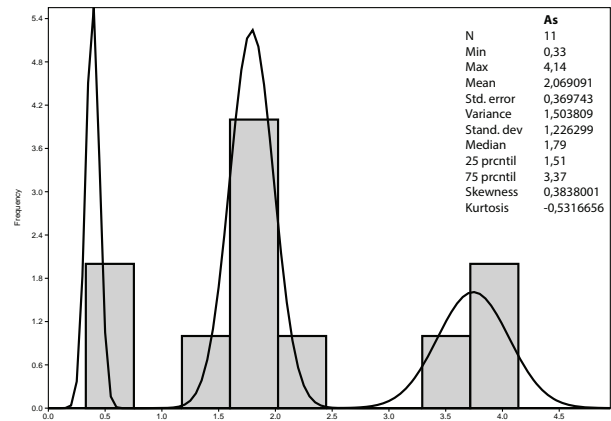


Figura 7.1. Histograma acumulativo del contenido en arsénico de los artefactos del III milenio en el Valle del Guadalentín. A la derecha se representan las estadísticas descriptivas.

Los análisis aquí expuestos son insuficientes para intentar explicar la distribución del arsénico, aunque se podrían conjugar varias opciones como la localización geográfica y su distancia a los recursos minerales o el contexto de amortización de los artefactos. Los datos tampoco desmienten que algunos tipos de artefactos que configuran la tipología metálica campaniforme, como las puntas de Palmela y los puñales de lengüeta, presentan de forma sistemática concentraciones elevadas de arsénico (Craddock 1980; Hook et al. 1991). Sin embargo, creemos que la explicación a la concentración del arsénico de los artefactos debe ser múltiple, conjugando los posibles factores arriba expuestos con registros más amplios de materiales.

En todo caso, en lo que a nosotros nos atañe, la composición del metal no refleja la obtención de cobre puro, en contradicción a los dos tipos de minerales presentes en varios de los poblados estudiados. Conociendo la distribución del arsénico en los depósitos minerales de cobre de la zona y las clases minerales representadas en los poblados estudiados, la presencia de arsénico no puede considerarse como accidental o no intencional. Como mucho podremos definirla como no controlada (Thornton 2009, p.311).

## **7.2. Estudio de los residuos metalúrgicos del valle del Guadalentín**

Establecer un registro de todo el valle del Guadalentín es muy complejo por la ambigüedad e indefinición de cómo aparecen mencionados los residuos metalúrgicos en la bibliografía. Para un primer acercamiento genérico a la distribución de los mismos en

el registro arqueológico, solo hemos contabilizado aquellos que hemos podido revisar directamente, aparecen publicados individualmente y pertenecen a contextos seguros del III milenio cal ANE. De este conjunto ya mermado se han excluido del registro los materiales de poblados en los que no hay documentada metalurgia extractiva (p. ej. La Bastida y Cerro de la Cueva de la Moneda).

El cómputo final es de 217 registros y solo comprende los yacimientos de Agua Amarga (AG), Calle Los Tintes/Escalinas del casco urbano de Lorca (LR), Carboneros (CB), La Ciñuela (CÑ) y Parazuelos (PZ). Del casco urbano de Lorca hay otros registros como Carril de Caldereros o Calle Floridablanca que podrían haberse incluido, pero la ambigüedad de su descripción hace que su identificación sea confusa y su cuantificación imposible.

Igualmente de Parazuelos no hay manera de establecer una cuantificación del registro total más allá del peso especificado por los hermanos Siret. En consecuencia solo se han cuantificado los elementos que hemos podido observar directamente. Aunque la mayoría de material corresponde a recogida superficial, la representación es suficiente y consideramos que representativa de los residuos metalúrgicos que aparecen en cada lugar. Excepto en Parazuelos, también lo es para la densidad de material metalúrgico que presenta cada asentamiento.

Los materiales se han dividido en cuatro agrupaciones muy genéricas que son las que permiten un registro morfológico. Estos son minerales (MIN), cerámicas técnicas metalúrgicas (CM), escorias (ESR) y restos fundidos de cobre (CU).

Esta clasificación preliminar no puede visibilizar una variedad que en muchos casos solo puede ser confirmada mediante análisis arqueometalúrgico, como por ejemplo la distinción entre crisoles y vasijas de reducción, o entre escorias y minerales parcialmente reducidos. En cuanto a la clasificación de las escorias, estas incluyen conglomerados de horno, posibles minerales parcialmente fundidos que han perdido su morfología original y las escorias propiamente como tales.

La definición y clasificación detallada de los residuos solo la podemos aplicar en el apartado siguiente, pues ella es posible cuando se dispone de mediciones analíticas como la densidad y la composición química elemental. Aun así solo se considera segura cuando además se ha estudiado con el microscopio. Para un primer acercamiento superficial al conjunto consideramos que esta clasificación nos sirve y es útil, pues refleja unas variaciones que pueden correlacionarse con el devenir socio-político que hemos analizado en el capítulo 5.

La distribución de los residuos metalúrgicos en cada asentamiento expresa ciertos indicadores muy relevantes (Fig. 7.2). Así vemos como en los poblados con ocupación del Calcolítico Pleno, como Parazuelos, Agua Amarga y Carboneros el número de escorias es muy superior al de los otros tipos de materiales, mientras que en los yacimientos del

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

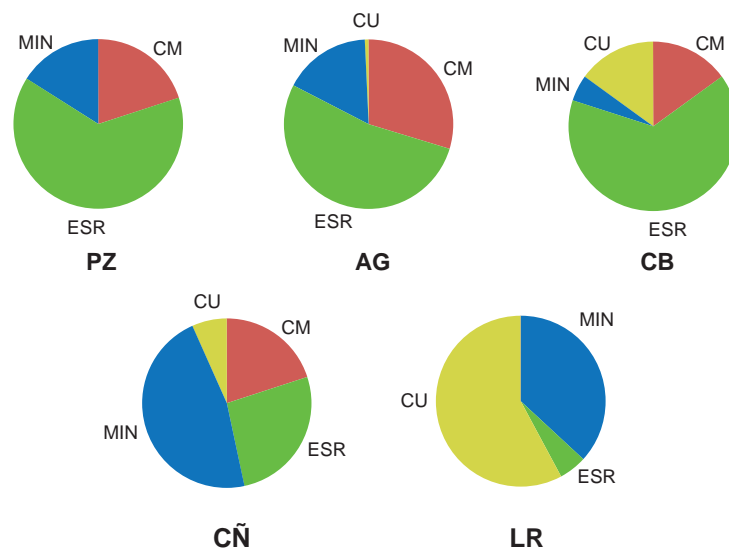


Figura 7.2. Distribución del número de fragmentos de cada tipo de residuo metalúrgico por yacimiento.

Tipo	Tintes-Escalinas			La Ciñuela			Agua Amarga			Parazuolos			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 7.2. Distribución del peso (en gramos) por tipo de residuo según el yacimiento (N= número de residuos). En Parazuolos no se contabilizan los hallazgos de L. Siret.

Calcolítico Final esta predominancia viene marcada por los minerales. Esta disimetría del Calcolítico Final podría intensificarse al final del período si tomamos como representativo el material del Cerro de la Cueva de la Moneda y el único artesano mineral de La Bastida. Sin embargo, sorprende la baja cantidad de cerámicas metalúrgicas que encontramos, ya sea en relación a las escorias en los poblados del Calcolítico Pleno o en relación a los minerales durante el Calcolítico Final<sup>345</sup>.

Cuando comparamos el peso en gramos de cada tipo de ítem por yacimiento, vemos como las cerámicas metalúrgicas ganan protagonismo en todos los asentamientos excepto en la Ciñuela (Tab. 7.2). Ello se debe al pequeño tamaño de las escorias calcolíticas, cuyo peso es superado individualmente por los fragmentos cerámicos. Además, en Carboneros y Agua Amarga se han registrado fragmentos de considerable tamaño de lo que parecen ser crisoles, cuya fragmentación es menor que en las vasijas de reducción.

345 En el casco urbano de Lorca se han documentado en total tres cerámicas metalúrgicas. Una en la calle Floridablanca asociada al Calcolítico Pleno y dos en la calle Zapatería en contextos alterados entre Calcolítico y Argar (supra).



En la Ciñuela, en cambio, no se produce este cambio porque el peso de las cerámicas metalúrgicas es muy inferior al de los minerales del poblado.

Otro caso interesante es el de los residuos de cobre. Aquí sorprende la elevada presencia de restos cobre metálico en Lorca, que sin embargo se corresponden a fragmentos muy pequeños de nódulos cuyo peso solo representa el 10 % del total. Ello se explica por la mala conservación del registro. Si comparamos los 3,8 gr de peso de los 11 residuos de fundición de Lorca con los 21 gr de los tres residuos de Carboneros o los tres gramos de un solo nódulo de cobre de Agua Amarga se constata que no representa el mismo tipo de residuo. El único residuo de cobre de La Ciñuela, muy mineralizado, encaja con lo que vemos en Lorca.

En cualquier caso se desprende que la cantidad de subproductos desechados tras la reducción de cobre es muy superior en los poblados con ocupación durante el Calcolítico Pleno. Esta disminución se evidencia si comparamos los 138 residuos de Agua Amarga o los 25 kg de escorias de Parazuelos con los aproximadamente 30 gr que tiene el conjunto de excavaciones del casco urbano de Lorca para el Calcolítico Final. La disminución tanto en escorias como en cerámicas metalúrgicas durante el Calcolítico Final puede estar indicando un cambio, bien en los tipos de mineral empleado, o bien en el propio proceso de reducción que generaría menos residuos. Hemos visto en La Ciñuela que los minerales en el contenido férrico global presentan poca variación respecto a Parazuelos o Agua Amarga, por lo que de momento nos encontramos sin respuesta a esta transformación.

Paradójicamente es en estos momentos del Calcolítico Final cuando se incrementa de forma significativa la amortización de artefactos metálicos y hacen su aparición los primeros objetos que pueden considerarse de prestigio. Tanto el registro metalúrgico, como el metálico sugieren una transformación de las prácticas socio-económicas relativas a la producción de cobre.

### **7.2.1. Definición, clasificación y propiedades del registro analizado**

De los 217 arteusos que hemos visto en el apartado anterior, 57 han sido analizados químicamente<sup>346</sup>. Dieciocho de ellos se corresponden a los minerales de La Ciñuela, Agua Amarga y Parazuelos que hemos visto en el capítulo 6. El conjunto restante aglutina 39 arteusos no minerales de Agua Amarga, Carboneros, La Ciñuela y Parazuelos. Todos ellos han sido analizados con PIXE<sup>347</sup> y una selección se ha estudiado con el microscopio electrónico de barrido (MEB-EDS).

Dado que el conjunto principal de análisis se articula en torno a los análisis PIXE, y como nos interesa ver en detalle la pérdida de cobre y arsénico de los minerales res-

---

346 No se contabilizan los minerales de La Bastida ni del Cerro de la Cueva de la Moneda.

347 Menos una escoria de Agua Amarga de la que solo disponemos del análisis pFRX.

pecto a los residuos metalúrgicos, se aplicará el factor de corrección del arsénico (X/2) explicado en el capítulo 2 a los análisis con pFRX. Son un total de 10 minerales y una escoria (AG07). Para las pruebas estadísticas que incorporan los elementos ligeros solo se han utilizado análisis PIXE.

Desde una perspectiva tecnológica, los residuos analizados en este trabajo siguen la dinámica general de los subproductos metalúrgicos del Sudeste (supra). Se pueden identificar como conglomerados de horno y escorias de horno tal como las definía H. G. Bachmann (1982)<sup>348</sup>, donde una parte importante del cobre queda atrapado en la escoria. Estas características son sintomáticas de las escorias inmaduras calcolíticas de Europa y Próximo Oriente, en el que el subproducto debe triturarse para poder recuperar el cobre atrapado dentro (Bourgarit 2007). A estas escorias se les debe diferenciar las adherencias en vasijas de reducción. En estas últimas, la escorificación también aglutina parte de la matriz fundida del reactor y tanto su composición como estructura puede variar respecto a lo que nombramos como escorias.

El procesado mediante distribución combinada (Mixture Analysis) de las densidades del conjunto de arteusos ha permitido ordenar estos residuos y visibilizar una variedad mayor de la inicialmente esperada tras la observación visual. Los residuos se han dividido en cuatro grupos, que para diferenciarlos de los establecidos en el estudio de minerales los clasificaremos como tipos (Fig. 7.3). Su nomenclatura se establece con una T delante del número que le corresponde<sup>349</sup>. El primero de ellos está compuesto por las cerámicas metalúrgicas y los otros tres por diferentes variedades de lo que en el apartado anterior se ha identificado como escorias.

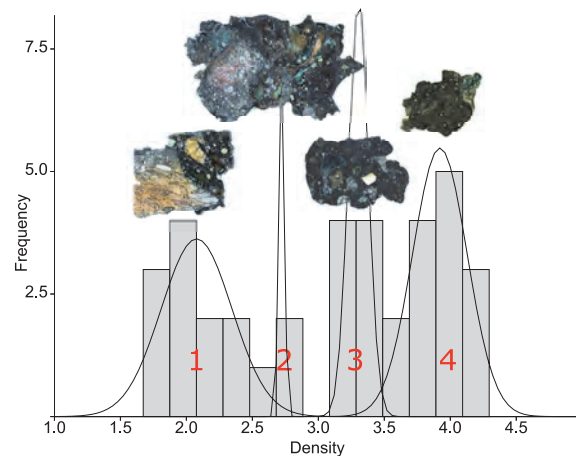


Figura 7.3. Distribución combinada de la densidad de arteusos de reducción de cobre con ejemplos visuales del ejemplar representativo.

El tipo de cerámicas técnicas (T1), está formado por crisoles, vasijas de reducción y restos de paredes de horno, tienen una importante cantidad de sílice y alúmina y la mayor parte de su cuerpo se encuentra sin fundir.

Cuando se ha podido discriminar, dentro del Tipo 1 se identifica la variedad T1A que presenta una fina capa de escoria sobre una pasta cerámica poco alterada (p. ej. AG03).

348 Ver también E. Burger (2008, p.84).

349 En algunos gráficos, para simplificar la leyenda únicamente aparece el número delante de la sigla del yacimiento.

La presencia de cobre en ellas es residual. Pueden ser tanto vasijas de reducción como crisoles. La presencia de crisoles es muy inferior a las vasijas de reducción, pero al menos en un caso (AG09) su identificación es segura.

En la variante T1B el contenedor presenta una alteración física importante en forma de poros entre la escorificación y la matriz arcillosa. Son varios los casos en los que esta matriz no se presenta como cerámica, sino como una capa endurecida de tierra más porosa y menos compacta (CÑ13, AG06, AG11).

El Tipo 2 identifica los conglomerados de horno ricos en cuarzo sin fundir (CÑ10 y AG07). Son residuos poco densos y con predominio de cuarzo y relictos de mineral medio fundidos. Sus granos son visibles macroscópicamente, llegando hasta el centímetro de longitud.

El Tipo 3 se define como escorias de horno porosas. Dominan los óxidos de hierro junto a silicatos. Tanto en superficie como en el interior encontramos grandes vacuolas confiriéndole una densidad menor y una mayor irregularidad que en el Tipo 4. Estos residuos muestran un exceso de sílice que ha impedido que se licue totalmente. Este exceso es observable a partir de granos milimétricos componentes silíceos sin fundir o parcialmente fundidos. Algunas de ellas (AG15) presentan una importante carga de mineral y ganga parcialmente fundido.

Por su parte, el Tipo 4 representa las escorias de horno con una mayor densidad. En ellas dominan los óxidos de hierro y tienen una estructura más homogénea. La viscosidad, la observación en MEB-EDS y el sistema ternario indican que se trata de escorias que han fundido todos sus componentes y con un valor de viscosidad suficiente para una separación del cobre (infra). Aun así vemos como conservan cantidades de cobre importantes en su interior (AG13, AG20).

Además de estos cuatro tipos, se han clasificado los minerales parcialmente reducidos o residuos sin determinar en el Tipo 5 (T5) y los nódulos o goterones de cobre en el Tipo 6 (T6). Para los estudios comparativos con los minerales estos aparecen genéricamente identificados en el Tipo 0 (T0).

Para comprobar hasta qué punto los tipos identificados se correspondían con diferentes tipos de residuos, y poder caracterizarlos de manera más precisa, se ha comparado su densidad con el índice de viscosidad<sup>350</sup>, tal como está formulado en G. Bachman (1982, p.19)<sup>351</sup>, y con el sistema ternario.

Es aconsejable realizar tanto la prueba del índice de viscosidad como la representación en un sistema ternario a partir de la composición de las partes escorificadas de

---

350

351 Este índice ha sido mejorado en publicaciones más recientes, pero el cálculo aún sigue siendo útil a efectos comparativos (Burger 2008, p.88).

los residuos. Ello solo puede hacerse a partir de los análisis con el MEB. En nuestro caso únicamente hemos estudiado 11 residuos con MEB, frente a los 35 analizados de forma genérica con PIXE. Con el fin de tener una mayor representación se ha preferido trabajar con las composiciones globales de los residuos. Se asume que en los Tipos 1 y 2 los resultados no son (exclusivamente) indicadores de la fase escorificada, también incluyen el resto de componentes como las arcillas, granos de cuarzo o restos de mineral parcialmente fundidos. Todo ello nos interesa para poder clasificar los residuos, pero no nos sirve para caracterizar tecnológicamente el proceso.

El índice de viscosidad calcula la ratio entre los óxidos ácidos ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) y los óxidos básicos ( $\text{CaO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$ ). Los óxidos básicos tienden a disminuir la viscosidad de la escoria mientras que  $\text{SiO}_2$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tienden a aumentarla. La ratio de escorias metalúrgicas tiende a situarse aproximadamente entre 0,5 y 1. Cuanto más bajo sea el índice de viscosidad mayor será la viscosidad de la escoria. Y cuanto mayor sea la viscosidad mejor será la separación entre el metal y la escoria, lo que significará procesos más eficientes. Una viscosidad alta seguramente querrá decir que el proceso no se ha completado con éxito al requerir temperaturas demasiado elevadas para una buena separación entre metal y ganga.

En el gráfico binario observamos como el Tipo 1, que contiene adherencias sobre cerámicas y parte de las mismas, presenta una viscosidad extrema como era de esperar (Fig. 7.4). Esta viscosidad extrema es compartida en su zona baja por los residuos del Tipo 2, evidenciando un proceso muy ineficiente en el que gran parte de la escoria pertenece a  $\text{SiO}_2$  no fundido. Los Tipos 3 y 4 sí se ajustan a lo que pueden considerarse propiamente escorias pero con divergencias. El Tipo 3 tiene viscosidades muy heterogéneas, mientras que el Tipo 4, caracterizado por una elevada densidad, es el único que se muestra homogéneo con un índice de viscosidad bajo. En todo caso, el gráfico nos sirve para distinguir entre lo que podemos considerar escorias fundidas de las escorias en que una parte importante de sus componentes ácidos no se han fundido. La irregularidad observada en el Tipo 3 aconseja mantener la separación del Tipo 4 vista en la división por densidad.

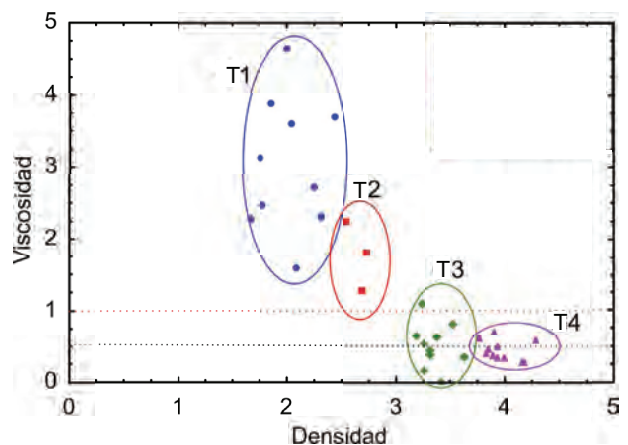


Figura 7.4. Delimitación de los Tipos según la ratio densidad/viscosidad. La línea discontinua roja señala el máximo del índice de viscosidad aceptado para una escoria ( $n=1$ ). La línea discontinua gris señala los valores comunes de las escorias en el índice de viscosidad (0,5).

Una última prueba, relacionada en parte con la viscosidad, es la representación de la composición global de las escorias en sistemas ternarios (Fig. 7.5). Estas muestran las composiciones que caen en el área fayalítica de punto de licuefacción a baja temperatura

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

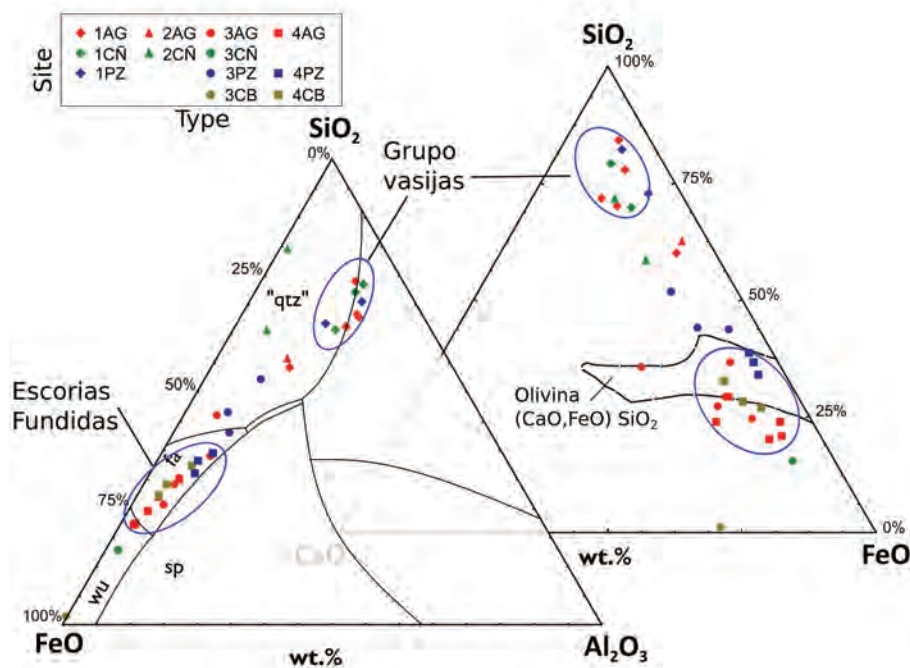


Figura 7.5. Representación global de los residuos metalúrgicos en el sistema ternario FeO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Osborn and Muan 1964) y CaO-FeO-SiO<sub>2</sub> (Muan and Osborn 1965). Los colores representan los diferentes asentamientos. Los símbolos, que se correlacionan con los números de la leyenda superior, identifican el tipo de residuo según el gráfico de densidad. Se han señalado mediante círculos las concentraciones de Tipo 1 (adherencias sobre cerámica) y del Tipo 4 (escorias de horno).

(1200°C), o por el contrario, se sitúan en las zonas de cristalización de los sólidos de los spinels, la sílice, el aluminio o la calcita. Lo que observamos es que todas las escorias del Tipo 4 se posicionan en lo que sería la zona de baja temperatura de licuefacción. Otro tipo homogéneo está representado por las vasijas con adherencias metalúrgicas, situadas en la zona de la sílice y alúmina, debido a la parte de material cerámico que contienen.

El Tipo 2 se muestra bastante irregular pero se distingue del Tipo 3 por una mayor presencia de sílice, mientras que el Tipo 3 contiene más hierro y se acercaría a las composiciones fayalíticas. De este último vemos como los únicos ejemplares de La Ciñuela y Carboneros clasificados como tales tienen una enorme saturación de hierro. Ello contrasta con los bajos valores en hierro de los conglomerados de horno de La Ciñuela. Esta disparidad podría estar en relación con un diferente proceso tecnológico, quizás un aprovechamiento preferencial de minerales con menos hierro que en períodos anteriores. De La Ciñuela solo hay un único residuo clasificado como escoria de horno. En Carboneros, por el contrario, la presencia extrema de hierro en un residuo del Tipo 3 no repercute en el hecho de que el resto de escorias del Tipo 4 se posicionen junto a las de Agua Amarga y Parazuelos.

El gráfico de la figura 7.5 también nos sirve para visualizar como cada asentamiento parece seguir su propia tendencia en la relación SiO<sub>2</sub>/FeO. Ello se ve especialmente

entre las escorias de los Tipos 3 y 4 de Parazuelos y Agua Amarga. Las de Agua Amarga tienden a una saturación de hierro, mientras que las primeras, ajustadas mejor en el campo de las olivinas, mantienen un mejor equilibrio con los óxidos ácidos.

Con todo ello es recomendable mantener la clasificación en base a la densidad para el posterior estudio de los residuos metalúrgicos. No obstante, vemos como los residuos del Tipo 3 de Carboneros y La Ciñuela posiblemente no sean el mismo subproducto que los de Agua Amarga y Parazuelos.

Si revisamos la definición de los residuos enunciada al inicio del apartado, podemos identificar el Tipo 2 como conglomerados de horno y los Tipos 3 y 4 como escorias de horno (Bachmann 1982).

### **7.2.2. Cobre y arsénico en los residuos metalúrgicos**

La tendencia general de la pérdida de cobre<sup>352</sup> no se distingue ni por el tipo de residuo, ni por el yacimiento, y reproduce las pérdidas de los residuos calcólicos de otros contextos europeos y de Próximo Oriente (Fig. 7.6).

Aun así, hay dos registros cuyos valores de cobre son extremos, una escoria de Carboneros (T4) y otra de Parazuelos (T3). PZ10, aunque presenta una estructura interna fundida, su composición química es muy similar a la de los dos minerales del poblado, diferenciándose por un menor contenido en sílice que el resto de residuos metalúrgicos.

El tercer artefacto con mayores pérdidas es un conglomerado de horno de Agua Amarga del que solo hay análisis pFRX. Ante las dudas de si la medición de cobre estaba sobre elevada respecto al resto de análisis no ha sido representada en el gráfico.

Exceptuando estos tres casos, la afinidad general en las pérdidas de cobre podría sugerir que todos los residuos pertenecen a un mismo proceso metalúrgico y que este se ajusta al tipo de escorias inmaduras de la primera metalurgia peninsular.

A continuación se desarrollará el estudio individualizado para cada asentamiento, donde veremos tanto la relación cobre-arsénico en los residuos como la caracterización de las fases cristalinas que presentan. El apartado correspondiente a Agua Amarga, dada su representatividad e importancia, se ha desarrollado de forma diferencial y se tomará como eje del estudio.

---

352 El gráfico que se presenta incluye As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> junto al cobre con el que aparece asociado en las fases metálicas de las escorias.

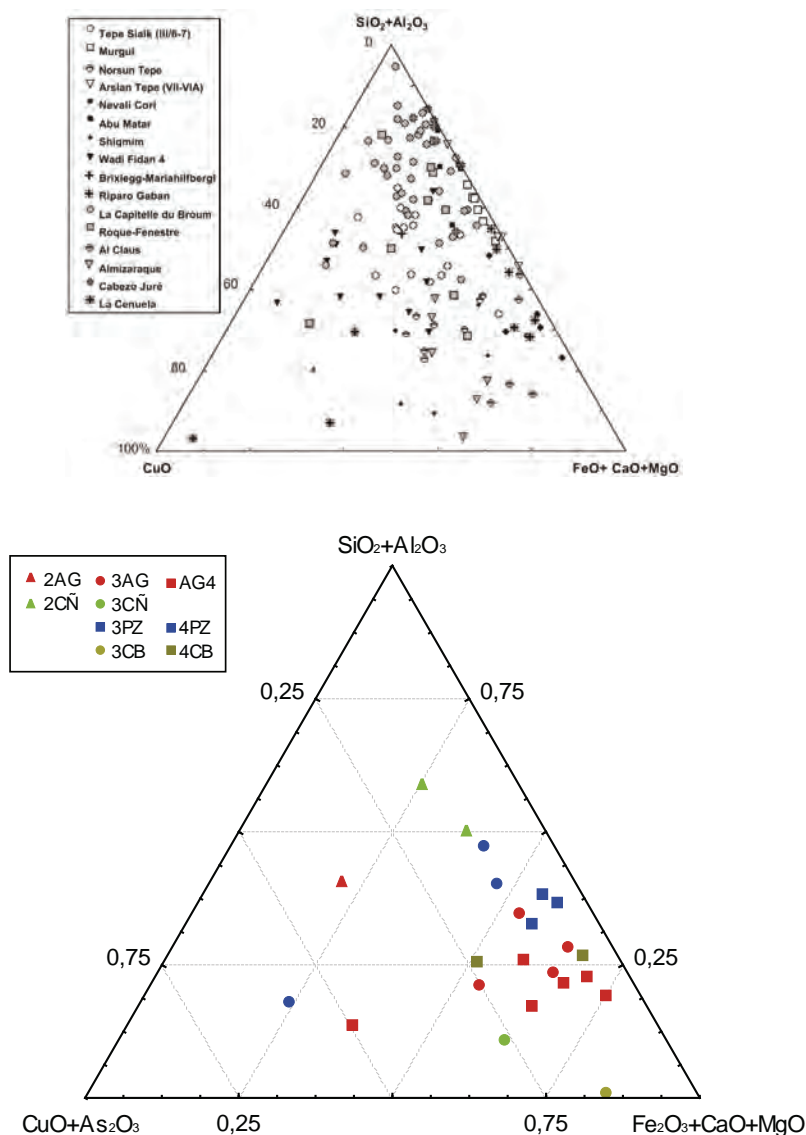


Figura 7.6. Composición global de las escorias representadas en el diagrama  $\text{CuO}/\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 / \text{FeO} + \text{CaO} + \text{MgO}$ . Arriba: yacimientos calcólicos de Europa y Próximo Oriente (Bourgarit 2007: Fig.2). Abajo el mismo gráfico con la composición de los residuos metalúrgicos analizados en el presente trabajo. Se han excluido las adherencias cerámicas para evitar las lecturas de las arcillas.

### 7.2.2.1. Parazuelos

En la figura 7.7 se ha representado las concentraciones de cobre y arsénico de los residuos y los minerales de Parazuelos. En las concentraciones absolutas reflejadas en el gráfico binario la pérdida de ambos elementos respecto a las escorias es clara. Únicamente PZ10, de la que ya hemos visto que era un extremo en el diagrama ternario conjunto, se alinea junto a los minerales. Como ya hemos mencionado, el examen de la composición de esta escoria se muestra más consistente con los dos minerales analizados que con el resto de residuos metalúrgicos. Únicamente dos elementos la distinguen. La presencia de  $\text{CaO}$  (3,5 %  $\text{CaO}$ ) superior a los minerales (media de 0,6

% CaO) y consistente con los residuos (3-13 % CaO). También se diferencia por unos valores en Co (3,2 % Co) totalmente anómalos en el registro global de Parazuelos, ya que en ningún otro ítem se ha detectado Co. También presenta valores altos en Ni y Bi, pero estas son las dos únicas trazas detectadas en el resto de residuos metalúrgicos en valores inferiores. Esta importante presencia de Co podría relacionarla con la Calicata Dolores o Cerro Minado.

Para observar si la menor presencia de arsénico era proporcional a una menor presencia de cobre se ha representado la relación CuO-As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> de todos los residuos con valores normalizados al 100 % para estos dos óxidos (Fig. 7.7). Vemos como excepto en el caso de PZ10 y en PZ12 el resto de residuos presenta concentraciones de arsénico proporcionalmente inferiores a los minerales.

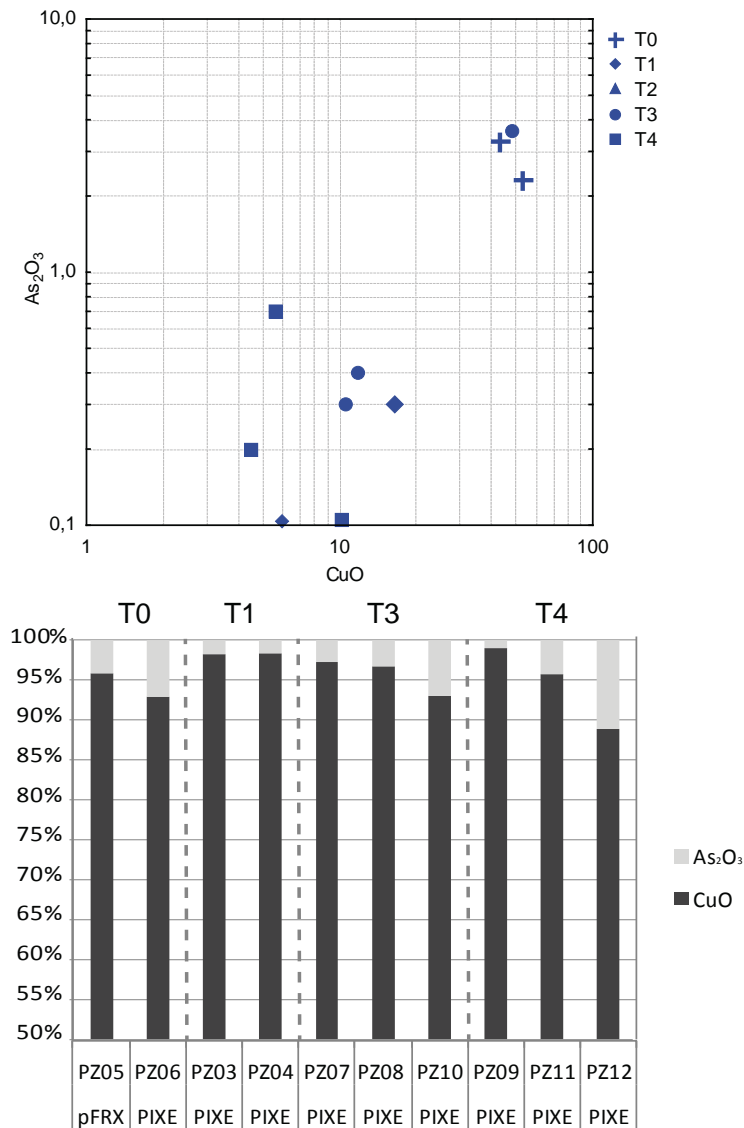


Figura 7.7. Concentraciones de óxidos de cobre y arsénico en minerales y residuos metalúrgicos. Abajo normalización al 100% de los 2 óxidos.



Se han estudiado dos escorias de Parazuelos con MEB-EDS, PZ08 del Tipo 3 y PZ09 del Tipo 4 (Fig. 7.8 y 7.9). Ambas presentan una fuerte alteración postdeposicional en forma de cloruros de cobre en los glóbulos e inclusiones donde anteriormente se alojaba el metal, ello afecta preferentemente a las inclusiones de mayor tamaño y a aquellas que hayan cerca de los bordes.

En uno de los laterales de PZ08 se observan relictos de cuarzo con impregnaciones de cobre y hierro en las fisuras, junto con restos de ganga de matriz  $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ . Esta ganga contiene relictos de óxidos de cobre con trazas de arsénico. La matriz dominante es fayalítica con cristales de magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), que pueden formar aglomerados al no acabar de fundirse el mineral original. En PZ08 estos aglomerados son de poca importancia y el cobre atrapado en ellos residual.

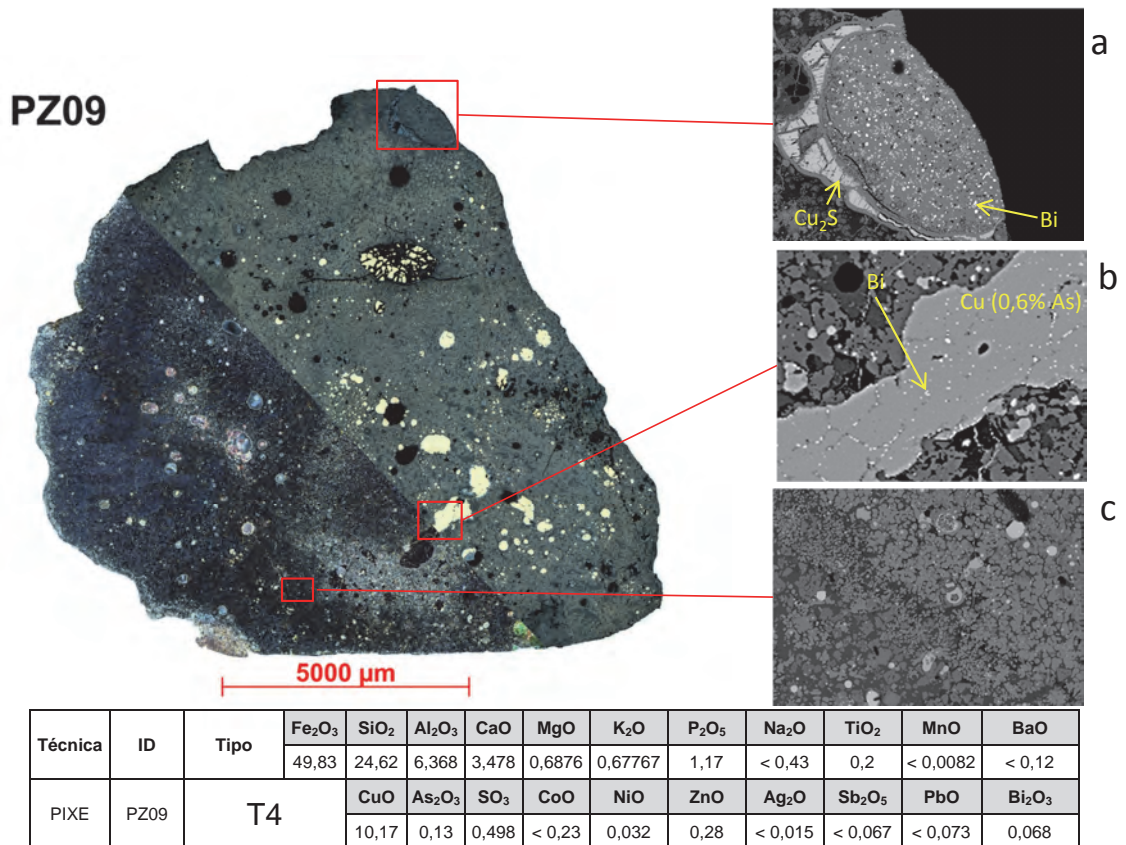
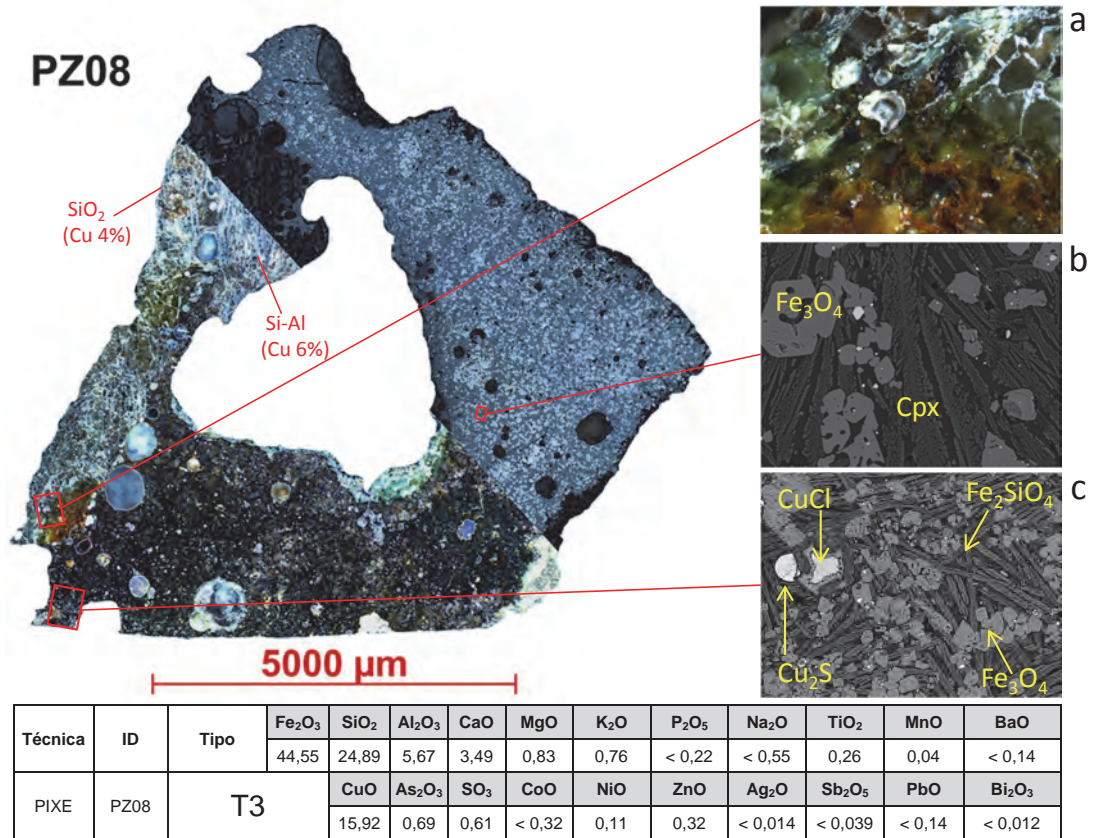
En cuanto a la presencia de metal, en ambas hay diferencias significativas y algunos puntos en común (Tab. 7.3). La diferencia más importante de PZ08 respecto a PZ09 es que el cobre arsenical se encuentra en inclusiones de muy pequeño tamaño (5-15  $\mu\text{m}$ ) mientras que las de mayor tamaño (>50  $\mu\text{m}$ ) siempre son en forma de mata ( $\text{CuFeS}$ ). En PZ08, la alta cantidad de cobre detectado en el análisis PIXE respecto a su poca visibilidad posterior en el MEB-EDS, podría indicar que la gran vacuola central contuvo en origen cobre. En la sección observada se conserva parcialmente en forma de cloruros los márgenes. Tanto el cobre arsenical, como la mata tienen un componente significativo de hierro del que no se han podido librar.

La escoria de Tipo 4 (PZ09) difiere a simple vista, con una matriz dominada por óxidos de hierro que conserva gran cantidad de cobre atrapado en glóbulos irregulares, a veces alargados (Fig. 7.9), la mayoría subredondeados, que pueden llegar a los 2 mm de largo. Estos grandes glóbulos, con poca o sin corrosión, tienen una composición de cobre con poco arsénico ( $m=0,55 \text{ As}$ ) y poco hierro ( $m= 0,36$ ) (Tab. 7.3: PZ09\_M1). Encontramos una fuerte presencia de pequeñas inclusiones de Bi en el interior de la mayor parte de nódulos de cobre. También hay presencia de Sb y Zn que se reparten entre la escoria y

Figura 7.8. Imagen general mixta de PZ08. En la matriz clinopiroxénica han cristalizado los spinels (b) que solo en la zona exterior están acompañados de olivinas (c). Estos spinels pueden formar aglomerados puntuales de escasa envergadura como se observa en la imagen general. A la izquierda vemos restos de ganga impregnada por óxidos de cobre (a). Esta ganga se compone de  $\text{SiO}_2$  en la parte exterior y con contenidos elevados en aluminio en la zona interna. El cobre arsenical aparece en pequeñas inclusiones siempre cerca de los óxidos de hierro o en el interior de los cristales. Algunos de ellos pueden verse como puntos blancos en "b" y "c". La presencia de calcosina y cloruros de cobre afecta a los granos de mayores dimensiones como en c. Esta siempre contiene impurezas variables de hierro, aunque los contenidos en sulfura varían entre la mata y la calcosina.

Figura 7.9. Imagen general mixta de PZ09. La diferencia respecto a PZ08 se observa en la matriz piroxénica saturada de óxidos de hierro que ha impedido la liberación del cobre. Toda la zona central de la escoria puede considerarse un gran aglomerado de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  que pierde densidad hacia el borde (c). En "a" inclusión de cobre con alteración a cloruro, segregado en forma de lágrima en un borde de la escoria. Presenta una segregación de  $\text{Cu}_2\text{S}$  o mata con poco hierro y un anillo exterior de maghemita. En el interior vemos numerosas inclusiones de bismuto. En la periferia de la lágrima de cobre es el único sitio de la escoria donde se han formado cristales de olivina (chain olivine). En "b" detalle de uno de los grandes nódulos de cobre con pequeñas inclusiones de Bi

Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.



el cobre metálico. Algunos nodulillos de muy pequeño tamaño (> de 25 µm) son más ricos en arsénico pero nunca superan el 5 %.

Las inclusiones de cobre arsenical en PZ08 y en PZ09 (Tab. 7.3) siempre se presentan en la fase α del sistema Cu-As (Rovira y Gómez Ramos 2003). A tenor de las inclusiones no alteradas y de mayor tamaño de PZ09, podemos sugerir que el cobre que se estaba produciendo era cobre arsenicado, con concentraciones bajas en arsénico (0,5-1 % As).

Tanto la composición de las diferentes fases de ambas escorias, como del cobre atrapado en ellas, es consistente con la reducción de los minerales encontrados en el asentamiento. En cuanto a las impurezas, tanto Zn como Bi habían sido detectadas en el análisis genérico, y también las encontramos en bajas concentraciones en los minerales del asentamiento. El Zn, por el contrario, solo había sido detectado en el análisis con PIXE de PZ06, pero no en los análisis con pFRX. Las tres, como hemos visto en el estudio de los minerales de La Ciñuela, son impurezas importantes en la zona del Barranco de Malcamino y su concentración desciende al aproximarse a Lomo de Bas.

Las condiciones en las que se efectuó el proceso de reducción fueron muy oxidantes, conllevando una pérdida significativa del arsénico en forma de gases pero conservando parte de él junto al cobre. En PZ09, a diferencia de PZ08, la matriz está dominada por cristales magnetita con piroxenos rellenando los intersticios. Solo encontramos olivinas en una esquina junto a una gran inclusión en el borde de Cu+CuCl con una segregación interna de calcosina (Cu<sub>2</sub>S) separado de la escoria por una corona de magnetita. La presencia de la calcosina está en relación a las trazas de sulfuro comunes en los minerales, dando lugar a pequeñas inclusiones de calcopirita solo visibles con lupa.

#### 7.2.2.2. Agua Amarga

Este yacimiento es el que ha proporcionado más residuos para el estudio comparativo con los minerales. También es donde se conservan en mejor estado. Ello ha permitido poder estudiar mediante MEB-EDS un número representativo de residuos, donde todos los tipos están representados.

Un primer estudio de los residuos del asentamiento, publicado bajo el nombre de Los Crisoles, fue publicado por S. Rovira (Rovira 2002a). En este trabajo solo se analizó un mineral parcialmente reducido, con presencia de una matriz piroxénica con magnetita. Por la descripción sería comparable a los Tipos 2 y 3 que analizamos aquí, ya que la licuación ha sido lo suficientemente importante para formar cobre metálico.

ID	Nº análisis	Sustancia	Cu	Fe	As	S
PZ08	n=3	CuFeS	68.94	2.01	0.19	27.23
PZ08	n=13	CuFeS	74.17	4.55	0.15	19.36
PZ08	n=15	CuFeAs	86.47	6.24	3.74	0.23
PZ09	n=12	Cu	93.54	0.36	0.55	0.11
PZ09	n=2	Cu <sub>2</sub> S	71.79	0.53	0.12	27.2
PZ09	n=10	CuFe	93.85	3.8	0.37	0.12
PZ09	n=2	CuFeAs	88.7	5.68	2.84	0.22
PZ09	n=7	CuFeS	67.63	11.54	0.15	20.41

Tabla 7.3. Análisis de las inclusiones metálicas de las escorias de Parazuelos (en % en peso).

Como se ha revisado en el capítulo 6, los minerales presentan dos tendencias muy nítidas con un grupo sin arsénico y con hierro, y otro con mucho arsénico y sin hierro. En el lado opuesto, todos los residuos muestran arsénico, normalmente por debajo del 1 %, y en la ratio Cu/As se muestran homogéneos (Fig. 7.10). Hay tres excepciones, dos de ellas pertenecen al tipo de minerales parcialmente reducidos (AG14 y AG16) y la tercera a un crisol (AG09). En primer lugar veremos estos ejemplos de los que no tenemos análisis con MEB, para abordar posteriormente el resto de residuos metalúrgicos.

AG14 y AG16 ya se desmarcan en el gráfico de comparación de concentraciones absolutas de cobre arsénico (símbolo: cuadrado gris). Ambos presentan una estructura de difícil clasificación pero visualmente no presentan cobre metálico en su interior, ni vacuolas, ni granos de cuarzo o mineral entremezclados con fases fundidas. La composición química de sus elementos principales encaja con la que observamos de forma genérica en los residuos. La ganga que incorporan ( $\text{FeO}+\text{CaO}+\text{SiAl}_2\text{O}_3+\text{Al}_2\text{O}_3$ ) es una combinación de óxidos que en el resto de minerales aparecen por separado ( $\text{FeO}+\text{SiAl}_2\text{O}_3+\text{Al}_2\text{O}_3$  vs  $\text{CaO}$ ).

Por otro lado, la concentración de cobre es muy baja en ambos (ca. 10 % CuO) para un mineral, pero la presencia en arsénico es elevada en proporción, e inédita en el resto de escorias, mostrando la ratio típica de un arseniato. Ambos muestran concentraciones en impurezas extremas en el grupo Ni-Co de hasta el 6 %, cuando los residuos raramente superan el 1 %. No sabemos muy bien cómo interpretar estos dos elementos. La única hipótesis que nos parece posible es que se trata de un preparado o receta que representa la carga original del mineral en el reactor. Faltaría por ver cómo justificar sus elevadas impurezas.

El tercer residuo metalúrgico con una relación Cu/As similar a AG14 y AG16 es el único crisol (AG09) que se ha analizado químicamente de Agua Amarga. Se trata de un fragmento de considerable tamaño, visto en la descripción del asentamiento<sup>353</sup>, que tiene una fina película muy regular de óxido de cobre que recubre una superficie interna muy poco alterada. La superficie externa, por el contrario, no muestra signos de afectación térmica. La ratio Cu/As de AG09 indica una contaminación por arsénico en forma de gas de la matriz cerámica del crisol, pero también evidencia la fundición de cobre con altas cantidades de arsénico en condiciones muy oxidantes, como las que pueden darse durante la fundición de cobre.

Ni el crisol, ni los dos minerales parcialmente reducidos han sido estudiados con el microscopio electrónico de barrido, lo que nos impide ofrecer una información que complete las observaciones realizadas.

---

353 Véase figura 5.14

Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.

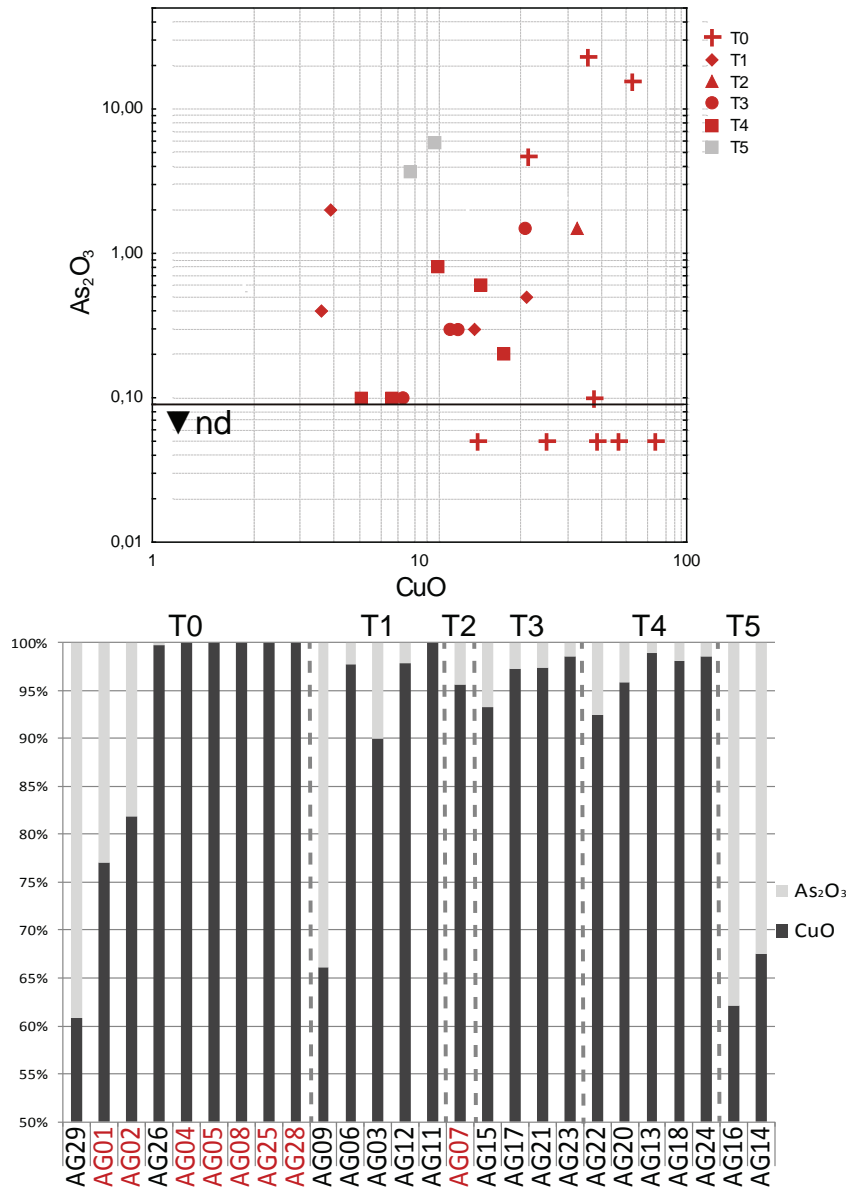


Figura 7.10. Concentraciones de óxidos de cobre y arsénico en minerales y residuos metalúrgicos. E. Abajo normalización al 100% de los 2 óxidos. En rojo los análisis con pFRX. AG09 (T1) se corresponde al único crisol analizado.

### Descripción general de los residuos

La observación al microscopio electrónico de los diferentes residuos muestra que, independientemente del tipo, las fases de la escoria presentan una fuerte heterogeneidad (escorias fractales) normalmente con pérdidas importantes de cobre metálico. Esta heterogeneidad viene determinada por unas condiciones muy variables en el reactor, tanto en su temperatura como en la entrada de oxígeno. En cuanto a las fases cristalinas podemos establecer una secuencia para cada tipo de residuo. El estudio de las fases metálicas se abordará de forma conjunta al final.

El Tipo 1 en su variante 1A (AG03), que representa los contenedores cerámicos (en este caso solo de reducción) con capas escorificadas, presenta una matriz vidriada piroxéni-

ca en la que ha cristalizado principalmente fayalita y magnetita-maghemita (Fig. 7.11). La parte con mayor volumen de escoria parece ser fruto de la fractura de la cerámica y presenta dos eventos de deposición de escoria delimitados por una fina costra de óxidos de hierro (Fig. 7.11c). Esta capa de separación determina que hubo un enfriamiento suficiente para que los óxidos de hierro se solidificaran segregándose hacia el exterior y seguramente se debe al episodio de fractura de la cerámica, que no obstante siguió en funcionamiento. Ello le llevó a acumular una segunda capa de escoria por encima. Las fases cristalinas de la parte inferior muestran un enfriamiento más lento que la parte superior, sin embargo químicamente encontramos los mismos cristales. Hay un grano de cuarzo que domina parte de la zona escorificada superior, presenta tanto ángulos agudos como redondeados por lo que no es posible determinar si fue añadido como fundente. En el conjunto del residuo no hemos encontrado cobre metálico, pero sí mata y speiss (Fig. Tab. 7.4). Todo el metal de este residuo se encuentra en forma de mata arsenicada, indicando la reducción de sulfoarseniuros y minerales ricos en sulfuro, en unas condiciones inestables pero suficientes para la formación de fayalita.

En la variante 1B (Fig. 7.12 y Fig. 7.13) esta matriz piroxénica se encuentra totalmente cristalizada y fuertemente impregnada de óxidos de cobre adquiriendo zonalmente una coloración (Fig. 7.12b) amarillenta. En algunas zonas presentan cristales feldespáticos como la anorthita. Esta aparece en los puntos donde el mineral ha entrado en contacto con las arcillas fundidas. La presencia de anorthita solo se da en esta variante mientras que están ausentes los cristales de fayalita. Sí encontramos clinopiroxenos ricos en Ca, como la hedenbergita que han cristalizado en forma de agujas aciculares (Fig. 7.13a y b). La mayoría de spinels cristalizan aislados entre el caldo piroxénico pero también pueden formar pequeños aglomerados dispersos con altos contenidos en Co. En estos residuos el cobre puede aparecer tanto en forma de sulfuros como de cobre arsenical con contenidos no muy elevados en arsénico e impurezas de hierro y níquel.

La principal característica de esta variante es que no existe un contacto limpio entre la arcilla y la adherencia de las fases escorificadas. Entre ambas aparece una transición con poros en la matriz cerámica, cuya licuación aparece representada en forma de feldespatos en la escoria. Esta descripción podría estar indicando el uso de ventilación forzada, así se incrementa la producción de monóxido de carbono en el reactor y se pueden alcanzar temperaturas más elevadas (Renzi 2007; Radivojević 2013). Las fases que encontramos representadas son similares a las que presentan las denominadas escorias de crisol de Cabezo Juré (Sáez et al. 2003). Ambas representan el uso de temperaturas muy elevadas y la entrada de ventilación forzada, aunque por nuestra parte no consideramos que puedan ser exclusivas de la fundición de cobre y podrían estar también en relación con la reducción.

Del Tipo 2 solo se ha analizado un registro (AG07). Se trata de un conglomerado de escoria, mineral sin fundir y relictos de ganga en el que aparecen prácticamente todas las fases y dimensiones posibles de cobre metálico (Fig. 7.14). Entre los restos de cuarzo

y mineral encontramos una matriz piroxénica en gran parte cristalizada con frecuentes aglomerados de maghemita, cuya concentración puede favorecer la presencia de cristales alotriomorfos. En las periferias de estos aglomerados se han formado cristales heterogéneos de olivinas fayalíticas. Esta se puede considerar una fase frecuente pero mucho menos importante que los óxidos de hierro. Finalmente, también es habitual la formación de glóbulos de cuprita aislados en el vidrio piroxénico, cuya formación es posible cuando se dan condiciones reductoras con mucho oxígeno (Fig. 7.14e).

La mayor parte de estos de ganga sin fundir se relación con granos de cuarzo y aluminio impregnados de cobre sin arsénico. En su exterior, se observa como el cobre ha segregado hasta formar pequeños nódulos de cobre puro, siendo aquí los únicos puntos donde se presenta sin arsénico.

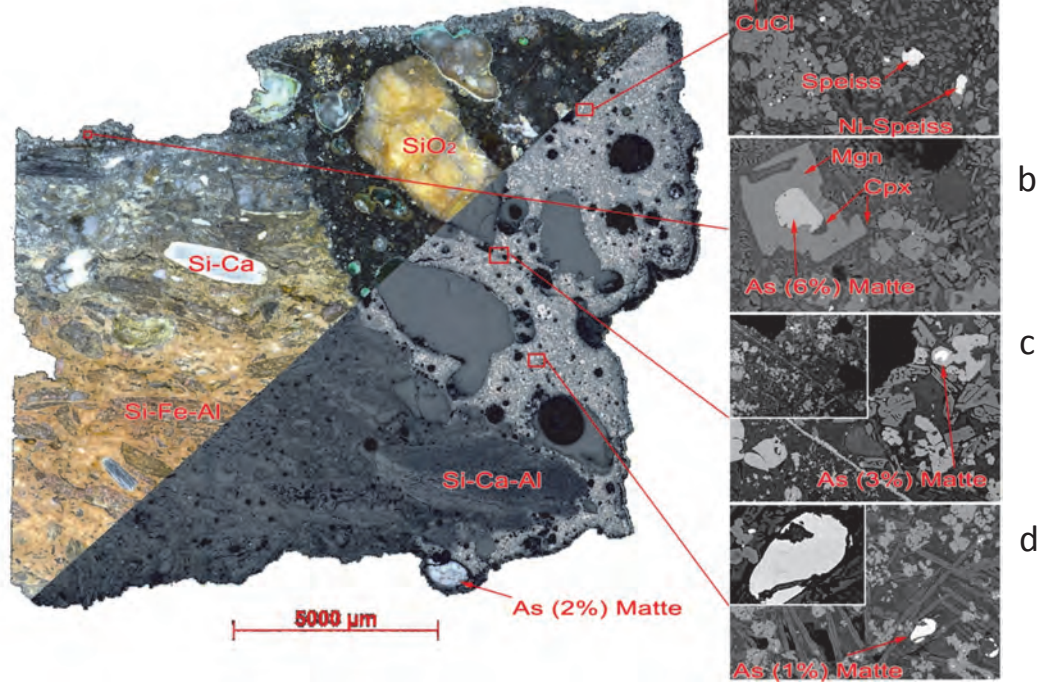
Finalmente, aunque podemos considerar que la mayor parte del cobre obtenido fue cobre arsenical a tenor de las vacuolas con restos metálicos que quedan, en el conjunto de la escoria domina la formación de mata, que aparece concentrada en la parte inferior y formando coronas en las gotas de cobre arsenical. Una gran concentración de mata (Fig. 7.14d) presenta numerosas inclusiones de pequeño tamaño en su interior tanto de speiss como de cloruros de cobre. También el cobre arsenical, presenta inclusiones de sulfuros en su interior (Fig. 7.14d).

En definitiva, vemos como se trata de un residuo de reducción de minerales de cobre, mezclando arseniatos y sulfoarseniuros con minerales sin arsénico ricos en sílice. No deja de sorprender el gran tamaño de los granos de mineral incorporados a la reacción, dado que normalmente se presupone una trituración previa del mineral. No obstante, la presencia de cobre en los intersticios de estos granos de cuarzo indicaría que se trata de ganga del mineral original.

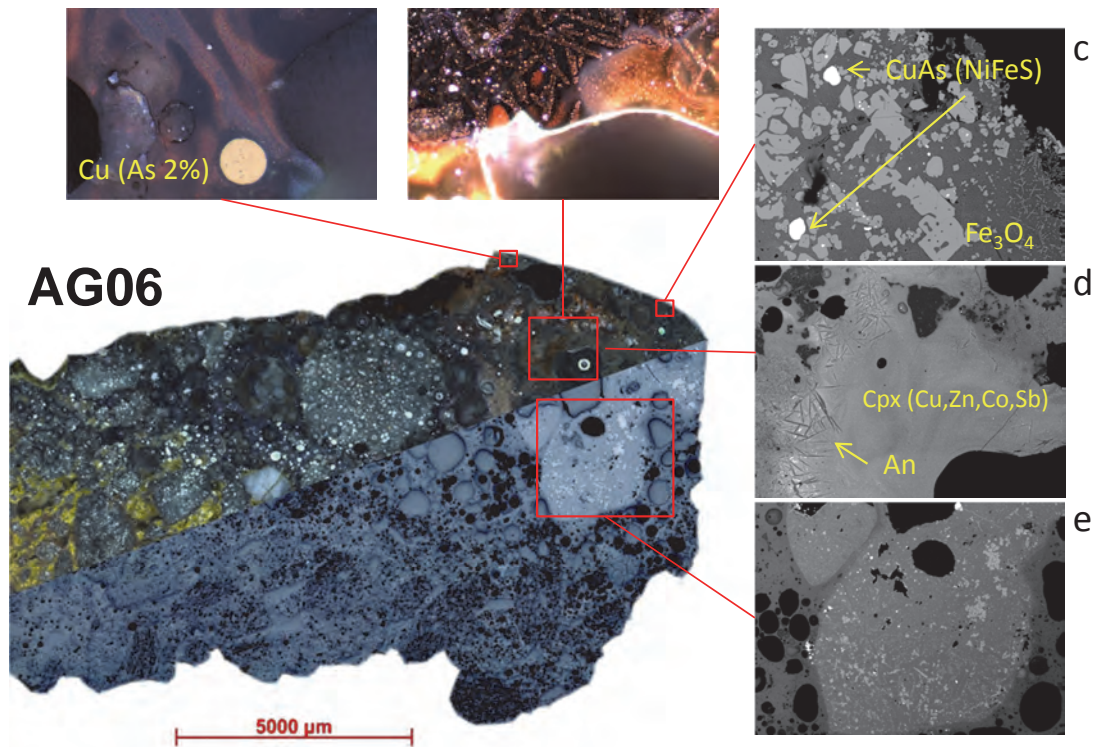
Figura 7.11. Página siguiente, arriba, Imagen general mixta de AG03. Vemos como la alteración de la cerámica solo es visible por un cambio de coloración. En su parte superior se deposita una fina capa de adherencia cuya estructura cristalina se amplía en "b". A partir de la zona de fractura se deposita una gran cantidad de escoria que presenta una matriz piroxénica con granos de magnetita-maghemita que pueden formar pequeños aglomerados (a). En su zona central vemos una costra de solidificación de óxidos de hierro que evidencia un episodio de enfriamiento (c). Las olivinas fayalíticas están presentes en casi toda la zona escoriificada dominando sobre los óxidos de hierro (d). Las olivinas cristalizan sobre una matriz granular piroxénica (hedenbergita) junto con cristales poligonales de magnetita dispersos. Asociado a estos cristales de magnetita encontramos pequeñas inclusiones de speiss y mata arsenical.

Figura 7.12. Página siguiente, debajo. Imagen general mixta de AG06. Fragmento de arcilla con adherencias escoriáceas dominadas por una matriz vidriada con agujas aciculares de anorthita (b y d). Los spinels aparecen como maghemita, muy dispersa entre la matriz vidriada (e), pero que puede contener pequeñas inclusiones de cobre en sus cristales. Sin embargo la gota de mayor tamaño se haya aislada entre el vidrio clinopiroxénico (a). En general el cobre atrapado en la escoria es cobre arsenical con impurezas de S, Fe y Ni (c).

### AG03



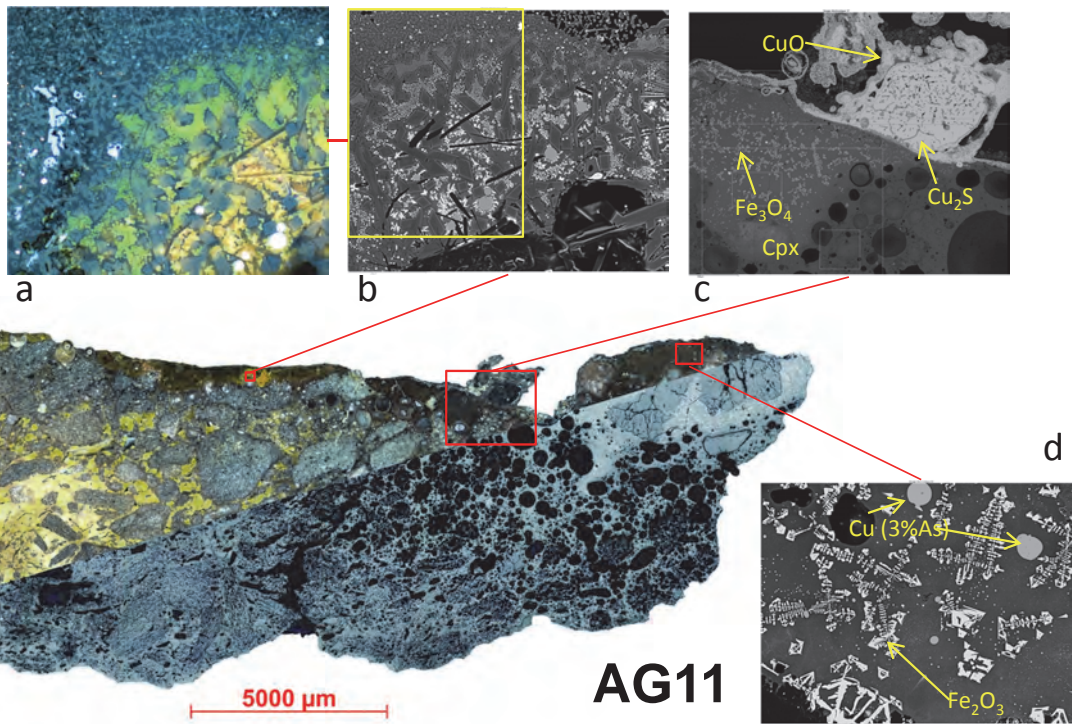
Técnica	ID	Tipo	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	BaO
			PIXE	AG03	T1A	27,5	45	12	5,25	0,8	2,1	0,2	0,41
			CuO	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	CoO	NiO	ZnO	Ag <sub>2</sub> O	Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PbO	Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
			3,6	0,39	0,66	0,42	0,07	0,28	0,0016	< 0,01	< 0,033	< 0,11	



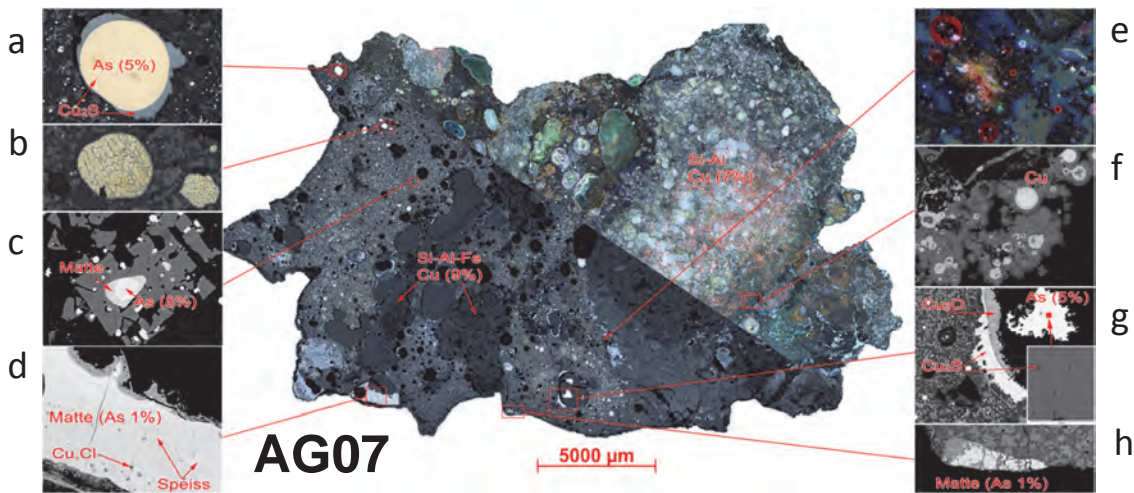
Técnica	ID	Tipo	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	BaO
			PIXE	AG06	T1B	9,43	35,7	11,5	6,74	1,32	2,77	< 0,11	0,44
			CuO	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	CoO	NiO	ZnO	Ag <sub>2</sub> O	Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PbO	Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
			21,1	0,49	5,47	1,29	0,093	0,065	0,038	< 0,016	< 0,04	< 0,0002	



Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.



Técnica	ID	Tipo	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	BaO
			PIXE	AG11	T1B	10,5	52,3	16,7	11,1	1,37	4,3	< 0,11	0,81
			CuO	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	CoO	NiO	ZnO	Ag <sub>2</sub> O	Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PbO	Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
			0,68	0,03	0,1	< 0,064	< 0,0078	0,02	< 0,0015	< 0,007	< 0,001	0,004	



Técnica	ID	Tipo	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	BaO
			pFRX (sesión 1)	AG07	T2	17,11	29,35	6,953	2,327	< LOD	0,956	< LOD	
			CuO	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	CoO	NiO	ZnO	Ag <sub>2</sub> O	Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PbO	Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
			32,55	3,2	0,874	0,156	0,087	0,105	0,039	0,021	< LOD	0,014	

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

Figura 7.13. Página anterior, arriba. Imagen general mixta de AG11. Residuo de composición paralela a AG06, en el que la matriz de arcilla ha reaccionado con el calor formando cristales aciculares de anorthita que se mezclan con piroxenos de tipo hedenbergita y cobre arsenical (a y b). La disolución de los óxidos de cobre colorean en amarillo y verdela matriz clinopiroxénica rica en Ca y Al y en la que se han formado cristales tabulares de Augita-Hedenbergita junto a agujas de anorthita.

Figura 7.14. Página anterior, debajo. Imagen general mixta de AG07. Conglomerado de horno con relictos de minerales sin fundir y con heterogeneidad de fases de cobre. En "a" vemos una gran gota de cobre arsenical en fase alfa con inclusiones internas y segregación exterior de Cu<sub>2</sub>S. También aparecen gotas bifásicas de Cu-As con estructura interdendrítica de la fase  $\gamma$  (Cu<sub>3</sub>As) (b). El cobre arsenical también puede aparecer sin liberar en el interior de grandes cristales de magnetita (c). También en este caso se le asocian segregaciones de mata. La mata arsenicada aparece aislada en una gran capa como la de la zona inferior izquierda (d). En su interior se observan inclusiones de speiss (Cu,Fe,Ni,As). El cobre también aparece como cuprita, formada por la entrada de oxígeno durante la reducción en el vidrio piroxénico (e). Por su parte el cobre puro solo se asocia a los bordes del gran fragmento de ganga silícea (f). Aunque se han llegado a formar algunos nódulos metálicos, en su mayor parte aparece como óxidos y cloruros disueltos. En "g" se amplía la una gran vacuola que conserva el núcleo metálico, transformada en cuprita en los bordes. La vacuola tiene una segregación en forma de corona de Cu<sub>2</sub>S a su alrededor. El cuerpo central de cobre arsenical (5% As) tiene inclusiones de Cu<sub>2</sub>S. Finalmente, cerca de esta vacuola y en el borde de la escoria aparece otra segregación de mata alterada por sales de cobre (h).

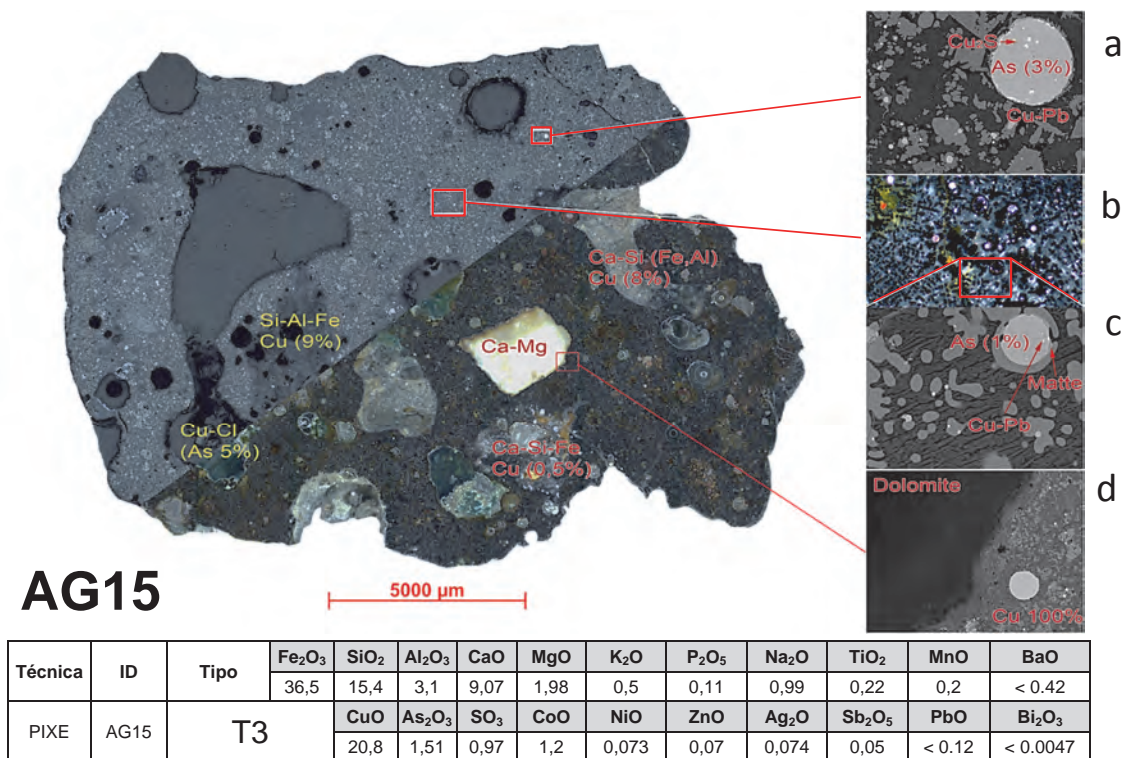
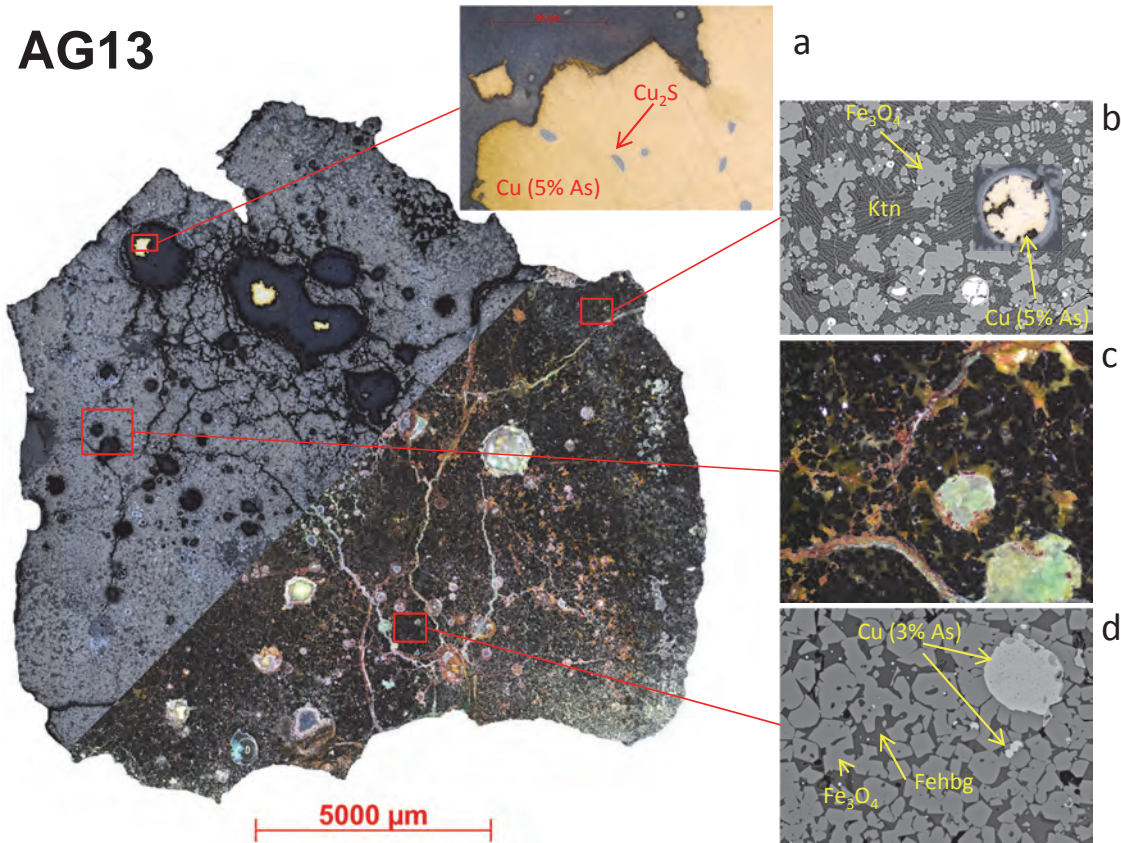


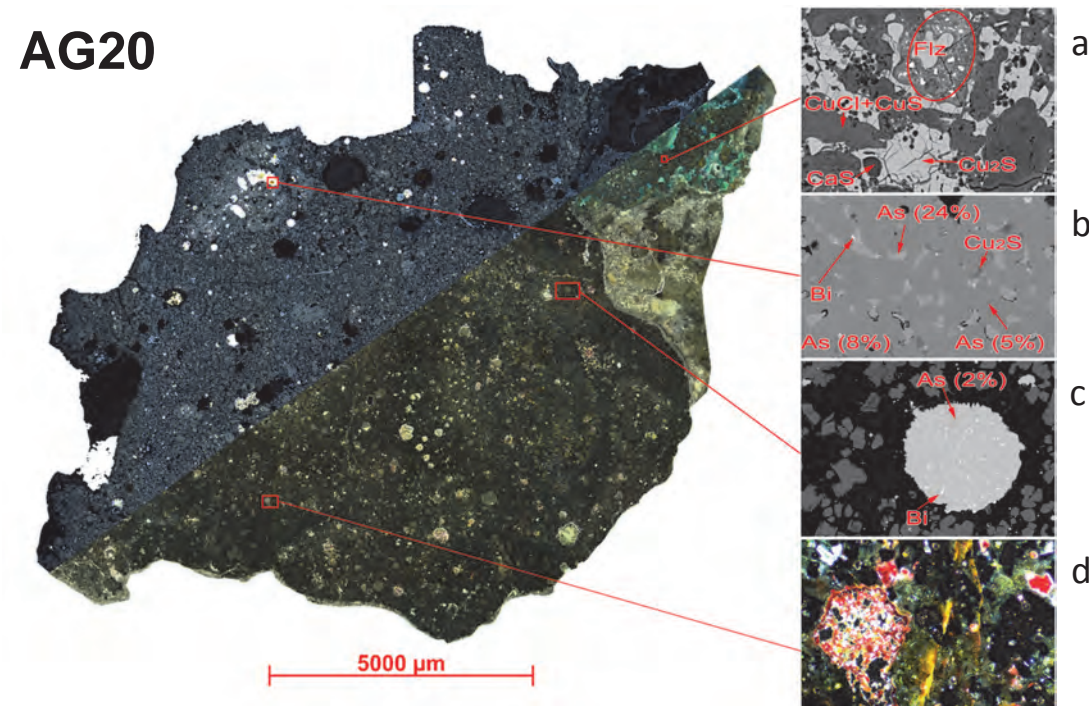
Figura 7.15. Arriba. Imagen general mixta de AG15. Conglomerado de horno con varias vacuolas de considerable tamaño y restos de mineral, tanto de base calcítica como silícea. La concentración de cobre en el interior de los restos de mineral es variable entre el 0,5% y el 9%. El cobre metálico es muy escaso, estando en su mayor parte oxidado a Cu<sub>2</sub>O, que a su vez, aparece alterado a cloruros de cobre. Cuando se presenta en su fase metálica lo hace como cobre arsenical entre el 1 y el 3% As (a, c). Las inclusiones blancas que se observan en el interior de la gota de cobre en a y en c son de plomo. La mata se encuentra tanto en forma de grandes nódulos, como anillos en gotas de Cu-As (b) o como inclusiones en el interior de éstas (a). Como en AG07, también aparece cobre puro en los bordes del mineral (d). La zona escorificada se presenta como una matriz piroxénica sobre la que han cristalizado óxidos de hierro y fayalita. Estos se presentan con formas muy heterogéneas por lo que las condiciones de temperatura y oxígeno fueron muy variables.

## AG13



Técnica	ID	Tipo	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	BaO
			PIXE	AG13	T4	55	14	1,94	4,96	0,5	0,24	< 0,081	0,34
			CuO	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	CoO	NiO	ZnO	Ag <sub>2</sub> O	Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PbO	Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
			17,4	0,15	0,38	1,05	0,11	0,029	0,073	< 0,011	< 0,016	< 0,0019	

## AG20



Técnica	ID	Tipo	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	BaO
			PIXE	AG20	T4	44,6	19,9	4,06	8,83	0,94	0,68	0,33	0,41
			CuO	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	CoO	NiO	ZnO	Ag <sub>2</sub> O	Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PbO	Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
			14,1	0,61	0,37	1,08	0,25	0,42	0,042	0,068	< 0,051	0,082	

## *Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular El valle del Guadalentín.*

Figura 7.16. Página anterior, arriba. Imagen general mixta de AG13. Escoria completamente cubierta de spinels de tipo magnetita-maghemita sobre una matriz clinopiroxénica (c y d). En ocasiones la densidad de los cristales de spinel provoca estructuras holocristalinas, en las que el cobre queda atrapado en su interior. Presenta grandes inclusiones de Cu-As que se conservan mejor en el interior de las vacuolas por donde circulaba el cobre. En detalle vemos inclusiones de Cu<sub>2</sub>S tanto en el interior como en los bordes de nódulos de cobre (a y b). Sin embargo, casi todo el cobre se aparece como cuprita, a veces muy alterada y que también se ha disuelto en la matriz confiriéndole una coloración amarillenta (c). La cuprita también recubre los canales que atraviesan toda la escoria y que le otorgan un aspecto fisurado. La matriz se presenta en la zona central del residuo bajo forma cristalina en la que pueden aparecer formaciones dendríticas de clinopiroxenos (Augita-hedenbergita). En los exteriores encontramos una mayor presencia de olivinas fayalíticas, que pueden aparecer con varias formas, desde la más habitual chaine branching, hasta forma lattice o dendrítica, evidenciando un enfriamiento local más rápido.

Figura 7.17. Página anterior, debajo. Imagen general mixta de AG20. Otro ejemplo de escoria dominada por los spinels, aunque en este caso con una menor densidad que en AG13. A parte de los grandes nódulos irregulares atrapados en el aglomerado de magnetita de la esquina superior izquierda, gran parte del cobre se encuentra como cuprita, de formación durante la reducción (d). El cobre metálico de los grandes nódulos es bastante regular (b), con un 8% de arsénico de media en el que encontramos una fase  $\alpha$ -(Cu,As) principal al 5% y una segunda fase intermedia con el 24% de As. En los mismos nódulos encontramos inclusiones de Cu<sub>2</sub>S (gris oscuro) y cobre muy rico en Bi (blanco). Otros nódulos de menor tamaño solo presentan una fase  $\alpha$ -(Cu,As) con un 2% de arsénico, aunque siguen manteniendo las inclusiones de Bi. En este caso la presencia de mata se asocia a segregaciones relacionadas con nódulos de cobre metálico. En la esquina superior derecha aparece un resto de mineral que no ha terminado de reducir (a). En origen se trataba de un mineral polimetálico (óxido+sulfuro) en ganga calcítica e importantes concentraciones en As y Bi.

El Tipo 3, estudiado en Agua Amarga a partir de AG15 (Fig. 7.15), repite el esquema genérico del tipo 2 pero los fragmentos de ganga son de menor tamaño y dominan las fases fundidas. Volvemos a encontrar restos de mineral de cobre con ganga de cuarzo pero también aparecen fragmentos de Ca-Mg que encajan con una composición dolomítica. La escoria en general presenta una gran heterogeneidad, con zonas fractales que denotan cambios bruscos en las condiciones atmosféricas durante la reducción. Domina la matriz piroxénica, que puede cristalizar en forma dendrítica y swallowtail. En su interior cristalizan spinels que pueden formar aglomerados de considerable tamaño, situados cerca de los bordes de la escoria, con pequeños nódulos de cobre atrapados en su interior. Es en estos nódulos donde se presentan la mayor parte de sulfuro, arsénico y plomo. En algunas zonas también aparecen cristalizaciones de olivinas (augita-melillita), sin que lleguen a caracterizar el residuo. En una de las vacuolas se ha identificado un fragmento de carbón muy impregnado en sales de cobre.

En la escoria hay muy poco cobre metálico, estando en su mayor parte como Cu<sub>2</sub>O y cloruros. Hay varias lágrimas de mata que también presenta alrededor nódulos de cobre arsenical. Sin embargo, la presencia de mata no es tan abundante, ni tiene las dimensiones que en AG07. Cuando se conserva la fase metálica, domina el cobre arsenical con inclusiones de plomo y sulfuros. Como en el caso del Tipo 2, encontramos pequeños nódulos de cobre puro junto a los restos de ganga.

En fin, del Tipo 4 se han estudiado dos escorias (Fig. 7.16 y Fig. 7.17). En ambas hay dos elementos dominantes, el hierro y el cobre. El hierro se presenta como maghemita-magnetita, formando aglomerados con cristales anhedrales que acaban por formar una estructura holocristalina. Algunos cristales tienen segregaciones en los bordes debido a su descomposición hacia la matriz piroxénica. En los aglomerados queda atrapado parte del cobre que no puede fluir hacia fuera, indicando falta de sílice para terminar la fusión de los óxidos de hierro y liberar el cobre (Burger 2008, p.22).

En AG13 se pueden observar canales de cuprita por donde el metal habría circulado. La presencia de cuprita también es importante en forma de nódulos fracturados, muy diferentes de las gotas de cuprita de AG07. No obstante, consideramos que en ambos casos la cuprita se formó durante el proceso de reducción por las condiciones oxidantes y no es producto de la corrosión. Sí que vemos como algunas de estas cupritas presentan cloruros de formación post-deposicional. En las inclusiones de mayor tamaño se conserva el núcleo metálico donde se observan inclusiones de  $\text{Cu}_2\text{S}$  y de Bi. Éste último solo para AG20<sup>354</sup>. Los sulfuros de cobre también forman como en casos anteriores coronas alrededor del cobre arsenical.

Estas escorias, que morfológicamente son las más evolucionadas y cuya composición encaja en el rango del equilibrio fayalita-cuarzo-magnetita (FQM), también contienen restos de mineral. En el caso de AG20 vemos un sulfoarseniuro parcialmente reducido de ganga calcítica.

Si situamos en el sistema ternario  $\text{SiO}_2\text{-FeO-CaO}$  las zonas fundidas más representativas, todos los residuos, excepto AG11 (T1B), se emplazan en la zona conocida como el valle eutéctico de las olivinas, donde el equilibrio entre sílice, hierro y calcio permite que los componentes fundan a una menor temperatura (1100-1200 °C). La situación de los componentes de AG11 nos indica que se alcanzaron temperaturas más elevadas, en consonancia con la hipótesis de la utilización de aire forzado (Fig. 7.18). Es posible que la variable T1B sean residuos que en origen se encontraban en el contacto entre el oxígeno que entraba y la carga del reactor.

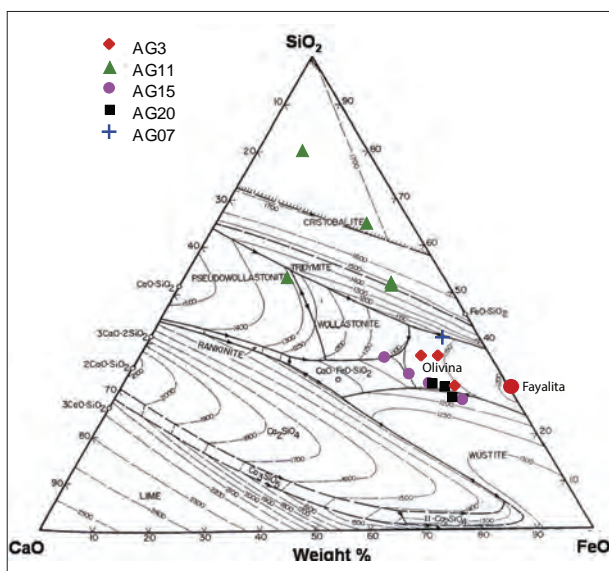


Figura 7.18. Representación de la composición de las zonas escorificadas en el diagrama de equilibrio  $\text{SiO}_2\text{-FeO-CaO}$  a partir de (Bowen y Shairer 1935) y (Allen y Snow 1955). Análisis con MEB-EDS. El valle eutéctico de la olivina se corresponde a una temperatura del líquido comprendida entre 1100° y 1250°.

La observación conjunta de los residuos nos remite a las observaciones ya escritas sobre los residuos metalúrgicos de Almizaraque y de otros asentamientos calcólicos del sur peninsular que ya hemos visto al inicio del capítulo (*supra*). Esta se llevaría a cabo en un solo proceso en estructuras de reacción en forma de pequeñas cubetas excavadas en el suelo o dentro de contenedores cerámicos de reducción. En ningún

354 La composición y estructura de los grandes nódulos de AG20 es idéntica a la obtenida por H. Lechtman y S. Klein (1999, p.503) en su experimento número 1, donde se mezclaron óxidos de cobre y enargita (MIT3389)

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

Muestra	Tipo	Fase	Nº Análisis	Dim. µm	Cu	As	S	Fe	Co	Ni	Sb	Bi	Zn	Ag	Pb	Au
AG03	Nódulo	As Mata (Fe+)	n=5	100	61.4	1.3	25.3	8.2	0.80	0.20	0.09	0.14	0.08	0.03	0.11	
AG03	Inclusión en nódulo	As Mata (Fe-)	n=4	5-50	66.4	4.6	23.1	2.3	0.06	0.38	0.10	0.30	0.06	0.13	0	
AG03	Lágrima	As Mata (Fe-)	n=10	450	67.3	1.8	24.7	2.2	0.01	0.53	0.13	0.36	0	0.10	0	
AG03	Nódulo	As Mata (Fe)	n=6	15-50	69.2	3.1	21.2	3.9	0.05	0.26	0.07	0.14	0.03	0.04	0.12	
AG03	Inclusión en matriz	γ-(Cu <sub>3</sub> As)	n=4	5-15	65.1	26.7	0.1	4.9	0.09	0.53	0.83	0.02	0.04	0.02	0.02	
AG03	Inclusión en Feo	Fe-Ni Speiss	n=2	>5	33.7	28.7	0.3	18.8	2.62	8.45	0.69	0	0.15	0.01	0.13	
AG03	Nódulo	Ni-Speiss	n=2	5-15	41.1	33.1	0.0	4.3	0.50	17.8	0.82	0	0.13	0.05	0.06	
AG06	Nódulo alargado	Cobre	n=2	5	97.7	0	0	2.1	0	0	0	0	0.10	0	0	
AG06	Nódulo	Cu <sub>2</sub> S	1688	100	80.6	0.9	16.8	0.4	0	0	0	0.67	0	0.21	0	
AG06	Nódulo	Cu-As	n=3	>5	95.3	0.5	0	2.9	0.09	0.05	0	0	0.05	0	0	
AG06	Nódulo	Cu-As	1588	25	97.3	1.9	0.2	0.3	0	0.10	0	0	0	0	0	
AG06	Nódulo	Domeykita	n=4	30	66.7	26.9	0.3	4.0	0.09	1.11	0.26	0.12	0	0.03	0.07	
AG06	Inclusión en anillo	Mata	n=8	5-30	73.6	1.1	18.5	5.2	0.15	0.31	0	0.54	0.17	0.02	0	
AG07	Nódulo en <i>spinel</i>	Cobre	n=2	>5	90.9	0.3	0	6.5	0	0	0	0	0.09	0.10	0.06	
AG07	Segregación en Qz	Cobre	1517	30	98.3	0.0	0	0.1	0.06	0	0	0.09	0	0.13	0.02	
AG07	Corona en vacuola	Cu <sub>2</sub> S	n=5	>300	77.1	0.4	18.6	0.4	0.01	0.04	0.04	0.34	0.03	0.54	0.05	
AG07	Nódulo	Cu-As	n=5	>10	86.6	6.5	0.0	4.2	0.01	0.24	0.10	0.02	0.11	0.09	0.03	
AG07	Nódulo	Cu-As	1444	50	87.9	9.3	0	1.3	0	0	0.15	0	0	0.09	0	
AG07	Nódulo en vidrio	Cu-As	n=26	>15	88.4	6.0	0.1	3.1	0.03	0.22	0.10	0.07	0.07	0.11	0.07	
AG07	Nódulo	Cu-As	1448	30	91.0	5.1	0.0	2.4	0	0.04	0.02	0.02	0.04	0	0	
AG07	Metal en vacuola	Cu-As	1303	2000	92.1	5.5	0.4	0	0.04	0.13	0.25	0	0	0.20	0.03	
AG07	Nódulo	Cu-As	1400	300	92.2	5.7	0.3	0.1	0	0.08	0.13	0.19	0.02	0.21	0	
AG07	Capa de mata	Mata	1256	1500	66.2	0.9	22.4	5.8	0.15	0.24	0	0.20	0.13	0.13	0	
AG13	Nódulo en <i>spinel</i>	Mata	243	15	74.4	0	19.9	5.1	0	0	0	0	0	0	0.49	
AG13	Corona en nódulo	Mata	166	150	77.7	0	20.1	2.0	0	0	0	0	0.14	0.11	0	
AG13	Nódulo en matriz	Cobre	n=2	5-30	94.4	0	0.1	4.5	0	0.67	0	0	0	0	0.23	
AG13	Nódulo en FeO	Cu-As	n=5	5-30	89.6	2.4	0.1	5.2	0	2.27	0.18	0	0.09	0.02	0.17	
AG13	Nódulo	Cu-As	n=2	400	94.9	4.3	0.1	0.2	0	0.42	0	0	0	0	0	
AG13	Nódulo	Cu-As	n=5	30-150	95.3	3.2	0.1	0.8	0.02	0.52	0.03	0	0.04	0	0.05	
AG13	Inclusión nódulo	Cu-Pb	n=2	3	46.4	3.5	0	0.3	0	0.90	0.36	0	0	0.57	39	
AG13	Nódulo bifásico fase	γ-(Cu <sub>3</sub> As)	n=2	20	70.2	26.8	0.1	0.2	0	0.70	0.78	0	0	0.09	1.07	
AG15	Nódulo en <i>spinel</i>	Cu-Fe	n=10	3-20	83.1	1.9	0.4	9.3	0.06	0.83	0.22	0.06	0.05	0.03	0.24	
AG15	Inclusión en nódulo	Cu-Pb	n=2	5	83.4	2.9	0.4	5.5	0	0.61	0.34	0	0.05	0.03	5.97	
AG15	Nódulo en <i>spinel</i>	Cu-As	n=15	3-40	87.5	4.0	0.3	5.6	0.03	0.89	0.28	0.07	0.07	0.06	0.25	
AG15	Nódulo	Cu-As	n=3	40-100	94.1	2.9	0.2	0.7	0	0.36	0.15	0.23	0.14	0	0.41	
AG15	Varia	Mata	n=5	1-5	72.1	0.2	19.7	4.2	0.48	0	0.05	0.02	0.65	0.12	0.08	
AG15	Inclusión segregación	Bornita	716	2	50.6	0.4	20.6	23.7	0.01	0.03	0.07	0.06	0.23	0	2.66	
AG20	Inclusión en nódulo	Cu <sub>2</sub> S	n=3	2	79.7	0	19.4	0.5	0	0	0	0	0	0	0	
AG20	Nódulo bifásico fase	α-(CuAs)	n=3	100-500	87.6	8.6	0	0.6	0	0	1.16	0	0	0.22	0	
AG20	Nódulo en <i>spinel</i>	Cu-As	n=4	3-20	87.8	5.5	0	5.2	0	0.46	0.57	0	0	0	0	
AG20	Nódulo	Cu-As	n=13	3-10	90.0	5.1	0	3.3	0.01	0.63	0.48	0.11	0	0	0	
AG20	Gota irregular	Cu-As	n=3	2-0-30	90.8	5.2	0	2.8	0	0.26	0.49	0	0	0	0	
AG20	Nódulo	Cu-As	n=15	30-200	91.2	4.6	0	1.8	0	0.20	0.37	0.80	0	0	0	
AG20	Nódulo	Cu-As	n=2	10	80.8	13.0	0	2.0	0	0.50	2.09	0	0	0	0	
AG20	Mineral	CuS	n=2	10-100	77.0	0	22.8	0.3	0	0	0	0	0	0	0	
AG20	Nódulo bifásico fase	γ-(Cu <sub>3</sub> As)	n=4	200	67.2	25.2	0	1.7	0	0.12	4.99	0	0	0	0	
AG20	Inclusión segregación	Mata	n=3	5	75.5	0	19.5	4.4	0	0	0	0	0	0	0	

Tabla 7.4. Composición química de fases metálicas de las escorias de Agua Amarga. Los resultados se corresponden a la media sobre diferentes fases iguales. El número de análisis se refleja sobre la columna N. Cuando el número no va precedido de "n=" se trata de un solo análisis. El campo de Dim. delimita las dimensiones generales de la fase analizada.

caso las condiciones redox que se generan en estas estructuras son comparables a lo que se conoce como horno (Gómez Ramos 1999; Rovira y Montero Ruiz 2013). Sin embargo, en Agua Amarga la presencia de fayalita y la ausencia de delafosita determinan un mayor control de los componentes minerales y de las condiciones atmosféricas durante la reducción. También la frecuente presencia de escorias de tipo 4 indica que no son productos aislados y que el hierro jugó un papel principal, junto a la sílice en la escorificación del proceso. Gracias a ellos se podía trabajar a temperaturas más bajas y obtener un mayor rendimiento de cobre. También les aseguraba obtener nódulos de cobre de mayor tamaño, al permitir su circulación por densidad entre el fluido.

#### Aproximación conjunta a las fases metálicas

Encontramos una alta heterogeneidad en las fases metálicas de los residuos de Agua Amarga (Tab. 7.4). Hay dos puntos en común en todas ellas. El cobre arsenical y la presencia de sulfuros, normalmente en forma de mata (CuFeS), pero también como calcosina (Cu<sub>2</sub>S). En la figura 7.19 se ha representado esta heterogeneidad cuya distribución desarrollamos a continuación.

El cobre puro, sin arsénico y con hierro por debajo del 1 %, está presente en tres de los residuos. Es la formación menos común y está ausente en los residuos del Tipo 4 que han tenido una fusión completa. En AG07 (T2) y AG15 (T3) aparece asociado a relictos de mineral con ganga de cuarzo sin fundir. En AG06 se detecta cobre sin arsénico en algunos nódulos diminutos (< 5 µm).

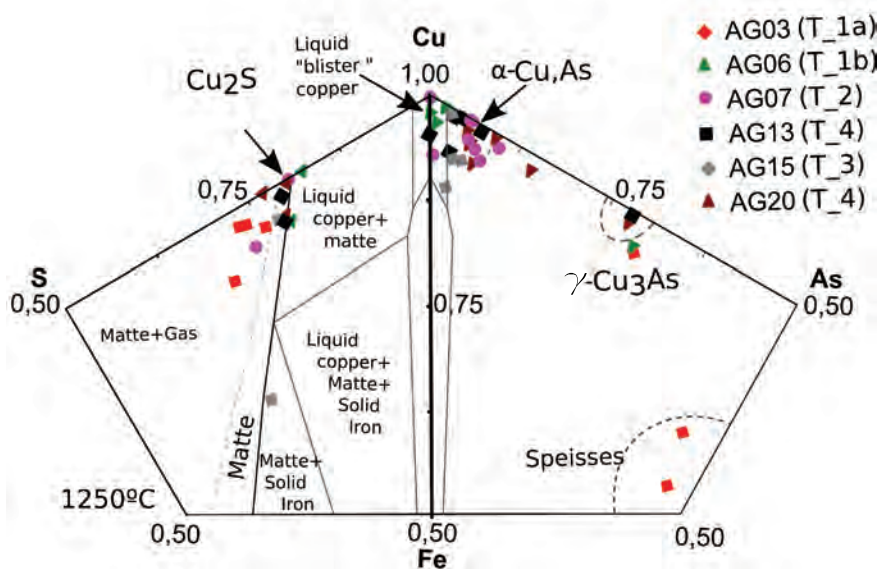


Figura 7.19. Fases en que se encuentra el cobre en los diferentes residuos de Agua Amarga. La figura se divide en dos mitades simétricas. A la izquierda se representan las fases caracterizadas en el sistema Cu-Fe-S, con las formaciones de calcosina y mata (a partir de Burger 2008). A la derecha encontramos las fases que se incluyen en el sistema Cu-Fe-As (a partir de Lechtmann y Klein 1999). En este último tenemos la zona de  $\alpha$ -Cu-As con contenidos en arsénico entre 0,5 y 8%, la fase  $\gamma$ -Cu<sub>3</sub>As (domeykita) con contenidos de As (27-31% As). También se representan la zona de los speisses que en el caso de AG03 se caracterización por la relación Cu-Fe-As-Ni.

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

ID	Dim. $\mu\text{m}$	N. de Análisis	Cu	As	S	Fe	Co	Ni
AG07 Metal en vacuola	2000	n= 1	92.1	5.5	0.4	0.0	0.0	0.1
AG13 Nódulo en vacuola	400	n= 2	94.9	4.31	0.07	0.21	0	0.42
AG07 Nódulo	300	n= 1	92.2	5.69	0.3	0.08	0	0.08
AG20 Cobre en aglomerado <i>Spinels</i>	100-500	n= 3	87.6	8.6	0	0.6	0	0
AG20 Nódulo	30-200	n= 15	91.2	4.59	0	1.84	0	0.2
AG13 Nódulo	30-150	n= 5	95.3	3.16	0.1	0.75	0.02	0.52
AG15 Nódulo	40-100	n= 3	94.1	2.93	0.15	0.73	0	0.36
<i>Media</i>	<i>30-500</i>	<i>n= 30</i>	<i>92.1</i>	<i>5.0</i>	<i>0.11</i>	<i>0.80</i>	<i>0.00</i>	<i>0.23</i>

Tabla 7.5. Composición química genérica (análisis sobre área) de las gotas de cobre arsenical en las escorias de Agua Amarga.

Por el contrario, el cobre arsenical es la fase más frecuente y también la única, junto a la mata, de las formaciones cupríferas de mayor volumen. Este se presenta tanto en su fase  $\alpha$ -CuAs como en el en su fase  $\gamma$ -CuAs (de Cu<sub>3</sub>As a Cu<sub>5</sub>As<sub>2</sub>) que recibe el nombre de domeykita (Lechtman 1996; Lechtman y Klein 1999). En este último caso se trata normalmente de nódulos o gotas nucleadas con granos de la fase alpha y la gamma (Rovira y Gómez Ramos 2003).

Es precisamente en los grandes nódulos o formaciones metálicas donde podemos observar el metal más parecido al que se obtendría de las operaciones metalúrgicas llevadas a cabo. Si valoramos solo aquellos nódulos con un tamaño superior a las 100  $\mu\text{m}$  encontramos únicamente dos fases. El cobre arsenical con valores entre el 3 y el 8 % As (Tab. 7.5) y la mata. En el primer caso la composición reflejaría la concentración de arsénico en el cobre obtenido. En Agua Amarga el porcentaje de arsénico es bastante más elevado que en Parazuelos, pese a estar en una zona alejada de los criaderos de minerales arsenicados. La media de los diferentes tipos de residuo de un porcentaje medio del 5 %, variando del 2,9 al 8,6 %.

La segunda estructura más frecuente en que encontramos el cobre es en forma de sulfuro, ya sea como mata o como calcosina. En los diferentes residuos lo podemos encontrar como segregación formando coronas o como inclusiones dentro de los nódulos de cobre arsenical pero también de forma aislada. Los casos más evidentes son las capas y lágrimas que forma de tamaño milimétrico en varios de los residuos. En estos casos la presencia de speiss en inclusiones o de arsénico en forma de impurezas en las formaciones sulfuradas indica el uso de cobres grises, residuales en los arseniatos. En los análisis de los minerales dos de los arseniatos contienen sulfuro por encima del 2 %, suficiente para encontrar este tipo de formaciones.

La mata en los residuos presenta algunas particularidades. En AG03 (T1A) todo el metal se encuentra en forma de mata arsenicada. En otros, como AG07, el volumen de las fases de mata en el corte es superior al del cobre arsenical. En cambio, en los residuos



de escoria de horno (T3 y T4) su presencia se asocia exclusivamente a pequeñas inclusiones o segregaciones de cobre arsenical.

De todo ello son varias las conclusiones que podemos extraer. A partir de las grandes inclusiones de cobre atrapadas en las escorias se confirma la producción exclusiva de cobre arsenical, cuyos valores medios se situarían en el 5 %, bastante por encima de los que refleja la media de los artefactos metálicos que hemos revisado al comienzo del capítulo.

En los minerales presentes en el asentamiento no encontramos la asociación Cu-As-Fe-Si-Al en ningún de las tres clases en que se han diferenciado en el capítulo 6.1 y que hemos recordado en la figura 7.14. Por un lado, la reducción por separado de arseniatos generaría residuos saturados de arsénico, sin hierro ni sílice, lo que implica que solo encontraríamos vasijas de reducción al no formarse escorias. Por el otro, la reducción de minerales Cu-Fe-Si produciría cobre sin arsénico.

La hipótesis más probable es que durante el proceso de reducción de cobre en Agua Amarga se estaban mezclando ambos tipos de minerales en co-reducción para poder obtener cobre arsenical. En esta mezcla las diferentes clases de mineral se combinan y se reducen conjuntamente. Los minerales de ferrocupríferos aportan hierro y sílice al sistema, permitiendo bajar la temperatura de fusión y licuando la escoria para liberar el cobre, también reducen o controlan, aún de forma imperfecta, la cantidad de arsénico final en el cobre. De esta manera evitan concentraciones eutécticas que generan aleaciones quebradizas (Lechtman y Klein 1999).

En definitiva, prácticamente todos los minerales presentan polimetalismo en los que se conjugan óxidos y sulfuros o sulfatos, tanto en forma de calcopirita o brochantita, como tennantita. En algunos minerales como AG01 o AG05 el sulfuro supera el 4 % en peso másico. Con las condiciones adecuadas este sulfuro podría volatilizarse durante la reducción gracias al aporte de oxígeno de los óxidos y carbonatos (Mille et al. 1998; Burger et al. 2010). Sin embargo, para conseguirlo son necesarias unas condiciones muy específicas que en Agua Amarga no se cumplieron. En consecuencia, el sulfuro se concentró en la mata, sin que se recuperara posteriormente. Posiblemente eran conscientes de que parte del cobre se perdía en inclusiones aceradas y más densas, pero no le dieron importancia ya que no impedía que una parte importante del cobre se redujera.

### 7.2.2.3. Carboneros

Ya hemos visto como, poco después de la excavación de urgencia en la Cueva del poblado de Carboneros, se publicó una breve nota de un estudio completo de una escoria (microscopía óptica, DRX, MEB) (San Nicolás del Toro 1988, p.72). La descripción de la misma, con matriz dominada por la magnetita, presencia de sulfuros de cobre y piroxenos nos permite identificarla como del Tipo 4. Además, en otro análisis con FRX se

describe la composición química de otra escoria con los elementos metálicos base de Fe, Cu, As y Ni. Una composición de cobre arsenical con fuertes concentraciones de Ni que se repite en el análisis de un posible mineral parcialmente reducido con FRX del PA (Montero Ruiz 1991, p.347).

Nuestro estudio comprende 1 residuo que ha sido clasificado como del Tipo 3, tres clasificados como del Tipo 4 y otro como del Tipo 5. Sin embargo, el residuo de Tipo 3, pese a clasificarse como tal en base la densidad (CB04), no presenta el aspecto de conglomerado de horno que acabamos de ver en Agua Amarga, sino una textura esponjosa, una ausencia total de sílice y unos contenidos muy elevados en calcio, lo que nos lleva a interrogarnos sobre si puede tratarse de un mineral parcialmente reducido. Por el contrario, los residuos de Tipo 4 repiten el aspecto superficial esponjoso, pero al corte se observan masivos con inclusiones de cobre y una composición en sílice y hierro más acordes con los residuos de la reducción.

Entre las impurezas detectadas en los análisis PIXE se documentan concentraciones de entre el 0,1 y el 1 % en Zn y Ni, que pese a mostrarse variables se repiten en todos los análisis. Únicamente en CB05, identificado como del Tipo 5, vemos valores extremos en Sb (6.8 %) y Bi (1,2 %), lo que podría ponerse en relación con las impurezas de la sierra de las Moreras y algunos minerales de La Ciñuela. La concentración en antimonio se ajusta a una relación 1/1 con el arsénico, cuya concentración es de 8,9 %. Esta composición es típica de los cobres grises, pero en este caso no se ha detectado sulfuro. La composición de las impurezas de los residuos, ricas en Ni y Zn, coincide con los análisis previos, no así el fragmento rico en Sb y Bi. Otro elemento que destaca en los análisis de Carboneros es la presencia de BaO, que alcanza hasta el 10 % y da lugar a cristales de edingtonita ( $BaAl_2Si_3O_{10} \cdot 4H_2O$ ). En el valle del Guadalentín hay unos pocos indicios con barita que se reparten entre la sierra de Enmedio, en el Molino de Carrasquilla, Balsicas en el Algarrobo y en la Rambla del Abenque en Cartagena. De todos ellos ninguno tiene impurezas en Ni y Zn comparables a las que observamos en los residuos de Carboneros y que a tenor del análisis de CB02 parecen proceder de los óxidos de hierro y de cobre que acompaña a la barita. Si consideramos que la barita no está en relación con el arsénico, la presencia de Balsicas con minería prehistórica, entre las minas anteriores, es una posibilidad a tener en cuenta.

En cuanto a la relación cobre y arsénico todos los residuos presentan arsénico, siendo el mínimo el residuo de textura esponjosa (T3) con un 0,3 %. Todos los residuos de Tipo 4 están en torno al 1 % con cantidades variables de cobre. El mineral parcialmente reducido tiene el máximo de arsénico con casi un 10 %  $As_2O_3$  (Fig. 7.20). Sin embargo, la máxima proporción de arsénico respecto al cobre se da en CB02, cuyo estudio al microscopio nos permitirá una observación en detalle. Del resto vuelve a salir CB05 con una relación Cu-As superior. Dado que únicamente podemos comparar con CB05 no podemos establecer la pérdida de arsénico respecto al cobre entre minerales y residuos, pero vemos como la mayoría de residuos tienen unas concentraciones similares

Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.

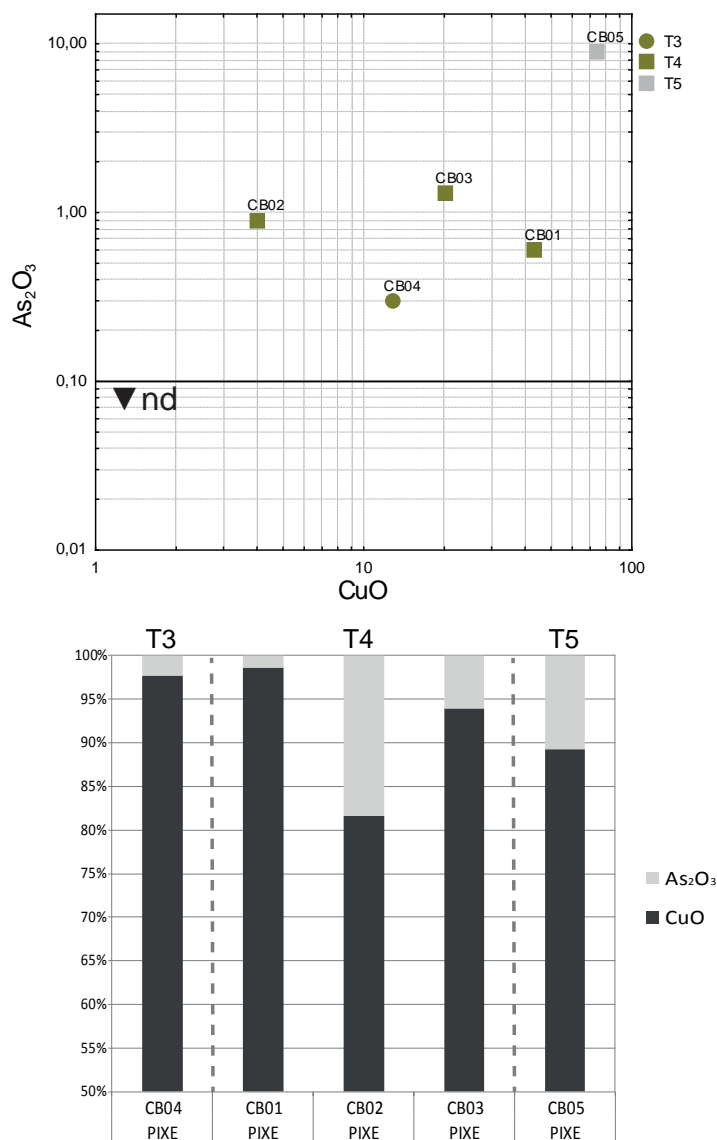


Figura 7.20. Carboneros. Concentraciones de óxidos de cobre y arsénico en minerales y residuos metalúrgicos. Abajo normalización al 100% de los 2 óxidos.

a Parazuelos y Agua Amarga e inferiores a las que veremos de La Ciñuela, lo que es coherente al registro arqueometalúrgico caracterizado en el apartado 7.1.

El estudio con el microscopio de CB02 muestra un residuo muy similar a los del Tipo 4 vistos en Agua Amarga y Parazuelos (Fig. 7.21). Residuo que presenta una matriz clinopiroxénica totalmente fundida con una densidad muy elevada de cristales de magnetita que flotan en ella. La presencia de olivinas se reduce a los alrededores de la gran gota de calcosina, una zona donde la presencia de magnetita es menor. Se trata de olivinas de la serie kirschsteinita-monticellita muy ricas en calcio y hierro, que cristalizan en formas dendríticas entre los cristales de spinels. Este tipo de formaciones se asocian a un enfriamiento muy rápido, algo que hasta ahora no habíamos visto, pues en otros residuos donde se han documentado cristalizan en forma granular o de chain olivine, ambas formas asociadas a enfriamientos lentos de entre 1 y 200 °C/h (Burger 2008, tab. 6).

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

Los spinels forman aglomerados en los que el cobre quedó atrapado en forma de centenares de pequeñas gotas y dispersos también encontramos varios nódulos de cobre de mayor tamaño, consecuencia de una concentración de estos pequeños nodulillos. Es en la observación de estos grandes nódulos donde se refleja la elevada concentración general en arsénico (Tab. 7.6). Todos ellos presentan una estructura bifásica con presencia de la fase  $\alpha$ -(Cu,As) y  $\gamma$ -(Cu<sub>3</sub>As) que también vemos en varios de los nódulos de menor tamaño. La presencia de nódulos solo con la fase alfa es minoritaria, incluso en los de menor tamaño presentan algún tipo de segregación, ya sea como domeykita, como speiss o como mata. Se ha constatado que los nódulos de cobre del interior de la zona con mayor densidad de spinels tienen una menor concentración en arsénico que aquellos que tienen más libertad de movimiento en la matriz piroxénica.

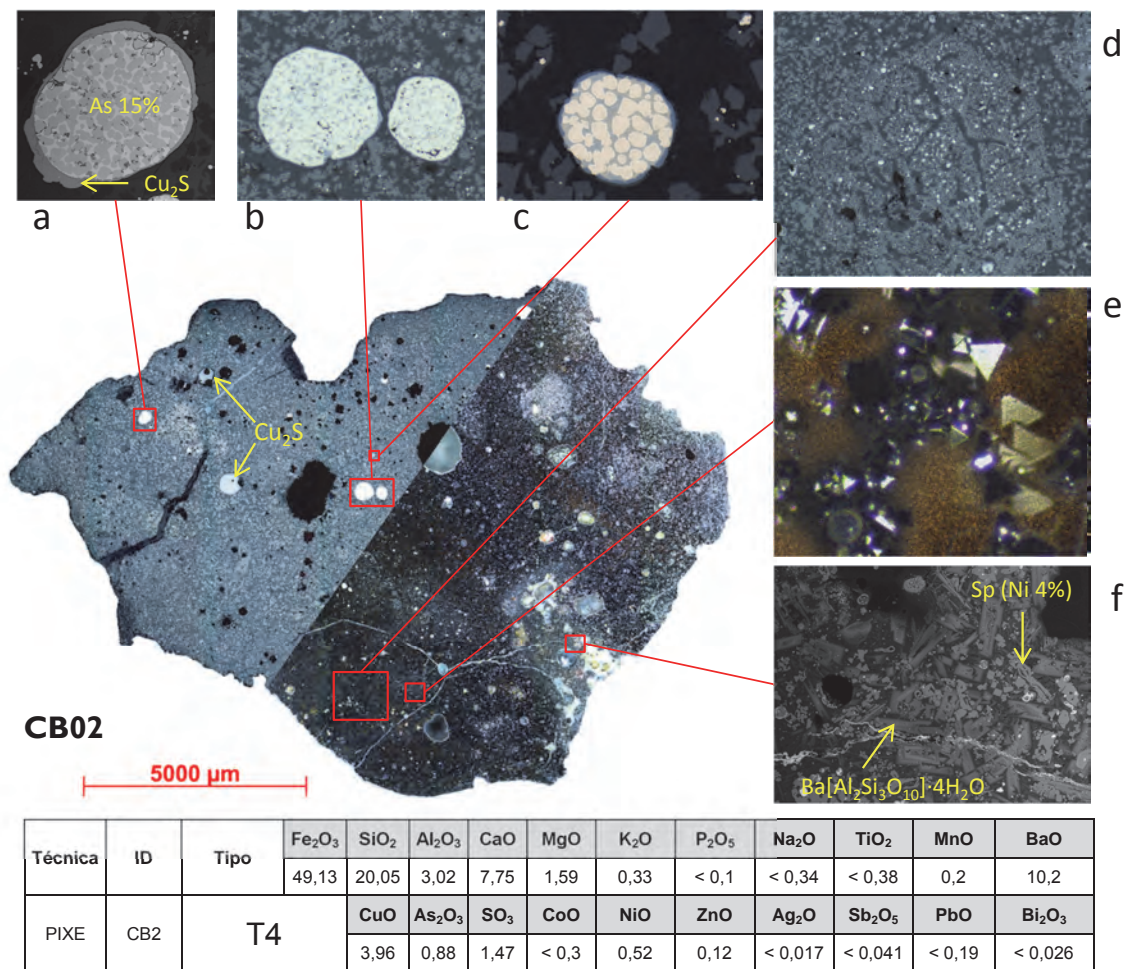


Figura 7.21. Imagen general mixta de CB02. Se trata de una escoria de tipo 4 cuya estructura es muy similar a las ya vistas de PZ09, AG1 y AG20. La matriz clinopiroxénica, muy enriquecida en Fe y Ba, está completamente colapsada de spinels de composición tipo magnetita con impurezas de aluminio (d). En "d" se observa como la matriz aparece principalmente como un vidrio con partículas de cobre y cristales de magnetita flotando (e). Aunque se observan grandes nódulos circulares de cobre arsenical, la mayor parte ha quedado atrapado en forma de pequeñas gotitas entre los aglomerados de wuestita (d). Todos los grandes nódulos presentan estructura bifásica y concentraciones muy elevadas de arsénico. En "a", la composición general es del 15%, con una fase  $\alpha$ -(Cu,As) del 7% y una fase  $\gamma$ -(Cu<sub>3</sub>As) que solidifica alrededor (color claro) con el 27% As. Alrededor del nódulo vemos un anillo de Cu<sub>2</sub>S, que también puede presentarse como grandes nódulos, como los dos que están señalados en la imagen principal. En este caso, el sulfuro de cobre contiene un 1% de As. Una de las particulares de esta escoria es la presencia de fases muy ricas en Ba. Toda la matriz clinopiroxénica está enriquecida en este elemento pero su presencia se intensifica en toda la zona en torno a "f". En esta zona encontramos lo que parecen ser cristales de edingtonita, un silicato de bario, junto con spinels enriquecidos en Ni.

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

Muestr:	Tipo	Fase	Nº Análisis	Dim. µm	Cu	As	S	Fe	Co	Ni	Sb	Bi	Zn	Ag	Pb	Au
CB02	Nódulo calcosina	Calcosina	n= 1	700	76.71	1.41	18.37	0.54	0.04	0.32	0.12	0	0.05	0.06	0.51	0
CB02	Nódulo bifásico general	General	n= 3	500	81.96	13.07	0.21	0.16	0.04	1.93	0.24	0.48	0	0.07	0.1	0.12
CB02	Nódulo bisáfico fase	α- (CuAs)	n= 2	500	89.88	7.38	0.07	0.11	0.1	0.97	0.03	0.11	0.01	0.12	0.04	0.27
CB02	Nódulo bisáfico fase	γ-(Cu <sub>3</sub> As)	n= 2	500	69.34	27.36	0.19	0.08	0.07	0.18	0.74	0.59	0.17	0	0.09	0.22
CB02	Anillo nódulo bifásico	Calcosina	n= 2	500	77.89	0.62	18.57	0.68	0.03	0.24	0.13	0.43	0.04	0.01	0.28	0
CB02	Nódulo calcosina	Calcosina	n= 1	> 250	71.04	2.17	20.74	3.31	0	0.71	0.04	0.71	0	0.05	0	0
CB02	Nódulo bifásico fase	α- (CuAs)	n= 1	100	89.45	7.07	0	0.85	0	0.33	0.01	0.03	0.08	0.13	0.28	0.36
CB02	Nódulo bifásico fase	γ-(Cu <sub>3</sub> As)	n= 2	100	69.87	26.51	0.17	1.47	0.01	0.03	0.25	0.3	0.07	0.05	0	0
CB02	Nódulo bifásico general	CuAs	n= 3	25-50	75.61	15.64	0.04	1.8	0.05	4.43	0.35	0.11	0.07	0.04	0.11	0.01
CB02	Nódulo cobre arsenical	CuAs	n= 6	25-50	90.44	5.19	0.1	1.85	0.03	0.38	0.13	0.08	0.07	0.04	0.12	0.11
CB02	Nódulo mata	Mata	n= 3	25-50	69.57	1.42	21.18	5.76	0.02	0.33	0.1	0.37	0.16	0.02	0	0
CB02	Inclusión en nódulo cobre	Mata	n= 2	25	75.22	0.09	18.4	2.62	0.07	0.2	0.11	0.58	0.01	0.15	0.05	0
CB02	Anillo en nódulo cobre	Mata	n= 2	25	71.95	2.7	20.41	2.99	0.03	0.17	0.08	0.62	0.12	0.11	0	0
CB02	Nódulo pequeño	CuAs	n= 22	1-10	84.98	7.22	0.06	3.63	0.03	1.36	0.25	0.11	0.09	0.03	0.08	0.12
CB02	Nódulo pequeño	Speiss	n= 5	1-10	43.31	27	0.09	14.37	1	10.95	0.52	0.04	0.06	0.06	0.2	0.07
CB02	Inclusión	BiCuAsNi	n= 1	1	32.73	13.34	0.12	0.02	0	9.95	0.94	40.16	0	0.33	0.9	0.35
CB02	Inclusión	CuBi	n= 1	5	52.79	3.68	0	3.04	0	0.46	0.5	21.18	0.1	0.08	13.47	0

Tabla 7.6. Composición química de fases metálicas de CB02. Los resultados se corresponden a la media sobre diferentes fases iguales. El número de análisis se refleja sobre la columna N. El campo de Dim. delimita las dimensiones generales de la fase analizada.

También encontramos dos grandes nódulos de calcosina con impurezas en hierro y contenidos considerables en arsénico de más del 1 % (Tab. 7.6). Además de en estos grandes nódulos, la mata es una fase frecuente ya sea como anillos en los nódulos de cobre, como inclusiones o pequeños nódulos aislados.

En consecuencia, CB02 es el residuo resultante de una operación en la que intervinieron minerales muy ricos en arsénico y hierro, con cantidades considerables de sulfuro e impurezas muy elevadas en níquel. El mineral se redujo con parte de ganga rica en baritina e hidróxidos de hierro. La saturación de hierro impidió un mejor rendimiento de la reducción al quedar una parte importante del cobre atrapado en los aglomerados que no terminaron de fundirse hacia la matriz piroxénica.

Se repite el mismo patrón de Agua Amarga y el residuo obtenido denota un procedimiento similar pero menos controlado. Muy probablemente el cobre obtenido se mezclaría con cobre pobre en arsénico, ya que las concentraciones tan elevadas de arsénico que presenta no permitían llevarla a una situación de equilibrio mediante recocido y en consecuencia sería un metal quebradizo y frágil (Rovira y Gómez Ramos 2003). En cualquier caso, y pese a los pocos residuos estudiados químicamente, las concentraciones tan elevadas en arsénico se debieron dar de forma excepcional.

7.2.2.4. La Ciñuela

Un primer estudio de un grupo de vasijas de reducción procedentes de la Ciñuela ya ha sido realizado por S. Rovira (Rovira 2002a; Rovira 2005). En él se menciona que las capas de adherencia de estas vasijas están formadas por relictos de mineral y su ganga, junto con arcilla de la matriz cerámica y cenizas del proceso de combustión. También resalta la presencia de fayalita que por el contrario están ausentes de los residuos de Almizaraque. No por ello acepta que esté en relación con ningún proceso intencional de escorificación si no por el efecto natural del tipo de minerales utilizados. También identifica cristales de calcopirita que relaciona con la reducción de minerales polimetálicos de carbonatos y sulfuros de cobre (Rovira 2002a).

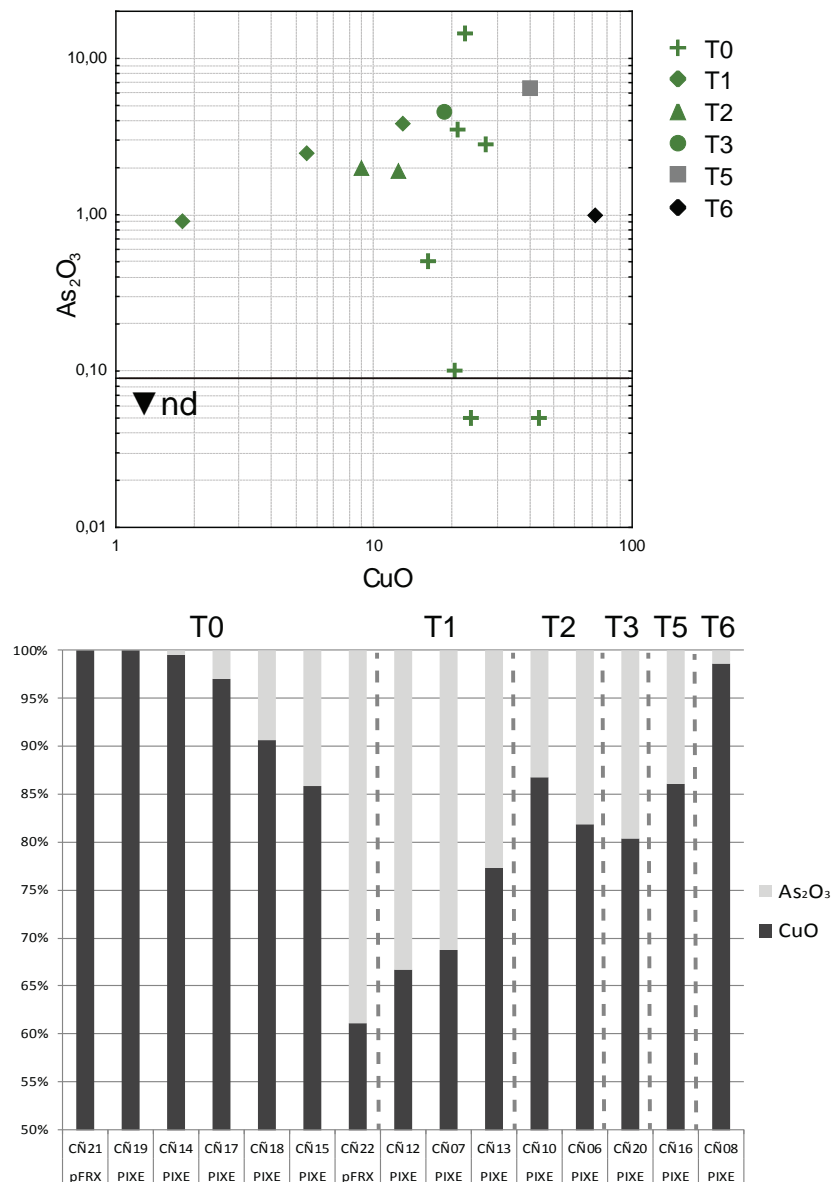


Figura 7.22. La Ciñuela. Arriba concentraciones de óxidos de cobre y arsénico en minerales y residuos metalúrgicos en valores absolutos. Abajo normalización al 100% de los 2 óxidos.

En las tablas de análisis por FRX y MEB-EDS (Rovira 2002a) no se especifica el tipo de material pero se sobreentiende que todos los análisis pertenecen a vasijas de reducción. Dentro del estudio analiza algunas inclusiones de metal en las que destacan como impurezas Pb y Sb, que en algunos casos forman inclusiones en el propio cobre. Estos resultados son consistentes con las impurezas detectadas por nosotros en los minerales, aunque de diferentes orígenes. Excepto en CÑ-2 y CÑ-6 (de la serie de S. Rovira), en sus análisis no detecta arsénico en las adherencias de las escorificaciones. Ni en varios nódulos de cobre, ni en el resto de fases. Esta ausencia de arsénico contrasta con nuestra experiencia en la Ciñuela, donde el arsénico es un elemento omnipresente en los residuos (Fig. 7.22).

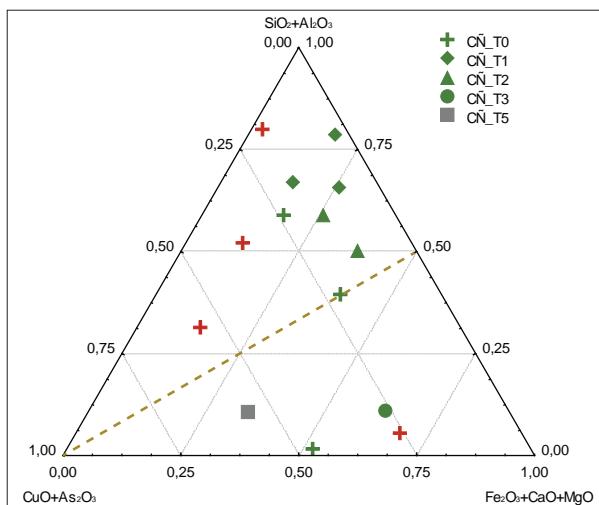


Figura 7.23. Diagrama ternario CuO/SiO+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO en el que se representan los diferentes tipos de residuos de La Ciñuela. En rojo vemos los minerales con concentraciones en As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> por encima del 0,5%.

En La Ciñuela una mayoría de residuos metalúrgicos se distinguen nítidamente de los minerales por una menor cantidad de cobre, pero en este caso la concentración de arsénico de los residuos se mantiene e incluso aumenta respecto a la mayoría de minerales. La concentración de arsénico no solo aumenta, además está presente en todos los residuos, frente a su ausencia en algunos minerales.

Ello es importante porque hemos visto que al menos había dos procedencias distintas en los minerales de La Ciñuela (supra), y que la presencia/ausencia de arsénico se correlacionaba con un origen diferente de la materia prima.

Estas proporciones se pueden poner en relación con una mezcla de minerales pobres en arsénico junto con arseniatos como CÑ22. Las concentraciones de arsénico en los residuos, especialmente en los contenedores de reducción, indican pérdidas elevadas de arsénico junto al cobre durante el proceso.

La composición en cobre y arsénico del único ejemplar del Tipo 3 lo sitúa junto a los minerales ricos en este último metal. Aún más marcada es la posición del único registro del Tipo 5, un mineral parcialmente reducido. Cuando comparamos la proporción entre el cobre y el arsénico no pueden establecerse diferencias entre los residuos del Tipo 2, 3 y 5. Es posible que los Tipos 3 y 5 se correspondan a intentos no del todo exitosos de reducir minerales muy ricos en hierro, dada la densidad que ambos presentan frente al Tipo 2, cuyo aspecto y composición se ajusta más a los conglomerados de horno que hemos visto en Agua Amarga (Fig. 7.23).

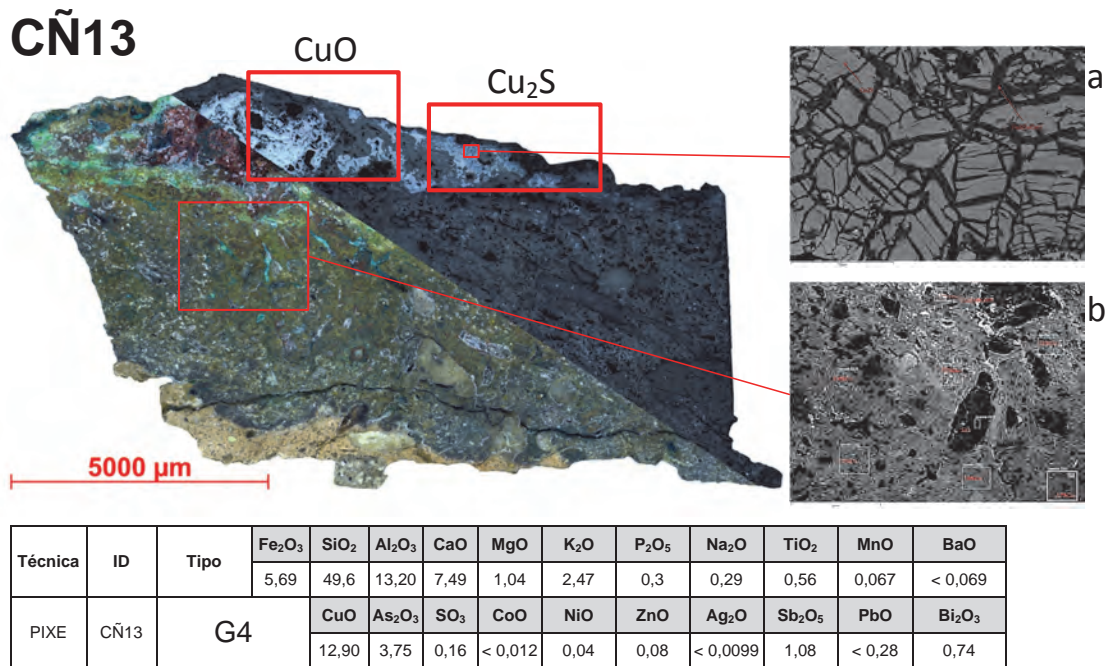


Figura 7.24. Imagen general mixta de CÑ13. Se observan de manera nítida las diferentes capas del residuo en las que la arcilla y sus inclusiones aparecen impregnados de cobre (b). En la parte superior vemos una gota de cuprita que ha segregado una importante cantidad de Cu<sub>2</sub>S (a). En el conjunto de este conglomerado de horno no hay cobre metálico.

Muestra	Zona	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	MnO	CuO	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PbO	Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
CÑ13	Inclusion contacto	36	20	22.8	10.4	1.1	0.1	0.10	0.03	7.26	0.1	0	0.5	0.2	0
CÑ13	Z. Central (Sup)	38	11	2.7	6.5	1.1	1.5	0.14	0.35	0.05	24.5	5.3	3.1	0.8	1.4
CÑ13	Z. Central (Sup)	40	14	4.0	7.1	1.3	1.8	0	0.17	0.14	20.4	5.4	2.4	0.2	1.4
CÑ13	Z. Central (Sup)	26	11	1.4	5.4	0.9	1.0	0.03	0.30	0	40.0	7.1	2.3	0.6	1.5
CÑ13	Z. Central (Med)	37	13	6.2	6.9	1.7	1.5	0.40	0.84	0.06	22.6	4.9	1.5	0.3	1.4
CÑ13	Z. Central (Med)	29	13	1.9	6.3	1.4	1.3	0.11	0.29	0.04	34.4	6.1	2.2	0.3	1.3
CÑ13	Z. Central (Inf)	38	12	5.5	6.4	1.4	1.7	0.82	0.32	0.03	20.4	6.2	1.8	0.1	1.7
CÑ13	Arcilla 1	56	19	6.2	8.4	1.5	3.2	0.15	0	0.12	1.6	0.8	0.9	0.1	0
CÑ13	Arcilla 2 (Gen)	83	9	3.6	0.2	0.3	2.5	0	0.03	0	0.1	0.0	0.2	0	0.2
CÑ13	Arcilla 2 (Matriz)	48	34	3.8	0.1	1.0	11.0	0	0	0	0	0	0	0.1	0
CÑ13	Mineral en arcilla 1	27	8	1.4	32.7	1.5	1.4	0.83	0.71	0	6.3	16.0	2.3	0.3	0.1

Tabla 7.7. Composición genérica de las matrices de arcilla del residuo CÑ13. Todos los análisis son sobre un área representativa.

Fase	Análisis	Cu	As	S	Fe	Bi
Cu <sub>2</sub> S	n= 7	69.9	0.07	27.6	0.07	0.6

Tabla 7.8. Media de diferentes análisis sobre áreas representativas de la segregación de calcosina.



En los gráficos de la figura 7.22 también se ha representado la composición de un nódulo de cobre de morfología lentejonar que puede corresponderse a un nódulo de fundición. Se encuentra totalmente mineralizado a cuprita recubierta de una capa de carbonatos y cloruros de cobre. La cantidad de arsénico posiblemente se ha visto alterada por esta corrosión, ya que muestra unos valores inferiores a todos los residuos y también a los artefactos metálicos de La Ciñuela. Sin embargo, redundante en el hecho de la producción de cobre arsenical en el poblado.

De las muestras previstas para estudiar mediante MEB-EDS (CÑ13, CÑ16 y CÑ20) únicamente se ha trabajado con CÑ13 debido a la corrosión de los otros dos fragmentos. CÑ13 es un conglomerado de horno cuyo aspecto aplanado sugería que podía tratarse de la torta del fondo de una vasija de reducción. Al corte, macroscópicamente se observan tres capas netamente diferenciadas (Fig. 7.24).

La capa superficial presenta una gran gota de  $\text{Cu}_2\text{O}$  alterada por la corrosión en forma de cloruros en los bordes. En la zona de los cloruros se observan segregaciones de Bi-Sb en una matriz de arseniato cálcico. Este tipo de matriz ha sido identificada en los residuos de Los Millares (Hook et al. 1991, p.69). Las inclusiones de Bi y Sb son muy frecuentes en otros puntos de todo el fragmento. Prueba de ello son los altos contenidos en estos dos elementos que muestran los diferentes análisis genéricos de la tabla 7.7. En algunos análisis también se detectan impurezas destacadas de Pb y Sn. Un solo residuo presenta impurezas, que en el estudio del apartado 6.2 hemos comprobado cómo se asociaban a minerales de diferente procedencia. A un lateral de la cuprita se ha formado una segregación de calcosina ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) de 2 mm de largo por 1 mm de alto que también tiene inclusiones ricas en bismuto en su alrededor (Tab. 7.8).

Todo el cuerpo central presenta una matriz amorfa cuyos componentes principales son el  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{CaO}$ . La matriz está impregnada de sales de cobre, cuyo contenido varía entre el 6 y el 40 % en  $\text{CuO}$ , siempre con fuertes concentraciones de arsénico e impurezas de Sb y Bi. Las concentraciones son bastante variables y no se ha observado una zonificación. En el interior también encontramos algunos granos minerales. Algunos pueden presentar cobre y arsénico. En otros casos se trata de restos de mica u otros minerales de la arcilla original del contenedor. En toda la escoria no se ha encontrado una sola gota o inclusión de cobre metálico. El metal únicamente aparece en inclusiones de Bi o Bi-Sb.

En síntesis se nos muestra un proceso metalúrgico realizado sobre una arcilla sin cocer y no compactada. Durante el proceso toda la zona se altera y los óxidos de cobre arsenicados penetran hacia la arcilla cuya estructura se presenta totalmente deformada por la acción térmica. En varias zonas de la parte central se observan segregaciones de cuprita de color amarillento. Las cuales son conocidas como dross y representan una especie de escorificación producida durante el proceso de fundido (metal reoxidado junto con material cerámico vitrificado), pero que también pueden formarse durante la

reducción de óxidos y carbonatos (Müller et al. 2004a, pp.39-40).

En superficie, junto a la cuprita, una parte importante del cobre permanece en forma de calcosina. Debemos entender este sulfuro de cobre como pérdidas, ya que es poco probable que se diera un proceso metalúrgico posterior para eliminarlo. La media de S de los minerales de La Ciñuela analizados es de 0,4 % con un máximo de 2,7 %. Si se normaliza al 100 % para ambos elementos, el S, solo supera el 1 % en la muestra CÑ18 (10 % S). Pese a que la cantidad de azufre (bajo la forma original de calcopirita o tennantita) era muy baja en relación al oxígeno sólido contenido en el propio mineral, no hubo una tostación previa (en un solo proceso) como se observa en La Capitelle, Al Claus o Saint-Verán (Carozza et al. 1997; Mille et al. 1998; Bourgarit et al. 2008). Parte del cobre de la calcopirita o tennantita se perdería en forma de calcosina o mata y no sería recuperada.

Para CÑ13, la ausencia generalizada de fases cristalinas, junto con la ausencia de hierro y la presencia de cobre y arsénico en concentraciones elevadas, sugiere la reducción de minerales de cobre muy puros, sin que se generara prácticamente escoria.

Después de observar el conjunto de elementos metalúrgicos, los resultados arrojan parecidos muy razonables con la metalurgia descrita en Almizaraque o Los Millares, pero contrapuesta al registro del valle del Guadalentín que estamos analizando.

No es posible que la diferencia se deba a la utilización de minerales con menos hierro, pues sus contenidos son indiferenciables entre un asentamiento y otro y ya hemos visto como algunos residuos aparecen saturados de hierro, pero con estructuras anómalas y mal fundidos. En La Ciñuela la reducción de estos minerales ricos en hierro no parece que se completara con éxito, a tenor de las pérdidas en cobre que tienen. Sin embargo, la relación cobre-arsénico descrita en los párrafos anteriores parece describir una situación donde no importaba la pérdida en cobre que se produjera durante la reducción, mientras se obtuviera cobre arsenical.

### **7.3. Recapitulación del estudio de los residuos metalúrgicos**

El objetivo del estudio era poner en relación los residuos metalúrgicos con los minerales encontrados en los diferentes asentamientos y ver que metal se estaba produciendo con ellos. Los resultados obtenidos nos permiten responder a estas cuestiones, pero además abren nuevas vías de interpretación en el uso de los recursos minerales de estas comunidades. Además, las diferencias observadas entre asentamientos nos permiten proponer hipótesis en torno a las prácticas socio-económicas que produjeron estos residuos.

Por un lado, los residuos metalúrgicos reflejan y son consistentes con los minerales de los asentamientos, tanto en las sustancias de base como en las impurezas principales que presentan. Como apoyo indirecto a este uso tenemos la presencia de mata que

responde al uso de minerales polimetálicos con presencia de sulfuro. En contra de lo supuesto antes de empezar la investigación, su uso se expande en todos los asentamientos analizados. Sin embargo, ello responde a la propia naturaleza de los minerales de la región y no habría un aprovechamiento intencional, ni sistemático de minerales primarios.

En segundo lugar, independientemente del asentamiento, en todos los casos se está produciendo cobre arsenical. Sin embargo, vemos diferencias que afectan a la materia prima y a los procesos tecnológicos para obtenerlo.

En Agua Amarga se ha podido demostrar cómo la diferente procedencia de la materia prima responde a un uso simultáneo de diferentes clases de minerales y no a episodios dilatados en el tiempo. Aquí vemos como la mezcla de ambos minerales tiene un doble objetivo. Por un lado aportar el hierro y la sílice para tener una buena recuperación de cobre y por el otro controlar la cantidad de arsénico que finalmente tiene el metal. Además, los minerales con hierro, sílice y sin arsénico son minerales locales, lo que implica una menor inversión de fuerza de trabajo en conseguirlos, frente a la situación que se produciría si todos los minerales procedieran de depósitos alóctonos, como los arseniatos.

El estudio de las escorias de Agua Amarga corrobora que se trata de un proceso rudimentario, con elevadas pérdidas de cobre y con unas condiciones redox muy inestables. Sin embargo, cuando vemos la composición de los grandes nódulos de cobre también constatamos que este proceso les era más que suficiente para obtener cobre arsenical en una proporción ideal de la aleación por sus propiedades mecánicas (4-7 % As). Esta regularidad en la composición no deja de sorprender teniendo en cuenta la interpretación actual de la metalurgia prehistórica del Sudeste que hemos visto al inicio del capítulo. Además cuando hemos observado la composición con el MEB de los diferentes residuos, todos ellos aparecen en el campo FQM, lo que implica que la relación entre el hierro, los óxidos ácidos y el calcio permite fundir los diferentes componentes a la mínima temperatura posible, de entre 1100 y 1200 °C.

En Parazuelos, los tipos de residuos muestran un control del proceso de reducción similar a Agua Amarga, con una saturación menor de hierro en las fases cristalinas y, en consecuencia, una mejor recuperación del cobre. A diferencia de Agua Amarga, en Parazuelos se obtenía cobre arsenical procedente de un solo tipo de mineral ferrocuprífero, con impurezas muy elevadas en arsénico (3 al 6 %). Ello daba lugar a composiciones en arsénico más irregulares y siempre en el límite entre el cobre puro y el cobre arsenical. Es como si pese a controlar el proceso metalúrgico el arsénico no tuviera la importancia que adquiere en el resto de poblados estudiados. Ello es consistente con una producción metálica bastante arcaica dentro del Calcolítico, como parece sugerir la propia cronología del poblado.

En los residuos de Carboneros, vemos como la obtención de cobres arsenicales puede

sobrepasar los límites de la composición eutéctica, cuya causa solo puede atribuirse al uso de minerales muy ricos en arsénico. Además, si comparamos las pérdidas de cobre y arsénico globales entre Agua Amarga y Carboneros (Fig. 7.6), en este último poblado se dan mayores pérdidas en cobre. A ello se añade que uno de los residuos muestra una enorme saturación en hierro que seguramente impidió la recuperación de cobre, algo inédito entre los residuos de Agua Amarga.

Sin embargo, hay muchos puntos en común entre Carboneros y Agua Amarga. Tanto los tipos de residuos que encontramos y su distribución representativa, como en las fases que presentan los residuos estudiados. En ambos casos el proceso tecnológico sigue una misma lógica.

Teniendo en cuenta los parecidos, las diferencias pueden explicarse por una menor experiencia tecnológica (technical skill) en la práctica metalúrgica de Carboneros. Esta hipótesis se plantea también en base a la cantidad de residuos generados en ambos poblados. No dudamos en que las diferencias se deban a una producción metalúrgica más elevada en Agua Amarga y no a otros factores como la utilización de minerales más puros en Carboneros.

Si Carboneros y Agua Amarga son comparables pese a las diferencias técnicas, lo que vemos en La Ciñuela responde a otra realidad tecnológica. El estudio genérico del registro arqueometalúrgico ya nos advertía que en La Ciñuela la relación de residuos se contraponía a Parazuelos, Agua Amarga y Carboneros. Esto se relaciona con unos residuos metalúrgicos que al observarse en detalle se han revelado diferentes.

Dejando de lado momentáneamente el tipo de las cerámicas metalúrgicas, vemos como los pocos conglomerados de horno y minerales parcialmente reducidos sobresalen en las pérdidas en cobre, arsénico y/o en la saturación en sílice o hierro (Fig. 7.6 y 7.22). Ninguno de ellos se ajusta a los valores del valle eutéctico de las olivinas, el cual indican un control mínimo del proceso de reducción y en el que se posicionan el resto de poblados. Tampoco en este caso podemos ponerlo en relación a los minerales, pues hemos visto como los contenidos medios en hierro o sílice son similares a los demás poblados. Es cierto que se halla en una zona rica en arseniatos y que su uso podría generar residuos parecidos, pero cuando miramos el registro de minerales de La Ciñuela vemos que únicamente uno de los siete minerales analizados químicamente responde a un arseniato. Esto es una proporción menor que en Agua Amarga, que al contrario de La Ciñuela está alejada de este tipo de recursos minerales.

En definitiva, en La Ciñuela, cuyo contexto nos sitúa en el Calcolítico Final y en consecuencia sería posterior al resto de poblados estudiados, han “olvidado” el proceso de reducción. Por los nódulos metálicos sabemos que obtienen cobre arsenical, pero el proceso técnico es muy mediocre e ineficaz si lo comparamos incluso con la metalurgia arcaica de Parazuelos. No considero probable que estas diferencias puedan relacionarse con una metalurgia más experimentada ante una más local y esporádica, cuyo

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

ejemplo lo vemos entre Carboneros y Agua Amarga. No, al menos, en relación a estos poblados. La lectura de estas divergencias debe plantearse en el marco de las prácticas socioeconómicas que se implantan en los momentos finales del Calcolítico en el valle del Guadalentín.

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

## **8. A. Valoración y Discusión. De minería, minerales y cobre arsenical**

A lo largo de todo el trabajo se han tratado de forma independiente los diferentes lugares y materiales que configuran la gestión de los recursos minerales de cobre. Esta separación se ha visto forzada por el propio registro material y los métodos analíticos empleados.

Pero la arqueología trasciende lugares y cosas, o los hace trascender de sí mismos para poder conocer a quienes estuvieron allí y los produjeron. Y en ese trascender debemos hablar de las personas y, más importante que ellas, de las relaciones que establecieron en su objetivo de producir artefactos metálicos. En nuestro trabajo estas relaciones se definen en la gestión de la explotación de los recursos minerales y su transformación en una nueva materia prima, el metal.

No basta con identificar los hechos, debemos ser capaces de entenderlos y ponerlos en relación a un conjunto transversal de prácticas sociopolíticas que los permitieron. Ello implica que no es suficiente con definir que hubo una minería prehistórica de cierta entidad y que el uso de cobre arsenical fue una acción plenamente consciente e intencional. Todo ello depende de una situación social y política que le da sentido y lo justifica, que limita los territorios y donde toda producción se ve afectada por estas estrategias. Será mirando transversalmente el conjunto de prácticas sociales, cuando comprenderemos las estrategias empleadas en la gestión de los recursos minerales.

Pero antes de avanzar en la discusión, que espero incite al debate, veremos los elementos de qué disponemos y que han sido el objeto de estudio en los capítulos anteriores.

### **8.1. Principales resultados por ámbito de estudio**

Se han dividido los principales resultados según el registro arqueominero, el estudio de los minerales de los poblados y la relación entre los minerales de los poblados y la producción metalúrgica (Tab. 8.1).

#### **8.1.1. Minería prehistórica**

Aunque el cobre es un recurso muy extendido en el valle del Guadalentín, sus depósitos minerales son de baja calidad y de muy poca entidad. Prueba de ello es que su explotación contemporánea solo tuvo un sentido oportunista y esporádico y nunca se convirtió en una explotación rentable y generalizada<sup>355</sup>. Este fracaso se refleja cuando comparamos el alto número de labores exclusivamente prospectivas con los escasos depósitos con explotación económica. De los 50 depósitos de cobre prospectados, 12 presentan una explotación con más de 20 metros de galerías, o minería a cielo abierto

---

355 Véase apartado 3.1.4



comparable. De éstas, únicamente el Cerro de la Fuente, Segunda Santa Isabel, Minas de Merzu S.A., Cerro Minado y Filón Consuelo tuvieron una mínima explotación de carácter económico que siempre fue irregular y de escasa rentabilidad<sup>356</sup>.

No solo la minería contemporánea fracasó en su explotación. A tenor de la ausencia de registro arqueológico minero y metalúrgico, el cobre no tuvo una explotación visible durante la Edad del Bronce ni en la Edad del Hierro. Ello contrasta con la situación del Sudoeste peninsular, marcada por la explotación sistemática de los depósitos de sulfuros complejos ricos en cobre durante el final de la prehistoria, la antigüedad y en época contemporánea.

La ausencia de una intensa minería del cobre durante la Edad del Hierro y en época histórica, explica por qué la explotación prehistórica de estos recursos ha pasado prácticamente desapercibida hasta ahora. Si nos fijamos en las primeras noticias de minas prehistóricas, comprobamos que se dan en depósitos de intensa explotación minera histórica. Además, excepto en las minas astur-leonesas, una parte importante de este registro primigenio se da en minas con un elevado número de artefactos macrolíticos de época orientalizante y con una re-explotación posterior romana.

A pesar de todo ello, las evidencias arqueomineras en el Guadalentín reproducen los mismos patrones que observamos en la primera minería del cobre en otras regiones del continente, como en Liguria, Cabrières, Gales, las minas astur-leonesas e incluso Europa del Este. A continuación repasaremos sus principales características.

Durante las prospecciones hemos comprobado cómo el registro arqueológico está alterado por los trabajos mineros contemporáneos, pero conserva tanto artefactos macrolíticos como labores seccionadas. Como viene siendo habitual en el registro arqueominero, las evidencias más sólidas de explotación prehistórica se dan en las pocas minas con una relevante explotación posterior y coincide con una mayor envergadura y potencia del depósito mineral. Por el contrario, ninguno de los pequeños depósitos de cobre con minería prospectiva ha permitido observar su aprovechamiento prehistórico.

Los tres sitios donde se ha podido documentar explotación prehistórica se caracterizan por tener mineral muy rico en cobre, aunque difieren en el tipo de mineral explotado.

Dos de las minas, Filón Consuelo (Cartagena) y Cerro Minado (Sierra de Almagro), tienen una potente capa de minerales carbonatados con presencia de cobres grises y/o arseniatos. Las dos minas están entre los depósitos de cobre de mayor envergadura de la zona prospectada. En ambos casos, el tramo mineralizado es de los más potentes y son dos de los que han sufrido una minería posterior más intensa<sup>357</sup>.

En el Filón Consuelo la explotación posterior, en forma de una larga trinchera de más de

---

356 Véase apartado 3.2.

357 Véase apartados 3.2.5 y 3.2.9.

100 metros es posible que se deba a una explotación romana. El interior de la misma se encuentra totalmente cubierto de estériles y en la cercana fundición de El Gorguel se encontraron acumulaciones de mineral de cobre (Antolinos 2012, p. 73). Aunque no hemos reconocido material romano en la propia trinchera, sí que se presenta en algunas labores asociadas.

En Cerro Minado no se han documentado indicios de minería romana, pero estuvo en explotación hasta los años 70, con dos canteras de principios de s. XX que destruyeron los minados antiguos. Sobre la posible importancia prehistórica de Cerro Minado merecen destacarse las noticias de principios de siglo que hablan de galerías de más de 50 metros y de la reutilización, por los mineros modernos, de los picos en asta de ciervo como cuñas en las entibaciones (García Asensio 1910)

El registro de percutores macrolíticos es muy abundante, especialmente en Cerro Minado con más de 60 ítems percusivos. En esta mina también encontramos otros artefactos vinculados a un posible campamento exterior. Entre ellos merece especial atención un fragmento de fuente abierta de clara tipología calcolítica, un molino/triturador con depresión central alargada y lajas de arenisca. Los dos últimos son comunes en contextos mineros y metalúrgicos calcolíticos (Nocete Calvo 2004; Timberlake y Craddock 2013) y señalan un primer procesamiento del mineral in situ. La presencia del molino implica la molienda del mineral en fracción fina, y posiblemente lo relacione con la metalurgia extractiva en la propia mina como se ha documentado en las minas de El Áramo o Ross Island (O'Brien 2004; de Blas Cortina et al. 2013).

La presencia de percutores en el Filón Consuelo no es tan abundante y aparecen más fragmentados por la peor calidad de la materia prima. Sin embargo, una intensa explotación prehistórica se deduce por conservarse varios tramos o relictos de galerías prehistóricas con ataque al fuego, signo de una recurrencia en la explotación del depósito mineral y no de una frecuentación esporádica.

La tercera mina, Balsicas, se presenta como un depósito de pequeña envergadura con minerales polimetálicos muy enriquecidos en cobre y hierro. La explotación prehistórica en esta mina, tanto por las características del depósito como por la presencia de un único percutor macrolítico, fue de poca importancia. La presencia de un socavón antiguo de 8 metros de profundidad indica que la extracción de mineral fue algo más que superficial.

A lo largo del apartado 4.4, hemos sugerido la explotación desde el Calcolítico Pleno al Calcolítico Final (2800-2200 cal ANE) para las tres minas descritas. La datación radiocarbónica de Cerro Minado (c.2400 cal BC), obtenida de un carbón madera de vida corta (*Pistacia* sp.) asociado a percutores macrolíticos, sirve de anclaje al Calcolítico del conjunto de la materialidad arqueológica del Guadalentín.

Esta materialidad se corresponde principalmente con percutores de rocas subvolcánicas

tipo gabro o micro-gabro, con muy poca o sin preparación del soporte para enmangue, sin que se hayan registrado acanaladuras. También los tipos de labores representadas, con galerías de corto recorrido y explotación con ataque por fuego son la evidencia más habitual en los contextos de minería primigenia del 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, que perdura hasta el cambio de milenio y las últimas manifestaciones campaniformes. En los poblados de la Edad del Bronce solo encontramos residuos relacionados con la fundición de cobre.

Además de Cerro Minado, Balsicas y Filón Consuelo, en la Mina Adela hay noticias en la bibliografía que permiten sugerir su explotación durante el Calcolítico. También el Cerro de la Fuente, Las Crisolejas y Santa Isabel presentan indicios de explotación prehistórica o antigua que deberán confirmarse con estudios futuros.

### **8.1.2. La procedencia de los minerales de los poblados**

Se ha utilizado un sistema clasificatorio propio para poder comparar la composición química de los minerales.

El estudio geoquímico del cobre del valle del Guadalentín muestra un fuerte componente territorial en las principales paragénesis de los minerales de cobre, en consonancia con el origen geológico de las mineralizaciones<sup>358</sup>. Los minerales de cobre ricos en arsénico y antimonio se concentran en la sierra de las Moreras y en varios puntos aislados, entre los que sobresalen las minas de Cerro Minado (sierra de Almagro) y Filón Consuelo (Cartagena). La sierra de las Moreras es el único punto donde la explotación aleatoria de los recursos locales podría producir cobres arsenicales de forma natural.

Los minerales polimetálicos de carbonatos de cobre e hidróxidos de hierro sin arsénico son los más abundantes en el territorio. Estos aparecen en la cobertura oxidada de depósitos de hierro, normalmente con fuertes impurezas en plomo u otros metales, pero también en pequeñas mineralizaciones filonianas. Tanto en un caso como en el otro estos minerales presentan pintas de calcopirita y covellina que pueden aportar concentraciones sensibles de sulfuro<sup>359</sup>. Por el contrario, carecen del arsénico suficiente como para producir cobre arsenical. En Parazuelos hemos documentado los minerales ferrocupríferos con las mayores concentraciones en arsénico del valle del Guadalentín. En estos minerales, el arsénico alcanza el 5% en  $As_2O_3$ . El metal obtenido con ellos, que

---

358 Véase apartado 6.1.

359 Transformadas en mata durante la reducción.

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

Contexto regional	Minería	Minerales	Metallurgia	Arsénico en cobre metálico	Poblados de referencia
Primeras manifestaciones metalúrgicas y poblado especializado de Parazuelos.	Minería local poco intensa. Aprovechamientos de pequeños depósitos filonianos tipo Balsicas y coberturas oxidadas de masas piritosas de hierro.	Origen local. Minerales ferrocupríferos con arsénico y relictos de calcopirita.	Dominan las escorias férricas y vasijas de reducción. Las fases fundidas de las escorias se asocian con el campo óptimo FQM por el uso de minerales autotundentes.	0,5-1% As (a partir de los nódulos de escorias de Parazuelos).	<b>Parazuelos</b> , Cerro de la Virgen de la Salud, Lorca c.u. (Carril de los Caldereros nivel 1, Floridablanca).
Metallurgia local en Carboneros y casco urbano de Lorca y asentamiento especializado de Agua Amarga.	Minería local y alóctona poco intensa. Aprovechamiento de pequeños depósitos ferrocupríferos (Torrecilla) e inicio de la minería regional de arseniatos de cobre.	Minerales locales y regionales. Minerales ferrocupríferos sin arsénico y arseniatos. Relictos de sulfuros en ambos tipo de minerales.	Dominan las escorias férricas y vasijas de reducción. Las fases fundidas de las escorias se asocian con el campo óptimo FQM por el uso de minerales autotundentes.	3-7% As (a partir de los nódulos de escorias de Agua Amarga).	<b>Agua Amarga, Carboneros</b> , Lorca c.u. (Plaza Juan Moreno, Madres Mercedarias)
Desaparición de poblados especializados y continuación de metallurgia local. Fundación de nuevos poblados como La Ciñuela.	Intensificación y concentración de la minería sobre los depósitos ricos en arsénico como Cerro Minado y Filón Consuelo.	Minerales locales y regionales. Arseniatos y carbonatos ricos en arsénico. Use secundario de minerales ferrocupríferos.	Dominan los minerales y vasijas de reducción. Los residuos no presentan zonas de óptimo FQM. Presencia de minerales termoalterados ricos en hierro sin fases fundidas.	2% As (a partir de artefactos metálicos del Guadalentín).	<b>La Ciñuela, Cerro Minado</b> , Lorca c.u. (Plaza Juan Moreno, Madres Mercedarias, Calle Cava)
Presencia de poblados de transición e inicio de los asentamientos argáricos en 2200 cal ANE.	Abandono gradual de la minería del Guadalentín. Los minerales de los poblados no permiten asociaciones con depósitos locales.	Presencia residual de minerales en poblados; Minerales regionales. Óxidos de cobre, minerales ferrocupríferos y arseniatos.	Sin metallurgia extractiva excepto en La Ciñuela. Concentraciones de nódulos de cobre para pequeñas manufacturas.	2% As (a partir de artefactos metálicos del Guadalentín).	<b>Cerro de la Cueva del a Moneda, Las Anchuras, Fase 1 de la Bastida, La Ciñuela</b> , Cárcel Vieja de Totiana, Cerro de las Viboras de Bagil, fase 4 de Eras del Alcazar.
Consolidación y expansión del horizonte argárico en todo el Guadalentín. Implantación de la norma argárica.	Minería concentrada en el distrito minero de Linares-La Carolina (valles del Rumber y del Jándula).	Sin minerales. Ferrocupríferos, plumbocupríferos, ¿arseniatos?	Desaparición completa de la metallurgia extractiva en el Guadalentín. Artefactos de Ubeda proceden de Linares. A partir de c. 1850 cal ANE fundación de Peñalosa en el territorio argárico valle del Rumber.	2-4% de As (a partir de artefactos metálicos del territorio argárico)	Bastida Fases 2 y 3, Peñalosa, fase 5 de las Eras del Alcazar (Ubeda)*

Tabla 8.1. Esquema de la transformación de los diferentes procesos vinculados a la producción de cobre durante el III milenio cal ANE (a partir de Arribas et al. 1989; Craddock et al. 1991; Montero 1994; Gale et al. 1999; Nocete et al. 2010, tab. 4; Fenollós et al. 2014; Murrillo y Montero 2014).

tiene entre 0,5 y 1% en arsénico en los nódulos de las escorias de reducción, apenas puede considerarse cobre arsenical. La composición química de los artefactos del valle del Guadalentín, todos del Calcolítico Final, tiene una media del 2% en arsénico.

Los depósitos de carbonatos de cobre sin hierro o arsénico son menos habituales y dominan en mineralizaciones estratiformes como diseminaciones o impregnaciones en rocas silíceas. Las principales mineralizaciones con arsénico o hierro también pueden presentar minerales prácticamente puros aunque siempre tienen concentraciones residuales de la paragénesis dominante, que alcanza entre las 1000 y las 10.000 ppm.

La comparación de la composición química entre minerales de poblados y los recursos de cobre del territorio demuestra una selección de los depósitos minerales explotados. Durante el Calcolítico Pleno esta selección se define por una preferencia por minerales de cobre con altos contenidos en hierro y por los arseniatos. Estos vienen acompañados en segundo plano por ricos carbonatos de cobre muy puros y sin apenas ganga. Este patrón se repite con asiduidad y coincide entre los poblados donde se ha podido realizar un mayor número de análisis. Este misma distribución de los minerales de cobre se presenta en otros poblados calcolíticos como 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 poblado mejor estudiado. Las mineralizaciones cercanas carecen de arsénico, pero un 40% de los minerales que encontramos en el poblado son arseniatos. La correlación entre minerales alóctonos con arsénico y minerales locales sin arsénico es fundamental para establecer el conocimiento metalúrgico de las comunidades calcolíticas. También nos acerca a las estrategias de gestión de recursos minerales que se estaban desarrollando.

Los resultados de la composición de las principales sustancias químicas se han puesto en relación con el estudio de las impurezas<sup>360</sup>. En los poblados, las impurezas químicas de los minerales ferrocupríferos y los carbonatos de cobre puro permiten proponer un origen diferente respecto a los minerales ricos en arsénico.

Se han comparado las impurezas químicas de los minerales de los poblados proponiendo posibles procedencias y lugares de extracción. Esta comparación ha priorizado siempre la distancia mínima al poblado. Gracias a la cartografía geoquímica que hemos realizado podemos establecer mineralizaciones regionales consistentes como lugares de abastecimiento.

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 Ce-

---

<sup>360</sup> Véase apartado 6.2.

rro Minado. 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. 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 ca. 50 km de Agua Amarga.

En La Ciñuela la estrategia de abastecimiento de mineral se transforma. Los minerales locales identificados en el poblado comparten con los minerales alóctonos la composición química genérica. 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 total seguridad de la sierra de las Moreras, y es muy consistente con algunas de las minas prospectadas. Una parte de los minerales de La Ciñuela no tienen antimonio ni arsénico, evidenciando otras zonas de abastecimiento. Gracias a la cartografía geoquímica realizada, sabemos que los minerales ferrocupríferos sin arsénico ni antimonio no pueden considerarse locales.

En La Bastida, la mayor parte de los minerales recogidos en superficie no pueden ser considerados artesuos y en cambio, sí pueden asociarse a las pequeñas mineralizaciones que aparecen dispersas en el sustrato neógeno del cerro. Por el contrario, uno de los minerales estudiados es un arseniato y tiene una composición incompatible con esta mineralización y con cualquier otra del valle del Guadalentín. A falta de los análisis de isótopos de plomo, no podemos excluir que sea un arteuso de procedencia externa al valle del Guadalentín.

En los poblados como el Cerro de la Cueva de la Moneda, Las Anchuras o La Bastida (ca. 2200-2000 cal ANE), la presencia de minerales no se asocia a residuos de metalurgia extractiva. Se ha propuesto que estos minerales representan una metalurgia residual que desaparecerá con el cambio de milenio. Es en estos momentos cuando el horizonte argárico se consolida, expande entre otros, en los bordes orientales de Sierra Morena. El resultado es que el Estado argárico concentra allí toda la minería y metalurgia extractiva del cobre, en un claro ejemplo de control político de la producción (Lull et al. 2010a; Lull et al. 2010b).

### **8.1.3. Minerales y metalurgia en los asentamientos.**

La primera metalurgia que tenemos datada por radiocarbono en el valle del Guadalentín se da en un momento intermedio del Calcolítico Pleno (c. 2800-2700 cal ANE), algunos siglos más tardía que en el cercano Almizaraque (Cuevas de Almanzora, Almería) donde se remonta a inicios del III milenio cal ANE (Delibes et al. 1996). A finales del IV e inicios del III milenio también constata la primera metalurgia en otras regiones como el Sudoeste (Nocete et al. 2011a) o el Midi de Francia (Carozza et al. 2010).

Durante el Calcolítico Pleno surgen algunos asentamientos metalúrgicos especializados como Parazuelos y Agua Amarga. Estos conviven con una metalurgia local documentada en Lorca y en Carboneros, con las que comparten una misma tecnología de reducción de cobre que observamos en la caracterización de los residuos metalúrgicos.

Parazuelos, que por los materiales se define como el poblado más arcaico del grupo, y podría situarse en los inicios del Calcolítico Pleno (ca. 2800-2600 cal ANE), presenta una tecnología de reducción que se mantendrá durante todo el Calcolítico Pleno. Se define por un proceso escorificante, con escorias saturadas de hierro pero donde todos los componentes aparecen fundidos y en el campo óptimo de las olivinas. Esto fue posible gracias a la utilización de minerales autofundentes aunque muy ricos en hierro y pobres en sílice. 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, que es el sitio mejor estudiado, 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. 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; Keesmann et al. 1999) y se contrapone a las lecturas basadas en el registro de Almizaraque (Montero Ruiz et al. 2013; Müller et al. 2004b; Rovira 2002c). Esta aleación con arsénico, mediante co-reducción de óxidos y arseniatos -con un proceso tecnológico similar al de Parazuelos- permite sugerir una cronología más tardía que en Parazuelos. La ausencia de elementos campaniformes en el registro es un argumento a favor de que su actividad se desarrolló principalmente en momentos avanzados del Calcolítico Pleno (ca. 2600-2500 cal ANE).

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 demuestra que el resultado era el deseado.

En Carboneros, también del Calcolítico Pleno pero con perduración hacia el Calcolítico 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 demostrado, gracias al estudio de uno de ellos con el MEB, que no siempre eran capaces de controlar la concentración de arsénico durante el proceso de reducción. En

el caso estudiado se observa como todos los nódulos de cobre arsenical presentan una estructura bifásica, con medias de arsénico siempre superiores al 8% y que alcanza el 15%. El metal obtenido no se podría homogeneizar con recocido, por lo que sería necesario refundirlo con metal más pobre en arsénico. Ello se puede vincular con una metalurgia local llevada a cabo por personas que comparten el proceso tecnológico de Agua Amarga aunque con poca experiencia en él.

La Ciñuela, con una ocupación principal durante el Calcolítico Final que perdura durante la transición hacia El Argar (ca. 2500-2000 cal ANE), muestra unas prácticas metalúrgicas muy 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 y denota unas pérdidas mayores que en el resto de poblados analizados.

El residuo de La Ciñuela estudiado con el MEB, un fondo de estructura de reducción, está totalmente impregnado de oxidaciones de cobre arsenical. En su superficie interna aparece una formación globular de cuprita ( $\text{CuO}$ ) con una importante segregación de calcosina ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ). Aunque estamos aún lejos de caracterizar adecuadamente cómo se llevó a término la obtención de cobre en La Ciñuela, en este yacimiento se manifiesta un proceso diferenciado de las prácticas observadas en Parazuelos, Agua Amarga y Carboneros.

El estudio de la representación de los diferentes tipos de residuos en cada fase nos sirve de apoyo a esta transformación de las prácticas metalúrgicas entre el Calcolítico Pleno y Final. En el apartado 7.2 hemos podido observar como el dominio de las escorias, para los poblados del Calcolítico Pleno, da paso a una sustitución de éstas por los minerales durante el Calcolítico Final.

Partiendo de la base que Parazuelos representa la evidencia metalúrgica estudiada más arcaica y la Ciñuela la más tardía, se puede plantear la hipótesis de una evolución en la obtención del cobre arsenical. 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 ca. 2800-2600 en base a los materiales arcaicos de Parazuelos y las dataciones radiocarbónicas del casco urbano de Lorca y del poblado 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 su contenido. El mejor exponente de esta práctica sería Agua Amarga, donde la regularidad del arsénico sugiere una producción especializada. La falta de control se observa en la metalurgia local de Carboneros. Proponemos un intervalo de ca. 2600-2500 cal ANE para este fenómeno en base a la ausencia de materiales campaniformes en Agua Amarga y el desarrollo de los talleres metalúrgicos como Cabezo Juré o Valencina en el Sudoeste.

- » (3) Una última fase calcolítica aparece marcada por la utilización arbitraria de minerales arsenicados con menos hierro y que apenas generaron residuos. Este último proceso conllevaría altas pérdidas de cobre y arsénico como los observados en La Ciñuela. De esta fase faltaría por esclarecer cómo se utilizaron los minerales ferrocupríferos de La Ciñuela, que aparecen con sus fases de spinels sin fundir. Se propone una datación entre ca. 2500 y 2200 cal ANE para esta fase, que podría perdurar residualmente hasta el 2000 cal ANE.

El cambio del Calcolítico a la Edad del Bronce está muy bien anclado en torno 2200 cal ANE (Lull et al. 2015). Sin embargo, a lo largo del capítulo 5 se diferencian cuatro dinámicas de poblamiento que aconsejan mantener un margen de 200 años de transición entre el Calcolítico y la Edad del Bronce. Estos 200 años son los que dura la Fase 1 de La Bastida (2200-2000 cal ANE) y nos permiten tener un anclaje radiométrico muy sólido (Lull et al. 2014). Con él coinciden otros núcleos como Lorca (Martínez Rodríguez y Ponce 2002).

- » (1) En el interior de la zona nuclear argárica, la dinámica de poblamiento principal consiste en la fundación de poblados de nueva planta como La Bastida. En el repertorio cerámico esta materialidad se define por cerámicas de pastas amarillas y formas dominadas por cuencos (F1 y F2), ollas globulares (F3) y formas de carena alta (F5). Todas ellas presentan morfometrías claramente diferenciadas de la normalización argárica que se dará en torno al año 2000 cal ANE. Algunas cerámicas de esta primera fase pueden presentar decoración incisa y puntillada (Lull et al. 2015). Estos poblados perdurarán 650 años, hasta el final del período argárico (ca. 1550 cal ANE).
- » (2) Una segunda dinámica la encontramos en poblados como La Ciñuela, también en la zona nuclear argárica. Presentan una primera fase del Calcolítico Final con presencia de Campaniforme y una segunda fase con un registro material similar al de La Fase 1 de La Bastida. Estos poblados, entre los que se incluye La Cárcel Vieja de Totana se abandonan con el cambio de milenio.
- » (3) También en la zona nuclear argárica se observan poblados con una materialidad arqueológica muy ambigua y que no permiten una asociación clara con el Calcolítico ni con la fase inicial de La Bastida. Son los casos de Las Anchuras o el Cerro de la Cueva de la Moneda entre otros. Vemos algunos materiales como

las cerámicas decoradas con puntillado e incisiones, o los moldes líticos, que permiten cierta correlación con los últimos siglos del III milenio cal ANE. En nuestra propuesta, estos poblados también desaparecerían a partir de la Fase 2 de la Bastida, ya que no muestran ni enterramientos en el interior del poblado, ni materiales muebles que puedan relacionarse con la normalización argárica. Son yacimientos que podrían identificar la pervivencia de comunidades periféricas a las principales dinámicas socio-políticas del Guadalentín.

- » (4) Finalmente, las dinámicas de los poblados externos al área nuclear argárica son diferentes. Los casos revisados tienen una ocupación durante todo el Calcolítico en los que las manifestaciones campaniformes perduran hasta cronologías tardías (ca. 2000 cal ANE), ya dentro de la Edad del Bronce (Lull et al. 2015). Estos poblados como el Cerro de las Víboras de Bagil y quizás el Cerro de las Viñas de Coy, mantendrían una metalurgia extractiva local mientras se mantuvieran las prácticas socio-políticas vinculadas al Campaniforme. Conforme avanzara la Edad del Bronce se acabarían integrando a la organización sociopolítica argárica y abandonando la metalurgia extractiva.
- » Hay un último poblado, cuya excepcionalidad hace considerarlo independientemente. Se trata del que se ubica bajo la actual ciudad de Lorca. Su centralidad geoestratégica en todo el territorio permite una ocupación desde el Neolítico que perdura durante el Calcolítico y El Argar. Al encontrarse en el área nuclear argárica, encontramos representados tanto materiales campaniformes en el Calcolítico Final, como una representación argárica de La Fase 1 de La Bastida. A diferencia de la Ciñuela, la ocupación argárica durará hasta el final del período (1550 cal ANE). Además, es el único poblado del Guadalentín que se mantiene ocupado durante el Bronce Tardío con el asentamiento de Murviedro. En él, pese a la alteración de los contextos estratigráficos por las sucesivas reocupaciones posteriores, la metalurgia extractiva se abandonaría hacia el final del Calcolítico, en el 2200 cal ANE.

Estas estrategias nos pueden ser de ayuda para comprender dinámicas diferentes en la producción minero-metalúrgica durante los últimos siglos del III milenio cal ANE. En cualquier caso, a partir del 2200 cal ANE se pone en evidencia la desaparición de los residuos de metalurgia extractiva y la presencia residual de minerales en los poblados. Acompañando esta transformación contamos con concentraciones de nódulos de cobre desvinculados de contextos metalúrgicos que indican la circulación supra-local de materia prima metálica.

Esta metalurgia residual, visible solo a partir de los minerales, terminará desapareciendo completamente ante la consolidación de El Argar (ca. 2000 cal ANE), e implicará la transformación de las pautas arquitectónicas de La Bastida (Lull et al. 2014) y el abandono de La Ciñuela, El Cerro de la Cueva de la Moneda y Las Anchuras. El 2000 cal

ANE implica también la desaparición de la metalurgia extractiva en grandes poblados cercanos a Sierra Morena, como en las Eras del Alcázar (Úbeda, Jaén). Como en La Bastida, también conlleva una transformación en la arquitectura del poblado y el inicio de las fases argáricas.

Las transformaciones que se suceden con el cambio de milenio se correlacionan con un desplazamiento de las fuerzas productivas mineras hacia las estribaciones orientales de Sierra Morena, anterior a la fundación de Peñalosa (ca. 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 (Nocete et al. 2010) indican una concentración en la explotación de los recursos del distrito de Linares, que se daría en el intervalo entre ca. 2000 y 1850 cal ANE.

El proceso transformativo culminaría con la implantación completa de la minería y metalurgia extractiva en este distrito y su control político por parte de El Argar. La fundación de Peñalosa solo tiene sentido con este desplazamiento previo de la minería. La expansión argárica que se da durante entre 1950 y 1750 cal ANE (Lull et al. 2010) estaría priorizando, entre otros factores, el control político de los recursos cupríferos del distrito de Linares (Lull 1983).

## **8.2. La gestión de los recursos de cobre, un modelo explicativo**

Para encontrar un sentido global 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, sino que también generan vínculos, afecciones y cuidados que a diferentes escalas acaban formando aquello que conocemos como sociedad<sup>361</sup>.

Ello quiere decir que la producción metalúrgica, en todos sus aspectos, está inserida 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 en ella.

El sílex que se utiliza para cortar una fibra o tendón, con el que se enmangará el percutor, que a su vez se utilizará para arrancar el cobre de la roca, fue un recurso mineral antes que artefacto. También el propio percutor fue, como el sílex, un circundato antes que un artefacto. Cada uno presenta rasgos que le son propios en cuanto a su distribución en estado natural, inversión de fuerza de trabajo en su preparación o funcionalidad

---

361 La segunda acepción del diccionario de la RAE define sociedad como la que repito aquí "Agrupación natural o pactada de personas, que constituyen unidad distinta de cada uno de sus individuos, con el fin de cumplir, mediante la mutua cooperación, todos o alguno de los fines de la vida" [www.lema.rae.es](http://www.lema.rae.es)

(valor de uso). Estos determinarán su aprovechamiento pero todos forman parte de una misma sociedad. Además, hasta el Calcolítico Final, todos ellos sirven para obtener artefactos exclusivamente funcionales, cuyo valor vendrá determinado por su uso.

La estrategia para la obtención de recursos que acuerde esa sociedad, y la transformación de estas estrategias ante los cambios sociopolíticos, afectará a la explotación de mineral de cobre, 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.

### **8.2.1. La distribución de los recursos minerales y su selección**

Vemos que la explotación de sílex, o la obtención de ciertos recursos macrolíticos, en las comunidades calcolíticas del Guadalentín pueden desplazar sinergias a distancias superiores a 40 km para obtener rocas de mejor calidad que las disponibles en los alrededores (Delgado Raack 2008). En el caso de las grandes láminas con un valor “suprafuncional” estas distancias alcanzan cientos de kilómetros, al igual que otros recursos utilizados para manufacturar elementos culturales (Nocete Calvo 2001).

El caso del sílex es interesante porque permite muchos paralelos con el cobre. Sin ser escaso, no es abundante. También requiere de la experiencia en su trabajo para poder conocer su calidad. 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). Ello evidencia un conocimiento profundo de los recursos naturales más cercanos al área de captación y también de otros muy alejados.

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 se satisfacía sus necesidades. Las comunidades calcolíticas poseerían así mismo la suficiente habilidad para identificar con un sentido empírico, lógico y funcional tres aspectos básicos de los minerales de cobre:

- » 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.
- » El mineral que se reducía en menor tiempo, a menor temperatura y que formaba nódulos de mayor tamaño. Esto les llevaría a priorizar los depósitos en que el cobre tuviera hierro y sílice, considerado como un mineral autofundente.
- » 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 produ-

ciendo cobre arsenical y que saben cómo obtenerlo.

Los dos primeros factores responden a elementos universales de la producción metalúrgica y, seguramente, fueron los primeros en solucionarse. Hemos de remarcar que el mineral de mala calidad supone una mayor inversión de fuerza de trabajo en todos los procesos, desde la extracción hasta la obtención de metal. El tercero supera la dimensión del proceso de reducción y afecta a una cualidad de la nueva materia prima que se quiere obtener. Este tercer factor, al partir de una decisión antrópica puede condicionar y transformar los dos anteriores. La búsqueda de un metal específico, en nuestro caso arsenicado, puede suponer invertir una mayor fuerza de trabajo para abastecerse de aquellos minerales que sirvan a sus propósitos.

Para poder comprender hasta qué punto se conocían las propiedades de los minerales, Agua Amarga se erige en el paradigma del estudio de la metalurgia calcolítica en el Guadalentín. Ello se debe a que, como ya hemos revisado, el registro mineral de Agua Amarga es absoluto y no da lugar a ambigüedades.

En Agua Amarga se están trayendo del exterior minerales muy ricos en arsénico (arseniatos) pero no abandonan la minería local que les aporta los fundentes para optimizar la reducción y controlar la aleación de cobre arsenical. De ello se desprende que conocían muy bien los diferentes tipos de mineral de cobre. Además, el caso de Agua Amarga refleja la existencia de una minería específica de arseniats, que serían distribuidos a distancias superiores al área de captación local, ya fuera mediante expediciones mineras o redes de intercambio.

Este panorama nos sitúa en el mismo nivel en la gestión de los recursos cupríferos que el del sílex, las hachas líticas o los artefactos de molienda durante el Calcolítico. Lo que acabamos de exponer el mantenimiento de una doble escala, local y regional, susceptible de facilitar el acceso a diferentes cualidades de la materia prima para cubrir diferentes necesidades durante la producción.

### **8.2.2. El cambio de valor de los minerales a partir de los artefactos.**

La correlación entre la gestión de los recursos líticos y de minerales de cobre tendrá sentido cuando la funcionalidad de los artefactos producidos tenga el mismo valor de uso. 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.

Sin embargo, a finales del Calcolítico y coincidiendo con la presencia de materiales campaniformes vemos como la concepción del metal cambia: Aparecen objetos distinguidos (Lull 2007) que segregan parte de la producción de artefactos, del resto de producciones metálicas meramente funcionales. La aparición de este metal distinguido

puede definirse a partir de varios factores.

Durante el Calcolítico Precampaniforme el valor social de los artefactos de cobre se asienta exclusivamente en su valor de uso. En consecuencia, estos tienden a aparecer en los espacios domésticos, donde se empleaban, pero también en las tumbas, de forma indiscriminada.

Durante el Campaniforme la aparición de ciertos artefactos, especialmente 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 1989; Müller et al. 2007; Lomba et al. 2009), dando 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)<sup>362</sup> estos ítems presentan una composición química asimismo distinguida, constatándose una mayor presencia y regularidad de arsénico respecto a artefactos funcionales. Aún sin un trabajo de forja y recocido que mejoraran su dureza este metal tiene propiedades propias como el color, cuyo valor es estrictamente social (Lechtman y Klein 1999; Rovira y Gómez Ramos 2003). Esta producción metálica se podría correlacionar con las redes de distribución de las grandes láminas de sílex que también denotan la obtención de un producto con un marcado valor ideológico.

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 ajuar, 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.

La transformación es doble. La transmutación del valor de uso por valor social ya no afecta a un tipo determinado de artefacto, afecta a todos los artefactos, y no solo afecta en positivo, también afecta en negativo. No solo identifica a los individuos por lo que tienen, también los define por lo que carecen. En esta situación de personalización, el caso del metal, en el que la plata jugará un papel principal, adquiere otro significado al de otras producciones como el sílex o los artefactos macrolíticos que no han modificado su valor. Los metales, al igual que un móvil hoy en día, se llevan siempre encima, para ser usados, ostentados o para ambas cosas. En consecuencia, no solo identifican a los individuos en la muerte, los identifican en vida, en lo cotidiano y en todas y cada una

---

362 Otros autores (véase Montero 1994 para la exposición más detallada) no aceptan una producción diferenciada entre los diferentes ítems metálicos calcolíticos y lo asocian a una menor tasa de reciclaje.

de las relaciones sociales. Es lo que algunos autores denominan la social skin (Rottier, 2004) y cuya máxima expresión en el hyperconsumismo actual sería tener un iPhone o tener un Alcatel de hace diez años.

Y este cambio radical en el valor de un artefacto metálico implica obligatoriamente una transformación radical en el proceso de obtenerlo. Ello lo vemos claramente con la desaparición de la reducción de minerales del ámbito doméstico y el traslado de toda actividad extractiva a sierra Morena<sup>363</sup>. Esta transformación es más significativa en cuanto no empieza con el propio Argar, sino que coincide con el cambio de fase que implantará la norma argárica y la normalización de las sepulturas bajo el espacio doméstico (c. 2000-1550 cal BC).

Pero algo está pasando anteriormente con la introducción del Campaniforme y los primeros objetos distinguidos. Algo que vemos claramente en sitios como Cabezo Juré, Valencina (Nocete et al. 2011a) o Cabrières (Carozza y Mille 2007, p.165) donde se abandona la especialización metalúrgica aunque la ocupación del poblado persista. Algo que deforma la "Cultura" de Los Millares y su taller especializado para mantener solo una metalurgia reducida en los fortines (Molina y Cámara 2005).

Podemos ver, a partir del Campaniforme, la distribución a gran escala de metal procedente de las minas astur-leonesas en 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 perduraría hasta el Bronce Medio (ca.2600-1600 cal ANE). Junto a Ross Island, Bouco-Payrol o Cerro Minado, todas ellas están en explotación en c. 2400 cal ANE y el mineral que encontramos en ellas es muy parecido. En todas aparecen carbonatos y óxidos enriquecidos en arsénico, arseniatos y una mineralización primaria de tennantita. También vemos como 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).

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 mineral de cobre con arsénico.

### **8.2.3. Una propuesta interpretativa del registro arqueológico**

El principal escollo para ofrecer unas conclusiones sólidas al trabajo realizado es la ausencia de un contexto seguro para una parte sensible del registro. Para establecer una secuencia cronológica fiable es urgente emprender excavaciones arqueológicas en

---

363 Un proceso de concentración y control que hemos visto que se repite en otros lugares durante la Edad del Bronce como en Feinan (véase cap. 3).

asentamientos y minas claves del Calcolítico murciano. También es urgente dar cuerpo a todas las excavaciones de urgencia y sistemáticas, que permanecen almacenadas en el cajón de la imposibilidad de una arqueología precarizada.

En este sentido, sufrimos la ausencia de una buena contextualización arqueológica de Agua Amarga (Lorca). Esta nos impide conocer si, a diferencia del resto de talleres especializados del Calcolítico Pleno, Agua Amarga siguió funcionando como centro metalúrgico durante el Calcolítico Final.

Como ya se ha argumentado, la hipótesis que considero más probable por su coherencia histórica plantea que Agua Amarga se abandona como taller especializado al final del Calcolítico Pleno. Ello está en consonancia con la pérdida de relevancia, e incluso la desaparición, de los talleres metalúrgicos del Calcolítico Pleno en contextos similares y la ausencia de materiales de tradición Campaniforme en su registro arqueológico.

Asumiendo este acontecimiento, la metalurgia extractiva que puede asociarse con el Calcolítico Final del Guadalentín es residual y apenas genera subproductos arqueometalúrgicos. No solo disminuye el registro metalúrgico, también se transforma. Desaparecen las escorias de horno y son los minerales los que dominan entre los artefactos metalúrgicos. En términos absolutos, la importancia de las cerámicas metalúrgicas y conglomerados de horno es menor que durante el Calcolítico Pleno pero, después de los minerales, son los principales residuos del período. A ellos se les sumarían los minerales que han sufrido una reducción parcial e incompleta. Estas prácticas se documentan en los niveles de ca. 2400-2300 cal ANE en Lorca y, especialmente en La Ciñuela, y reflejan claramente el paradigma de una metalurgia local y menos eficiente que en el Calcolítico Pleno.

La ocultación de los residuos metalúrgicos entra en contradicción con la intensificación de la minería prehistórica a nivel europeo. También lo hace en relación al registro de artefactos metálicos y a la aparición de objetos distinguidos. Esta contradicción solo puede resolverse si asumimos el traslado de los principales espacios de reducción de cobre, y especialmente de aquellos que producen un metal distinguido.

El estudio mediante análisis de isótopos de plomo de los artefactos campaniformes del sur de Francia evidencia una transformación en las procedencias (Labaune et al. 2015). En estos momentos, los artefactos procederían de las lejanas minas de la cornisa Cantábrica, evidenciando así una concentración de las fuerzas productivas mineras y una mayor distancia de las redes de circulación del cobre metálico. Para el Guadalentín, esto sería consistente con una intensificación minera en Cerro Minado y Filón Consuelo, reflejada en que, pese a su intensa explotación posterior, conservan un amplio registro arqueológico. Es posible que parte de esta intensificación se diera también en sierra Morena, precediendo y demarcando la posterior exclusividad durante El Argar.

Esta concentración en la explotación de recursos minerales afecta especialmente a de-



pósitos con presencia de arseniatos. En consecuencia, todo el abanico de minerales presentes en ellos contiene impurezas elevadas de arsénico, incluidos óxidos y carbonatos que serían el principal objeto de la explotación minera. Cerro Minado y Filón Consuelo, con una mineralogía muy similar y un registro arqueológico diferencial respecto a Balsicas, podrían esconder este tipo de prácticas.

Las prácticas metalúrgicas de estos minerales se reflejan en los campamentos mineros de Ross Island y El Áramo<sup>364</sup>. Durante las excavaciones llevadas a cabo aparecen estructuras metalúrgicas con minerales de cobre, pero las escorias están ausentes.

En consecuencia, podemos sugerir el traslado de los principales espacios de reducción de cobre a campamentos a bocamina, como los que acabamos de citar. Es posible que uno de estos campamentos esté representado por los aún escasos registros cerámicos y morteros de Cerro Minado.

El traslado al que nos referimos no afectaría la existencia de una metalurgia local, pero sí la transformaría. El abastecimiento de mineral de La Ciñuela sigue una lógica diferente a los poblados del Calcolítico Pleno. Además, vemos cómo el proceso tecnológico de reducción se hace más rudimentario, con un menor control de las pérdidas de cobre y arsénico. Esto es sintomático de una mayor distancia en las relaciones productivas y una mayor desconexión entre los espacios especializados y la metalurgia de carácter local. Los metalúrgicos y metalúrgicas de La Ciñuela aparentan un menor conocimiento de las propiedades de los diferentes tipos de mineral que los de Agua Amarga, Carboneros o Parazuelos.

Esta desconexión se agudizaría en la transición hacia el Bronce Inicial (ca. 2200-2000 cal ANE) y durante los primeros siglos de éste. Constatamos la aparición en varios poblados, como en La Bastida (supra), Zájara (Camalich Massieu y Martín Socas 1999, p.267) y Terlinques (Jover y López Padilla 2016, p.434), de concentraciones de nódulos de cobre desvinculados de la metalurgia extractiva local. Por primera vez puede argumentarse la distribución de metal a pequeña escala como materia prima. Este metal, que solo serviría para la fabricación de artefactos de pequeño tamaño, indica que incluso la metalurgia local está menguando en los asentamientos. La presencia exclusiva de unos pocos minerales sin restos extractivos en varios poblados también es consistente con el olvido local de las prácticas metalúrgicas.

Como ya se ha explicado, todo este proceso confluye durante el apogeo de El Argar. No solo confluye la producción minera y metalúrgica, también lo hace todo el conjunto de prácticas socio-políticas. La individualización y destrucción gradual de lo colectivo durante el Calcolítico Final terminan en la formación del Estado y la aniquilación de la propia libertad personal.

---

364 Que en este último caso continúan hasta el final del Bronce Inicial.

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

## **8. -B. Discussion: on mining, ores and arsenical copper**

Throughout this work the different sites and materials that make up the management of the copper mineral resources have been dealt with independently. This separation has been prompted by the very material evidence and analytical methods employed.

But archaeology goes beyond *places* and *objects*, or, rather, it makes these things go beyond themselves in order for us to learn about the people who were *there* and produced *them*. In that process of transcending, we must discuss people and, even more important than the individuals, the relations they established in their goal to produce metal artefacts. In my work, these relations are defined by the management of the ore exploitation and their transformation in a new raw material, metal.

It is not enough to identify the facts; we must be able to understand them and connect them to a crosswise set of socio-political practices that paved the way for them. This means that we cannot be content with determining that a prehistorical mining practice and that the use of arsenical copper was a fully conscious and deliberate process. All such actions are dependent on a political situation that provides meaning to and justifies them, in addition to determining the physical boundaries territory in which all production is under its strategical influence. It is only by crossing the material evidence with the array of social practices that we can hope to understand the strategies behind the management of the mineral resources.

However, before we move on to the discussion, which I hope is thought-provoking, we will revisit the elements that are available to us and which have been the object of the previous chapters.

### **8.1. Main results according to framework**

The main results have been divided according to the evidence for ancient mining record, the study of the ores found at the settlements and the relationship between the latter and the metallurgical production (Tab. 8.1).

#### **8.1.1. Prehistoric mining**

Although copper is a widespread resource in the valley of the Guadalentín River, its mineral deposits are small and of low quantity. This is shown by the fact that its contemporary exploitation was of a strictly sporadic and opportunistic nature, never taking the form of an extensive and profitable undertaking.<sup>355</sup> This failure can be seen in the comparison between the high number of works consisting exclusively of surveys and the scarce deposits that have undergone economical exploitation. Of the 50 copper deposits that have

---

355 See section 3.1.4

been surveyed, 12 comprise exploitations consisting of more than 20 m of galleries, or a comparable open-air mining activity. Of these, only the sites of Cabezo de la Fuente, Segunda Santa Isabel, Minas de Merzu S.A., Cerro Minado and Filón Consuelo experienced a minimal exploitation of the economical kind, which nonetheless was irregular and of little profit at all times.<sup>356</sup>

It was not just modern mining that failed in the exploitation of these resources. In light of the absence of archaeometallurgical and mining evidence, copper did not have a visible exploitation during the Bronze and the Iron ages. This contrasts with the situation in south-west Iberia, which saw the systematic exploitation of the *supergêne* deposits of complex sulphurs, rich in copper, during the Late Prehistory, Antiquity and the contemporary period.

The absence of intense copper mining activities in Late Prehistory and in historical times accounts for the fact that, so far, the prehistoric exploitation of these resources has remained virtually unnoticed. If we focus on the first reports of prehistoric mines in Iberia, we see that they correspond to deposits that experienced intense mining in historical times. Moreover, with the exception of the mines in the regions of Asturias and León, an important part of this early evidence comes from mines with a high number of artefacts of “Orientalising” chronology and later Roman re-exploitation.

However this may be, the evidence for early mining in the Guadalentín River valley follows the same patterns observed in the first copper mining activity of other European regions, such as Liguria, Cabrières, Wales, the mines of Asturias and León, and even Eastern Europe. In what follows, I present an overview of its main characteristics.

During our surveys we observed that the archaeological record has been altered by contemporary mining activity, but still preserves stone artefacts and galleries cut by modern works. As with all traces of ancient mining, the most solid evidence of prehistoric activity comes from the few mines that later had a significant exploitation, and a greater size and potential of the mineral deposits. Conversely, none of the smaller copper deposits that had undergone prospective mining showed any trace of a prehistoric exploitation.

The three sites where a prehistoric exploitation was documented are characterised by ores which are very rich in copper, though they differ in the types of ore that were exploited.

Two of the mines, Filón Consuelo (Cartagena) and Cerro Minado (Sierra de Almagro), have a large deposit of secondary ores with presence of grey coppers and arsenates. They stand among the largest copper deposits in the area we have surveyed. In both cases, the mineralised section is among the largest and has suffered some of the most

---

<sup>356</sup> See section 3.2.

intensive later mining activity.<sup>357</sup>

At Filón Consuelo, the later exploitation, which took the form of a large trench, completely covered by waste heaps, may have been Roman. Accumulations of copper ore have been found in the nearby roman foundry of El Gorguel (Antolinos 2012, p.73). Also, we found some Roman pots in the neighbouring of the mining works.

At Cerro Minado no traces of Roman mining have been registered, but the site was exploited till the decade of 1970 and two quarries dating to the early 20<sup>th</sup> century destroyed the old works. With regard to the site's prehistorical significance, it is worth emphasising the early 20<sup>th</sup> century reports that mention galleries of over 50 m and the reusing of ancient deer-antler picks by modern miners in the way of wedges for timbering (García Asensio 1910).

Stone percussors are profuse at the two sites, especially Cerro Minado, where over 60 such items were found. In the latter mine we also find other artefacts associated with a possible exterior campsite. A fragment of an open bowl belonging to a clear Copper Age type, a grinder with a central elongated depression, and a number of sandstone slabs warrant being singled out. The last two types of artefact are common in mining and metallurgical contexts of the Copper Age (Nocete Calvo 2004; Timberlake and Craddock 2013), and indicate a first processing of the ores *in situ*. The presence of the grinder points to the task of reducing the ores into thin flakes and might be related to the carrying out of metallurgical extraction inside the mine, as has been documented at the mines of El Áramo or Ross Island (O'Brien 2004; de Blas Cortina et al. 2013).

Percussors at Filón Consuelo, mainly picks, are not as copious and they are in a more fragmentary state, as they are made of material of worse quality. Nonetheless, we infer the existence of an intensive prehistorical exploitation from the preservation of several sections or remains of prehistoric galleries with fire setting, a sign of a continuous rather than sporadic exploitation of the mineral deposits.

The third mine, Balsicas, is a small-size deposit with polymetallic ores very rich in copper and iron. The prehistoric exploitation of this mine was of little significance, judging by the characteristics of the deposit as well as the presence of a single stone pick. The existence of an old tunnel, 8 m deep, indicates that the extraction of ores was more than just superficial.

Throughout section 4.4, we suggested that the three mines described above were exploited from the Middle through the Late Copper Age (2800-2200 cal BCE). A radiocarbon date for Cerro Minado (ca. 2400 cal BCE) was obtained from a piece of charcoal from a short-lived wood (*Pistacia sp.*). This charcoal was associated with stone percussors and

---

357 See sections 3.2.5 and 3.2.9.

gives us an anchoring point for the Copper Age in the Guadalentín valley.

The domestic Copper Age register in the Guadalentín comprises mainly percussors made of subvolcanic rocks such as gabbro and microgabbro, with little or no preparation of the support for hafting, as no grooves were observed. The types of galleries found, usually of short length and with exploitation by fire setting, are also among the most frequent kinds of evidence of contexts of early copper mining.

The Copper Age dating of the mining activities we have documented is also grounded on the presence or absence of extractive metallurgy in the settlements of the Guadalentín valley. The Copper Age is the single prehistorical horizon in which we have registered the smelting of ores, which lasts till the end of the third millennium BCE and the last Bell Beaker material manifestations. In the Bronze Age settlements we only find debris linked to the melting of copper.

In addition to Cerro Minado, Balsicas and Filón Consuelo, there are also reports in the literature that suggest that Mina Adela was exploited during the Copper Age. Future investigations should also confirm the ancient or prehistoric date of certain remains from Cerro de la Fuente, Las Crisolejas and Santa Isabel.

### **8.1.2. The provenance of the ores from the settlements**

We have used our own classification system in order to compare the chemical composition of the 'domestic' ores from natural resources.

The geo-chemical study of the copper from the Guadalentín valley shows a strong territorial component in the main paragenesis of the copper ores, in agreement with the geological origin of the mineralisations.<sup>358</sup> The copper ores that are rich in arsenic and antimony are concentrated in Las Moreras chain and in several isolated points, from which the mines of Cerro Minado (Sierra de Almagro) and Filón Consuelo (Cartagena) stand out. Sierra de las Moreras is the only point in which a random exploitation of the local resources might produce arsenical coppers naturally.

The polymetallic ores of copper carbonates and iron hydroxides without arsenic are the most abundant ores in the territory. These appear in the outcrops of iron deposits, usually with large impurities of lead and other metals, *as well as* in small vein mineralisations. In both cases these ores show chalcopyrite and covellite spots that may yield small concentrations of sulphur.<sup>359</sup> Otherwise, they lack the amount of arsenic required for the production of arsenical copper. At settlement of Parazuelos we have registered the ferro-cupriferous ores with the largest concentrations of arsenic in the Guadalentín

---

358 See section 6.1.

359 Sulphur becomes matte during the smelting process.

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

Archaeological context	Mining	Ore	Metallurgy	Arsenic in copper	Poblados de referencia
2800-2600 cal ANE First metallurgical register. Co-existence of Workshop of Parazuuelos and sporadic metallurgy in Lorca and others.	Local mining. Exploitation of small and rich copper veins and gossans. Balsicas.	Local ore. Polymetallic iron and copper with chalcopirite and impurities on arsenic.	Coarse and melted slags, with numerous Fe-compounds, and slag layers in reaction vessels. Presence of fayalitic olivine in coarse slags and slag layers.	0.5-1% As (in copper prills in the slags of Parazuuelos).	<b>Parazuuelos</b> , Cerro de la Virgen de la Salud, Lorca c.u. (Carril de los Caldereros level 1, Floridablanca).
2600-2500 cal ANE Continuity of local metallurgy and workshop of Agua Amarga.	Local and allochthonous mining. Beginning of specialized mining of arsenates.	Co-existence of local and allochthonous ore. Polymetallic iron-copper ore without arsenic and arsenates.	Coarse and melted slags, with numerous Fe-compounds, and slag layers in reaction vessels. Presence of fayalitic olivine in coarse slags and slag layers.	3-7% As (in copper prills in the slags of Agua Amarga).	<b>Agua Amarga</b> , <b>Carboneros</b> , Lorca c.u. (Plaza Juan Moreno, Madres Mercedarias)
2500-2200 cal ANE End of workshops in domestic units and continuity of local metallurgy. Bell Beaker tradition.	Intensification and concentration of mining on deposits rich in arsenic and copper carbonates (Cerro Minado and Filón Consuelo).	Local and regional ore. Arsenates and arsenic rich copper carbonates. Secondary use of Fe-rich copper ores.	Partly-smelted ores whose iron contents are very high and slag layers in reaction vessels. Disappearance of furnace slags. High losses of copper and arsenic.	c. 2% As (copper artifacts of Gadalentín Valley).	<b>Phase 1 of La Ciñuela</b> , <b>Cerro Minado</b> , Lorca c.u. (Plaza Juan Moreno, Madres Mercedarias, Calle Cava)
2200/2200-2000 cal ANE Founding of new settlements such as La Bastida and Continuity of settlements with Later Copper Age tradition. Ores in settlements with very ambiguous material evidence	Gradual disappearance of local mining.	Limited presence of very few ores without extractive debris. Arsenates, Fe-rich copper ores and copper carbonates.	Residual metallurgy that disappears with the turn of the millennium. Appearance at many settlements of concentrations of copper nodules with no ties to the local extractive metallurgy	c. 2% As (copper artifacts of Gadalentín Valley).	<b>Cerro de la Cueva del a Moneda</b> , <b>Las Anchuras</b> , <b>Phase 1 of la Bastida</b> , <b>Phase 2 of La Ciñuela</b> , Cárcel Vieja de Tolana, Cerro de las Viboras de Bagil, Phase 4 of Eras del Alcazar.
2000-1550 cal ANE Expansion and formation of Arganic State.	Full establishment of mining and extractive metallurgy in Linares-La Carolina district under the political dominance of El Arqar	Only in Peñalosa. Polymetallic ores (Cu-Pb, Cu-Fe).	Complete disappearance of smelting debris in Guadalentín. Foundation of Peñalosa (c. 1850 cal ANE) in Rumberal Valley.	2-4% As (arganic artifacts)	Bastida Phases 2 and 3, Peñalosa, Phase 5 of Eras del Alcazar (Ubeda)*

Tabla 8.1. Esquema de la transformación de los diferentes procesos vinculados a la producción de cobre durante el III milenio cal ANE (a partir de Arribas et al. 1989; Craddock et al. 1991; Montero 1994; Gale et al. 1999; Nocete et al. 2010, tab. 4; Fenollós et al. 2014; Murillo y Montero 2014).



valley. In these, ores can have as much as 5% of  $\text{As}_2\text{O}_3$ . The metal obtained from them, which contains between 0.5% and 1% of arsenic in the copper prills in the slags, barely can be considered arsenical copper. The chemical composition of the artefacts from the Guadalentín valley, all dated to the Late Copper Age, contain an average 2% of arsenic.

The deposits of copper carbonates without iron or arsenic are less frequent and are predominant in stratiform mineralisations, such as disseminations or impregnations in siliceous rocks. The main mineralisations containing arsenic or iron may also present virtually pure ores, but they always have residual concentrations of the dominant paragenesis, which reaches between 1000 and 10.000 ppm of  $\text{As}_2\text{O}$  and  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

The comparison between the chemical compositions of ores from settlements and the natural resources of the territory demonstrates that there was a selection of the copper ore deposits. During the Middle Copper Age, this selection was characterized by a preference for arsenates and copper ores with high contents of iron. These were immediately followed by rich copper carbonates, without barely any gangue. This pattern is frequently repeated and occurs within the settlements where a larger number of analyses could be undertaken. This same distribution of the copper ores is seen in other Copper Age sites such as Los Millares (Hook et al. 1991). Following the observed pattern, in the Guadalentín the resources considered local are used, alongside a specific supply of allochthonous ores. The paradigmatic case would be Agua Amarga, which is also the best studied settlement. The nearby mineralisations lack arsenic, but 40% of the ores we found at the site are arsenates. The correlation between middle-distance (ca. 50 km) ores containing arsenic and local ores without arsenic is crucial to learn about the metallurgy of the Copper Age communities. It also gets us close to knowing the strategies that were in development for managing mineral resources.

The results of the composition of the main chemical substances have been compared against the study of impurities.<sup>360</sup> At the settlements, the chemical impurities of the ferro-cupriferous ores and the pure copper carbonates allow us to propose an origin different than that of the ores that are rich in arsenic. We have compared the chemical impurities of the ores from the settlements by proposing possible provenances and extraction sites. In this comparative analysis priority was given to the minimal distance to the settlement. Thanks to the geo-chemical cartography we have produced, we can establish regional mineralisations that are compelling supplying sites.

The chemical analyses confirm that the arsenates found at Agua Amarga have an external provenance, namely from a Cu-As-Co-Ni deposit such as the one identified at Cerro Minado. This mine comes forth as their most likely source due to the presence of prehistoric mining and the chemical coincidences. Yet it cannot be excluded that the arsenates

---

<sup>360</sup> See section 6.2.

from Agua Amarga come from some unstudied mine in the area of Oria, where this kind of ores is also found. The area of Oria is relevant because it stands on one of the main Middle Copper Age routes between the Guadalentín and the Guadalquivir river valleys, the pass of the Corneros River. Both Cerro Minado and the Oria deposits are found within a radius of ca. 50 km from Agua Amarga.

At La Ciñuela the supply strategy is changed. The local ores identified in the settlement share the generic chemical composition of the allochthonous ores. The only way to differentiate between the two lies in the drastic variances in the patterns of impurities, which translates into a significant presence of arsenic and antimony in the local ores. These are consistent with some of the mines surveyed in the Las Moreras chain. The other portion of the ores from La Ciñuela, however, possesses neither antimony nor arsenic, revealing other areas of supply. Again, thanks to the geo-chemical cartography, we know that the ferro-cupriferous ores lacking these two elements cannot be local.

At La Bastida, many of the minerals collected on the surface cannot be considered ores but, conversely, can be linked to the small mineralisations scattered across the Neogene substratum of the hill. In contrast, one of the ores we have studied is an arsenate and does not compare well with this Neogene mineralisation, or any other in the Guadalentín valley for that matter.

At settlements such as Cerro de la Cueva de la Moneda, Las Anchuras or La Bastida (ca. 2200-2000 cal BCE), the presence of ores is not linked to debris resulting from extractive metallurgy. We have proposed that these ores represent a residual metallurgy that disappears with the turn of the millennium. It is in this moment that the Argaric horizon consolidates, expanding as far as the eastern edge of Sierra Morena. As a result, the Argaric State concentrates in this area its entire copper mining and extractive metallurgy, in what is a clear example of political control over production (Lull et al. 2010a; Lull et al. 2010b).

### **8.1.3. Ores and metallurgy in the settlements**

The earliest evidence for metallurgy in the Guadalentín valley for which we have a radio-carbon date is from an intermediate phase in the Middle Copper Age (ca. 2800-2700 cal BCE), which is some centuries later than the activity at the site of Almizaraque (Cuevas de Almanzora, Almería) (Delibes et al. 1996). There is also evidence of early metallurgy in the late 4<sup>th</sup> and early 3<sup>rd</sup> millennia in other regions such as south-eastern Iberia (Nocete et al. 2011a) and the French *Midi* (Carozza et al. 2010).

The Middle Copper Age sees the emergence of certain specialized metallurgical settlements such as Parazuelos and Agua Amarga. These coexist with a local metallurgy registered at Lorca and Carboneros, sites with which they share the same copper smelting technology, as observed from the characteristics of the metallurgical debris.

Parazuelos, which stands as the earliest of the settlements in this group, might date to the beginnings of the Middle Copper Age (ca. 2800-2600 cal BCE). It features a smelting technology that lasts throughout the entire period. It is a process that produces a certain amount of slags saturated with iron, but in which all components are melted and within the olivine field. This was possible thanks to the use of self-melting ores that are very rich in iron and poor in silica. These ores show arsenic concentrations of between 3 and 6% of  $\text{As}_2\text{O}_3$ , most of which was lost during smelting. Based on the composition of the main copper nodules in the slags, the metal obtained must have contained between 0.5 and 1% of arsenic.

In Agua Amarga, the best studied site, the copper nodules of larger size that were trapped in the slags usually have concentrations of arsenic of between 3 and 7%. This was achieved through the co-smelting of arsenates with secondary ferro-cupriferous ores rich in iron and silica. The homogeneity of these nodules of arsenical copper suggests that the people in question were capable of a rough control over the final alloying composition. This hypothesis squares well with the suggestions made in other works about south-eastern Iberia (Craddock 1980; Hook et al. 1991; Keesmann et al. 1999) and contrasts with the readings based on the evidence from Almizaraque (Montero Ruiz et al. 2013; Müller et al. 2004b; Rovira 2002c).

This arsenical copper, obtained through the co-smelting of oxides and arsenates—in what is a technological process similar to that of Parazuelos—allows us to suggest a later date for Agua Amarga with regard to this last site. The absence of Bell Beaker elements in the archaeological record provides an argument in favour of the notion that its activity took place mainly in a later phase within the Middle Copper Age (ca. 2600-2500 cal BCE).

The combined archaeometallurgical study of the debris and ores from Agua Amarga shows an advanced knowledge of the properties of each ore and a rudimentary recipe of how to mix them to obtain arsenical copper. This recipe would be limited by the little control of the oxygen and temperature conditions of the process, but the homogeneity of the obtained copper demonstrates that the result was intentional.

At Carboneros, also dating to the Middle Copper Age but lasting through the Late Copper Age, the metallurgical debris follow a pattern very similar to those of Agua Amarga. The evidence shows a smaller control of the smelting process, observed particularly from two elements. Some debris are highly saturated with iron and it has been shown, thanks to the study of one of them by the SEM, that the people responsible for the process were not always capable of controlling the concentration of arsenic during the smelting process. It is observed that all arsenical copper nodules present a biphasic structure, with an average of arsenic always superior to 8% and sometimes reaching 15%. The metal obtained could not become homogeneous through annealing, so it would be neces-

sary to re-melt it with copper that was poorer in arsenical content. This can be connected with a local metallurgical activity conducted by people that shared the technological process of Agua Amarga, but were less experienced.

La Ciñuela, whose main occupation phase dates to the Late Copper Age and lasts until the transitional stages towards the El Argar period (*ca.* 2500-2000 cal ANE), shows very different metallurgical practices. First, it features the disappearance of furnace slags and, later, in their place, we find some partly-smelted ores whose iron contents are very high. There is also a minor presence of furnace conglomerates saturated with silica but containing little iron. This contrasts with the dominant record, which consists of crucibles and clay impregnated with copper. These probably did not allow for a slagging process, as the concentration of iron in them is minimal. On the contrary, the concentration of arsenic and copper is quite high, and reflects higher losses than the rest of the settlements that were investigated.

A base fragment of technical pottery from La Ciñuela has been studied with SEM. It is completely impregnated with arsenical copper oxidisations. Its inner surface features a globular cuprite (CuO) formation with a significant segregation of chalcocite (Cu<sub>2</sub>S). Although we are still far from being able to characterise properly the process of obtaining copper at La Ciñuela, the settlement shows evidence of a procedure that differs from the practices observed at Parazuelos, Agua Amarga and Carboneros.

The study of the representation of the different types of debris in each phase supports our idea of a shift in the metallurgical practices between the Middle and Late Copper Age. In section 7.2 we have observed that the predominance of slags in the Middle Copper Age settlements gives way to their replacing by ores during the following period.

Starting from the premise that Parazuelos represents the earliest metallurgical evidence that has been studied and La Ciñuela the latest, we may formulate the following hypothesis of an evolution in the process of obtaining of arsenical copper. This evolution went through three phases:

- » (1) The production of poor arsenical coppers. This was likely achieved by using self-melting ores with arsenic impurities and would be represented at Parazuelos. It is possible that during this stage copper without arsenic was produced even when the local deposits lacked that element. We propose to date this phase to *ca.* 2800-2600 BCE based on the early material from Parazuelos and the radiocarbon dates from the historic city centre of modern-day Lorca and from the site of La Salud.
- » (2) The second phase features the co-smelting of arsenates with ferro-cupriferous ores. The goal was to make the metal richer in arsenic and, at the same time, to control its contents. The greatest epitome of this practice was Agua Amarga, where

the frequency of arsenic suggests a specialised production. The lack of control is observed in the local metallurgy of Carboneros. We propose the time-span of *ca.* 2600-2500 cal BCE for this phenomenon (although it probably starts earlier) based on the absence of Bell Beaker material at Agua Amarga and the development of metallurgical workshops such as Cabezo Juré and Valencina in the South-East.

- » (3) The last Copper Age phase would be characterised by the uncontrolled use of arsenical ores with less iron, which produced very little debris. This last process would implicate high losses of copper and arsenic such as those seen at La Ciñuela. Still unclear during this phase is the process of use of the ferro-cupriferous ores from La Ciñuela, which are found with their spinel phases unmelted. The date proposed for this phase is *ca.* 2500-2200 cal BCE, though it could feature residual survivals till 2000 cal BCE.

The shift from the Copper to the Bronze Age is well dated to around 2200 cal BCE (Lull et al. 2015). However, throughout Chapter 5, four different dynamics of settlement have been established which advise us to keep a margin of two hundred years of transition between the two periods. These two centuries correspond to the duration of Phase 1 of La Bastida (2200-2000 cal BCE) (Lull et al. 2014, 2015). This is consistent with the dates of other population centres such as Lorca (Martínez Rodríguez y Ponce 2002).

- » (1) Within the core Argaric area, the main settlement dynamic consists in the founding of new settlements such as La Bastida. The pottery repertoire is characterised by yellow fabrics and a set of shapes dominated by the bowls (F1 and F2), globular pots (F3) and carinated forms (F5). The morphometry of each of them is well differentiated from the Argaric normalization that takes place around 2000 cal BCE. Some of the ceramics of this initial stage may feature a decorative pattern made by a series of incised triangles filled with dots or with lines (Lull et al. 2015). These settlements would last 650 years, till the end of the Argaric period (*ca.* 1550 cal BCE).
- » (2) The second dynamic is seen at settlements such as La Ciñuela, also in the core Argaric area. They have a first phase in the Late Copper Age with presence of Bell Beaker elements and a second phase with material evidence similar to the Phase 1 of La Bastida. These settlements, which include La Cárcel Vieja (Totana), were abandoned at the turn of the millennium.
- » (3) Still in the core area of El Argar there are settlements with very ambiguous material evidence which we cannot be connected unequivocally with the Copper Age or the early stage of La Bastida. Such is the case with Las Anchuras, Cerro de la Cueva de la Moneda, among others. We see certain materials such as pottery decorated with dots and incisions or stone moulds which point to certain ties with the last centuries of the 3<sup>rd</sup> millennium BCE. According to our proposal, these settlements would have disappeared starting with Phase 2 of La Bastida, since they

neither show intramural burials, nor mobile material elements that can be linked with the Argaric 'normalisation'. These sites might indicate the survival of communities that were peripheral to the main socio-political dynamics of the Guadalentín.

- » (4) Finally, the dynamics of the settlements outside the Argaric core area are different. The reviewed cases were all occupied during the Copper Age and have Bell Beaker manifestations that last till later stages (*ca.* 2000 cal BCE), already within the Bronze Age (Lull et al. 2015). Such sites, among which we can count Cerro de las Víboras (Bagil) and possibly Cerro de las Viñas (Coy), maintained a local extractive metallurgy for as long as the Bell Beaker-related socio-political practices persisted. As the Bronze Age advanced, they ended up being integrated into the socio-political organisation of El Argar and abandoning extractive metallurgy.
- » There is one last settlement which we consider separately because of its singularity. This is the one under the modern-day city of Lorca. Its geo-strategic centrality within the territory allowed for an occupation that started in the Neolithic and lasted through the Copper Age and El Argar phases. As it was located within the Argaric core area, we find material evidence corresponding to the Middle Copper Age, the Bell Beaker period and also the Phase 1 of La Bastida. Unlike La Ciñuela, the Argaric occupation lasts until the end of the period (1550 cal BCE). Moreover, this is the only settlement in the Guadalentín valley occupied through the Late Bronze Age, as seen at the site of Murviedro. Despite alterations to the stratigraphic contexts caused by successive later reoccupations, we know that extractive metallurgy at this settlement was abandoned towards the end of the Copper Age (2200 cal BCE).

These strategies may help understand the different dynamics of the mining and metallurgical production of the last centuries of the 3<sup>rd</sup> millennium cal BCE. In any event, from 2200 cal BCE onwards the disappearance of the extractive metallurgy and the marginal presence of ores at the settlements are evident. Alongside this shift we have the concentrations of copper nodules that are unconnected to metallurgical contexts and point to a supra-local circulation of metallic raw material.

This marginal metallurgy, inferred only from the ores, vanishes completely with the establishment of El Argar (*ca.* 2000 cal BCE), and defines the transformations in the architectural standards of La Bastida (Lull et al. 2014) and the abandonment of La Ciñuela, Cerro de la Cueva de la Moneda and Las Anchuras. The 2000 cal BCE phase also marks the disappearance of extractive metallurgy in the settlements neighbouring Sierra Morena, such as Eras del Alcázar (Úbeda, Jaén). Finally, as seen at La Bastida, it comes with shifts in urban architecture and the beginning of the Argaric levels.

The changes that come about with the turn of the millennium are associated with a displacement of mining productive forces towards the eastern foothills of Sierra Morena,

prior to the foundation of Peñalosa (ca. 1850 cal ANE). The beginning of the exploitation of the José Martín Palacios mine (Arboledas et al. 2015) and the results of the lead isotopes analysis of Eras del Alcázar for the 2000-1800 cal BCE phase (Nocete et al. 2010) a long-running archaeological project in the Guadalquivir Basin (Spain indicate a focus on the exploitation of the resources of the district of Linares, in the period between ca. 2000 and 1850 cal BCE).

This transformative process climaxed with the full establishment of mining and extractive metallurgy in this district under the political dominance of El Argar. The founding of Peñalosa can only be understood in light of this previous displacement of the mining activities. The Argaric expansion of 1950-1750 cal BCE (Lull et al. 2010) may have made the political control of the cupriferous resources of Linares, among other factors, a priority (Lull 1983).

## **8.2. The management of copper resources: an account**

In order to achieve an all-inclusive interpretation of the results hereby obtained we must contextualise them within the rest of the social practices. These relations are not only involved in the extraction of ores and their transportation to the settlements to obtain copper through smelting; they also create ties, affections and concerns which on different scales end up forming what is known to us as society.

This means that metallurgical production, with all its aspects, defines and is defined by a set of social practices in which it is included. In any case, in order to grasp the social meaning of any production of objects, we must understand first how the rest of social production comes about and find elements in common with it.

The flint used to cut a fibre or tendon—which was used to haft a percussor, in turn used to extract copper from the rock—was a mineral resource before it became an artefact. The percussor itself, like the flint, was a natural resource before it was an artefact. Each item presents its own particularities regarding their distribution in a natural state, the investment of workforce in their preparation, and functionality. Such particularities translate into different managerial strategies for the production of these objects, even though they ultimately belong to the same society.

The strategies for the procurement of resources decided by the society in question and the shifts they undergo in the face of socio-political changes affect the exploitation of copper ores, the exploitation of flint and the administration of the various resources of the territory. At the same time, these strategies are conditioned not just by the distribution of the raw materials, but also by the value of the very objects they seek to obtain.

### **8.2.1. The distribution of the raw materials and their selection**

In the Copper Age communities of the Guadalentín valley, the exploitation of flint and the procurement of certain stone resources could cause “synergies” to travel distances of over 40 km to obtain rocks of higher quality than the ones available locally (Delgado Raack, 2008). In the case of the “supra-functional” flint blades, these distances may extend to hundreds of kilometres, and this is also true of other resources that were used in the manufacture of cultic items (Nocete Calvo 2001).

The case of flint is interesting because it allows for many parallels with copper. It is neither scarce nor abundant. It takes expertise to know its quality. And the quality of the flint is what determines for the greater part the workforce investment in the production of an artefact and the success of such operation. Besides flint, other stone artefacts such as stone axes show evidence of very precise selection processes of the raw materials, with synergic travelling in radii of as much as 200 km for their procurement (Risch 2011). This implies a profound knowledge not just of the natural resources closest to the captation areas, but also of others much more distant.

In this respect, we must conceive that Copper Age metallurgy, like other mineral resources, would neglect copper deposits located in the close surroundings if they were unfitting for its needs. The Copper Age groups likely also possessed enough skill to identify with great empirical, logical and functional sense three basic aspects of copper ores:

- » The amount of metal yielded by an ore; thus, when the option was available, they would give priority to the mines richest in copper.
- » What ores smelted in the smallest amount of time, at least temperature, and formed the largest nodules. This would lead them to favour the deposits in which copper has enough iron and silica to ensure a minimum of slagging.
- » What ores yielded arsenical copper; regardless of whether the criterion was colour, hardness or any other of the qualities of arsenic, evidence indicates that arsenical copper was deliberately produced and prehistoric communities knew how to obtain it.

The first two factors are universal elements of metallurgical production and were certainly the first ones to be resolved. It must be underlined that poor quality ores require a bigger investment of workforce in all processes, from extraction to the production of metal. The third factor goes beyond the process of smelting and has to do with a quality of the new raw material whose production is intended. As the result of a human decision, this factor may influence and transform the two preceding ones. The search for a specific metal, in this case arsenical copper may require investing in a larger workforce in order to achieve a supply of the most fitting ores.



In our search to understand how well the properties of the ores were known, Agua Amarga emerges as the paradigm of the study of Copper Age metallurgy in the Guadalentín valley. As seen above, this is due to the fact that the evidence from the ores of Agua Amarga is complete and leaves little room for ambiguity.

At Agua Amarga ores that were very rich in arsenic (arsenates) were brought from outside, but there was no abandonment of the local mining, which supplied the flux necessary for the optimization of smelting and controlling of the arsenical copper alloying. From this we can infer that the different types of copper ores were well-known. Furthermore, the case of Agua Amarga implies the existence of a specifying mining activity for the arsenates, which likely were distributed to distances beyond the local capitulation area, either through mining expeditions or trade networks.

This panorama situates copper at the same level of recourse procurement during the Copper Age as flint, stone axes, and grinding artefacts. What we have just expounded corresponds to the sustenance of a two-level scale, local and regional, capable of gaining access to different kinds of the same raw material for the satisfaction of different needs during production.

### **8.2.2. The shift in *value* of the ores from the evidence of artefacts.**

The correlation between the management of the copper ores and stone resources is meaningful when the artefacts produced have the same use value. A percussor, a grindstone or a flint blade belong to the same use value category as an awl, chisel, saw, knife or axe made of copper. All represent defining shapes of the first Copper Age artefacts that stand out because of their functional value.

However, in the end of the Copper Age, and where Bell Beaker materials are present, we observe a change in the conception of metal: namely, we see the emergence “distinguished objects” (Lull 2007) representing a part of the artefactual production distinct from the rest, which consist of objects exclusively functional. The appearance of this “distinguished” metal is defined through several factors.

During the Pre-Bell Beaker Copper Age, the social value of copper artefacts derived entirely from their use value. As a result, in addition to graves, they tend to appear in domestic spaces, where they were used indistinctly.

During the Bell Beaker period certain artefacts appear, particularly the tongue-shaped long dagger, the Palmela arrowheads and (almost certainly) the long awls, which relate to a shift in the burial custom. The latter changes from collective to individual (Lomba 1989; Müller et al. 2007; Lomba et al. 2009), revealing a sense of ownership over these objects. The new dagger, together with a distinguished assemblage of materials, such as the gold diadems, sets the individual apart from the group. According to some studies

(Hook et al. 1991; Müller et al. 2007, fig.5),<sup>361</sup> the chemical composition of these items is equally distinct from that of functional artefacts, including a comparatively larger presence and regularity of arsenic.

Even without the forging and annealing that would improve their hardness, this metal has some distinctive features, such as colour, whose value is strictly social (Lechtman and Klein 1999; Rovira and Gómez Ramos 2003). This type of metalwork might correlate with the networks of distribution of the great flint blades that also reflect the procurement of a product of a clear ideological value.

While in the Bell Beaker horizon we observe that some artefacts move away from the rest of objects with the intention of distinguishing an individual, during the El Argar period the transformation is absolute. The individualisation of the burials, the normalised individual grave goods and the abandonment of the collective burial spaces (necropolis) in favour of the private spaces (houses) submerge the entire society in individualities. In this case, metal artefacts, along with the rest of the elements that form the grave goods, no longer distinguish a person within the group, nor set the group apart from *supra-human* powers. Rather, it distinguishes each individual (and itself) from the rest of the individuals; it categorises him or her.

The shift is twofold. The transmutation of *use value* into *social value* no longer affects a certain type of artefact, but rather all artefacts, and it no longer affects only positively, but also negatively. Individuals are not identified only by what they have: they are also defined by what they lack. In this situation of personalisation, the case of metal, in which silver plays the main role, acquires a meaning distinct from other productions, such as flint and stone artefacts whose *value* has not shifted. Like a smartphone today, certain individuals always had metal on them, to be used, to show, or both. As a result, individuals were not identified only in death; they were distinguished in life, on a daily basis, and in each and every one of their social relationships. This is what some authors dub the 'social skin' (Rottier, 2004), whose correspondent in modern-day hyper-consumerism would be the possession of an iPhone© vs. owning a ten-year old Alcatel©.

This radical shift in the *value* of a metal artefact necessarily leads to a radical shift in the process of procuring it. We see this clearly in the disappearance of metal smelting from the settlements and the transference of the entire extractive activity to Sierra Morena.<sup>362</sup> This transformation is the most significant because it does not come with El Argar proper, but rather begins in the transitional phase that would bring about the Argaric *norm* and

---

361 Other authors (see Montero 1994 for the most detailed exposition) do not accept the idea of a differentiated production of Copper Age metal items and associate this phenomenon with a lower recycling rate.

362 A process of concentration and control which, as we have been able to observe, occurs also in other locations, such as Feinan (Arabah Valley, Jordan), during the Bronze Age (see Chapter 3).

the normalisation of burials under domestic spaces (ca. 2000-1550 cal BCE).

Yet previously something was already going on with the inception of the Bell Beaker horizon and the first distinguished objects. We see it clearly at sites such as Cabezo Juré, Valencina (Nocete et al. 2011a) and Cabrières (Carozza and Mille 2007, p. 165), where metallurgical specialisation was abandoned despite the fact that the settlement continued to be occupied. It was something that warped the 'Culture' of Los Millares and its specialised workshop restricting metallurgy to limited activity and to the small forts (Molina and Cámara 2005).

From the Bell Beaker period onwards, we observe a large-scale distribution of metal from the mines of modern-day Asturias and León in the whole of the French *Midi* (Labaune et al. 2015). In these mines, especially at El Áramo, but also La Profunda, we find evidence of a very intensive mineral exploitation in the Late Copper Age that would last till the Middle Bronze Age (ca. 2600-1600 cal BCE). Near Ross Island, Bouco-Payrol and Cerro Minado, all of these mines undergo exploitation around 2400 cal BCE and the ores are very similar. All of them yield carbonates and oxides rich in arsenic, arsenates and a primary mineralisation of tennantite. It is also observed that in Central and Eastern Europe the Bell Beaker horizon means the spreading of the use of grey coppers, in which arsenic has a crucial role, but antimony and nickel are included as well (Merkl 2010).

Although arsenical copper was produced in south-eastern Iberia already during the pre-Bell Beaker period, there seems to be a large-scale connection between the emergence of a distinguished metal, the impulse of the arsenical copper alloying, and the intensive exploitation of mines containing copper ores with arsenic.

### **8.2.3. A proposed interpretation of the archaeological record**

The main pitfall for the endeavour of offering solid conclusions for the present work is the absence of a secure context for an important part of the evidence. In order to establish a feasible chronological sequence it is urgent to undertake archaeological excavations at key Copper Age settlements and mines in Murcia. There is also a pressing need to round out the results from all systematic or emergency excavations that are confined to the drawer of impossibility of an archaeology that barely scrapes a living.

In this respect, we had to deal with the absence of a proper archaeological contextualisation of the materials from Agua Amarga (Lorca). This prevents us from knowing if, unlike the rest of the specialised centres of the Middle Copper Age, the settlement continued to function during the Late Copper Age.

As argued above, the hypothesis I find more likely in terms of historical coherence postulates that Agua Amarga was abandoned as a specialised centre by the end of the Middle Copper Age. This would agree with the loss of importance, and even the disappearance

of the metallurgical centres of the Middle Copper Age in similar contexts, as well as the absence Bell Beaker materials from its record.

Assuming this happened, the extractive metallurgy that can be connected with the Late Copper Age of the Guadalentín valley is minimal and yields no more than archaeometallurgical by-products. The metallurgical record not only diminishes; it is transformed. In absolute terms, the importance of the metallurgical pottery and the kiln conglomerates is small during the Middle Copper Age but, in addition to the ores, they are the main vestiges from this period. We might add to them the ores that underwent a partial or incomplete smelting. These practices are documented in the levels dating to ca. 2400-2300 cal BCE at Lorca and, particularly at La Ciñuela, they clearly reflect the paradigm of a metallurgy that is local and less efficient than that of the Middle Copper Age.

The disappearance of metallurgical vestiges clashes with the intensification of prehistoric mining elsewhere across Europe. It is also at odds with the evidence for metal artefacts and the emergence of distinguished objects. This contradiction is resolved only if we assume that the main spaces for copper smelting were transferred elsewhere, particularly those producing the so-called distinguished metal.

The lead isotopes analysis of the Bell Beaker artefacts from southern France reveals a change in the provenance of artefacts (Labaune et al. 2015). Presently, they would seem to come from the distant mines of the Cantabrian Cornice, thus showing a concentration of the mining workforces and a longer distance in the circulation networks of the metallic copper. For the Guadalentín, this would be consistent with the mining intensification at Cerro Minado and Filón Consuelo, as inferred by the fact that, despite their intensive exploitation at a later stage, they preserve a detailed archaeological record. It is possible that part of this intensification occurred also in Sierra Morena, preceding and marking the beginning of the later exclusivity of the El Argar period.

The metallurgical practices involving these ores are seen in the mining camp-sites of Ross Island and El Áramo.<sup>363</sup> Metallurgical structures containing copper ores are found in excavations, but slags are missing.

As a result, we can suggest the transference of the main copper smelting environments to pithead camp-sites such as those we have just mentioned. The still scarce remains of pottery and grinders from Cerro Minado might even be evidence of one such camp-site.

This transference would not affect the existence of metallurgy at a local level, but it would transform it. The mineral supply of La Ciñuela follows a rationale different from that of the Middle Copper Age settlements. Moreover, we can observe that the technological process of smelting becomes more rudimentary, with less control of the losses of

---

363 Which in this last case continued till the end of the Early Bronze Age (ca. 1800-1600 cal BCE).

copper and arsenic. This is a symptom of a longer distance in the productive relations and a greater disconnection between the specialised centres and the local ones. The metalworkers of La Ciñuela seem to know less about the properties of the multiple ores than the metalworkers at Agua Amarga, Carboneros and Parazuelos.

This disconnection became sharper in the transition to the Early Bronze Age (ca. 2200-2000 cal BCE) and during the first centuries of this period. We see the appearance at many settlements, such as La Bastida (*supra*), Zájara (Camalich Massieu and Martín Socas 1999, p. 267) and Terlinques (Jover and López Padilla 2016, p. 434), of concentrations of copper nodules with no ties to the local extractive metallurgy. We can, for the first time, argue for a small-scale distribution of metal as a raw material. This metal, which would be used only for the manufacture of small-size artefacts, indicates that in the settlements even local metallurgy contracted. The limited presence of very few ores without extractive debris at several settlements is consistent with the local oblivion of metallurgical practices.

As explained above, this entire process comes to a climax at the height of El Argar. It converges not only on the mining and metallurgical production, but also on everything that forms the complete set of social-political practices. The individualisation and progressive destruction of everything collective during the Late Copper Age culminate in the formation of State and the very annihilation of personal freedom.

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

## **9. Bibliografía**

- AA.VV., 2014, Geología 2014. Alicante. Sierra de Orihuela, 11 de Mayo de 2014, Diputación de Alicante, <http://dctma.ua.es/es/documentos/geologia/geologia-2014-orihuela.pdf>.
- Addis, A., 2013, Late Bronze Age metallurgy in the Italian Eastern Alps: Copper smelting slags and mine exploitation, Università degli studi di Padova.
- Addis, A., Angelini, I., Nimis, P., y Artioli, G., 2015, Late Bronze Age Copper Smelting Slags from Luserna (Trentino, Italy): Interpretation of the Metallurgical Process, *Archaeometry*, **58** (1), 96-114
- de Aldana, L., 1865, Socavón principal de Cartagena, *Revista Minera*, **16**, 577-80.
- Almagro Gorbea, M., y Collado, O., 1981, La Loma de la Tejería. Un asentamiento minero campaniforme en Albarracín, *Teruel*, **66**, 87-102.
- de Alvarado y de la Peña, S., 1832, *El Reino mineral, ó sea la mineralogía en general y en particular de España*, Imp. de Villaamil, Madrid, <https://books.google.es/>.
- Álvarez Martínez, V., y Pajares, G., 2011, ¿Hachas, mazas o martillos? Un lote de percutores líticos en el extremo occidental de la marina asturiana, *Férvedes*, **7**, 185-94.
- Ambert, P., y Carozza, L., 1996, Origine et développement de la première métallurgie française : état de la question, *Archéologie en Languedoc*, **20-1**, 43-56.
- Ambert, P., Carozza, L., y Lechelon, B., 1998, De la mine au métal au sud du Massif Central au Chalcolithique (régions de Cabrières, Fayet et Villefranche-e-Rouge), en *L'Atelier du Bronziste en Europe du XXe au VIIIe Siècle Avant Notre Ère*, Vol. II. *Du minéral au métal, du métal à l'objet. Actes du colloque international*, 59-67, Comité des Travaux historiques et scientifiques, Paris.
- Ambert, P., 1999, Les minerais de cuivre et les objets métalliques en cuivre à antimoine-argent du sud de la France. Preuves d'une exploitation minière et métallurgie du début du IIIe millénaire av, en *The Beginnings of metallurgy* (eds. A. Hauptmann, E. Pernicka, T. Rehren, y Ü. Yalçin), 177-194, Beiheft 9, Bochum.
- Ambert, P., Bouquet, L., Guendon, J. L., y Mischka, D., 2005, La Capitelle du Broum (district minier de Cabrières-Péret, Hérault) : établissement industriel de l'aurore de la métallurgie française (3100-2400 BC), en *La première métallurgie en France et dans les pays limitrophes* (eds. P. Ambert, y J. Vacquer), 83-93, Société Préhistorique Française, Carcassonne.
- Anónimo, 1854, Mina antiquísima en Asturias, *Revista Minera*, **5**, 95-6.
- Anónimo, 1949, Catastro y censo minero de España. Memoria. Distrito minero de Murcia, Madrid.

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

- Antolinos Marín, J. A., 2005, Prospección Minero-Metalúrgica Antigua en la Sierra de Cartagena y su territorio adyacente, *Memorias de Arqueología 1998*, **13**, 581-602.
- Antolinos Marín, J. A., y Soler Huertas, B., 2007, Los orígenes de la arqueominería en la Región de Murcia (I): los hallazgos en la Sierra Minera de Cartagena-La Unión, *MASTIA*, **6**, 123-142.
- Antolinos Marín, J. A., y Soler Huertas, B., 2008, Los orígenes de la arqueominería en la Región de Murcia (II): los descubrimientos en el área minera de Mazarrón, *MASTIA*, **7**, 9-34.
- Antolinos Marín, J. A., Fabre, J.-M., y Rico, C., 2010, Las minas romanas de «Carthago Noua»: avance de las investigaciones en la rambla del Abenque (Sierra de Cartagena), *MASTIA*, **9**, 151-78.
- Antolinos Marín, J. A., 2012, Centros de producción y administración en el territorio minero de Carthago Nova: a propósito de los hallazgos documentados en El Gorguel (sierra de Cartagena), en *Minería y metalurgia antiguas: visiones y revisiones: homenaje a Claude Domergue*, 63-80.
- Anton Valle, R., 1841, *El minero Español. Descripción de los puntos de la Península donde existen criaderos de todas clases de metales. Modos de beneficiar las minas*, Imprenta de Alegria y Charlain, Madrid, <https://books.google.es>.
- Antonovic, D., y Vukadinovic, M., 2012, Eneolithic mine Prljuša – Mali Šturac: archaeological and geophysical investigations, *Старинар*, **62**, 95-106.
- Arana Castillo, R., 1973, Investigaciones mineralógicas en Sierra Nevada : (Cordilleras Béticas, España), Universidad de Granada.
- Arana Castillo, R., 2007, *El patrimonio geológico de la Región de Murcia*, Academia de Ciencias de la Región de Murcia, Murcia, [http://www.igme.es/patrimonio/publicaciones/otros/patrimonio\\_geologico\\_murcia\(ARANA\).pdf](http://www.igme.es/patrimonio/publicaciones/otros/patrimonio_geologico_murcia(ARANA).pdf).
- Arana Castillo, R., 2009, Geología y mineralogía de la Sierra Minera de La Unión, en *La Sierra Minera de Cartagena-La Unión: un modelo de gestión territorial del patrimonio geológico, ambiental y cultural minero* (eds. J.A. Antolinos y J. M. Noguera Celdrán), Murcia : Tres Fronteras : Región de Murcia, Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales, 21-50.
- Arboledas, L., Alarcón, E., Moreno, A., Contreras, F., Bashore, C., y Padilla, J. J., 2015, New contributions to mining the Bronze Age in the South of the Iberian Peninsula. Copper mines of prehistoric valley Jándula (Andújar-marmolejo, Jaén), en *Archaeometallurgy in Europe IV. Madrid Edition (1-3 junio 2015, Madrid)*, 23-4, Libro de abstracts.
- Arboledas Martínez, L., Contreras Cortés, F., Moreno Onorato, A., Dueñas Molina, J., y Pérez Sánchez, A. A., 2006, La mina de José Martín Palacios (Baños de la



Encina, Jaén). Una aproximación a la minería antigua en la cuenca del Rumblar, *Arqueología y Territorio*, **3**, 179-95.

Arboledas Martínez, L., y Contreras Cortés, F., 2010, La mina Polígono o Contraminas (Baños de la Encina, Jaén). Evidencias de la explotación mineral de cobre en la antigüedad, *Cuadernos de Prehistoria de la Universidad de Granada*, **20**, 355-79.

Arboledas Martínez, L., Contreras Cortés, F., y Moreno Onorato, A., 2014, La explotación minera antigua en Sierra Morena Oriental y su vinculación con el territorio, *CPAG*, **24**, 111-45.

Arboledas Martínez, L., Alarcón García, E., Contreras Cortés, F., Moreno Onorato, A., y Padilla Fernández, 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**(1), 158-75.

Arrojo, L., y Templado, D., 1927, Catálogo de criaderos de plomo y cinc de Murcia y Mazarrón, *Boletín Oficial de Minas y Metalurgia*, **9**(120), 412-4.

Arteaga, O., Schubart, H., y Pingel, V., 2000, El proceso histórico en el territorio argárico de Fuente Álamo. La ruptura del paradigma del Sudeste desde la perspectiva atlántica-mediterránea del Extremo Occidental, en *Fuente Álamo. Las excavaciones arqueológicas 1977-1991 en el poblado de la Edad del Bronce* (eds. H. Schubart, V. Pingel, y O. Arteaga), 117-43, Junta de Andalucía. Consejería de Cultura, Sevilla.

Ayala, M. M., y Idáñez, J. F., 1987, Avance al estudio del vaso campaniforme en la región de Murcia, en *XVIII Congreso Nacional de Arqueología*, 285-300.

Ayala, M. M., Ortiz, R., y Polo Camacho, J. L., 1990, El Desarrollo de la metalurgia prehistorica en la comarca de Lorca, en *Lorca. Pasado y presente. Aportaciones a la historia de la Región de Murcia*, Vol. I, 105-26, Camara de Comercio de Lorca, Excmo. Ayto. de Lorca, Lorca.

Ayala Juan, M. M., 1981, La cultura del Argar en la provincia de Murcia, *Anales de la Universidad de Murcia*, **38**(4), 147-94.

Ayala Juan, M. M., y Polo Camacho, J. L., 1986, Dos yacimientos argáricos: El Rincón de Almendricos y El Cerro de las Viñas. Lorca (Murcia), en *Il Convegno di studi "Un millenio di relazioni fra la Sardegna e il pasi del Mediterraneo*, 519-31.

Ayala Juan, M. M., 1986, El poblamiento Argárico, *Historia de Cartagena*, 253-316, Ed. Mediterráneo, Murcia.

Ayala Juan, M. M., 1991, *El poblamiento Argárico en Lorca. Estado de la cuestión*, Real Academia Alfonso X el Sabio, Murcia.

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

- Ayala Juan, M. M., Guillén Mondéjar, F., Tudela Serrano, M. L., Martínez Sánchez, J., Pérez Sirvent, M. del C., y Jiménez Lorente, S., 1993, Avance al estudio del Neolítico en la investigación del poblado de altura del Cerro de las viñas (Lorca, Murcia), *Anales de prehistoria y arqueología*, **9**, 23-30.
- Ayala Juan, M. M., 2003, Poblados de llanura y poblados de altura en la Edad del Bronce en Murcia: la cultura de El Argar, en *Estudios de arqueología dedicados a la profesora Ana María Muñoz Amilibia*, 175-218.
- Ayarzagüena Sanz, M., y Puche Riart, O., 2012, La llamada «Edad del Cobre» en el siglo XIX. Aportaciones de Casiano de Prado y Juan Vilanova y Piera, *Boletín Geológico y Minero*, **123**(2), 151-71.
- Bachmann, H. G., 1982, The identification of slags from archaeological sites, *Occasional Publication n°6, Insitute of Archaeology, London*.
- Bachmann, H. G., 2000, Acerca de la arqueometalurgia en el ámbito de Fuente Álamo, en *Fuente Alamo. Las excavaciones arqueológicas 1977-1991 en el poblado de la edad del bronce* (eds. H. Schubart, V. Pingel, y O. Arteaga) , 171-182, Arqueologia Monografias.
- Balestro, F., 2012, *Les scories métallurgiques de la Tranchée des Anciens (Sondages à Saint-Véran, Septembre 2011): Analyse et intégration aux pratiques métallurgiques de la fin de la Préhistoire*, Universtié-Aix-Marseille I.
- Barba, A. A., 1770, *Arte de los Metales*, Manuel de Godas, Madrid [Potosí (Bolivia)], <http://www.bibliotecavirtualdeandalucia.es>.
- Barceló, J. A., 2007, Arqueología y estadística (1). *Introducción al estudio de la variabilidad de las evidencias arqueológicas*, Col·lecció Materials, Servei de Publicacions UAB, Bellaterra.
- Bardaji Azcárate, T., Leyva Cabello, F., y García Tortosa, F. J., 2010, *Mapa Geológico de España (E. 1:50.000). Hoja de Mazarrón n° 976* Ed. digital, IGME.
- Barge, H., y Ancel, B., 2003, Exploitation d'une Mine de cuivre préhistorique: Les Clausis à Saint-Verán, *Archaeologia hors serie*, 46-9.
- Barge, H., 2003, *Saint-Véran, la montagne, le cuivre et l'homme*, Société Actilia Multimédia, Theix.
- Barge, H., y Talon, B., 2012, Attaque au feu au Bronze ancien sur le gîte de cuivre de Saint-Véran (Hautes-Alpes), *Bulletin de la Société préhistorique française*, **109**(1), 145-54.
- Barge, H., 2012, *Saint-Véran, la montagne, le cuivre et l'homme*, Vol. II., Société Actilia Multimédia, Theix.
- Bayona, M. R., Nocete Calvo, F., Rovira, S., Sáez, R., Nieto Linan, J. M., y Alex, E.,

2004, La producción de objetos de metal en Cabezo Juré: estudio metalográfico, composicional y contextual de productos, en *ODIEL. Proyecto de investigación arqueológica para el análisis del origen de la desigualdad social en el suroeste de la península ibérica* (ed. F. Nocete Calvo), 297-324.

Begemann, F., Pernicka, E., y Schmitt-Strecker, S., 1995, Searching for the ore source of eneolithic and EBA copper artefacts from Serbia, en *Ancient mining and metallurgy in southeast Europe* (ed. B. Jovanovic) , 143-9, Archaeological Institute Belgrade and Museum of mining and metallurgy, Bor, Bor-Beograd.

Bellón Aguilera, J., 2013, Las minas púnicas de Cala Cocón, *Hastial*, **3**, 33-44.

Bellón Aguilera, J., y Martínez Martínez, C., 2015, Arqueominería en las Sierras de Totana, en *PHICARIA. III Encuentros Internacionales del Mediterráneo* (ed. J. M. López Ballesta), 64-75.

Bertrán-Oller, O., Buireu-Cabello, F., Febrer-Morlà, M., Enrique-Gisbert, P., y Melgarejo, J.C., 2012, Mineralogía del Depósito de Cuesta Alta, Cerro Minado, Huércal-Overa, Almería, *Macla*, **16**, **246-7**, [http://www.ehu.eus/sem/macla\\_pdf/macla16/Macla16\\_246.pdf](http://www.ehu.eus/sem/macla_pdf/macla16/Macla16_246.pdf).

Birch, T., Rehren, T., y Pernicka, E., 2013, The metallic finds from Çatalhöyük: A review and preliminary new work, en *Substantive Technologies at Catalhöyük: Reports from the 2000-2008 Seasons, Volume 9* (ed. I. Hodder), Monumenta Archaeologica 31, British Institute of Archaeology at Ankara, 307-16.

Blanco Frejeiro, A., y Luzón Nogué, J. M., 1969, Preroman Silver Mines in Riotinto, *Antiquity*, **43**, 124-31.

Blanco Frejeiro, A., y Rothenberg, B., 1981, *Exploración Arqueo-metalúrgica de Huelva*, Labor.

de Blas, M. A., 1989, La minería prehistórica del cobre en las montañas Astur-Leonesas, en *Minería y metalurgia de las antiguas civilizaciones mediterráneas y europeas (Madrid, Octubre 1985). Vol. I* (ed. C. Domergue), 143-55.

de Blas, M. A., 1992, Minas prehistóricas del Aramo (Riosa): campaña arqueológica de 1987, *Excavaciones arqueológicas en Asturias 1987-90*, 59-68.

de Blas, M. A., 1996, La primera minería metálica del N peninsular: las indicaciones del C-14 y la cronología prehistórica de las explotaciones cupríferas del Aramo y El Milagro, *Complutum*, 217-26.

de Blas, M. A., 2007a, Fechas radiocarbónicas AMS de restos humanos de las minas de cobre de «El Aramo», *Excavaciones arqueológicas en Asturias: 1999-2002*, 117-22.

de Blas, M. A., 2007b, Minería prehistórica del cobre en el reborde septentrional de los

- Picos De Europa: Las olvidadas labores de «El Milagro» (Onís, Asturias), *Veleia*, **24-25**, 723-53.
- de Blas, M. A., 2008, Un firme testimonio de la explotación prehistórica del cobre en el norte de la península ibérica: el complejo minero del Áramo (Asturias), *Actas de las I Jornadas de Arqueología en Asturias (abril-mayo 2005)*, 51-68.
- de Blas, M. A. y Suárez Fernández, M., 2009, Utillaje faunístico inédito de las labores de cobre prehistóricas de La Profunda (León) y su datación C14 (AMS), *Zephyrus*, **64**(Julio-Diciembre), 5-18.
- de Blas, M. A., 2010, El expolio del subsuelo y las prácticas rituales en la minería prehistórica: A propósito del hallazgo de esqueletos humanos en las explotaciones de cobre en Asturias, en *Cobre y oro: minería y metalurgia en la Asturias prehistórica y antigua*, 127-69.
- de Blas, M. A. y Suárez Fernández, M. J., 2010, La minería subterránea del cobre en Asturias: Un capítulo esencial en la prehistoria reciente del norte de España, en *Cobre y oro: minería y metalurgia en la Asturias prehistórica y antigua*, 43-82.
- de Blas, M. A., 2011, Las minas prehistóricas del norte de España en el contexto de la paleominería del cobre del occidente de Europa, en *Actas del quinto Congreso Internacional sobre Minería y Metalurgia Históricas en el SE Europeo (León, 2008): libro en homenaje a Claude Domergue*, 101-130.
- de Blas, M. A., 2011, Los esqueletos verdes del Aramo: un destello de los ritos mineros prehistóricos, *Balesquida: fiestas 2011*, 26-33.
- de Blas, M. A., Rodríguez Del Cueto, F. y 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*, 169-87.
- de Blas Cortina, M. Á., 2014, El laboreo del cobre en la sierra del del Áramo (Asturias) como referente cardinal de la minería prehistórica en la región cantábrica, *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada*, **24**, 45-84.
- Blas Cortina, M. Á. de, y Rodríguez Del Cueto, F., 2015, La cuestión campaniforme en el Cantábrico Central y las minas de cobre prehistóricas de la Sierra del Aramo, *CuPAUAM*, **41**, 165-79.
- Blasco, M., Borrell, M., y Bosch, J., 2000, Las Minas Prehistóricas de Gavá (Barcelona): un ejemplo de estudio, conservación y presentación pública de un yacimiento arqueológico, *Trabajos de Prehistoria*, **57**(2), 77-87 .
- Bogosavljevic, V., 1995, Mining Hammerstones of Prljusa - Mali Sturac site, en *Ancient mining and metallurgy in southeast Europe* (eds. P. Petrovic, y S. Durdekanovic), 37-44, Archaeological Institute Belgrade and Museum of mining and metallurgy,

Bor, Bor, Belgrade.

BOMF, 1844, *Boletín Oficial de Minas*, [http://doc.igme.es/BOMinas/bo\\_minas-1844.pdf](http://doc.igme.es/BOMinas/bo_minas-1844.pdf)

BOMF, 1845, *Boletín Oficial de Minas*, [http://doc.igme.es/BOMinas/bo\\_minas-1845.pdf](http://doc.igme.es/BOMinas/bo_minas-1845.pdf)

Booth-Rea, G., y García-Dueñas, V., 1999, Estructuras extensionales en las Unidades Alpujarrides y Maláguides de la Sierra de la Tercia (Murcia, Béticas Orientales), *Geogaceta*, **25**, 39-41.

Booth-Rea, G., 2001, Tectónica Cenozoica en el Dominio Cortical de Alborán, Universidad de Granada, <http://hdl.handle.net/10481/4394>.

Booth-Rea, G., Bardaji Azcárate, T., Silva Barroso, P. G., y Goy Goy, J. L., 2010, Mapa Geológico de España. (E. 1: 50.000). MAGNA. Hoja de Lorca nº 953, IGME, Madrid.

Borrell, F., y Orri, E., 2009, 1. L'excavació de les mines neolítiques 83, 84, 85 i 90 de Gavà: Estructura, ús, reutilització i rebliment, *Rubricatum*, **4**, 15-45.

Borrell, F., Bosch, J., y Majó, T., 2015, Life and death in the Neolithic variscite mines at Gavà (Barcelona, Spain), *Antiquity*, **89**(343), 72-90.

Bosch, J., Estrada, A., y Noain Maura, M. J., 1996, Minería Neolítica en Gavà (Baix Llobregat, Barcelona), *Trabajos de Prehistoria*, **53**(1), 59-71.

Bosch Argilagós, J., Borrell Tena, F., y Majó, T., 2015, Minas, joyas y más allá. Minería y producción de adornos de variscita durante el Neolítico en Gavà (Barcelona), en *5º Congresso do Neolítico Peninsular: Actas : Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, 7-9 abril 2011, 2015*, (eds. V. S. Gonçalves, M. Diniz, y A. C. Sousa), 438-46, Universidade de Lisboa.

Botella y Hornos, F. de, 1868, *Descripción geológica-minera de las provincias de Murcia y Albacete*, Madrid, <http://bidicam.castillalamancha.es/bibdigital/bidicam/es/consulta/registro.cmd?id=10982>.

Bouquet, L., Figueroa-Larre, V., Laroche, M., Guendon, J. Louis, y Ambert, P., 2006, Les Neuf-Bouches (district minier de Cabrières-Péret), la plus ancienne exploitation minière de cuivre de France : travaux récents, conséquences, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, **103**, 143-59.

Bourgarit, D., y Mille, B., 1997, La métallurgie chalcolithique de Cabrières: confrontation des données expérimentales et archéologiques en laboratoire, *Archéologie en Languedoc*, **21**, 51-63.

Bourgarit, D., Mille, B., Carozza, L., y Burens, A., 2003, L'évolution des premières métallurgies extractives du cuivre, *Technè: la science au service de l'histoire de l'art et des civilisations*, **18**, 7-13.

- Bourgarit, D., 2007, Chacolithic copper smelting, en *Metals and mines* (eds. S. La Niece, D. Hook, y P. T. Craddock), 3-14, Archetype Publications Ltd, London.
- Bourgarit, D., Rostan, P., Burger, E., Carozza, L., Mille, B., y Artioli, G., 2008, The beginning of copper mass production in the Western Alps: the Saint-Véran mining area reconsidered, *Historical metallurgy*, **42**, 1-11.
- Bourgarit, D., Rostan, P., Carozza, L., Mille, B., y Artioli, G., 2010, Vingt ans de recherches à Saint-Véran, Hautes Alpes: état des connaissances de l'activité de production de cuivre à l'âge du Bronze ancien, *Trabajos de Prehistoria*, **67**(2), 269-85.
- Bowles, G., 1775, *Introducción a la Historia Natural y a la geografía física de España*, Imprempta de D. Francisco Manuel de Mena, Madrid, <https://archive.org/details/introduccionlah00bowluoft>.
- Brandherm, D., 2000, El poblamiento argárico de Las Herrerías (Cuevas de Almanzora, Almería) según la documentación inédita de L. Siret, *Trabajos de Prehistoria*, **57**(1), 157-72.
- Brandherm, D., 2003, *Die Dolche und Stabdolche der Steinkupfer- und der älteren Bronzezeit auf der Iberischen Halbinsel*, Franz Steiner Verlag, Stuttgart.
- Brandherm, D., y Maass, A., 2010, Copper Mining, Settlement and Society in the Earlier Bronze Age of Southeast Spain: Prospects for new research in the Lower Segura valley, en *Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies: Proceedings of the 1st Mining in European History-Conference of the SFB-HIMAT, 12.–15. November 2009. Innsbruck, 17-22*, Innsbruck University Press, Innsbruck.
- Brandherm, D., Maass, A., y Diz Ardid, E., 2013, Multi-period Mining Remains from the Sierra de Orihuela (Alicante, SE Spain), en *Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies: Proceedings for the 2nd Mining in European History Conference of the FZ HIMAT, 7–10 November 2012*, 115-9, Innsbruck University Press, Innsbruck.
- Brandherm, D., Maass, A., Müller-Kissing, M., y Diz Ardid, E., 2014, Prospecciones arqueomineras en la Sierra de Orihuela, en *Orihuela: arqueología y museo : Museos Municipales en el MARQ*, 114-25, Fundación MARQ, Alicante.
- Brun, M. L., 1910, Estudio Geológico de la zona cuprífera de Santomera en la Provincia de Murcia, *Revista Minera Metalúrgica y de Ingeniería*, **61**, 109-12, 123-125-151.
- Burger, E., 2008, *Métallurgie extractive protohistorique du cuivre : Etude thermodynamique et cinétique des réactions chimiques de transformation de minerais de cuivre sulfurés en métal et caractérisation des procédés*, Thesis,

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

Paris VI, Paris.

Burger, E., Bourgarit, D., Frotté, V., y Pilon, F., 2010, Kinetics of iron-copper sulphides oxidation in relation to protohistoric copper smelting, *Journal of thermal analysis and calorimetry*, **103**(1), 249-56.

Calvert, F. A., 1903, *Impressions of Spain*, George Philip & Son Limited, London, <https://archive.org/details/impressionsofspa00calvrch>.

Camalich Massieu, M. D., Marín Socas, D., González Quintero, P., y Mederos Martín, A., 1987, Prospección arqueológica superficial en la cuenca del Bajo Almanzora (Almería). Informe provisional, *Anuario Arqueológico de Andalucía 1986*, **2**, 54-7.

Camalich Massieu, M. D., y 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.

Campana, N., Franceschi, E., y Maggi, R., 1995, The prehistoric exploitation of ligurian copper ores: an approach to the study of regional archaeometallurgy, *Ancient mining and metallurgy in southeast Europe*, 151-59, Archaeological Institute, Belgrade Museum of mining and metallurgy, Bor, Belgrade.

Camprubí, A., Melgarejo, J. C., Proenza, J. A., Costa, F., Estrada, A., Borell, F., Yushkin, N. P., Andreichev, V. L., Geociencias, C. De, Nacional, U., México, A. De, Qro, C., y Unam-juriquilla, C., 2003, Mining and geological knowledge during the Neolithic: a geological study on the variscite mines at Gavà, Catalonia, *Episodes*, **26**(4), 295-301.

Cano Gomáriz, M., Lomba Maurandi, J., Martínez Rodríguez, A., Sánchez González, M. J., y Sánchez Pravia, J., 1997, Prospección Arqueológica Lébor-Tercia 91, *Memorias de Arqueología*, **6**, 660-75.

Cánovas Candel, F., 2005, Cabezo de la Mina, *La Calle*, 38.

Cánovas Candel, F., 2011, La Historia mineral de Santomera (III): pleno desarrollo y extensión, *La Calle*, 36.

Cañal, C., 1894, *Sevilla Prehistórica. Yacimientos prehistóricos de la provincia de Sevilla*, La Andalucía Moderna, Sevilla.

Capote, M., 2011, Working in the flint mine: Percussion tools and labour organization at Casa Montero (Spain), en *Proceedings of the 2nd International Conference of the UISPP Commission on flint mining in Pre- and Protohistoric times (Madrid, 14-17 October 2009)* (eds. M. Capote, S. Consuegra, P. Díaz-del-Río, y X. Terradas), 231-42, BAR International Series 2260, Oxford.

Cardito Rollán, L. M., 1996, Las manufacturas textiles en la Prehistoria: Las placas de

telar en el calcolítico Peninsular, *Zephyrus*, **19**, 125-45.

Carozza, L., Bourgarit, D., y Mille, B., 1997, L'habitat et l'atelier de métallurgiste chalcolithique d'Al Claus : analyse et interprétation des témoins d'activité métallurgique, *Archéologie en Languedoc*, **21**, 147-60.

Carozza, L., 2005, *La fin du Néolithique et les débuts de la métallurgie en Languedoc central : la mutation des habitats du Puech Haut à Paulhan (Hérault) entre 3200 et 2200 av. J.-C.*, Archives d'Écologie Préhistorique/INRAP, Centre d'Anthropologie, Toulouse.

Carozza, L., y Mille, B., 2007, Chalcolithique et complexification sociale: quelle place pour le métal dans la définition du processus de mutation des sociétés de la fin du Néolithique en France, en *Le Chalcolithique et la construction des inégalités.* (ed. J. Guilaine), Vol. 1, 151-89, Errance, Paris.

Carozza, L., Rostan, P., Bourgarit, D., Mille, B., Coquinot, Y., Burens, A., Escanilla Artigas, N., y 4, B. d'Archéologie M. et A., 2010, Un site métallurgique du Bronze ancien dans le vallon du Longet à Molines-en-Queyras (Hautes-Alpes) : caractérisation du contexte archéologique et des déchets liés aux activités de métallurgie extractive, en *Archéologie de la Montagne Européenne, actes de la table ronde internationale de Gap, Archéologie de l'espace montagnard : confrontation d'expériences européennes, septembre/octobre 2008*, 261-81, Errance, Paris.

Cartailhac, É. de, 1886, *Agés Préhistoriques de l'Espagne et du Portugal*, Paris, <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6205536k>.

Carulla, N., 1987, Análisis geológico del territorio doméstico y del área de captación de Gatas, en *Proyecto Gatas. Sociedad y economía en el sudeste de España c. 2500-800 a.n.e. I. La prospección arqueoecológica*, (eds. R. Chapman, V. Lull, M. Picazo, y M. E. Sanahuja), Vol. 348, 132-52, B.A.R. International series, Oxford.

Castro, P., Chapman, R., Gili, S., y Lull, V., 1996, Teoría de las prácticas sociales, *Complutum Extra*, **6**(11), 35-48.

Castro, P., Chapman, R., Gili, S., Lull, V., Micó, R., Rihuete, C., Risch, R., y Sanahuja Yll, M. <sup>ª</sup>E., 1998, *Aguas Project. Paleoclimatic reconstruction and the dynamics of human settlement and land-use in the area of the middle Aguas (Almería), in the south-east of the Iberian Peninsula*, Research and Development. European Commission, Luxembourg.

Castro, P., Chapman, R., Gili, S., Lull, V., Micó, R., Rihuete, C., Risch, R., y Sanahuja, M. E., 1999, *Proyecto Gatas 2. La dinámica arqueoecológica de la ocupación Prehistórica*, Monografías Arqueológicas, Junta de Andalucía. Consejería de Cultura, Sevilla.



*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

- Castro Martínez, P. V, Lull, V., y Micó, R., 1996, *Cronología de la Prehistoria Reciente de la Península Ibérica y Baleares (c.2800-900 cal ANE)*, BAR International Series 652, Oxford.
- Cattin, F., Labaune, M., Alcantara, A., Camizuli, E., Furestier, R., Gandois, H., Lemercier, O., Perrey, D., Sohn, M., Villa, I. M., y Villes, A., 2014, *Copper supply during the third millenium BC (Late Neolithic and Bell Beaker) from the Pyrénées to the Western Alps (Poster)*, En International Symposium of Archaeometry. Los Angeles 2014.
- Cauwe, N., 2003, *Un Age d'Argent. Premiers agriculteurs et premiers métallurgistes dans le Sud-Est de l'Espagne*, Treignes.
- Cert, C., 2003, Les Outils de métallurgistes de LA Capitelle du broum à Péret (Hérault). Données préliminaires dans le context régional. en *Mineros y Fundidores en el inicio de la Edad de los Metales. El midi francés y el norte de la Península Ibérica*, 58-69.
- De Cet, M., 2009, La cerámica calcolítica de Gatas en el contexto del Calcolítico del Sudeste de la Península Ibérica, Università degli studi di Padova.
- Černykh, E. N., 1978, Aibunar: a Balkan copper mine of the fourth millennium BC: (Investigations of the years 1971, 1972 and 1974), *Proceedings of the Prehistoric Society*, **44**, 203-17.
- Clop, X., y Álvarez, A., (en prensa), Les eines mineres de les mines de Gavà. Qüestions al voltant d'un utilatge especialitzat, en *Taula rodona: La mineria neolítica a Catalunya: els casos de la variscita, la sal i el Sílex (Cardona, 16 de novembre de 2013)*.
- Conesa García, C., 2006, *El medio físico de la Región de Murcia*, Universidad de Murcia, Murcia.
- Consuegra Rodríguez, S., Gallego García, M. del M., y Castañeda Clemente, N., 2004, Minería neolítica de sílex de Casa Montero (Vicálvaro, Madrid), *Trabajos de Prehistoria*, **61**(2), 127-40.
- Contreras, F., Nocete, F., y Ruíz, M., 1986, Primera campaña de excavaciones en el yacimiento de la Edad del Bronce de Peñalosa (Baños de la Encina, Jaén), *Anuario Arqueológico de Andalucía*, **II**, 75-8.
- Contreras, F., y Dueñas, J., 2010, *La Minería y la metalurgia en el Alto Guadalquivir: desde sus orígenes hasta nuestros días*, Instituto de Estudios Giennenses, Jaén.
- Contreras, F., y Moreno, A., 2015, Minería y metalurgia del cobre entre las poblaciones argáricas. La aportación del poblado de Peñalosa, en *PHICARIA. III Encuentros Internacionales del Mediterráneo* (ed. J. M. López Ballesta), 38-55, Universidad Popular de Mazarrón, Mazarrón.

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

- Contreras Cortés, F., 2000, *Análisis histórico de las comunidades de la edad del bronce del piedemonte meridional de Sierra Morena y depresión Linares-Bailén: Proyecto Peñalosa*, Vol. 10, Dirección General de Bienes Culturales, Sevilla.
- Contreras Cortés, F., Moreno Onorato, A., y Cámara Serrano, J., 2010, Los inicios de la minería. La explotación del mineral de cobre, en *La minería y la metalurgia en el Alto Guadalquivir: desde sus orígenes hasta nuestros días* (ed. F. COntreras y J. Dueñas Molina), 43-121, Instituto de Estudios Giennenses, Jaén.
- Cortés Santiago, H., 2007, El papel de los elementos cerámicos en los procesos metalúrgicos. El caso de Peñalosa, Grupo estructural VI, *@rqueología y territorio*, **4**, 47-69.
- Costa Caramé, M. E., Díaz-Zorita Bonilla, M., García Sanjuán, L., y Wheatley, D. W., 2010, El asentamiento de la Edad del Cobre de Valencina de la Concepción (Sevilla). Demografía, metalurgia y organización espacial, *Trabajos de Prehistoria*, **67**(1), 85-117.
- Costa Caramé, M. E., 2013, La actividad metalúrgica en Valencina de la Concepción (Sevilla): Problemática y situación actual de la investigación, En *El asentamiento prehistórico de Valencina de la Concepción (Sevilla): Investigación y Tutela en el 150 Aniversario del Descubrimiento de La Pastora* (eds. L. García Sanjuán, J. M. Vargas, V. Hurtado, T. Ruiz Moreno, y R. Cruz-Auñón), 459-68, *Historia y Geografía* 243, Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla, Sevilla.
- Courcier, A., 2014, Ancient Metallurgy in the Caucasus From the Sixth to the Third Millennium BCE, en *Archaeometallurgy in Global Perspective* (eds. B. W. Roberts, y C. P. Thornton), 579-664, Springer, New York.
- Craddock, P. T., 1980, The composition of Iberian Bronze Age Metalwork in the British Museum, en *Aspects of Early Metallurgy* (ed. W. A. Oddy), 51-62, *British Occasional Papers*, 17.
- Craddock, P. T., 1990, Copper smelting in the Bronze Age Britain: Problems and possibilities, en *Early mining in the British Isles. Actas del Workshop Early Mining en Plas Tan y Bwlch* (eds. P. Crew, y S. Crew), 69-71, Plas Tan y Bwlch, Gwynedd.
- Craddock, P. T., 2010, *Early metal mining and production*, Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Cuadrado, J., 1947, Algunos yacimientos prehistóricos de la zona de Totana-Lorca, en *Congreso Arqueológico del Sudeste Español* 3, 56-65.
- Cuadrado Díaz, E., 1947, La expansión de la cultura del Argar a través de Murcia, *III Congreso Arqueológico del Sudeste Español*, 68-72.

- Cuadrado Ruíz, J., 1935, Noticia de algunos yacimientos prehistóricos en la Provincia de Murcia, *Boletín de Bellas Artes de Murcia*, **13**, 30-7.
- Cuadrado Ruíz, J., 1949, *Una visita al Museo Arqueológico Provincial de Almería*, Almería.
- Daire, M. Y., 2007, Plaidoyer pour un outillage lithique de l'Âge du fer: le cas des maillets à gorge de l'Ouest de la France, *Anthropologie*, **111**(1), 106-31.
- Déchelette, J., 1908, *Manuel d'Archéologie Préhistorique, Celtique et Gallo-Romaine*, Vol. I, Librairie Alphonse Picard et Fils, Paris, <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6125171z>.
- Delgado Raack, S., y Risch, R., 2008, Lithic perspectives on metallurgy: An example from Copper and Bronze Age South-East Iberia, en «*Prehistoric Technology*» 40 years later: *Functional studies and the Russian Legacy. Proceedings of the International Congress, Verona (20th-23rd April 2005)* (eds. L. Longo, y N. Skakun), 235-52, B.A.R. International series 1783, Archaeopress, Oxford.
- Delgado Raack, S., 2008, *Prácticas económicas y gestión social de recursos (macro) líticos en la Prehistoria reciente (III-I milenios aC) del Mediterráneo occidental*, Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona.
- Delgado Raack, S., Escanilla Artigas, N., y Risch, R., 2014, Mazas Ocultas. Rastros de minería prehistórica en el Cerro Minado de Huércal-Overa (Almería), *Cuadernos de prehistoria y arqueología de la Universidad de Granada*, **24**, 13-44,.
- Delgado-Raack, S., Lull, V., Martín, K., Micó, R., Rihuete Herrada, C., y Risch, R., 2015, The Silversmith's Workshop of Tira Del Lienzo (Totana, Murcia) in The Context of Iberian Bronze Age Metallurgy, *Archaeometry*, DOI:10.1111/arc.12198.
- Delibes, G., Diaz-Andreu, M., Fernandez-Posse, M. D., Martín, C., Montero, I., Muñoz, I. K., Ruiz, A., y Languedoc, A., 1996, Poblamiento y desarrollo cultural en la Cuenca de Vera durante la Prehistoria Reciente, *Complutum Extra*, **6**(1), 153-70.
- Delibes de Castro, G., Fernández-Miranda, M., Fernández-Posse, M. D., Martín Morales, C., Rovira, S., y Sanz, M., 1989, Almizaraque (Almería): Minería y metalurgia calcolíticas en el Sureste de la Península Ibérica, en *Minería y metalurgia en las antiguas civilizaciones mediterráneas y Europeas* (ed. C. Domergue), 81-96, Ministerio de Cultura, Madrid.
- Deramaix, I., 1992, *La collection Siret a Bruxelles. 1. Néolithique & Chalcolithique*, Musées Royaux d'art et d'histoire, Bruselas.
- Derikonjic, S., Radivojević, M., Pernicka, E., y Rehren, T., 2011, The Vinca culture mining complex in Jarmovac, southwest Serbia, en *International Conference Archaeometallurgy in Europe III, 29 June – 1st July 2011, Bochum* (eds. A.

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

- Hauptmann, D. Modarressi-Tehrani, y M. Prange), Poster, Sonderheft 4, Bochum.
- Dolfini, A., 2013, The Emergence of Metallurgy in the Central Mediterranean Region: A New Model, *European Journal of Archaeology*, **16**(1), 21-62.
- Domergue, C., 1987, *Catalogue des mines et des fonderies antiques dans la Peninsule Ibérique. 2 vols*, Publicaciones de la casa de Velázquez, Madrid.
- Domergue, C., 1990, *Les mines de la Peninsule Ibérique dans l'Antiquité Romaine*, L'École Française de Rome, Rome.
- Domergue, C., 2010, Mes débuts dans l'archéologie minière de la Peninsule Ibérique (2). Prèmièrs pas a Carthagene, *MASTIA*, **9**, 133-49.
- Dory, A., 1893, Las antiguas minas de cobre y cobalto del Aramo; descubiertas por el sr. Van Straalen, *Revista Minera*, **XLIV**, 333-7.
- Duggen, S., Hoernle, K., Bogaard, P. Van Den, y Garbe-Schönberg, D., 2005, Post-Collisional Transition from Subduction- to Intraplate-type Magmatism in the Westernmost Mediterranean: Evidence for Continental-Edge Delamination of Subcontinental Lithosphere, *Journal of Petrology*, **46**(6), 1155-201.
- Eiroa, J. J., 1994, Novedades sobre el Calcolítico y el Bronce Antiguo en Murcia, en *Edad del Bronce. Cursos de Verano de la Universidad de Vigo*, 155-94, Xinzo de Limia, Vigo.
- 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., 2010, Análisis metálicos de armas procedentes de los ajueres funerarios del poblado Cerro de las Víboras de Bajil (Moratalla, Murcia), *AnMurcia*, **25-26**, 335-48.
- Eiroa García, J. J., 1998, El Cerro de las Víboras de Bajil: cinco años de investigaciones arqueológicas en Moratalla, *La recuperación de los núcleos urbanos y su entorno: (aportaciones para su estudio histórico-geográfico)*.
- Eliade, M., 2011, *Herreros y alquimistas*, Alianza Editorial, Madrid.
- Escanilla Artigas, N., 2008, La composición elemental de los objetos de metal. Análisis por ICP-AES de los objetos procedentes de excavaciones de urgencia de hábitats y necrópolis de la cuenca de París durante c. 1350 a 750 cal ANE, Trabajo de Investigación de 3er Ciclo, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelone.
- Escanilla Artigas, N., y Delgado Raack, S., 2015, Minería prehistorica del cobre (3100-1550 cal ANE) en el Levante Murciano, en *PHICARIA. III Encuentros Internacionales del Mediterráneo* (ed. J. M. López Ballesta), 77-99, Universidad Popular de Mazarrón, Mazarrón.

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

- Esperou, J. L., 2008, *Les Mines de Cabrières. Une exploitation des cuivres argentifères depuis la fin du III<sup>e</sup> millénaire avant notre ère*, Pro Baeteris, Cabrières.
- Espinosa, J., Martín Vivaldi, J. M., Martín Alafont, J. M., y Pereda, M., 1972, *Mapa Geológico de España E. 1:50.000, 2ª serie. Hoja nº 997 (Aguilas)*, IGME, Madrid.
- Espinosa, J., Jiménez, S., Monsalve, R., Macías, N., y Feria, J. L., 1981, *Revisión del mapa metalogenético Hoja N. 79, Murcia del M.T.N. a escala 1: 200.000*, Memoria, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- Estevan Senís, M. T., 1966, La explotación minera de la Sierra de Cartagena (1840-1919), *Cuadernos de geografía*, **977**(3), 211-34.
- Ezquerro del Bayo, J., 1841, Descripción de la Sierra de Almagrera y su riqueza actual, *Anales de Minas*, **II**, 237-53.
- Ezquerro del Bayo, J., 1850, Sobre los escoriales de fundiciones antiguas de España y, en particular, de los de Riotinto y del término de Cartagena, *Boletín Oficial del Ministerio de Comercio, Industria y Obras Públicas*, **9**, 489-511.
- Favreau, G., Eytier, J. R., y Escanilla Artigas, N., 2013, Les mines de Cerro Minado, Huércal-Overa (Almería, Espagne), *Le Cahier des Micromonteurs*, **121**, 3-122.
- Fernández Bolea, E., 2012, *Sierra Almagrera y Herrerías: Un siglo de historia minera (Cuevas del Almanzora, 1838-1936)*, Arráez Editores, Cuevas del Almanzora.
- Fernández Gutiérrez, M. F., 2004, Nueva aproximación a las minas de cobre y cobalto de la sierra del Áramo: La explotación contemporánea y el enclave de Rioseco, Riosa (Asturias), en *IV Congreso internacional sobre Patrimonio Geológico y Minero. Utrillas-2003*, 449-69.
- Fletcher Valls, D., 1961, La Ereta del Pedregal (Navarrés, Valencia), *Archivo de Prehistoria Levantina*, **9**, 79-96.
- Fontenla Ballesta, S., 2000, *Huércal y Overa medievales*, Ayuntamiento de Huércal-Overa, Huércal-Overa.
- Fournet, M. J., 1857, Reseña sobre los filones de la Sierra de Cartagena y sus alteraciones en la superficie; comprendiendo la formación de la alunita, *Revista Minera*, **8**.
- Fuentes, N., García-Martínez, M. S., González-Sampériz, P., Fernández, S., Carrión, J. S., López-Campuzano, M., y Medina, J., 2005, Degradación ecológica y cambio cultural durante los últimos cuatro mil años en el sureste ibérico semiárido, *Anales de Biología*, **27**, 69-84.
- Fusté Ara, M., 1982, Restos humanos de la Cueva de los Hombres Verdes en Urbiola (Navarra), *Trabajos de arqueología Navarra*, Institución Príncipe de Viana.

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

- Gallego Gallardo, J., García López, M., Jiménez Lorente, S., Linares Benito, J., Valbuena Medina, M. C., y Álvarez Azorín, P., 1985, Informe de las excavaciones arqueológicas que se llevan a cabo en parte de la antigua Cárcel de Torana, Murcia.
- Gallego Gallardo, J., García López, M. M., Jiménez Lorente, S., Linares Benito, J., Valbuena Medina, M. C., y Álvarez Azorín, P., 1986, Informe de la I campaña de excavación en el yacimiento arqueológico de «La Cárcel Vieja de Totana».
- Garay y Anduaga, R. de, 1870, Informe a la Academia de la Historia sobre el hallazgo de unos mazos de diorita, *Boletín-Revista de la Universidad de Madrid*, **2(2)**, 127-1239.
- Garay y Anduaga, R. de, 2010, Antigüedades prehistóricas de la provincia de Huelva. Magazine Article.
- García Asensio, E., 1910, *Historia de la villa de Huércal-Overa y su comarca: precedida de un estudio físico-geológico de la cuenca del río Almanzora y terminando con la descripción política actual*, Martínez y Giménez, Murcia.
- García Blánquez, L. A., López Martínez, J. D., Martínez Sánchez, C., y Ruiz Parra, I., 1993, La prospección arqueológica de las Fincas Casa Grande y Buena Vista (General Electric) de la Aljorra, Cartagena (Murcia), *Memorias de Arqueología*, **4 (1989)**, 628-39.
- García del Toro, J. R., 1997, Los hábitats neo-eneolíticos de las Amoladeras y de Calblanque en Cabo de Palos treinta años después. Nuevas perspectivas de futuro y puesta en valor, *Anales de la Universidad de Murcia 1997-1998*, **13-14**, 301-15.
- García Ruíz, B., 2001, *La minería en Lorca*, Camara de Comercio de Lorca, Lorca.
- García-Martínez, M. S., 2009, Recursos forestales en un medio semiárido. Nuevos datos antracológicos para la Región de Murcia desde la Edad del Bronce hasta época medieval, , Universidad de Murcia.
- García-Tortosa, F. J., López Garrido, Á. C., y Sanz de Galdeano, C., 2000, Las Unidades alpujárrides (y maláguides) entre Cabo Cope y Cabo de Palos (Murcia, España), *Geogaceta*, Sociedad Geológica de España.
- Garfinkel, Y., Klimscha, F., Shalev, S., y Rosenberg, D., 2014, The beginning of metallurgy in the southern Levant: a late 6th millennium CalBC copper awl from Tel Tsaf, Israel., *PLoS one*, **9(3)**, e92591.
- Genera, M., 2011, Las explotaciones mineras de la Península Ibérica en época prerromana : nuevas aportaciones en el sector Nordeste, en *Actas del V Congreso Internacional sobre Minería y Metalurgia históricas en el Suroeste Europeo (León, 2008)*, 259-84.

- GEODE, Base de Datos de Cartografía Metalogenética [en línea], *Sistema de Información Geológica Continua: SIGECO, IGME.*, IGME, URL: <http://cuarzo.igme.es/sigeco/default.htm>.
- Gilman Guillén, A., y San Nicolás del Toro, M., 1995, El poblado Calcolítico de El Capitán (Lorca), *Memorias de Arqueología*, **3**, 45-52.
- Goberna, M. V, 1986, Los Estudios de Prehistoria durante la segunda mitad del siglo XIX y primeros años del XX. La obra de Luis Siret, en *Homenaje a Luis Siret (1934-1984)* (ed. AA.VV.), Consejería de Cultura, Junta de Andalucía., Sevilla.
- Goldenberg, G., y Hanning, E., 2009, Survey of the mineral resources in the vicinity of the archaeological settlement of La Bastida (Totana, Murcia, Spain): A preliminary report, en *Memoria de actuaciones. Convenio de Colaboración entre el Ayuntamiento de Totana y la Universidad Autónoma de Barcelona* (eds. V. Lull, R. Micó, C. Rihuete, y R. Risch), 165-75, Totana.
- Goldenberg, G., y Hanning, E., 2014, Mining archaeological prospection for prehistoric copper ore mining activities in Portugal (Alentejo and Algarve, 2004 - 2007), en *Kupferzeitliche Metallurgie in Zambujal, in Estremadura, Südportugal und Südwestspanien*, (ed. M. Kunst), Madrider Beiträge, Madrid.
- Gómez Martínez, J. A., y Gómez Martínez, J., 2006, *La Prehistoria en el área de Puerto Lumbreras. Marco general y contextualización de yacimientos*, Ayuntamiento de Puerto Lumbreras, Puerto Lumbreras.
- Gómez Ramos, P., 1996, Hornos de reducción de cobre y bronce en la pre y protohistoria de la península Ibérica, *Trabajos de Prehistoria*, **53**(No.1), 127-43.
- Gómez Ramos, P., 1999, *Obtención de metales en la Prehistoria de la Península Ibérica*, Archaeopress, Oxford.
- Gómez Ródenas, M., 2007, Gómez Ródenas, *Alberca*, **6**, 35-59.
- González, T., 1832, *Registro y relación general de minas de la Corona de Castilla*, Madrid, Vol. 1,2,3.
- González Lasala, J., 1852, Minería de Cartagena. Reseña de los trabajos emprendidos en la parte de Sierra que media entre Porman y el Cabo de Palos, *Revista Minera*, **3**.
- González Quintero, P., Mederos Martín, A., Díaz Cantón, A., Martín Socas, D., Camalich Massieu, M. D., y López Salmerón, J. J., 1993a, El poblado fortificado de la Edad del Cobre del Puente de Santa Bárbara (Almería), *Vegueta*, **1**, 21-30.
- González Quintero, P., Díaz Cantón, A., Camalich Massieu, M. D., Martín Socas, D., Mederos Martín, A., y López Salmerón, J., 1993b, Prospección arqueológica superficial en la cuenca del Bajo Almanzora (Almería). Informe provisional de la

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

- campana de 1990, *Anuario Arqueológico de Andalucía 1990*, 59-64.
- Gonzalo y Tarín, J. G., 1888, *Descripción física, geológica y minera de la Provincia de Huelva*, Vol. 2, Madrid.
- Gordillo Martín, A., Espinosa Godoy, J., Martín Vivaldi, J. L., y Pérez Rojas, A., 1972, *Mapa Geológico de España, E:1:50.000, hoja 977 (Cartagena)*, I.G.M.E., Madrid.
- Grima Cervantes, J., 2001, Luis Siret y su libro «España Prehistórica», en *España Prehistórica* (ed. L. Siret), Arráez Editores, Mojácar.
- Gris Martínez, J., 2011, Inventario de la colección de minería y mineralogía de Bartolomé García Ruiz, *Alberca*, **9**, 249-76.
- Gris Martínez, L., 2006, Aproximación cronológica y cultural al poblado calcolítico de Puentes segun su cerámica, *Alberca*, **4**, 5-19.
- Gris Martínez, L., y Gris Martínez, J., 2007, Disimilaridad cultural en el calcolítico lorquino, *Alberca*, **5**, 15-42.
- Gröbner, J., y Fernández Périz, M. A., 2006, Los minerales de los yacimientos de Cu y Co de Molvizar y Cerro Minado en Andalucía, *Revista de minerales*, **3**(1), 48-56.
- Guardiola, R., 1927, Estudio metalogénico de la Sierra de Cartagena, *Memorias del Instituto Geológico de España*, Madrid.
- Guillén Móndejar, F., y del Ramo, A., Geología de la Región de Murcia, URL: <http://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,365,m,108>.
- H.-Pacheco, E., 1907, Los Martillos y las piedras con cazoletas de las antiguas minas de cobre de la Sierra de Córdoba, *Boletín Real Sociedad Española de Historia Natural*, **7**, 279-92.
- Hanning, E., 2008, Early copper metallurgy on the Iberian Peninsula - an archaeometallurgical approach, *Philosophische Fakultät*, Thesis, Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg.
- Hanning, E., Gauss, R., y Goldenberg, G., 2010, Metal for Zambujal: experimentally reconstructing a 5000-year-old technology, *Trabajos de Prehistoria*, **67**(2), 287-304.
- Hauptmann, A., Rehren, T., Schmitt-Strecker, S., y Der Anschnitt, 16, 2003, Early Bronze Age copper metallurgy at Shahr-i-Sokhta (Iran), reconsidered, en *Man and Mining* (eds. T. Stöllner, G. Körlin, G. Steffens, y J. Cierny), 197-213, Deutsches Bergbau Museum, Bochum.
- Hauptmann, A., 2007, *The Archaeometallurgy of Copper. Evidence from Faynan, Jordan*, Vol. 103.
- Heginbotham, A., Bassett, J., Bourgarit, D., Eveleigh, C., Glinsman, L., Hook, D.,



- Smith, D., Speakman, R. J., Shugar, A., y Van Langh, R., 2015, The Copper CHARM Set: A New Set of Certified Reference Materials for the Standardization of Quantitative X-ray Fluorescence Analysis of Heritage Copper Alloys, *Archaeometry*, **57**(5), 856-68.
- Hook, D. R., Freestone, I. C., Meeks, N. D., Craddock, P. T., y Moreno, A., 1991, The early production of copper-alloys in South-East Spain, en *Archaeometry'90* (eds. E. Pernicka, y G. A. Wagner), 65-76, Birkhäuser Verlag, Heidelberg.
- Hoover, C. H., Hoover, L. H., Clark Hoover, H., y Henry Hoover, L., 1950, *Agricola, G. De Re Metallica. Translated from the first latin edition of 1556*, Dover Publications, New York.
- Höppner, B., Bartelheim, M., Huijsmans, M., Krauss, R., Martinek, K. P., Pernicka, E., y Schwab, R., 2005, Prehistoric copper production in the Inn Valley (Austria), and the earliest copper in central Europe, *Archaeometry*, **47**(2), 293-315.
- Huelga-Suarez, G., Moldovan, M., Suárez Fernández, M., De Blas, M. A., Vanhaecke, F., y García Alonso, J. I., 2012, Lead isotopic analysis of copper ores from the Sierra de El Áramo (Asturias, Spain), *Archaeometry*, **54**(4), 685-97.
- Huelga-Suarez, G., Moldovan, M., Suárez Fernández, M., De Blas, M. A., y García Alonso, J. I., 2014, Isotopic composition of lead in copper ores and a copper artefact from the La Profunda mine (León, Spain), *Archaeometry*, **56**(4), 651-64.
- Hunt, M. A., Llull, B., Perelló, L., y Salvà, B., 2014, Aprovechamiento de recursos curíferos en la Edad del Bronce de Menorca: La mina de Sa Mitja Lluna (Illa den Colom), *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada*, **24**.
- Hunt Ortiz, M. A., 2003, *Prehistoric Mining and Metallurgy in South West Iberian Peninsula*, BAR Internacional Series 1188, Archaeopress, Oxford.
- Hunt Ortiz, M. A., 2005, La explotación de los recursos minerales en Europa y la Península Ibérica durante la Prehistoria, *BOCAMINA. Patrimonio minero de la región de Murcia*, 1-18.
- Hunt Ortiz, M. A., Hurtado Perez, V., Montero Ruiz, I., Rovira Llorens, S., y Santos Zalduegui, J. F., 2007, Chalcolithic metal production and provenance in the site of San Blas, en *Proceedings of 2nd International Conference. Archaeometallurgy in Europe* (ed. M. Associazione Italiana di), Aquileia, Milana.
- Hunt Ortiz, M. A., Contreras Cortés, F., y Arboledas Martínez, L., 2011, La procedencia de los recursos minerales metálicos en el poblado de la Edad del Bronce de Peñalosa (Baños de la Encina, Jaén), *V Congreso Internacional sobre Minería y Metalurgia Históricas en el Suroeste Europeo (León, 2008). Libro en Homenaje a Claude Domergue*, 195-206.

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

- Hunt Ortiz, M. A., Perelló Mateu, L., Llull Estarellas, B., Perelló i Fiol, D., y Salvà Simonet, B., 2013, Sa Mitjalluna: Minería prehistórica de cobre en Illa D'en Colom (Mahón, Menorca), *De Re Metallica*, **21**, 45-57.
- Hunt-Ortiz, M. A., 2004, Instrumentos mineros prehistóricos, en *Actas del IV Congreso Internacional sobre Patrimonio Geológico y Minero (Utrillas, 2003)* (ed. J. Mata y Perelló), 405-22, Teruel.
- Hunt-Ortiz, M. A., 2005, 6. El asentamiento de El Trastejón y la economía metalúrgica de la Edad del Bronce en Sierra Morena Occidental, en *El Asentamiento de El Trastejón (Huelva)* Consejería ed. (eds. V. Hurtado Pérez, L. García Sanuán, y M. Hunt Ortíz), Vol. 1, 167-261, Sevilla.
- Hunt-Ortiz, M. A., García-Dils de la Vega, S., Orche Amaré, P., y Hurtado Pérez, V. M., 2010, La Cueva de San Francisco-Mina de Potosí (Guadalcanal, Sevilla): un nuevo elemento geológico y arqueo-minero enriquecedor para el Parque Natural de la Sierra Norte de Sevilla, en *Cuevas: Patrimonio, Naturaleza, Cultura y Turismo* (eds. J. J. Durán, y F. Carasco), 547-62, Asociación de cuevas turísticas españolas, Madrid.
- IGME, 1970, Anteproyecto de investigación de minerales de hierro en las Provincias de Murcia y Albacete, Madrid.
- IGME, 1982, Investigación previa para Sn y otras sustancias en la zona de Lomo de Bas, IGME, Madrid.
- IGME, 1983, *Mapa Geológico de España. (E. 1: 50.000). Hoja de Orihuela nº 913*, IGME, Madrid.
- IGME, 1984, Estimación previa de las posibilidades mineras de estaño en la Reserva a favor del Estado denominada "Lomo de Bas, IGME, Madrid.
- IGME, 1986, Síntesis de las investigaciones Geológico-Mineras realizadas por el IGME en la Comunidad Autónoma de Murcia, IGME, Madrid.
- IGME, 1993, Mapa Geológico de Murcia, IGME, Madrid.
- IGME, 2000, *Mapa Metalogenético de la Región de Murcia (Escala 1: 200.000)*, IGME y Región de Murcia, IGME, Madrid.
- Illiev, I., Dimitrov, K., Kuleff, I., y Pernicka, E., 2007, Archaeometallurgical studies on eneolithic copper artifacts from Northeast Bulgaria, en *Archaeometallurgy in Europe 20072*, Associazione Italiana di Metallurgia (AIM), Aquileia, Italy 17-21 June 2007.
- Inchaurrandieta, R., 1869, Notice sur la montagne funeraire de la Bastida Province de Murcie (Espagne), en *Congrés International d'Anthropologie et d'Archeologie Préhistoriques*, 344-350.

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

- Iniesta Sanmartín, A., 1986, Informe de finalización de la excavación arqueológica de urgencia en la Cárcel Vieja de Totana, Murcia, inédito.
- ITGE, 1975, Proyecto: Fase de exploración geológico-minera en la Reserva de Cuevas de Almazora-Lubrín, IGME, Madrid.
- Ixer, R. A., 1999, The role of ore geology and ores in the archaeological provenancing of metals, en *Metals in Antiquity* (eds. S. Young, A. M. Pollard, P. Budd, y R. A. Ixer), 43-51, BAR International series 792, Archaeopress, Oxford.
- Jefatura Provincial del Distrito de Minas de Murcia, A., 1861, *Libro de planos de demarcaciones de minas del distrito minero de Murcia, dadas en el año 1861*, Jefatura Provincial del Distrito de Minas de Murcia, Murcia.
- Jiménez Lorente, S., Ayala Juan, M. M., y Navarro Hervás, F., 2005, Rambla Salada (Santomera, Murcia). Segunda Campaña de prospecciones arqueológicas., *Memorias de Arqueología*, **14**, 599-606.
- Jovanovic, B., 1982, *Rudna Glava*, Archaeological Institute, Belgrade.
- Jovanovic, B., 1989, Les premières mines de cuivre des Balkans et le Rôle qu'elles ont joué dans le développement de la métallurgie en Europe du Sud-est, en *Minería y metalurgia de las antiguas civilizaciones mediterráneas y europeas.*, 13-9, Ministerio de Cultura, Madrid.
- Junghans, S., Sangmeister, E., y Schröder, M., 1960, *Studien zu den Anfängen der Metallurgie*, Vol. 1, Gebr. Mann, Berlin.
- Junghans, S., Sangmeister, E., y Schröder, M., 1968, *Studien zu den Anfängen der Metallurgie*, Vol. 2, Gebr. Mann, Berlin.
- Junghans, S., Sangmeister, E., y Schröder, M., 1974, *Studien zu den Anfängen der Metallurgie, Kupfer und Bronze in der frühen Metallzeit Europas*, Vol. I, II-1, I, Gebr. Mann Verlag, Berlin.
- Kampschuur, W., Langeberg, C. W., Baena, J., Velando, F., García- Monzón, G., Paquet, J., y Rondeel, H. E., 1972, *Mapa geológico de España (E. 1:50.000). Hoja de Coy nº 932*.
- Keesmann, I., y Moreno Onorato, A., 1999, Naturwissenschaftliche Untersuchungen zur frühen Technologie von Kupfer und Kupfer-Arsen-Bronze, en *The Beginnings of metallurgy* Der Anschn ed. (eds. A. Hauptmann, E. Pernicka, T. Rehren, y Ü. Yalçın), 317-32, Deutsches Bergbau Museum, Bochum.
- Killick, D., 2014, From Ores to Metals, en *Archaeometallurgy in Global Perspective* (eds. B. W. Roberts, y C. P. Thornton), 11-45, Springer New York.
- Klein, S., Domergue, C., Lahaye, Y., Brey, G. P., y Von Kaenel, H. M., 2009, The lead and copper isotopic composition of copper ores from the Sierra Morena (Spain),

*Journal of Iberian Geology*, **35**(1), 59-68.

- Klemm, J. G., 1865, Noticias sobre los trabajos mineros antiguos en un filón de cuarzo de los Cerros Marianos en la provincia de Córdoba, *Revista Minera*, **XVI**, 178-81.
- Klose, O., 1918, Die prähistorischen Funde von Mitterberge bei Bischofen, en *Urgeschichte des Kronlandes Salzburg* (ed. G. Kyrel), Wien.
- Krajnovic, D., Jankovic, S., Jovanovic, B., Lorenz, I., Pavicevic, M., y Wagner, G. A., 1995, Early copper production in Serbia: Potential ore sources and archaeometallurgical studies on slags, en *Ancient mining and metallurgy in southeast Europe*, 59-67, Archaeological Institute Belgrade and Museum of mining and metallurgy, Bor, Milanovac.
- Labaune, M., Cattin, F., Lemercier, O., Soriano, I., y Villa, I., 2015, Trace the origin of the Bell Beaker copper artefacts in South-western Europe, en *Archaeometallurgy in Europe IV, Madrid 2015 of abstracts*, 43, Madrid.
- Landreau, V., 2010, Mise en place et validation d'un protocole de mesure par XRF portable de la composition élémentaire du métal constitutif des objets du patrimoine culturel, Rapport de Stage, C2RMF, París.
- Leblanc, M., 1997, Gîtes et gisements de cuivre de la France méridionale : typologie et caractéristiques géochimiques, *Archéologie en Languedoc*, **21**, 21-5.
- Lechtman, H., 1996, Arsenic Bronze: Dirty Copper or Chosen Alloy? A View from the Americas, *Journal of Field Archaeology*, **23**(4), 477-514.
- Lechtman, H., y Klein, S., 1999, The production of copper-arsenic alloys (arsenic bronze) by cosmelting : modern experiment, ancient practice, *J. Archaeological Science*, **26**, 497-526.
- Lehner, J. W., y Yener, K. A., 2014, Organization and Specialization of Early Mining and Metal Technologies in Anatolia, en *Archaeometallurgy in Global Perspective SE - 20* (eds. B. W. Roberts, y C. P. Thornton), 529-57, Springer New York.
- Lewis, A., 1990, Underground exploration of the Great Orme copper mines, *Workshop Early Mining en Plas Tan y Bwlch (17-19 noviembre 1989)*, 5-10, Plas Tan y Bwlch, Snowdonia National Park Study Centre.
- Limpert, E., Stahel, W. a., y Abbt, M., 2001, Log-normal Distributions across the Sciences: Keys and Clues, *BioScience*, **51**(5), 341.
- Linares Catela, J. A., y Odriozola Lloret, C. P., 2011, Cuentas de collar de variscita y otras piedras verdes en tumbas megalíticas del suroeste de la Península Ibérica: cuestiones acerca de su producción, circulación y presencia en contextos funerarios, *Menga: Revista de prehistoria de Andalucía*, **1**, 335-70, Junta de Andalucía.

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

- Llull Estarellas, B., Perelló Mateu, L., Hunt, M., Perelló i Fiol, D., y Salvà Simonet, B., 2012, L'exploració prehistòrica dels recursos cuprífers d'Illa d'en Colom (Maó, Menorca), en *VI Jornades d'arqueologia de les Illes Balears (Eivissa, 1 i 2 d'Octubre, 2010)* (ed. M. Riera Rullan), 11-7, Vessants, Arqueologia i Cultura, SL, Eivissa.
- Llull Estarellas, B., y Perelló Mateu, L., 2013, La mineria del coure a Menorca. De la prehistòria a la actualitat, *BSAL*, **69**, 75-93.
- Lomba Maurandi, J., 1989, Los blanquizares de Lébor. Lo colectivo y lo individual : una revisión crítica, *Anales de prehistoria y arqueología*, **5**, 69-80.
- Lomba Maurandi, J., 1996, El poblamiento del eneolítico en Murcia: estado de la cuestión, *Tabona: Revista de prehistoria y de arqueología*, **9**, 317-40.
- Lomba Maurandi, J., Martínez Rodríguez, A., Ponce García, J., Pujante Martínez, A., y Sánchez González, M. J., 1996, Prospección Arqueológica Lébor 90, *Memorias de Arqueología*, **5**, 744-63.
- Lomba Maurandi, J., y Eiroa García, 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 Maurandi, J., 1998, El Portillo: estructuración urbanística y territorio en un asentamiento argárico del Noroeste (Cehegín, Murcia), *La recuperación de los núcleos urbanos y su entorno: (aportaciones para su estudio histórico-geográfico)*, 67-80.
- Lomba Maurandi, J., Martínez Rodríguez, A Ponce Garcia, J., Sánchez González, M. J., Cano Gomáriz, M., y Sánchez Pravia, J. A., 1998, Prospección Arqueológica Guadalentín III, *Memorias de Arqueología*, **8**, 481-503.
- Lomba Maurandi, J., 2001, El Calcolítico en el Valle del Guadalentín: bases para su estudio, *Clavis*, **2**, 7-47.
- Lomba Maurandi, J., López Martínez, M., Ramos Martínez, F., y 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**(2), 143-60.
- López, P., 1988, Estudio polínico de seis yacimientos del Sureste Español, *Trabajos de Prehistoria*, **45**, 335-45.
- López Burgos, M. A., 2005, La minería española en la obra impressions of Spain de Albert. F. Calvert, *Cuadernos Geográficos*, **37**, 227-70.
- López Garrido, Á. C., Sanz de Galdeano, C., y García-Tortosa, F. J., 2000, Las unidades de Cabo Tiñoso y Peñas Blancas: revisión y caracterización

- estratigráfica de las unidades alpujárrides del sector entre Mazarrón y Cartagena (Murcia, España), *Estudios geológicos*, **56**(1), 31-40.
- López Padilla, J. A., 2006, Consideraciones en torno al «Horizonte Campaniforme de Transición», *Archivo de Prehistoria Levantina*, **XXVI**, 193-243.
- Lull, V., 1983, *La «Cultura» de El Argar. Un modelo para el estudio de las formaciones económico-sociales prehistóricas*, Akal, Madrid.
- Lull, V., 2007, *Los objetos distinguidos. La arqueología como excusa*, Edicions Bellaterra, Barcelona.
- Lull, V., Micó, R., Rihuete, C., y Risch, R., 2009, El yacimiento arqueológico de La Bastida (Totana): pasado y presente de las investigaciones, *Cuadernos de la Santa*, **11**, 205-18.
- Lull, V., Micó, R., Rihuete, C., y Risch, R., 2010a, Las relaciones políticas y económicas de El Argar, *Menga: Revista de prehistoria de Andalucía*, **1**, 11-35.
- Lull, V., Micó, R., Rihuete, C., y Risch, R., 2010b, Metal and social production relations of production in the 3rd and 2nd millenia BCE in the southeast of the Iberian Peninsula, *Trabajos de Prehistoria*, **67**(2), 323-347.
- Lull, V., Micó, R., Rihuete, C., y Risch, R., 2010c, El Argar and the Beginning of Class Society in the Western Mediterranean, En *Socialarchäologische Perspektiven: Gesellschaftlicher Wandel 5000-1500 v. Chr. zwischen Atlantik und Kaukasus* (eds. S. Hansen, y J. Muller), 381-414, Von Zabern, Berlín.
- Lull, V., Micó, R., Rihuete, C., y Risch, R., 2012, «Proyecto La Bastida»: economía, urbanismo y territorio de una capital argárica, *Verdolay*, **13**, 57-70.
- Lull, V., Micó, R., Rihuete, C., y Risch, R., 2013, La fortificación de La Bastida y los orígenes de la violencia militarizada de Europa, *Cuadernos de la Santa*, **15**, 247-54.
- Lull, V., Micó, R., Rihuete, C., y Risch, R., 2014, The La Bastida fortification: new light and new questions on Early Bronze Age societies in the western Mediterranean, *Antiquity*, **88**(340), 395-410.
- Lull, V., Micó, R., Risch, R., y Rihuete, C., 2015, Transition and conflict at the end of the 3rd millenium BC in South Iberia, en *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)* (eds. H. Meller, H. Wolfgang, R. Jung, y R. Risch), 363-405, Landesmuseum Dür Vergeschichte Halle, Halle (Saale).
- Maddin, R., Muhly, J. D., y Stech Wheeler, T., 1999, Early metalworking at Cayonu, *The Beginnings of metallurgy*, (eds. Hauptmann A., Pernicka E., Rehren T., Yalçin Ü.),

*Der Anschnitt, Beiheft 9, Bochum, 37-44.*

- Maggi, R., y Pearce, M., 2003, Excavations at the fourth millennium cal BC copper mines at Monte Loreto (Liguria - NW Italy), en *International Conference, Archaeometallurgy in Europe*, Associazione Italiana di Metallurgia, Milan, Italy.
- Maggi, R., y Pearce, M., 2005, Mid fourth-millennium copper mining in Liguria, north-west Italy: the earliest known copper mines in Western Europe, *Antiquity*, **79**(303), 66-77.
- Maicas Ramos, R., y Román Díaz, M. P., 2001, Asentamientos neolíticos de la Cuenca de Vera (Almería) en la colección Siret, *Boletín del Museo Arqueológico Nacional*, **19**, 9-40.
- Maluquer de Motes, J., 1962, Cueva sepulcral de Urbiola, *Príncipe de Viana*, **23**, 419-424, Institución Príncipe de Viana.
- Manteca, J. I., y Ovejero, G., 1992, Los yacimientos Zn, Pb, Ag-Fe del distrito minero de La Unión-Cartagena, Bética Oriental, *Colección textos universitarios*, **15**, 1085-1102, <http://hdl.handle.net/10317/443>.
- Manteca, J. I., Pérez de Perceval, M. A., y López-Morell, M. A., 2005, La Industria Minera en Murcia durante la época contemporánea, en *Patrimonio minero de la Región de Murcia. Bocamina* (eds. J. A. Antolinos Marín, y J. I. Manteca), 119-29, Museo de la Ciencia y el Agua i Ayuntamiento de Murcia, Murcia.
- Marín Lechado, C., Roldán García, F. J., Pineda Velasco, A., Martínez Zubieta, P., Rodero Pérez, J., y Díaz Pinto, G., Mapa Geológico Digital continuo E. 1: 50.000, Zonas internas de las Cordilleras Béticas. (Zona-2100), en *GEODE. Mapa Geológico Digital continuo de España.[en línea]. Sistema de Información Geológica Continua: SIGECO*, IGME (Navas J. ed.) [Fecha de consulta 2011], <http://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/geodezona.aspx?Id=Z2100>
- Martín Gil, F. J., y Sarabia Herrero, F. J., 1998, Análisis químicos y arqueología. La caracterización de aleaciones, en *Arqueometalurgia del Bronce. Introducción a la metodología de trabajo* (eds. J. Fernandez Manzano, y F. J. Sarabia Herrero), 31-43, Universidad de Valladolid, Departamento de Prehistoria y Arqueología, Valladolid.
- Martín-Bueno, M., y Pérez Arrondo, C. L., 1989, Protometalurgia y metalogénesis en la Cuenca del Ebro, en *Minería y metalurgia de las antiguas civilizaciones mediterráneas y europeas (Madrid, Octubre 1985). Vol. I* (ed. C. Domergue), 167-85, Ministerio de Cultura, Madrid.
- Martínez-Aedo, M. A., Páez, M., y López Sandoval, M., 2010, Guía Geológica del Parque Regional de Sierra Espuña, Consejería de Agricultura y Agua. Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad, Murcia.

- Martínez Martínez, C., y Bellón Aguilera, J., 2011, Prospección Arqueominera en Totana (Murcia). Avance preliminar, en *Valorización de elementos geomíneros en contexto de los geoparques. Actas del XII Congreso Internacional sobre Patrimonio Geológico y Minero* (ed. J. M. Mata-Perelló), 85-98, Boltaña.
- Martínez Rodríguez, A., 1988, Informe preliminar: Excavaciones en la calle Zapatería, nº 5 de Lorca, informe inédito, Lorca.
- Martínez Rodríguez, A., y Ponce García, J., 1999, El Castillo de Felí (Purias, Lorca) a partir de las últimas intervenciones arqueológicas, *Clavis*, **1**, 9-36.
- Martínez Rodríguez, A., y Ponce, J., 2002a, Excavación arqueológica de urgencia en el subsuelo de la antigua iglesia del convento de las Madres Mercedarias (C/ Zapatería-C/Cava, Lorca), *Memorias de Arqueología*, **10**, 90-137.
- Martínez Rodríguez, A., y Ponce, J., 2002b, Segunda intervención arqueológica en la plaza de Juan Moreno, Nº 8, confluencia con calle Los Tintes, Lorca, *Memorias de Arqueología*, **10**, 150-60.
- Martínez Rodríguez, A., y 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.
- Martínez Salvador, A., 2012, Evidencias Arqueológicas de la minería prerromana en Cartagena: La explotación minero-metalúrgica del Cabezo de la Escucha en Cala Reona (Cartagena, España), *Lucentum*, **31**, 61-90.
- Martínez Sánchez, C., y San Nicolás del Toro, M., 2003, El Neolítico en Murcia: continuidad y cambio durante el Calcolítico, *Estudios de arqueología dedicados a la profesora Ana María Muñoz Amilibia*, 155-174.
- Martínez Santa-Olalla, J., Sáez, B., Posac, C. F., Sopranis, J. A., y Val, E., 1947, *Excavaciones en la ciudad del Bronce Mediterráneo II de La Bastida de Totana (Murcia)*, Ministerio de Educación Nacional, Comisaría de Excavaciones Arqueológicas, Informes y Memorias, Madrid.
- Martinón-Torres, M., y Rehren, T., 2014, Technical Ceramics, en *Archaeometallurgy in Global Perspective SE - 6* (eds. B. W. Roberts, y C. P. Thornton), 107-31, Springer, New York.
- Martín-Rojas, I., Sanz de Galdeano, C., Martín-Martín, M., y García-Tortosa, F. J., 2007a, Geometry and kinematics of an antiformal stack deduced from brittle structures. Example of the Internal Betic Zone in the Sierra Espuña (province of Murcia, Spain), *G. R. Geoscience*, **339**, 506-15.
- Martín-Rojas, I., Estévez, A., Martín-Martín, M., y García-Tortosa, F. J., 2007b, New data from Orihuela and Callosa Mountains (Betic Internal Zone, Alicante, SE



*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

- Spain). Implications for the «Almágride Complex» controversy, *Journal of Iberian Geology*, **33**(2), 311-8.
- Massart, A., 1876, Descripción de los criaderos metalíferos del distrito de Cartagena, *Revista Minera*, **44**, 46-48, 53-55, 61-63, 69-71, 77-79,.
- Mathers, C., 1986, Regional Development and interaction in South-East Spain, Sheffield University.
- Matías Rodrigo, R., Neira Campos, A., y Alonso Herrero, E., 2000, Explotación prehistórica del yacimiento de cobre de la mina «La Profunda» (Cármenes, León-España), *Primer simposio sobre la minería y la metalurgia Antigua en el SW Europeo*, 117-130, Serós.
- Mederos, A., 1995, La Cronología absoluta de la Prehistoria Reciente del Sureste de la Península Ibérica, *Pyrenae*, **26**, 53-90.
- 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**(Extra), 298-323.
- Merideth, C., 1998, *An Archaeometallurgical Survey for Ancient Tin Mines and Smelting Sites in Spain and Portugal. Mid-Central Western Iberian Geographical Region, 1990-1995*, BAR Archaeological Series 714, Oxford.
- Merkel, M., 2010, Bell Beaker metallurgy and the emergence of Fahlore-copper use in central Europe, *Interdisciplinary Archaeology*, **1**(1), 19-27.
- Milá Otero, M. S., Ayala Juan, M. M., Pérez Sirvent, M. del C., Martínez Sánchez, J., y Tudela Serrano, M. L., 1999, Estudio comparativo de las cerámicas neolíticas y argáricas del Cerro de las Viñas de Lorca, Murcia, *XXIV Congreso Nacional de Arqueología : Cartagena, 1997*, Instituto de Patrimonio Histórico.
- Mille, B., Bourgarit, D., y nº5, M. I., 1998, Du minerai de cuivre exploité dès le Chalcolithique : les exemples de Cabrières (Hérault) et Al Claus (Tarn et Garonne), en *Paléoméallurgie des cuivres* (ed. M. C. Frère-Sautot), 27-36, Monique Mergoïl, Montagnac.
- Molina, F., y Cámara, J. A., 2005, *Guía del Yacimiento Arqueológico Los Millares*, Junta de Andalucía. Consejería de Cultura, Sevilla.
- Molist, M., Montero Ruiz, I., Clop, X., Rovira, S., Guerrero, E., y Anfruns, J., 2009, New Metallurgic Findings from the Pre-Pottery Neolithic: Tell Halula (Euphrates Valley, Syria), *Paleorient*, **35**, 33-48.
- Monasterio, J., 1846, Sobre el estado de la industria minera y metalúrgica de Cartagena al finar del año 1845, *Anales de Minas*, **4**, 287-316.
- Monasterio, J., 1850, Industria minera de Cartagena, *Revista Minera*, **1**, 141-148-173-

428.

- Monasterio, J., 1855, Minería de Cartagena, *Revista Minera*, **6**, 598-603.
- Montero Ruiz, I., 1992, La actividad metalúrgica en la Edad del Bronce del sudeste de la península ibérica: tecnología e interpretación cultural, *Trabajos de Prehistoria*, **49**, 189-215.
- Montero Ruiz, I., 1994, *El Origen de la Metalurgia en el sudeste de la Península Ibérica*, Instituto de Estudios Almerienses, Almería.
- Montero Ruiz, I., y Ruiz-Taboada, A., 1996, Enterramiento colectivo y metalurgia en el yacimiento neolítico de Cerro Virtud (Cuevas de Almanzora, Almería), *Trabajos de Prehistoria*, **53**(2), 55-75.
- Montero Ruiz, I., 1999, Sureste, en *Las primeras etapas metalúrgicas de la Península Ibérica*, Vol. II (ed. G. Delibes de Castro e I. Montero), 333-57, Madrid.
- Montero Ruiz, I., 2002, Metal y circulación de bienes en la prehistoria reciente, *Cypsela*, **14**, 55-68.
- Montero Ruiz, I., y Murillo Barroso, M., 2010, La producción metalúrgica en las sociedades argáricas y sus implicaciones sociales: una propuesta de investigación, *Menga: Revista de prehistoria de Andalucía*, **1**, 37-51.
- Montero Ruiz, I., Rafel, N., Hunt-Ortiz, M. A., Mata-Perelló, J. M., Odriozola, C. P., Soriano, I., y 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)*, 131-40, Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero, Madrid.
- Montero Ruíz, I., y Rodríguez de la Esperanza, M. J., 2008, Un pequeño campamento minero de la Edad del Bronce: La Loma de la Tejería (Albarracín, Teruel), *Trabajos de Prehistoria*, **65**(1), 155-68.
- Montero-Ruiz, I., 1991, Estudio arqueometalúrgico en el sureste de la Península Ibérica, *Departamento de Prehistoria*, Universidad Complutense.
- Montero-Ruiz, I., Rovira-Llorens, S., y Gómez Ramos, P., 1995, Plata argárica, *Boletín de la Asociación Española de Amigos de la Arqueología*, **35**, 97-106.
- Moreno, A., Alarcón, E., y Contreras, F., 2012, La metalurgia y otras actividades de mantenimiento en una casa argárica. El complejo estructural XVIa de Peñalosa (Baños de la Encina, Jaén), *Antiquitas*, **24**, 95-116.
- Moreno Onorato, A., 2000, La metalurgia de Peñalosa, en *Análisis histórico de las comunidades de la Edad del Bronce del Piedemonte Meridional de Sierra Morena y Depresión Linares-Bailén*. (ed. F. Contreras Cortés), Vol. I, 165-222,

Arqueologías Monografías 10, Consejería de Cultura, Junta de Andalucía.,  
Sevilla.

- Moreno Onorato, A., Contreras Cortés, F., Renzi, M., Rovira Llorens, S., Cortés Santiago, H., Rovira, S., y Cortés Santiago, 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**(2), 305-22.
- Moreno Onorato, A., y Contreras Cortés, F., 2010, La organización social de la producción metalúrgica en las sociedades argáricas: el poblado de Peñalosa, *Menga: Revista de prehistoria de Andalucía*, **1**, 53-75.
- Moreno Onorato, A., Rovira-Llorens, S., Contreras Cortés, F., Arboledas Martínez, L., Alarcón García, E., y Mora González, 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)*, 16, Madrid.
- Moulin, B., THhirault, É., Vital, J., y Bailly-Mître, M., 2012, Quatre années de prospection sur les extractions de cuivre de l'âge du Bronze ancien dans le massif des Rousses en Oisans (Isère et Savoie, France), en *9e rencontres Méridionales e Préhistoire Récente, Saint-Goerges de Didonne, 8 et 9 oct 2010* (eds. T. Perrin, I. Sénépart, J. Cauliez, E. Thirault, y S. Bonnardin), 341-369, Toulouse, Archives d'écologie Préhistorique, 2012.
- Müller, R., Rehren, T., y Rovira, S., 2004a, Almizaraque and the early copper metallurgy of Southeast Spain: new data, *Madridier Mitteilungen*, **45**, 33-56.
- Müller, R., Rovira, S., y Rehren, T., 2004b, The question of early copper production at Almizaraque Southeast Spain, en *34th International Symposium of Archaeometry*, 209-16, Institucion «Frenando el Católico», Zaragoza.
- Müller, R., Goldenberg, G., Bartelheim, M., Kunst, M., y Pernicka, E., 2007, Zambujal and the beginnings of metallurgy in southern Portugal, en *Metals and mines: studies in archaeometallurgy* (eds. S. La Niece, D. Hook, y P. T. Craddock), 15-26, Archetype Publications Ltd, London.
- Müller, R., 2008, Zambujal und die anfänge der metallurgie in der Estremadura (Portugal). Technologie der kupfergewinnung, Herkunft des metalls und soziokulturelle Bedeutung der Innovation, Eberhard-Karls-Universität Tübingen.
- Müller, R., Pernicka, E., y Archäologie, U. zur prähistorischen, 2009, Chemical Analyses in Archaeometallurgy: A View on the Iberian Peninsula, en «*Metals and Society*», *studies in honour of Barbara S. Ottaway*. (eds. T. L. Kienlin, y B. W. Roberts), 296-306, Habelt, Bonn.
- Muñoz Amilibia, A. M., 1982, Poblado eneolítico del tipo Los Millares en Murcia.

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

- España, en *XVI Congreso Nacional de Arqueología*, 71-5, Murcia.
- Muñoz Amilibia, A. M., 1986, Sepultura del Cabezo del Plomo (Mazarrón, Murcia), *Anales de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Murcia*, **2**, 17-28.
- Muñoz Amilibia, A. M., 1993, Neolítico Final-Calcolítico en el Sureste Peninsular: El Cabezo del plomo (Mazarrón, Murcia), *Espacio, Tiempo y Forma, Serie I. Prehistoria y Arqueología*, **6**, 133-80.
- Murillo Barroso, M., y Montero Ruiz, I., 2012, Copper Ornaments in the Iberian Chalcolithic: Technology versus Social Demand, *Journal of Mediterranean Archaeology*, **25**, 53-73.
- Murillo Barroso, M., Montero Ruiz, I., y Aranda Jiménez, G., 2015, An insight into the organisation of metal production in the Argaric society, *Journal of Archaeological Science: Reports*, **2**, 141-55.
- Murillo-Barroso, M., 2013, Producción y consumo de plata en la Península Ibérica. Un análisis comparativo entre la sociedad argárica y los primeros asentamientos orientalizantes, Universidad de Granada.
- Nocete, F., 2001, *Tercer Milenio A.N.E. Relaciones y contradicciones Centro/Periferia en el Valle del Guadalquivir*, Bellaterra-Arqueología, Barcelona.
- Nocete Calvo, 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.
- Nocete Calvo, F., Sáez, R., y Nieto Linan, J. M., 2004, La producción de cobre en Cabezo Juré: estudio químico, mineralógico y contextual de escorias, en *Odiel. Proyecto de investigación arqueológica para el análisis del origen de la desigualdad social en el suroeste de la península ibérica* (ed. F. Nocete Calvo), 273-95, Consejería de cultura, Sevilla.
- 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., y 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**(3), 717-32.
- Nocete, F., Lizcano, R., Peramo, A., y 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**(2), 219-37.
- Nocete, F., Sáez, R., Bayona, M. R., Peramo, A., Inacio, N., y 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**, 3278-95.

- O'Brien, W., 1998, La mine de cuivre de Ross Island et la métallurgie Chalcolithique en Irlande, *Paléoméallurgie des cuivres*, 101-7, Monographies Instrumentum; éditions Monique Mergoïl, Bourg-en-Bresse et Beaume.
- O'Brien, W., 1999, Arsenical copper in early Irish Metallurgy, *Metals in Antiquity* (eds. S. Young, A. M. Pollard, P. Budd, y R. A. Ixer), 33-42, BAR International series 792, Archaeopress, Oxford.
- O'Brien, W., 2003, The Bronze Age copper mines of the Goleen area, Co. Cork, *Proceedings of the Royal Irish Academy*, **103C**(2), 13-59.
- O'Brien, W., 2011, Prehistoric copper mining and metallurgical expertise in Ireland, en *Povoamento e Exploracao dos Recursos Mineiros* (eds. C. Maria Braz Martins, A. Bettencourt, J. I. Martins, y J. Carvalho), 337-57, Braga, Portugal.
- O'Brien, W., 2013, Bronze Age copper mining in Europe, en *Oxford Handbook of the Bronze Age*, 433-49, Oxford University Press, Oxford.
- Odriozola, C. P., Linares-Catela, J. A., y Hurtado-Pérez, V., 2010, Variscite source and source analysis: testing assumptions at Pico Centeno (Encinasola, Spain), *Journal of Archaeological Science*, **37**(12), 3146-57.
- Odriozola, C. P., y Villalobos-García, R., 2015, La explotación de variscita en el Sinforme de Terena: El complejo minero de Pico Centeno (Encinasola, Huelva), *Trabajos de Prehistoria*, **72**(2), 342-52.
- Odriozola Lloret, C. P., Linares Catela, J. A., y Hurtado Pérez, V., 2009, Caracterización de la variscita de Pico Centeno (Encinasola, Huelva) y de las cuentas de collas procedentes de yacimientos prehistóricos del Suroeste, *VIII Congreso Ibérico de Arqueometría*.
- Orche, E., Puche, O., Amaré, M. P., y Mazadiego, L. F., 2004, Un caso de patrimonio minero intengible: El Tío de las minas bolivianas, *De Re Metallica*, **3**, 33-42.
- De Pascale, A., 2004, «Hammerstones from early copper mines»: sintesi dei ritrovamenti nell'Europa e nel Mediterraneo orientale e prime considerazioni sui mazzuoli di Monte Loreto (IV millennio BC - Liguria), *Rivista di Studi Liguri*, **69**, 5-42.
- Pato, F., y Peña, F., 1918, Estudio industrial de varios yacimientos metalíferos del término de Lorca, *Boletín Oficial de Minas y Metalurgia*, **II**(9), 1-25.
- Pedrerá Parías, A., 2008, Structure and tectonic evolution of the Almanzora corridos and the western Huércal-Overa basin (Eastern Betic Cordillera), Universidad de Granada.

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

- Pellicer, M., y Acosta, P., 1974, Prospecciones arqueológicas en el Alto Valle del Almanzora (Almería), *Zephyrus*, **25**, 155-76.
- Pellicer, M., y Hurtado Perez, V., 1980, *El Poblado Metalúrgico de Chinflón (Zalamea la Real, Huelva)*, Publicaciones del Departamento de Prehistoria y Arqueología, Univ. de Sevilla, Sevilla.
- Penco Valenzuela, F., 2007, Acerca de la minería del cobre en Cerro Muriano y de la aprobación de un planeamiento urbanístico desproporcionado, *De Re Metallica*, **8**, 37-48.
- Peñuelas, 1851, Minería de la parte Oeste de la provincia de Murcia, *Revista Minera*, **2**, 154-6.
- Perelló, L., Llull, B., y Salvà, B., 2010, El coure balear: explotació a la prehistòria, *Mayurqa*, **3**, 63-75.
- Perelló, L., Llull, B., Salvà, B., y Hunt, M. A., 2013, Sa Mitja Lluna: una mina de coure de l'edat del bronze, *Revista Àmbit*, **29**, 1-5.
- Pérez Asensio, M., 2004, Excavación en el solar de avenida Juan Carlos I nº79 con Carril de Caldereros s/n de Lorca, *Jornadas de Patrimonio Histórico y Arqueología de la Región de Murcia*, **XV**, 33-6.
- Pérez de Vargas, B., 1569, *De Re Metallica. en el cual se tratan muchos y diversos secretos del conocimiento de toda suerte de minerales*, Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas, Madrid.
- Pérez Macías, J. A., 2008, Recursos minerales de cobre y minería prehistórica en el suroeste de España, *Verdolay*, **11**, 9-36.
- Pernicka, E., 1990, Gewinnung und Verbreitung der Metalle in prähistorischer Zeit, *Jahrbuch des Röm. German. Zentralmuseums Mainz*, **37**, 67-75.
- Pernicka, E., Begemann, F., Schmitt-Strecker, S., Todorova, H., y Kuleff, I., 1997, Prehistoric copper in Bulgaria, its composition and provenance, *Eurasia Antiqua*, **3**, 41-180.
- Pernicka, E., 1999, Trace element fingerprint of ancient copper, A guide to technology provenance?, en *Metals in Antiquity* (eds. S. Young, A. M. Pollard, P. Budd, y R. A. Ixer), 163-71, BAR International series 792, Oxford.
- Pickin, J., y Timberlake, S., 1988, Stone hammers and fire-setting: a preliminary experiment at Cwmystwyth mine, Dyfed, *Bulletin of the Peak District Mines Historical Society*, **10**(3), 165-7.
- Pickin, J., 1990, Stone tools and early metal mining in England and Wales, Early mining in the British Isles, *Workshop Early Mining en Plas Tan y Bwlch (17-19 noviembre 1989)*, 39-42, Plas Tan y Bwlch, Snowdonia National Park Study Centre.

- Pittioni, R., 1951, Prehistoric Copper-mining in Austria. Problems and Facts, *Annual Report of London Institute of Archaeology*, **7**, 16-43.
- Pollard, A. M., Thomas, R. G., y Williams, P. A., 1990, Experimental smelting of arsenical copper ores: Implications for Early Bronze Age copper production, en *Early mining in the British Isles* Occasional ed. (eds. P. Crew, y S. Crew), Vol. Occasional, 72-4, Plas Tan y Bwlch, Snowdonia National Park Study Centre, Gwynedd.
- Pollard, A. M., Thomas, R. G., Ware, D. P., y Williams, P. A., 1991, Experimental smelting of secondary copper minerals : implications for Early Bronze Age metallurgy in Britain, en *Archaeometry'90* (eds. E. Pernicka, y G. A. Wagner), 127-36, Birkhäuser Verlag, Basel.
- Pollard, A. M., Batt, C. M., Stern, B., y Young, S. M. M., 2007, *Analytical chemistry in archaeology*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Prado, C. de, 1864, Noticia sobre cavernas y minas primordiales de España, en *Descripción física y geológica de la provincia de Madrid*, Imprenta Nacional, Madrid.
- Puche Riart, O., 1993, La contribución de los ingenieros de minas y naturalistas a la arqueología española: Los inicios de los estudios prehistóricos en España, *Boletín Geológico y Minero*, **104**(3), 94-128.
- Puche Riart, O., Serrano Valverde, R., Bernárdez Gómez, M. J., Guisado di Monti, J. C., y Calvo Pérez, B., 1994, Análisis sobre el origen de los materiales arqueológicos del Museo Histórico Minero D. Felipe de Borbón y Grecia, de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, *Boletín Geológico y Minero*, **105**(5), 494-516.
- Puche Riart, O., y Ayarzagüena Sanz, M., 1997, Ingenieros de minas arqueólogos en el siglo XIX. La huella de Prado. Homenaje a Casiano de Prado (1797-1866) en el bicentenario de su nacimiento, *Boletín Geológico y Minero*, **108**(3), 79-99.
- Pujante, A., Hernández Martínez, J. de D., y Muñoz, R., 2005, Prospección Arqueológica de Urgencia. N° de Expediente 725/2005.
- Pujante Martínez, A., Martínez Rodríguez, A., Madrid Balanza, M. J., y Bellón Aguilera, J., 2002, Excavación arqueológica en el poblado del Bronce Tardío de Murviedro (Lorca), en *Resumen de las XIII Jornadas de Patrimonio Histórico y Arqueología Regional (celebradas en Murcia del 5 al 8 de noviembre de 2002)*, 27-9, Dirección General de Cultura y Servicio de Patrimonio Histórico, Murcia.
- 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.

- Pujante Martínez, A., 2006, El yacimiento prehistórico de los Molinos de Papel (Caravaca de la Cruz Murcia). Intervención arqueológica vinculadas a las obras de infraestructura del Plan Parcial, SCR2, 1999 – 2000, *Memorias de Arqueología*, **14**, 133-73.
- 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.
- Radivojević, M., Rehren, T., Pernicka, E., Šljivar, D., Brauns, M., y Borić, D., 2010, On the origins of extractive metallurgy: New evidence from Europe, *Journal of Archaeological Science*, **37**(11), 2775-87.
- Radivojević, M., 2013, Archaeometallurgy of the Vinca culture: a case study of the site of Belovode in eastern Serbia, *Historical Metallurgy*, **47**(1), 12-32.
- Rafel, N., Armada, X. L., Belarte, C., Fairén, S., Gasull, P., Graells, R., Morell, N., Pérez, A., y Villalba, P., 2008, El área minero-metalúrgica del Baix Priorat (Tarragona) en la protohistoria. Explotación y redes de intercambio, *Revista d'Arqueologia de Ponent*, **18**, 245-69.
- Rafel, N., Montero Ruiz, I., Castanyer, P., Aquilué, X., Armada, X. L., Belarte, M. C., Fairén, S., Gasull, P., Gener, M., Graells, R., Hunt, M., Martin, A., Mata, J. M., Morell, N., Pérez, A., Pons, E., Renzi, M., Rovira, M. C., Rovira, S., Santos, M., Tremoleda, J., y Villalba, P., 2010, New approaches on the archaic trade in the north-eastern iberian peninsula: Exploitation and circulation of lead and silver, *Oxford Journal of Archaeology*, **29**, 175-202.
- Rafel, N., Montero Ruiz, I., Soriano, I., Hunt Ortiz, M. A., y Armada, X.-L., 2014, Nuevos datos sobre la minería pre y protohistorica en Cataluña, *Cuadernos de prehistoria y arqueología de la Universidad de Granada*, **24**, 147-166.
- Rafel, N., Montero, R. I., Soriano, I., y Delgado-Raack, S., 2016, L'activité minière préhistorique dans le Nord-Est de la péninsule Ibérique. Étude sur la Coveta de l'Heura et l'exploitation du cuivre à la Solana del Bepo (Tarragona, Espagne), *Bulletin de la Société préhistorique française*, **113**(1), 95-129.
- Rehren, T., 2003, Crucibles as Reaction Vessels in Ancient Metallurgy, en *Mining and metal production through the ages* (eds. P. T. Craddock, y J. Lang), 207-15, The British Museum Press, Londres.
- 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**(6), 1717-27.
- Reimer, P., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J., Blackwell, P., Bronk Ramsey, C., Buck Cheng, H., Edwards, R., Friedrich, M., Grootes, P., Guilderson, T., Hafliðason,



*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

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., y van der Plicht, J., 2013, IntCal13 and MARINE13 radiocarbon age calibration curves 0-50000 years calBP, *Radiocarbon*, **55**(4).

Renzi, M., 2007, Estudio tipológico y funcional de las toberas del yacimiento de La Fonteta (Guardamar del Segura, Alicante), *Trabajos de Prehistoria*, **64**(1), 165-77.

Renzi, M., Montero Ruiz, I., y Bode, M., 2009, Non-ferrous metallurgy from the Phoenician site of La Fonteta (Alicante, Spain): a study of provenance, *Journal of Archaeological Science*, **36**(11), 2584-96.

Renzi, M., 2010, Vasijas de uso metalúrgico, toberas y moldes, en *Manual de Arqueometalurgia* (ed. I. Montero-Ruiz), 123-58, Museo Arqueológico Regional de la Comunidad de Madrid, Madrid.

Risch, R., y Ferres, L., 1987, Paleoecología del Sudeste de la Península Ibérica durante la Edad del Cobre y la Edad del Bronce, en *Proyecto Gatas: sociedad y economía en el Sudeste de España c. 2500-800 a.n.e. 1. La prospección arqueológica*. (eds. R. W. Chapman, V. Lull, P. M., y M. E. Sanahuja), 53-94, British Archaeological Reports International Series 348, Archaeopress, Oxford.

Risch, R., 1995, Recursos naturales y sistemas de producción en el Sudeste de la Península Ibérica entre 3000 y 1000 ANE, *Departament d'Antropologia i Prehistòria*, Tesis Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona.

Risch, R., 2002, *Recursos naturales, medios de producción y explotación social. Un análisis económico de la industria lítica de Fuente Alamo (Almería), 2250-1400 ANE*, Iberia Archaeologica, Philipp von Zabern, Maguncia.

Risch, R., 2011, Social and economic organization of stone axe production and distribution in the western Mediterranean, En *Stone Axe Studies III* (eds. D. Davies, y M. Edmonds), 99-118, Oxbow Books.

Roberts, B. W., 2014, Production Networks and Consumer Choice in the Earliest Metal of Western Europe, en *Archaeometallurgy in Global Perspective SE - 16* (eds. B. W. Roberts, y C. P. Thornton), 423-46, Springer, New York.

Rodríguez Bayona, M., Nocete Calvo, F., Sáez Ramos, R., Nieto Liñan, J. M., Inácio, N. -F., y Abril, López, D., 2009, El barrio metalúrgico de Valencina de la Concepción (Sevilla): Procesos de producción vinculados a la manufactura de productos de cobre, en *Actas de las I Jornadas de Arqueología en Asturias (abril-mayo 2005) VIII congreso Ibérico de Arqueometría (19-21 Octubre 2009)* (eds. M. E. Saiz Carrasco, R. López Romero, M. A. Cano Díaz-Tendero, y J. C. Calvo García), 207-18, Seminario de Arqueología y Etnología Turolense, Teruel.

Rodríguez de la Esperanza, M. J., 2003, Afloramientos aislados de cobre como puntos

- de abastecimiento en el Calcolítico y la Edad del Bronce: La mina de la loma de la Tejería (Albarracín, Teruel), en *Ier Simposio sobre la Minería y la Metalurgia Antigua en el SW Europeo (Serós, 2000)* (eds. J. M. Mata-Perelló, y J. R. González-Pérez), 135-43, Centre d'Arqueologia d'Avinganya, Serós.
- Rodríguez de la Esperanza, M. J., y Montero Ruiz, I., 2003, El yacimiento de la Loma de la Tejería (Albarracín, Teruel) y la minería prehistórica del cobre, en *Mineros y fundidores en el inicio de la Edad de los Metales. El Midi Francés y el Norte de la Península Ibérica* (eds. J. Fernández Manzano, y J. I. Herrán), 15-31, Caja España, León.
- Roldán García, F. J., y Nozal, F., 2004, Mapa Geológico de España, E: 1:50.000, Hoja nº976 (Mazarrón), IGME, Edición Digital.
- Ros Sala, M. M., 1985, Nuevas aportaciones para el conocimiento del Bronce Final en el complejo arqueológico Parazuelos-Llano de los Ceperos (Ramonete-Lorca, Murcia), *Anales de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Murcia* 1, **1**, 117-22.
- Rostan, P., Escanilla Artigas, N., Balestro, F., y Bourgarit, D., 2011, Rapport de Sondages 2011. Mine de Cuivre des Clausis. Travers-banc 0 et Tranchée des Anciens, Saint-Véran.
- Rostan, P., 2012, Revision des occurrences de cuivre natif de la mine de Claussis (Saint-Véran, Hautes-Alpes), *Riviera Scientifique*, **96**, 71-8.
- Rothenberg, B., y Blanco-Frejeiro, A., 1980, Ancient copper mining and smelting at Chinflón (Huelva, SW Spain), *Scientific Studies in Early Mining and Extractive Metallurgy* (ed. P. T. Craddock), British Occasional Papers, **20**, 41-62.
- Rottier, S., 2004, Les pratiques funéraires de l'Étape Initiale du Bronze Final dans les bassins de l'Yonne et de la Haute-Seine, l'exemple des sites funéraires de Barbuise-Courtavant – La Saulsotte et Barbey aux XIVeme, XIII eme et XII siecles avant J.-C, *Bulletin de la Société préhistorique française*, **101**(3), 614-20.
- Rovira, C., Montero-Ruiz, I., Rafel, N., Hunt, M., Soriano, I., Murillo-Barroso, M., y Renzi, M., 2013, Copper ores from the Montsant Area (Tarragona, Spain) and their use during Bronze Age, en *Conference: 19th Annual Meeting of European Association of Archaeologists, 4-8 september 2013, Pilsen*, Poster.
- Rovira, S., Montero, I., y Consuegra, S., 1997, Las primeras etapas metalúrgicas en la península ibérica. I-Análisis de materiales, Instituto Universitario Ortega y Gasset. Ministerio de Educación y Cultura, Madrid.
- Rovira, S., 2001, Análisis de «escorias» calcolíticas de fundición de cobre utilizando la microscopía electrónica de barrido, en *III Congreso Nacional de Arqueometría* (eds. B. Gómez Tubio, M. A. Respaldiza, y M. A. Pardo Rodríguez), 477-86,

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

Fundación El Monte, Sevilla.

- Rovira, S., 2002a, Early slags and smelting by-products of copper metallurgy in Spain, en *Die Anfänge der Metallurgie in der Alten Welt* (eds. M. Bartelheim, E. Pernicka, y R. Krause), 83–95, Marie Leidorf GmbH, Rahden, Westfalen.
- Rovira, S., 2002b, Metallurgy and society in prehistoric Spain, en *Metals and Society* (eds. B. S. Ottaway, y E. C. Wager), 5-20, Archaeopress, BAR International Series 1061, Oxford.
- Rovira, S., y Ambert, P., 2002, Vasijas cerámicas para reducir minerales de cobre en la Península Ibérica y en la Francia Meridional, *Trabajos de Prehistoria*, **59**(1), 89-105.
- Rovira, S., y Gómez Ramos, P., 2003, Las primeras etapas metalúrgicas en la península ibérica. III-Estudios metalográficos, Madrid.
- Rovira, S., 2005, Metalurgia de crisol: la obtención de cobre en la prehistoria de la península ibérica, *De Re Metallica*, **5**, 87-94.
- Rovira, S., y Montero Ruiz, I., 2013, Iberia : Technological Development of Prehistoric Metallurgy, en *Metal Matters; Innovative Technologies and Social Change in Prehistory and Antiquity* (eds. S. Burmeister, M. Kunst, y Nils Müller-Scheeßel), 231-9, Verlag Marie Leidorf, Rahden/Westfalen.
- Rubio Navas, J., 2003, *Monografía sobre recursos minerales de cobalto en España*, Recursos Minerales, nº3, IGME, Madrid.
- Ruiz, A. C., Nocete, F., y Ruiz, M., 1986, La Edad del Cobre y la Argarización en Tierras Gienenses, *Homenaje a Luis Siret (1934-1984)*, 271-86, Junta de Andalucía, Sevilla.
- Ruiz Taboada, A., y Montero Ruiz, I., 1999, The oldest metallurgy in Western Europe, *Antiquity*, **73**, 897-903.
- Saez, R., Nocete, F., Nieto, J. M., Capitán, M. A., y Rovira, S., 2003, The extractive metallurgy of copper from Cabezo Juré, Huelva, Spain: chemical and mineralogical study of slags dated to the third millennium B.C, *The Canadian Mineralogist*, **41**, 627-38.
- Sáez, R., Nocete, F., Nieto, J. M., Capitán, M. Á., y Rovira, S., 2003, The extractive metallurgy of copper from Cabezo Juré, Huelva, Spain: Chemical and mineralogical study of slags dated to the third millennium B.C, *Canadian Mineralogist*, **41**, 627-38.
- San Nicolás del Toro, M., 1988, Objetos metálicos eneolíticos y argáricos en Murcia, *Anales de Prehistoria y Arqueología*, **4**, 71-8.
- Sánchez Gómez, J., 1989, *De minería, metalúrgica y comercio de metales; la minería*

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

*no férrica en el Reino de Castilla, 1450-1610, Salamanca.*

- Sanz de Galdeano, C., López-Garrido, A. C., García-Tortosa, F. J., y Delgado, F., 1997, Nuevas observaciones en el Alpujárride del Sector Centro-Occidental de la Sierra de Carrascoy (Murcia). Consecuencias Paleogeográficas, *Estudios Geológicos*, **53**, 229-36.
- Schubart, H., Pingel, V., y Arteaga, O., 2000, *Fuente Álamo. Las excavaciones arqueológicas 1977-1991 en el poblado de la Edad del Bronce*, Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía, Sevilla.
- Schüle, W., 1980, *Orce und Galera*, Verlag Philipp von Zabren-Mainz am Rhein.
- Serra Ràfols, J. de C., 1924, Els començos de la mineria i la metal·lúrgia del coure a la península ibèrica, *Butlletí de l'Associació Catalana d'Antropologia, Etnologia i Prehistòria*, **3**, 47-186.
- Serra Vilaró, J., 1920, Mina i fundició d'aram del primer període de l'Edat del Bronze, *Butlletí del Centre Excursionista de Catalunya*, **301**, 33-9.
- Serra Vilaró, J., 1924, *De Metal·lúrgia Prehistòrica a Catalunya*, Musaeum Archaeologicum Dioecesanum, Solsona.
- Shugar, A. N., y Rehren, T., 2002, Formation and composition of glass as a function of firing temperature, *Glass Technology*, **43**(C), 145-50.
- Sierra, J., Ortiz, A., Burkhalter, J., y Borja, F., 1973, *Mapa Metalogenético 1:200.000. Elche. Hoja nº 72*, IGME, Madrid.
- Sierra, J., Ortiz, A., Burkhalter, J., y Iglesias, J., 1980, *Mapa Metalogenético de España. 1: 200.000. Murcia. Hoja nº79*, Ministerio de Industria y Energía, Madrid.
- Simón García, J. L., 1998, *La metalurgia prehistórica valenciana. Diputacion Provincial de Valencia, Valencia.*
- Simón García, J. L., 1999, País Valenciano, en *Las primeras etapas metalúrgicas de la Península Ibérica. Vol. II Estudios regionales* (eds. G. Delibes de Castro, y I. Montero), 179-216, Madrid.
- Simonin, L., 1867, *La vie souterraine ou les mines et les mineurs*, Librairie de L. Hachette et Cia, Paris.
- Siret, E., y Siret, L., 1887a, Compre rendu de la visite à Anvers des collections préhistoriques de MM. H. et L. Siret, *Bulletin de la Société d'anthropologie de Bruxelles*, **VI**, 197-210.
- Siret, E., y Siret, L., 1887b, *Les Premiers Ages du Métal dans le Sud-Est de l'Espagne*, Vol. Albúm, Museum Vleeshuis, Anvers.
- Siret, E., y Siret, L., 1890, *Las primeras edades del metal en el sudeste de España:*

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

*resultados obtenidos en las excavaciones hechas por los autores desde 1881 a 1887*, Vol. Texto, Edición Facsimilar, 2006, Dirección General de Cultura; Museo Arqueológico de Murcia, Murcia.

- Siret, L., 1913, *Questions de chronologie et d'ethnographie ibériques*, Paul Geuthner, Paris.
- Siret, L., 2001, *España Prehistórica*, Ed Arraez-Junta de Andalucía, Granada.
- Soler Díaz, J. A., 2007, *La Cova del Montgó (Xàbia, Alicante). Catálogo de materiales arqueológicos*, MARQ, Alicante.
- Soriano, I., Rafel, N., Hunt-Ortiz, M. A., Montero-Ruiz, I., y Delgado-Raack, S., Una explotación minera prehistórica en el Noreste: La Mina de La Turquesa o del Mas de les Moreres en Tarragona, en *VIII Congreso Internacional sobre Minería y Metalurgia Históricas en el Sudoeste Europeo (11-15 de junio de 2014, Granada)*, en prensa.
- Soriano, I., 2013, *Metalurgia y Sociedad en el Nordeste de la Península Ibérica (finales del IV – II milenio cal ANE)*, BAR International Series 2502, Archaeopress, Oxford.
- Soriano Llopis, I., 2011, De tumbas de metalúrgico en el Nordeste peninsular. El Forat de la Tuta (Riner, Solsonès, Lleida), *Cypsela*, **21**, 37-56.
- Stos-Gale, Z., Hunt Ortiz, M. A., y Gale, N. H., 1999, Análisis Elemental y de Isótopos de Plomo de los objetos metálicos de Gatas, en *Proyecto Gatas 2. La dinámica arqueoecológica de la ocupación Prehistórica* (eds. P. V Castro Martínez, R. W. Chapman, S. Gili, V. Lull, R. Micó, C. Rihuete, R. Risch, y M. E. Sanahuja Yll), 470-504, Junta de Andalucía. Consejería de Cultura, Sevilla.
- Stos-Gale, Z., 1999, Informe sobre los análisis de artefactos metálicos e la Cova des Càrritx, Es Forat de Ses Aritges y la Cova des Mussol, en *Ideología y sociedad en la prehistoria de Menorca: la Cova des Càrritx y la Cova des Mussol* (eds. V. Lull, R. Micó, R. Risch, y C. Rihuete), 643-50, Consell Insular de Menorca, Ajuntament de Ciutadella, Fundació Rubió Tudurí Andrómaco, Barcelona.
- Stuiver, P. J., y Reimer, M., 1993, Extended 14C data base and revised Calib 3.0 14C age calibration program, *Radiocarbon*, **35**(1), 215-30.
- Tent-Manclús, J. E., y Soria, J. M., 2014, Formación y desecación del sinus ilicitanus (Sur de Alicante) en los últimos 15.000 años, *Geogaceta*, **55**, 35-8.
- Thornton, C. P., y Roberts, B. W., 2009, The Beginnings of Metallurgy in Global Perspective, *Journal of World Prehistory*, **22**(3), 181–184.
- Thornton, C. P., 2009, The emergence of complex metallurgy on the Iranian Plateau: Escaping the Levantine Paradigm, *Journal of World Prehistory*, **22**(3), 301-27.
- Thornton, C. P., Rehren, T., y Pigott, V. C., 2009, The production of speiss (iron

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

- arsenide) during the Early Bronze Age in Iran, *Journal of Archaeological Science*, **36**(2), 308-16.
- Thornton, C. P., 2014, The Emergence of Complex Metallurgy on the Iranian Plateau, en *Archaeometallurgy in Global Perspective SE - 23* (eds. B. W. Roberts, y C. P. Thornton), 665-96, Springer New York.
- Timberlake, S., 2003, Early Mining research in Britain : the developments of the last ten years, *Mining and metal production through the ages*, (eds. Craddock P., Lang J.), 21-41, British Museum Press, L.
- Timberlake, S., y Craddock, B., 2013, Prehistoric Metal Mining in Britain: The Study of Cobble Stone Mining Tools based on Artefact Study, Ethnography and Experimentation, *Chungara, Revista Antropología Chilena*, **45**, 33-60.
- Tirado, A., 1862, Sobre el estado de la minería en la Provincia de Murcia, *Boletín Oficial del Ministerio de Fomento, Año XI*, 308-87 y 529-30.
- Tubino, F. M., y Vilanova y Piera, J., 1868, Exploración geológica-arqueológica de Cerro Muriano, en *Estudios prehistóricos* (ed. F. M. Tubino), 97-106, Madrid.
- Tylecote, R. F., 1987, *The Early history of metallurgy in Europe*, Longman Archaeology Series, New York.
- Urteaga, M., Ugalde, T., y Studer, G., 2010, Minería prehistórica de cobre en Arritzaga, Aralar, *Boletín Arkeolan*, **16**, 13-27.
- Val Caturla, E., 1948, El poblado del Bronce I Mediterráneo del Campico de Lébor, Totana (Murcia), *Cuadernos de Historia Primitiva*, **III**(1), 5-36.
- Vasseur, G., 1911, Une mine de cuivre exploitée a l'Age du Bronze dans les garrigues de l'Hérault, *L'Anthropologie*, **22**, 413-20.
- Verdú Bermejo, 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, 51-8, Elche.
- Verdú Vermejo, J. C., 2002, Informe sobre la intervención arqueológica realizada en el poblado calcolítico de «El Estrecho» (Caravaca) en noviembre de 1995, *Memorias de Arqueología*, **10**, 66-71.
- Verdú Vermejo, J. C., 2004, Excavación «Marianela», Lorca, *XV Jornadas del Patrimonio Histórico*, **XV**, 31-3.
- el Viejo, P., y Littré, É., 1877, *Histoire Naturelle de Pline*, Institut de France, Paris.
- Vilar, J. B., y Egea Bruno, P. M., 1990, *La minería murciana contemporánea (1840-1930)*, Universidad de Murcia, Murcia.
- Vilar, J. B., Egea Bruno, P. M., y Fernández Gutiérrez, J. C., 1991, *La minería murciana*

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

*contemporánea (1930-1985)*, Instituto Tecnológico GeoMinero de España, Madrid.

- Vilaseca, S., y Vilaseca, L., 1957, Una explotación minera prehistórica. La Solana del Bepo, de Ulldemolins (prov. Tarragona), *IV Congreso Nacional de Arqueología (Burgos, 1955)*, 135-139, Zaragoza.
- Villasante, F. B., 1891, *La industria minero-metalúrgica de Mazarrón*, Cartagena.
- Villasante, F. B., 1892, Criaderos metalíferos de Mazarrón, *Revista Minera*, **43**, 145-71.
- Villasante, F. B., 1912, Criaderos de hierro de la provincia de Murcia (Mazarrón, Morata y Ramonete), *Memorias del IGME*, Madrid.
- Villasante, F. B., 1914, Memoria sobre la minería de la provincia de Murcia, *Estadística minera de 1914*.
- Viñals, J., Fabreau, G., y Eytier, C., 2010, Bobkingite, capgaronite, juanitaite, gerhardite, reevesite and other rare minerals from Cerro Minado, Huércal-Overa (Almería), *Revista de Minerales*, **4**(3), 6-23.
- Voermans, F., Simon, O. J., y Martín García, L., 1980, *Mapa Geológico de España. (E. 1:50.000). Hoja de Huércal-Overa nº996*, IGME, Madrid.
- Wagner, G. A., y Öztunali, Ö., 2000, Prehistoric copper sources in Turkey, en *Anatolian Metal* (ed. Ü. Yalçın), Vol. I, 31-67, Der Anschnitt 13, Deutsches Bergbau-Museum, Bochum.
- Walker, M. J., y San Nicolás, M., 1995, Disposal of the dead and dispersal of the living in pre-Argaric S.E. Spain. Abrigo 2 de El Milano and a revision of the dynamics of cultural change: Little Big Men and no growth in population?”, en *Ritual rites and religion in prehistory. IIIrd Deya International conference of Prehistory. Deià Archaeological Museum and Research Centre, Deià Mallorca, September 25th-30th 1993* (eds. W. H. Waldren, J. Enseñat, y R. C. Kennard), Vol. II, 110-69, Archaeopress, BAR International Series 611, Oxford.
- Zamora, A., 1976, Excavaciones en «La Ceñuela», Mazarrón (Murcia), *Noticiero Arqueológico Hispánico*, **5**, 215-22.

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*





## **Lista Figuras**

- Figura 1.1\_ Esquema conceptual del desarrollo metodológico de la investigación. 23
- Figura 2.1. Jerarquización de la estrategia de muestreo. 35
- Figura 2.2. Imágenes completas en Bright Field (arriba) y Dark Field (abajo) de la muestra AG1. 42
- Figura 2.3. Tabla periódica con los elementos analizados. 44
- Figura 2.4. Lista de elementos identificados en artefactos de cobre arqueológicos o cobre nativo y sus potenciales usos en arqueometalurgia según Pernicka (2014, tab. 1). 44
- Figura 2.5. Materiales empleados en la preparación de las muestras (izquierda) y resultado final (derecha), con las muestras preparadas para el análisis 47
- Figura 2.6. Proceso de preparación de los residuos para el estudio microscópico. 47
- Figura 2.7. Gráficos X/Y comparativos, en escala logarítmica de muestras duplicadas en PIXE y pFRX. Se muestran los principales elementos utilizados en el estudio. Las líneas discontinuas establecen un margen de error de dos órdenes de magnitud. La sombra 56
- Figura 2.8. Representación gráfica de los análisis duplicados antes y después de aplicar la corrección del arsénico ( $x/2$ ). 56
- Figura 3.1. Principales sierras y cursos hídricos del área de estudio con la demarcación de los indicios prospectados (puntos rojos). 1 Sierra de Orihuela; 2 Sierra Espuña; 3 Sierra de la Tercia; 4 Sierra de la Torrecilla; 5 Sierra de Enmedio; 6 Sierra de 63
- Figura 3.2. Esquema de unidades tectónicas perteneciente a la Hoja 79, del mapa geológico del IGME (1970). 65
- Figura 3.3. Mapa topográfico con relieve de la sierra de Orihuela con demarcación del indicio del Cabezo de la Fuente (1) (Fuente del mapa: Iberpix). 75
- Figura 3.4. Mapa geológico (GEODE 1:50.000) de la Sierra de Orihuela con indicación de las formaciones más relevantes. El indicio del Cabezo de la Fuente aparece en el punto rojo. La numeración se especifica en el texto. 75
- Figura 3.5. Vista del Cabezo de la Fuente / Cerro de la Mina desde el sur. 77
- Figura 3.6. Reedición de la fig.4 de P. Brun (1910) con señalización de las capas mineralizadas del Cabezo de la Fuente y las diferentes capas sedimentarias hacia el Quijón de la Vieja. 79
- Figura 3.7. Localización (arriba) y distribución (abajo) de las distintas labores mineras en el Cabezo de la Fuente. En 1, límite de las labores del Cabezo de la Fuente; en 2, labores del Cabezo del Malnombre. 80
- Figura 3.8. Vista frontal de la trinchera que parte el Cerro de NE a SW (arriba) y de una de las covachas que se abren en su parte baja. 82

Figura 3.9. Cúspide carbonatada del Cabezo de la Fuente con la pequeña galería que lo atraviesa de Este a Oeste. 82

Figura 3.10. Galería de la cima del Cabezo de la Fuente. En la pared de la derecha de la imagen están las impregnaciones de malaquita. 82

Figura 3.11. Cubetas de pequeño tamaño labradas en la base de la galería de la cima. 82

Figura 3.12. Cubetas labradas en la ladera suroeste. 82

Figura 3.13. Entrada a la Galería Real en la base de la ladera sur. 83

Figura 3.14. Interior de la labor de la parte alta de la ladera sur. 83

Figura 3.15. Especies minerales del Cabezo de la Fuente. Izquierda Calcopirita con hidróxidos de hierro y alteraciones secundarias de cobre; derecha arriba, calcosina o cobres grises; derecha abajo, cristales dispersos de malaquita (Fotografías de Matías 83

Figura 3.16. Minerales de cobre recuperados durante las prospecciones y utilizados en el análisis. 83

Figura 3.17. Fragmento de metabasita procedente de la ladera sur. 83

Figura 3.18. Esquema de las unidades estructurales de sierra Espuña según se expone en el texto (modificado a partir de Martín-Rojas et al. 2007b). 87

Figura 3.19. Esquema del contexto geológico del IGME donde se sitúan los depósitos de cobre de Sierra Espuña. En 1, Mina Santa Ana; en 2, Mina Alfonsina. 88

Figura 3.20. Mapa topográfico con relieve de la sierra de La Tercia (Iberpix) con demarcación de los indicios metalogenéticos de cobre y plomo (elaboración propia). 1: Castillarejos; 2: Casa Manzanera; 3: Arcón; 4: Fuente de la Torta de Cal; 5: Rambla del 93

Figura 3.21. Mapa geológico de la sierra de La Tercia con demarcación de Unidades estructurales y localización de indicios metalogenéticos (Fuente del Mapa, Booth Rea 2001). Los puntos rojos representan las mineralizaciones de cobre y los puntos azules la 94

Figura 3.22. Vista frontal de la distribución de las labores principales y sus escombreras. 96

Figura 3.23. Impregnación de carbonatos de cobre entre los cuarzoesquistos y cuarcitas. 96

Figura 3.24. Filón, impregnación de azurita con filoncillos de calcopirita en vena de cuarzo entre esquistos. 96

Figura 3.25. Minerales de cobre recogidos en las escombreras. La imagen de la derecha muestra un detalle del filoncillo de calcopirita, con impregnaciones de azurita en los bordes. 97

Figura 3.26. Mapa topográfico con relieve de la sierra de La Torrecilla (Iberpix) con demarcación de los indicios metalogenéticos de cobre (rojo) y plomo (azul) (elaboración propia). Se han prospectado los indicios 1- Mina Adela y Santa Primitiva; 2-Mina 101

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

Figura 3.27. Mapa geológico GEODE (1:50.000) con la situación de los indicios metalogenéticos de cobre y plomo. La numeración se corresponde con los pisos litológicos definidos en el texto. 101

Figura 3.28. Minerales de los afloramientos superficiales de Rambla Roja. Detalle de calcopirita irisada en esquina superior derecha. 104

Figura 3.29. Localización a escala 1:10.000 del grupo de Minas de Merzu S.A. y detalle de labores de Mina Adela (MA) y Mina Santa Primitiva (SP). 105

Figura 3.30. Vista de la colmatación de las labores de la mina Adela a partir de la comparación de las ortofotografías de 1956 y 2013. 1: Cantera; 2: rafa que conserva el frente de ataque; 3: grupo de pequeñas calicatas prospectivas; 4: zona de procesado 106

Figura 3.31. Plano del Permiso de investigación de mineral solicitado por B. García Ruiz en 1977 (Modificado de García Ruíz, 2001, p. 150) 106

Figura 3.32. Aspecto actual del grupo 1 de la Mina Adela, totalmente cubierto por tierra. 108

Figura 3.33. Frente de extracción del Grupo 2 de la Mina Adela, con la base cubierta por tierra aportada. 108

Figura 3.34. Minerales de la Mina Adela (izquierda y centro arriba) y minerales (derecha) y escoria (centro abajo) de la Mina Santa Primitiva. La escoria presenta un brillo alto para poder apreciar su morfología, el color original es negro. Los números ap 108

Figura 3.35. Mapa topográfico con relieve de la sierra de Almagro (Iberpix) con demarcación de los indicios metalogenéticos de cobre y hierro (elaboración propia). Cerro Minado es el gran punto rojo de la esquina superior izquierda. 113

Figura 3.36. Mapa geológico GEODE (1:50.000) con la situación de los indicios metalogenéticos de cobre y plomo. La numeración se corresponde con los pisos litológicos definidos en el texto. 113

Figura 3.37. Plano de Labores de Minera Delca S.A. sobre los mapas topográficos de principios de siglo (izquierda) y su posición en el mapa topográfico actual (fuente CARTOMUR). Nótese la enorme transformación que ha sufrido el Cerro. La escala en ambas i 119

Figura 3.38. Imagen de la cantera "Barris" tomada por F.A. Calvert en su visita a las minas de Cerro Minado (1903: 320). 121

Figura 3.39. Vista desde el Sur de la sección de las canteras de la cima. En primer término observamos una depresión cubierta de estériles que podría corresponderse con la Cantera Barris de la figura anterior. Por encima y atravesando la cúspide del Cerro 121

Figura 3.40. El Cerro Minado visto desde el Este. En primer plano la gran escombrera de la ladera Este, con la cantera Este al que resalta por las tonalidades de filitas y dolomías. Al fondo la cresta que se yergue sobre la cantera de la cima. 121

Figura 3.41. Croquis de los principales elementos que configuran Cerro Minado en la actualidad.

1: cantera cima; 2: cantera sur; 3: cantera este; 4: escombrera norte de la cantera este; 5: escombrera sur de la cantera este; 6: escombrera este; 7: escombrera 124

Figura 3.42. Cuprita carbonatada en superficie a malaquita procedente de la cantera de la cima de Cerro Minado. Ambos fragmentos tienen un tamaño superior a los 25 cm (Colección particular). 124

Figura 3.43. Tramo de galería de aspecto prehistórica cuyo techo muestra las formas típicas asociadas a un ataque por fuego. 124

Figura 3.44. Veta centimétrica de malaquita en arcilla, justo en el acceso a la cámara de la fig. 4.95. 125

Figura 3.45. Selección de picos (MI-7, MI-3, MI-12) y percutores (MI-1, MI6) hallados en Cerro Minado (Delgado Raack et al., 2014, fig. 5 y 6) 125

Figura 3.46. Lajas de arenisca junto a la cantera este de Cerro Minado. 127

Figura 3.47. Vista superior y frontal del molino/mortero encontrado en la escombrera norte de la cantera Este. Junto a la pista de acceso a la misma. En la sección se observa perfectamente la concavidad de ambas caras. 127

Figura 3.48. Calibración a 1 sigma de la datación del carbón de Pistacia sp. de Cerro Minado. 128

Figura 3.49. Muestras minerales analizadas de Cerro Minado. Las letras en cursiva indican la Clase de mineral según el texto del capítulo 6. CM09 queda excluido de esta clasificación. 129

Figura 3.50. Mapa topográfico con relieve de la sierra de Enmedio (Iberpix) con demarcación de los indicios metalogenéticos de cobre (rojo), plomo (azul) y hierro (naranja) (elaboración propia a partir de GEOVEO). Se han prospectado los indicios 1- Casa d 136

Figura 3.51. Mapa geológico GEODE (1:50.000) con la situación de los indicios metalogenéticos de cobre, plomo y hierro. La numeración se corresponde con los pisos litológicos descritos en el texto. 136

Figura 3.52. Los dos minerales analizados de la Mina La Diosa (abajo) y ampliación del recuadro del de la izquierda (arriba). Se puede observar los cristales de crisocola (turquesa) y malaquita (verde) creciendo entre cristales de barita. 138

Figura 3.53. Localización (arriba) y labores prospectadas (abajo) de la mina Santa Isabel. 1) Grupo de labores de la cantera; 2) Afloramientos de cobre a 500 metros al Oeste de 1; 3) Afloramientos de cobre a 500 metros al Norte de 1. El dibujo de la cantera 139

Figura 3.54. Vista general de la cantera y las escombreras de la Mina Santa Isabel. 140

Figura 3.55. Plano de labores de 1945 con indicación de las calicatas de cobre (puntos rojos) y detalle (ampliación del rectángulo) de la zona de la cantera (a partir de B. García Ruíz 2001).

140

Figura 3.56. Anverso (izquierda) y reverso (derecha) del posible percutor o triturador en cuarcita de las inmediaciones de la mina Santa Isabel. 140

Figura 3.57. Minerales de cobre y hierro analizados de la Mina Santa Isabel (SI01 a SI05). Esquina superior izquierda detalle de cristalización de malaquita. Esquina superior derecha, pintas de calcopirita. 140

Figura 3.58: Delimitación de las Sierras en las que se ha dividido el macizo. En rojo la zona rica en arsénico. a: Sierra de Almenara; b: Sierra de la Carrasquilla; c: Sierra de las Moreras (rojo: zona rica en arsénico) con c1: Sierra de las Moreras; c2: Si 144

Figura 3.59. Mapa de Relieve con indicación de los indicios prospectados con 1: Rambla de Los Bolos; 2: SSW del Cabezo del Escribano; 3: Mina Cuatro Amigos, 4: La Cerrichera; 5: Minas de Trinidad y Santa Ana; 6: Casa de Don Jimeno; 7: El Molino de Sierra 144

Figura 3.60. Mapa geológico (GEODE 1:50.000) de la zona de Almenara con indicación de las formaciones más relevantes mencionadas en el texto. La numeración se corresponde con el texto. 145

Figura 3.61. Escorias metalúrgicas junto a las labores de la Casa Don Jimeno. 151

Figura 3.62. Flores de malaquita recreciendo sobre cristales de calcopirita en una matriz de siderita. 152

Figura 3.63. Posible localización de la zona con escorias antiguas a partir de la restitución de la toponimia antigua utilizada de P. González en 1944 (Fuente del mapa: IDERM). 152

Figura 3.64. Zona de la entrada del socavón de La Cobriza (ID64). En este punto es donde las investigaciones del IGME localizaron las mayores concentraciones de estaño. 153

Figura 3.65. Plano de labores de la Mina La Cobriza según el IGME (IGME 1984). 154

Figura 3.66. 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: S de la Casa del Moro. 156

Figura 3.67. Mineral procedente de Parazuelos. Con pequeñas vetas de azurita sobre matriz férrica. Es mineral tiene inclusiones milimétricas de calcopirita en la matriz. 156

Figura 3.68. Detalle del afloramiento en la ladera de la labor 3 de la Casa del Moro. 156

Figura 3.69. Galería con fortificación lateral de la mina de Bolnuevo. 159

Figura 3.70. Vetas de cobre en las calizas de Bolnuevo. 159

Figura 3.71. Cristalización de conicalcita y crisocola en una de las muestras. Ancho de la imagen 1 cm. 159

Figura 3.72. Interior de la Calicata Dolores. Se observan varios agujeros y bloques de gran ta-

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

maño arrancados por los coleccionistas de minerales. Los bloques del fondo marcan el inicio de la galería colapsada. [160](#)

Figura 3.73. Calcopirita irisada de la labor 2 (Ancho de la imagen, 4 cm). [160](#)

Figura 3.74. Olivenita y azurita de la Calicata Dolores (Fotografía de F. García Miñarro). [160](#)

Figura 3.75. Izquierda: La conicalcita puede presentarse en varias formas y pseudomórfica recubriendo otros minerales. Derecha: Cornwallita? [160](#)

Figura 3.76. Vista del acceso a una galería desde el “patio interior” en Las Crisolejas. [163](#)

Figura 3.77. Aunque no es muy visible en fotografía, la cantera presenta unas formas suavizadas que indican procesos de erosión a largo plazo. [163](#)

Figura 3.78. Minerales de Las Crisolejas. Se distinguen dos grupos, el de las azuritas, pobres en arsénico y los minerales compuestos, ricos en arsénico. Se puede observar la dispersión de la mineralización en las azuritas y el característico color de la [163](#)

Figura 3.79. Mapa de Relieve con indicación de los indicios prospectados en la Sierra de Algarrobo con 1: Balsicas; 2: Mina de la Collatera; 3: Collado del Bolete. Se señala también en 4 la mineralización de plomo del Cabezo de San Cristóbal. [169](#)

Figura 3.80. Mapa geológico (GEODE 1:50.000) de la Sierra del Algarrobo con indicación de las formaciones más relevantes mencionadas en el texto. La numeración se corresponde con el texto. [169](#)

Figura 3.81. Pared de galería de hidróxidos de hierro (ocres) con marcas de pico metálico. [170](#)

Figura 3.82. Interior del socavón del Collado del Bolete con el arco de la bóveda fortificado en mampostería en seco. [171](#)

Figura 3.83. Vista del indicio 1 de Balsicas desde la Mina de San José y La Collatera. [173](#)

Figura 3.84. Entrada al socavón inferior del Indicio 1. [173](#)

Figura 3.85. . Pequeño tramo de filón centimétrico del socavón inferior de Balsicas 1. [173](#)

Figura 3.86. Croquis en planta de los trabajos en Balsicas 2. [174](#)

Figura 3.87. Zona de la entrada del socavón del indicio 2. Arriba a la izquierda queda el tramo de galería antigua de la figura 5.107. [174](#)

Figura 3.88. . Galería antigua seccionada por labores modernas que dejaron un pilar de sustentación. Este pilar, picado recientemente por coleccionistas de minerales está fuertemente mineralizado. [174](#)

Figura 3.89. Pico en microgabro localizado en la entrada del socavón (Escanilla Artigas y Delgado Raack 2015: lám. 1). [174](#)

Figura 3.90. Filón de cinco centímetros de grosor de óxidos de hierro, con malaquita (verde) y

pintas de cinabrio (rojo claro). [174](#)

Figura 3.91. Arriba izquierda: Minerales de las escombreras del indicio 1. A la izquierda de esta imagen, óxidos de hierro (marrón óxido) con cinabrio (anaranjado) y malaquita. A la derecha goethita con malaquita y calcopirita. Arriba derecha: cinabrio. A [175](#)

Figura 3.92. Mapa de Relieve con indicación de los indicios prospectados en la Sierra de Cartagena con 1: Filón Consuelo; 2: Rambla del Abenque. Se marca también la zona con minería del estaño en 3 y las grandes explotaciones de cinc, hierro y plomo con c [178](#)

Figura 3.93. Mapa geológico (GEODE 1:50.000) de la Sierra de Cartagena con indicación de las formaciones más relevantes mencionadas en el texto. La numeración se corresponde con el texto. [179](#)

Figura 3.94. Percutor hallado en la escombrera de la mina M8 del Cerro de la Escucha (Martínez Salvador 2012: fig. 36). [181](#)

Figura 3.95. Bloques arrastrados en la Rambla del Abenque entre los que se encuentran algunos mineralizados con cobre. [183](#)

Figura 3.96. Guía de localización de labores y hallazgos.:1, Frente de talla; 2, Zona media trinchera; 3, zona inferior trinchera; 4, escombrera con percutores; 5, castillete y escorias; 6, zona 2 piedemonte; 7, plataforma; 8, frente con labores antiguas; [185](#)

Figura 3.97. Vista de la zona central de la trinchera. La higuera en la parte central de la imagen sirve de escala aproximada (Fig. 3.96:2). [186](#)

Figura 3.98. Parapeto en una pared de la trinchera encima de su relleno. Posiblemente relacionado la labor prospectiva anexa. En la figura 3.97 la cubierta sobresale en la pared derecha de la trinchera (Fig. 3.96:2). [186](#)

Figura 3.99. Tramo inferior de la trinchera en la que se observa una posible galería antigua seccionada. Se ha señalado en blanco el relicto de mineralización con óxidos de hierro e impregnaciones de cobre (Fig. 3.96:3). [186](#)

Figura 3.100. Detalle de la visera de la galería con marcas de percusión. [186](#)

Figura 3.101. Tramo seccionado por frente de cantera de antigua labor con superficies muy suavizadas (Fig. 3.96:8). [187](#)

Figura 3.102. Rafa o cantera en la que se han abierto labores en galería en el fondo (no exploradas). La parte superior de la cantera está seccionando antiguas labores en forma de galerías sub-horizontales (Fig. 3.96:9). [187](#)

Figura 3.103. Ampliación de figura anterior. Aunque medio tapada por vegetación, la sección de la galería muestra el tramo final de una pequeña galería circular con bordes suavizados por posible uso de extracción por fuego. [187](#)

Figura 3.104. Picos recuperados en la escombrera de la parte baja de la trinchera (Dibujo de S.



Delgado-Raack). [188](#)

Figura 3.105. Minerales recogidos en la escombrera de la trinchera del Filón Consuelo. [188](#)

Figura 4.1. Bomba romana de pistón de Sotiel Coronada tal como se expone actualmente en el Museo Arqueológico Nacional. [200](#)

Figura 4.2. Artefactos mineros prehistóricos aparecidos en Les Âges Préhistoriques de L'Espagne et du Portugal (Cartailhac, 1886, p. 202) [203](#)

Figura 4.3. Representación de R. de Garay de percutores macrolíticos de Monte Romero. Merece destacarse la atenta separación entre mazo y pico (Garay y Anduaga, 2010). [204](#)

Figura 4.4. Artefactos macrolíticos procedentes del distrito de Huelva (Gonzalo y Tarín, 1888). [204](#)

Figura 4.5. Percutores y cuña de hierro de la Mina Victoria dibujados por L. Siret a partir de J. Gonzalo y Tarín (Siret, 2001, p. 287). [205](#)

Figura 4.6. Representación de elementos orgánicos en madera como los palitos de iluminación (fig. 2 y 3), un cuerno de capra (Fig. 49), un afilador procedente del exterior (Fig. 5) y una batea formada de dos piezas con el fondo remachado sobre las paredes [206](#)

Figura 4.7. Fotografías de varios picos (fila superior) y martillos (fila inferior) de Sierra Morena (H.-Pacheco, 1907, p. 283). [207](#)

Figura 4.8. Mapa de la península Ibérica con representación de los sitios mineros descritos en el texto. Se representa la datación absoluta aproximada cuando existe datación radiocarbónica. 1: El Milagro; 2: El Áramo; 3: La Profunda; 4: Covacho de los Ho [210](#)

Figura 4.9. Selección de herramientas a la misma escala en piedra y en asta de El Milagro (Modificado de de Blas, 2007, fig. 7 a 11). [214](#)

Figura 4.10. Representación en sección de la red de galerías de El Áramo, con detalle de los alvéolos del Punto de Partida (de Blas y Suárez Fernández, 2010, fig. 8) [215](#)

Figura 4.11. Artefactos en piedra y en asta de El Áramo (Modificado a partir de (De Blas, 2008, fig. 7; de Blas y Suárez Fernández, 2010, fig. 23 y 30) [216](#)

Figura 4.12. Percutor recuperado durante la excavación de la mina La Turquesa (Rafel et al., 2014, lám. 3) [222](#)

Figura 4.13. Diferentes pesos y tamaños de percutores recuperados en Sa Mitjalluna. A la izquierda gran maza de 13 kg de peso y 32 cm que fue reutilizada como mortero. A la derecha percutores de entre 1 y 5 kg con entalles laterales para facilitar el enm [225](#)

Figura 4.14. Percutores macrolíticos de la Mina José Marín Palacios-Doña Eva (MJMP) y Mina Polígono (MP). Algunos de los percutores de MJMP presentan gran parecido formal con los percutores de los poblados argáricos. Abajo gran percutor de 10 kg de peso [228](#)

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

- Figura 4.15. Percutores macrolíticos de diferentes minas del sudoeste. 1 y 2: Chinflón, 3 y 4: Monte Romero, 5 a 7: Cuchillares (Modificado a partir de Rothenberg y Blanco-Frejeiro, 1981). 232
- Figura 4.16. Mapa con las principales minas europeas mencionadas en el texto. Se indica el la cronología aproximada de explotación inicial. 1: Rudna Glava; 2: Mali Sturac; 3: Jarmovac; 4: Ai Bunar; 5: Madjanpek; 6: Monte Loreto; 7: Libiola; 8: Cabrières; 237
- Figura 4.17. Vista general del complejo y sistema de arranque empleado en Pioch-Farrus IV (Carozza y Mille, 2007, fig. 5). 242
- Figura 4.18. Percutor macrolítico en roca subvolcánica de Bouco-Payrol (extraído de <http://traces.univ-tlse2.fr>). 244
- Figura 4.19. Picos y percutores en eclogita de Saint-Véran (Barge, 2003, p. 37). 246
- Figura 4.20. Percutores macrolíticos de Ross Island (O'Brien, 2015, fig. 8.5) 247
- Figura 4.21. Selección de percutores macrolíticos y mortero tipo "sandquery" de las excavaciones en Coppa Hill (Timberlake y Craddock, 2013, fig. 92 a 95) 248
- Figura 5.1. Principales yacimientos que aparecen en el texto. Poblados del Calcolítico Inicial y Pleno, 1: Cabezo del Plomo; 2: Parazuelos; 3: Carboneros; 4: Cerro de la Virgen de la Salud; 5: Lorca; 6: Agua Amarga; 7: El Estrecho. Poblados del Calcolítico 275
- Figura 5.2. Dataciones de Carbono 14 para representar la secuencia del III milenio cal ANE 2800 en la fachada litoral y prelitoral de Murcia. Se han representado los principales fenómenos metalúrgicos: Estrella verde: primera escoria; círculo: nódulos y 276
- Figura 5.3. Arriba: Ortofotografías aéreas de Parazuelos de 1981 (izquierda) y 2009 (derecha). En la primera ya se ve que la colina Este ha sido roturada en su base, mientras que en el 2009 la transformación es total. Abajo: Superposición de la planta dib 279
- Figura 5.4. Selección de diferentes tipos de materiales encontrados durante las excavaciones de E. y L. Siret durante sus excavaciones en Parazuelos (1887, lám. 6 y 7). 280
- Figura 5.6. Vista de la meseta de Carboneros con el trasvase y el valle del Guadalentín al fondo. 285
- Figura 5.7. Punta de flecha in situ en el poblado de Carboneros (Totana). 285
- Figura 5.8. Artefactos macrolíticos en gabro procedentes de las prospecciones de los años ochenta en el poblado de Carboneros. 285
- Figura 5.9. Selección de materiales metalúrgicos de Carboneros depositados en el MAM. Arriba cerámicas técnicas. Abajo a la izquierda posible lingote o conglomerado de reducción. A su lado escoria de reducción. 287
- Figura 5.10. Confluencia del Río Luchena con la Rambla de las Retamas. La ladera sur de Agua Amarga en primer plano. 292

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

Figura 5.11. Material en el piedemonte oeste del asentamiento. En la imagen pueden llegar a contabilizarse más de 60 residuos metalúrgicos. [293](#)

Figura 5.12. Arriba, vasijas de reducción y crisoles de Agua Amarga depositados en el MUAL. Abajo, fragmentos de minerales y escorias. [293](#)

Figura 5.13. Nódulo de cobre procedente de Agua Amarga. Este tipo de nódulos se quedan atrapados entre la escoria. [294](#)

Figura 5.14. Crisol procedente de Agua Amarga. A) Vista lateral; B) Vista cenital con inclusiones de cobre; C) Sección en corte por B'. En esta última imagen se observa perfectamente la dirección calor en las paredes del crisol. [294](#)

Figura 5.15. Detalle de dos de las escorias recuperadas en Agua Amarga. [294](#)

Figura 5.16. Vista de la Ciñuela en una imagen de A. Zamora (1976), probablemente desde el túmulo de Los Ruices y una imagen actual desde Cuevas del Mayorazgo. [297](#)

Figura 5.17. Placas de telar procedentes de las excavaciones de A. Zamora (1976) actualmente depositadas en el MAM. [297](#)

Figura 5.18. Minerales procedentes de La Ciñuela. En la esquina superior izquierda, detalle de cristalización de malaquita. En la esquina inferior derecha pequeño fragmento de siderita. [299](#)

Figura 5.19 Arriba, escorias. Abajo, fondo de cubeta de reducción con inclusión de cobre y vasija de reducción. (\* No está a escala). [299](#)

Figura 5.20. Estructuras murarias del Cerro de la Cueva de la Moneda. [305](#)

Figura 5.21. Industria lítica tallada (arriba) y dos fragmentos de minerales del Cerro de la Cueva de la Moneda. [305](#)

Figura 5.22. Una de las famosas escorias de galena de La Bastida, con estructura de colada. [312](#)

Figura 5.23. Mineralización de cobre en un clasto esquistoso cementado en la brecha de La Bastida. Detalle de la veta en la esquina superior derecha. [315](#)

Figura 5.24. Concentración de bolitas de cobre, encontrados agrupados en el nivel basal del acceso a la fortificación. [315](#)

Figura 6.1. Mapa de las mineralizaciones prospectadas. En verde se señalan aquellas que han sido analizadas. Los círculos de mayor tamaño indican minas con una maor explotación moderna. La correspondencia de la numeración puede consultarse en las tablas 6 [325](#)

Figura 6.2. Clasificación y valores de los niveles 1 y 2. [326](#)

Figura 6.3. Gráfico de caja y bigotes de la composición de las tres clases de minerales. Se han omitido los valores atípicos y extremos. [327](#), [343](#)

Figura 6.4. Histograma del arsénico para el conjunto de minerales analizados. Se ha señalado la

explicación de los diferentes grupos que se observan. [328](#)

Figura 6.5. Histograma en el que se representa la concentración en cobre del conjunto de muestras analizadas. Las líneas discontinuas identifican los límites de los tres grupos. Las letras se corresponden a cada grupo. [329](#)

Figura 6.6. Gráfico de cajas y bigotes de los grupos de la Clase 1. [333](#)

Figura 6.7. Gráfico de cajas y bigotes de los grupos de la Clase 2. [335](#)

Figura 6.8. Gráfico de cajas y bigotes de los grupos B, C y D de la Clase 3. [337](#)

Figura 6.9. Distribución de muestras analizadas de Clase 2 (arriba) y del Subgrupo "A" (abajo) por sierras a la izquierda y por minas a la derecha. [338](#)

Figura 6.10. Distribución de las principales clases de minerales en el territorio prospectado. Los símbolos de mayor tamaño reflejan las minas de mayor envergadura. Se representa tanto el mapa de síntesis de dominios geoquímicos como la leyenda con la dis [342](#)

Figura 6.12. Mapa con la distribución de los campos de impurezas principales. [348](#)

Figura 6.13. Dendrograma clasificatorio que comprende el conjunto de agrupaciones (Método de Ward/Distancias euclidianas).. [351](#)

Figura 6.14. Dendrograma de los grupos con más del 0,1% en arsénico. En rojo se identifican los minerales procedentes de poblados. [351](#)

Figura 6.15. Análisis de Componentes Principales para Zn/Ni/Co/Bi/Sb/Ag/Pb (Se han excluido las observaciones con valores extremos). [353](#)

Figura 6.16. Gráfico de barras de la composición química de los minerales de Parazuelos. [354](#)

Figura 6.17. Gráfico comparativo de la composición de Parazuelos con las mineralizaciones cercanas de Casa del Moro (MO), Mina Cuproja (CP) y Umbría de Ramonete (UP). [354](#)

Figura 6.18. Composición de los minerales de Agua Amarga. Todos los resultados obtenidos a partir de análisis con pFRX. [355](#)

Figura 6.19. Gráfico de cajas a escala logarítmica de las impurezas globales de Cerro Minado. Se ha representado los minerales de Agua Amarga (en rojo), las medias de las agrupaciones de Cerro Minado más similares (en verde) y la agrupación de Calicata Do [356](#)

Figura 6.20. Gráfico binario donde se muestra la relación Co-Ni de los minerales de Agua Amarga versus Mina Dolores y Cerro Minado. [357](#)

Figura 6.21. Comparativa de los valores de impurezas a escala logarítmica entre AG26, Rambla Roja y la agrupación de Cerro Minado CM\_G1. Los puntos ausentes se deben a que el elemento no ha sido detectado. [357](#)

Figura 6.22. Composición de los minerales de La Ciñuela. Se presentan tanto los resultados en pFRX como en PIXE. De CÑ18 y CÑ19 solo se dispone de análisis PIXE, mientras que de

CÑ22 solo disponemos de análisis de pFRX. Las líneas discontinuas separan las [359](#)

Figura 6.23. Patrón de impurezas de los minerales de La Ciñuela con Sb dominante. La sombra salmón marcaría el área de dispersión probable de CÑ\_G1, mientras que la sombra azul hace lo propio con los minerales de CÑ\_G2. [359](#)

Figura 6.24. Comparación de las impurezas principales entre los minerales de CÑ18 y las minas de Rambla del Abenque y Barranco Malcamino. Dado que en CÑ22 no se ha detectado Zn, la comparación se realiza exclusivamente con CÑ18 (PIXE). [360](#)

Figura 6.25. Comparación de los minerales de CÑ\_G2 y BL (Bolnuevo) con las medias (cajas) y valores máximos (bigotes) de la agrupación de FC\_G1 (12). Se han utilizado únicamente resultados de pFRX. [361](#)

Figura 6.26. Comparación de los minerales de CÑ\_G3 con minerales de Cuatro Amigos, Rambla Roja y San Valentín. Se han omitido los elementos ausentes en todas las muestras. [361](#)

Figura 6.27. Gráfico comparativo entre CÑ21 y minerales de La Bastida y El Cerro de la Cueva de la Moneda. [362](#)

Figura 6.28. Gráfico acumulativo con la composición de los minerales del Cerro de la Cueva de la Moneda. Todos los resultados obtenidos con pFRX. [363](#)

Figura 6.29. Representación del gráfico de la figura 6.27 donde se han incorporado las mineralizaciones locales de Castillarejos (CT1), Casa Manzanera (CZ), Zarzicos (Z) y San Gabriel. Se ha homogeneizado la presentación de los valores según el sitio de p [364](#)

Figura 6.30. Comparación entre CC04 y CM07 (Cerro Minado). [364](#)

Figura 6.31. Gráficos de barras acumulativos de los minerales de La Bastida. Cuando no se especifica lo contrario, el análisis se ha realizado con pFRX. [365](#)

Figura 6.32. Comparación de los minerales de La Bastida con bajas impurezas. Se señala en trazo azul la composición de BA06 que es el natural del propio cerro. [367](#)

Figura 7.1. Histograma acumulativo del contenido en arsénico de los artefactos del III milenio en el Valle del Guadalentín. A la derecha se representan las estadísticas descriptivas. [379](#)

Figura 7.2. Distribución del número de fragmentos de cada tipo de residuo metalúrgico por yacimiento. [381](#)

Figura 7.3. Distribución combinada de la densidad de arteusos de reducción de cobre con ejemplos visuales del ejemplar representativo. [383](#)

Figura 7.4. Delimitación de los Tipos según la ratio densidad/viscosidad. La línea discontinua roja señala el máximo del índice de viscosidad aceptado para una escoria (n=1). La línea discontinua gris señala los valores comunes de las escorias en el índice [385](#)

Figura 7.5. Representación global de los residuos metalúrgicos en el sistema ternario FeO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Osborn and Muan 1964) y CaO-FeO-SiO<sub>2</sub> (Muan and Osborn 1965). Los colores representan

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

los diferentes asentamientos. Los símbolos, que se correlacionan con los [386](#)

Figura 7.6. Composición global de las escorias representadas en el diagrama  $\text{CuO/SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3/\text{FeO}+\text{CaO}+\text{MgO}$ . Arriba: yacimientos calcolíticos de Europa y Próximo Oriente (Bourgarit 2007: Fig.2). Abajo el mismo gráfico con la composición de los residuos metalú [388](#)

Figura 7.7. Concentraciones de óxidos de cobre y arsénico en minerales y residuos metalúrgicos. Abajo normalización al 100% de los 2 óxidos. [389](#)

Figura 7.8. Imagen general mixta de PZ08. [390](#)

Figura 7.9. Imagen general mixta de PZ09. [390](#)

Figura 7.10. Concentraciones de óxidos de cobre y arsénico en minerales y residuos metalúrgicos. E. Abajo normalización al 100% de los 2 óxidos. En rojo los análisis con pFRX. AG09 (T1) se corresponde al único crisol analizado. [394](#)

Figura 7.11. Imagen general mixta de AG03. [396](#)

Figura 7.12. Imagen general mixta de AG06. [396](#)

Figura 7.13. Imagen general mixta de AG11. [399](#)

Figura 7.14. Imagen general mixta de AG07. [399](#)

Figura 7.15. Imagen general mixta de AG15. [399](#)

Figura 7.16. Imagen general mixta de AG13. [401](#)

Figura 7.17. Imagen general mixta de AG20. [401](#)

Figura 7.18. Representación de las composición de las zonas escorificadas en el diagrama de equilibrio  $\text{SiO}_2\text{-FeO-CaO}$  a partir de (Bowen y Shairer 1935) y (Allen y Snow 1955). Análisis con MEB-EDS. El valle eutéctico de la olivina se corresponde a una tempe [402](#)

Figura 7.19. Fases en que se encuentra el cobre en los diferentes residuos de Agua Amarga. La figura se divide en dos mitades simétricas. A la izquierda se representan las fases caracterizadas en el sistema  $\text{Cu-Fe-S}$ , con las formaciones de calcosina y mata [404](#)

Figura 7.20. Carboneros. Concentraciones de óxidos de cobre y arsénico en minerales y residuos metalúrgicos. Abajo normalización al 100% de los 2 óxidos. [408](#)

Figura 7.21. Imagen general mixta de CB02. [409](#)

Figura 7.22. La Ciñuela. Arriba concentraciones de óxidos de cobre y arsénico en minerales y residuos metalúrgicos en valores absolutos. Abajo normalización al 100% de los 2 óxidos. [411](#)

Figura 7.23. Diagrama ternario  $\text{CuO/SiO}+\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{CaO}+\text{MgO}$  en el que se representan los diferentes tipos de residuos de La Ciñuela. En rojo vemos los minerales con concentraciones en  $\text{As}_2\text{O}_3$  por encima del 0,5%. [412](#)

Figura 7.24. Imagen general mixta de CÑ13. [413](#)



## **Lista Tablas**

- Tabla 2.1. Resultados de los análisis sobre estándares de referencia de base cristalina. 52
- Tabla 2.2. Análisis efectuados con pFRX sobre estándares de referencia de base metálica. 53
- Tabla 2.3. Resultados del análisis de los estándares de referencia cristalinos con PIXE. 54
- Tabla 3.1. Concesiones del Boletín Oficial de Minas (BOMF) de 1844 y 1845, Inspección de Lorca. 71
- Tabla 3.2. Concesiones del Boletín Oficial de Minas (BOMF) de 1858, Inspección de Lorca. 71
- Tabla 3.3. Registros de minas de cobre llevados a cabo por B. García Ruiz a mediados del siglo XX (\* La documentación del IGME solo contempla a la mineralización principal Zn-Pb). 72
- Tabla 3.4. Registros de minas de cobre en la Sierra de Orihuela entre 1844 y 1947. 76
- Tabla 3.6. Medias de los análisis químicos sobre minerales de la sierra de La Tercia (\* Solo detectado en un análisis. Se representa el valor de ese análisis y no el promedio). 98
- Tabla 3.7. Medias de los análisis químicos sobre minerales de la sierra de La Torrecilla (\*Solo detectado en un análisis. Se representa el valor de ese análisis y no el promedio). 110
- Tabla 3.8. Registros publicados en La Crónica Meridional de Almería entre 1878 y 1881 para la explotación minera en Cerro Minado. 118
- Tabla 3.9. Registros mineros del Paraje de Cuesta Alta recopilados del Archivo Histórico Provincial de Almería (AHPA), del Registro de Concesiones Mineras de la provincia de Almería (BOPA) y del Foro de Mineralogía Formativa (FMF) (\*BOPA\_17\_06\_1955/05\_11\_ 119
- Tabla 3.10. Estadísticas descriptivas de los análisis de minerales de Cerro Minado presentados por Montero (1991: 15-153). Los valores de media de cobalto, al no estar cuantificados en origen, deben leerse como presencia o ausencia, siendo 1 que está pres 130
- Tabla 3.11. Resultados de isótopos de plomo de dos muestras de Cerro Minado (Stos-Gale, Hunt y Gale 1994) 130
- Tabla 3.12. Medias de los análisis químicos sobre minerales de Cerro Minado (\*Solo detectado en un análisis. Se representa el valor de ese análisis y no el promedio; \*\* Se presenta por separado al ser un mineral totalmente diferente de las muestras de la 132
- Tabla 3.12. Medias de los análisis químicos sobre minerales de la sierra de Almenara (\*Solo detectado en un análisis. Se representa el valor de ese análisis y no el promedio; En análisis PIXE, arsénico corregido= X2). 166
- Tabla 3.12. Medias de los análisis químicos sobre minerales de la sierra de Enmedio (\* Solo detectado en un análisis. Se representa el valor de ese análisis y no el promedio). 142
- Tabla 3.12. Medias de los análisis químicos sobre minerales de la sierra del Algarrobo (\*Solo detectado en un análisis. Se representa el valor de ese análisis y no el promedio). 176



*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

Tabla 3.16. Medias de los análisis químicos sobre minerales de la sierra de Cartagena (\*Solo detectado en un análisis. Se representa el valor de ese análisis y no el promedio; \*\* El cinc no aparece reflejado en el total, ya que es un elemento base del min 190

Tabla 3.17. Análisis realizados por J. Bourhis entre 1967 y 1977 en el Laboratorio d'Anthropologie, Préhistoire, Protohistoireet Quaternaire Armoricains de la Universidad de Rennes. Elementos traza cuantificados por espectrgrafía y elementos mayores por e 190

Tabla 4.1. Minas prehistóricas conocidas hasta principios de siglo XX 202

Tabla 4.2. Principales minas a las que se atribuye una cronología del III y II milenio cal ANE y que revisamos en el texto. Leyenda del método de adscripción cronológica: C14, datación radiocarbónica; Cer, tipología cerámica; TiHe, tipología herramientas; 211

Tabla 4.3. Principales minerales de cobre utilizadas durante la prehistoria y otros citados en el texto. 262

Tabla 5.1. Evidencias metalúrgicas en los poblados tratados en el texto. Notas a la tabla: El campo de Carbono 14 indica el intervalo entre medianas cuando se disponen de varias dataciones del poblado, o la mediana cuando solo se dispone de una datación. 275

Tabla 5.2. Análisis efectuados por L. Siret (1890, p. 270: Tabla I) sobre escorias y minerales de Parazuelos. 282, 283

Tabla 5.3. Registro de materiales metalúrgicos de la Plaza Juan Moreno (Lorca). 303

Tabla 5.4. Análisis químicos de escorias de plomo de La Bastida. 313

Tabla 5.5. Análisis con PIXE (C2RMF) de dos de las bolitas de cobre de La Bastida. 316

Tabla 6.1. Indicios metalogenéticos analizados. La primera columna se corresponde con la numeración de la figura 6.1. 325

Tabla 6.2. Sitios arqueológicos con análisis de minerales. Las letras se corresponden con las de la figura 6.1. 325

Tabla 6.3. Minas con presencia de Clase 2 y/o Subgrupo "A" 339

Tabla 6.4. Comparación de la distribución de Clases a partir del número de minas/yacimientos en que aparece y el total de minas/yacimientos analizadas/os. 343

Tabla 6.5. Tabla con las matrículas propuestas para la visualización de las impurezas. Notas: (X), presente pero por debajo del 0,1%; Con \*, cuando está en alguna muestra por encima del 0,1% pero no es habitual; Tachado no se detecta en ningún análisis; c 348

Tabla 7.1. Registro y composición química de los artefactos de cobre del III milenio cal ANE del valle del Guadalentín (\*La cronología del Calcolítico Final de la UE2024 no es segura). 378

Tabla 7.2. Distribución del peso (en gramos) por tipo de residuo según el yacimiento (N= número de residuos). En Parazuelos no se contabilizan los hallazgos de L. Siret. 381

*Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular  
El valle del Guadalentín.*

Tabla 7.3. Análisis de las inclusiones metálicas de las escorias de Parazuelos (en % en peso). 392

Tabla 7.4. Composición química de fases metálicas de las escorias de Agua Amarga. Los resultados se corresponden a la media sobre diferentes fases iguales. El número de análisis se refleja sobre la columna N. Cuando el número no va precedido de "n=" se tr 403

Tabla 7.5. Composición química genérica (análisis sobre área) de las gotas de cobre arsenical en las escorias de Agua Amarga. 405

Tabla 7.6. Composición química de fases metálicas de CB02. Los resultados se corresponden a la media sobre diferentes fases iguales. El número de análisis se refleja sobre la columna N. El campo de Dim. delimita las dimensiones generales de la fase analiz 410

Tabla 7.7. Composición genérica de las matrices de arcilla del residuo CÑ13. Todos los análisis son sobre un área representativa. 413

Tabla 7.8. Media de diferentes análisis sobre áreas representativas de la segregación de calcosina. 413

Tabla 8.1. Esquema de la transformación de los diferentes procesos vinculados a la producción de cobre durante el III milenio cal ANE (a partir de Arribas et al. 1989; Craddock et al. 1991; Montero 1994; Gale et al. 1999; Nocete et al. 2010, tab. 4; Feno 425