ESTUDIOS ARQUEOMETALÚRGICOS CORRESPONDIENTES A LA TERCERA CAMPAÑA DEL ALTO ALMANZORA

SALVADOR ROVIRA LLORÉNS

Los trabajos de prospección realizados han permitido la recogida de diversos materiales de interés arqueometalúrgico que, agrupados, constituyen las siguientes clases: minerales metalíferos, escorias de producción de hierro y hierro bruto.

Los estudios analíticos han sido realizados por medio de la microscopía electrónica de barrido, en el Servicio Interdepartamental de Investigación (SIDI) de la Universidad Autónoma de Madrid.

Las Tablas 1 y 2 recogen los resultados obtenidos, que pasamos a comentar a continuación, en relación con los yacimientos de los que proceden los materiales.

Cueva de la Paloma

La Cueva de la Paloma es una mina cuprífera actualmente exhausta. Hay un gran vestíbulo afectado por grandes desplomes de bloques, del que arranca, en descenso una amplia galería de paredes irregulares que, finalmente, se resuelve en una red de galerías modernas bien trazadas, en la dirección de los filones o atajándolos. Quedan restos de mineralizaciones de cobre en las capas intersticiales de las calizas de la caja que constituye las paredes del vestíbulo. Esta zona es la de explotación más antigua, aunque no se han encontrado evidencias que permitan dar alguna aproximación cronológica.

En los vacies exteriores que forman grandes terreras abundan los pequeños fragmentos de mineral, habiéndose recogido para su análisis cinco muestras (véanse las Tablas 1 y 2). La mena cuprífera predominante es el carbonato de cobre (malaquita y azurita), aunque se han encontrado también asociaciones más complejas con hierro, arsénico, antimonio y cinc (análisis CP-4/3 en Tabla 1 y CP-1/1 en Tabla 2). En general son minerales pobres en hierro.

La ganga encajante es en todos los casos un carbonato cálcico-magnésico (análisis CP-1/4, CP-2/3, CP-3/1, CP-4/4, CP-5/3), variedad dolomita.

Estos datos tienen su mayor interés para futuras comparaciones con los minerales que puedan hallarse en yacimientos arqueológicos del entorno.

La Cerrá I

De este yacimiento se han estudiado cuatro muestras de escorias de fundición del hierro lo que, ya de entrada, es evidencia de la producción in situ de este metal.

Son escorias maduras, de sangrado, de tipo fayalítico. Sus fases estructurales pueden verse en la Tabla 1. La composición global es la de un silicato de hierro y calcio, con pequeños aportes de manganeso, potasio, aluminio y magnesio. Su temperatura de fluidificación se encuentra en torno a los 1.250-1.300° C, según el diagrama de equilibrio de fases.

Para lograr una buena escorificación los fundidores debieron añadir sílice y, presumiblemente, caliza, quizás utilizando arena silícica de un lecho de río o torrentera.

La Cerrá II-III

En este yacimiento se han recogido tres muestras de mineral de hierro (TV-4, TV-5, TV-6 en Tabla 1), todas ellas correspondiendo a óxidos-hidróxidos de gran pureza, de formas nodulares masivas o cristalizadas, de las variedades goethita y hematites, con acompañamiento de pequeños porcentajes de manganeso, sílice, aluminio y otros menores constituyentes.

Las escorias de fundición de hierro, analizadas en número de tres, son del mismo tipo que las ya descritas en La Cerrá I (véase la Tabla 1). Dado que los minerales no contienen cantidades apreciables de sílice y de calcio, aquí se hace evidente la necesidad de añadir estos materiales para lograr una buena escorificación en el horno, como se ha dicho anteriormente.

También se han analizado tres escorias de forja, es decir, las escorias que se forman en la solera de la fragua durante la operación de calentamiento de las lupias de hierro para ser depuradas de la escoria acompañante. Su estructura es esencialmente similar a las escorias de fundición. En una de ellas se ha visto una inclusión de hierro metálico de gran pureza (análisis TV-9/5 en Tabla 2).

Los Callejones

Este yacimiento, que por la unidad de los materiales arqueológicos recogidos en superficie puede datarse con seguridad en época romana republicana, constituye un caso excepcionalmente interesante de minería y metalurgia del hierro de la época. Junto a la mina que proporcionaba la materia prima se instalaron las fundiciones de mineral y las fraguas para el tratamiento de las lupias con las que conformaban los lingotes de hierro metálico. Todos los pasos del proceso pirometalúrgico han podido ser documentados.

Los minerales de Los Callejones son formaciones masivas o cristalizadas de hematites y goethita muy puras, con pequeños porcentajes de manganeso y otros contaminantes (véanse los análisis CALL-9, CALL-10 y CALL-11 en la Tabla 1). En líneas generales son similares a los vistos en La Cerrá II-III, pero con una diferencia importante: aquí se aprecian sistemáticamente pequeñas cantidades de titanio, elemento ausente en los anteriores, y que sin duda están indicando la explotación de depósitos ferruginosos distintos.Las escorias de fundición, de sangrado, de tipo fayalítico, están formadas básicamente por silicatos de hierro y calcio acompañados por otros elementos en menor tasa como manganeso, aluminio, potasio y las impurezas antes mencionadas de titanio, como no podía ser de otro modo (véanse los análisis correspondientes en las Tablas 1 y 2). La escorificación se lograba añadiendo sílice y calcio a la carga del horno.

Se han encontrado unas masas particulares de escoria, nada abundantes, de aspecto vítreo verdoso que, al ser analizadas, han resultado ser efectivamente un vidrio formado a alta temperatura en un horno de fundición (análisis CALL-5, CALL-6 y CALL-7 en las Tablas 1 y 2), pobres en hierro y ricas en sílice, calcio, potasio, magnesio y manganeso. En la matriz se han hallado bolitas de hierro metálico, lo que garantiza su formación a lo largo del proceso metalúrgico. Sin embargo no se trata de escorias propiamente dichas que respondan a un proceso intencionado.

Las escorias de forja son en general más ricas en hierro que las de fundición, hecho que se explica en este caso por su formación dentro de la esponja ferrífera.

Finalmente, también se ha analizado un fragmento de lupia o esponja ferrífera (análisis CALL-12/1, CALL-12/2 y CALL-12/3 en las Tablas 1 y 2) que ha resultado ser de hierro puro.

ESTUDIOS COMPARATIVOS

Una de las razones de la aplicación de técnicas arqueometalúrgicas al estudio de materiales de prospecciones sistemáticas reside en la posibilidad de establecer estudios comparativos de tecnología y

Diputación de Almería — Biblioteca. Estudios arqueometalúrgicos correspondientea a la tercera campaña del Alto Almanzora., p. 1

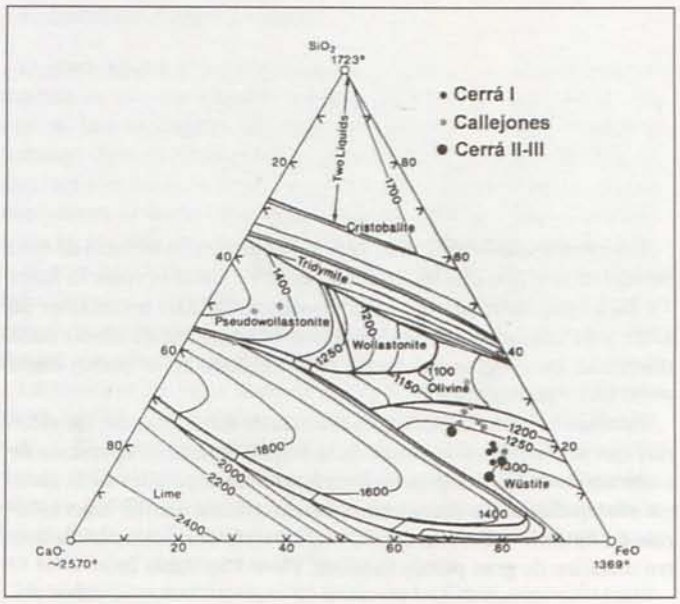

FIG. 1. Diagrama ternario de equilibrio de fases.

composición que sirvan para ayudar en el proceso de estudio de los contextos arqueológicos y culturales. En este caso nos hallamos sólo en los inicios del programa pero algunos datos ya pueden ser aportados y discutidos, en relación con la metalurgia del hierro.

Sabemos que Los Callejones es un yacimiento romano republicano. En cambio en los distintos sectores de La Cerrá hay superposiciones culturales mucho más complejas. Las escorias de La Cerrá II-III son con un alto grado de probabilidad de época medieval. Con estos datos de partida podemos buscar las semejanzas y diferencias que presenta el conjunto de escorias de fundición.

La representación de su composición equivalente en el diagrama ternario de equilibrio de fases (Fig. 1) nos indica que el grupo formado por casi todas las escorias de La Cerrá se halla entre las isotermas de 1.250 y 1.300ºC, en una región cercana a la wüstítica. Todas ellas contienen hierro (calculado como monóxido) entre 68-72%, sílice entre 15-20% y cal entre 10-15%. Podría estar configurando un grupo de escorias medievales, ya que probablemente lo son dos de La Cerrá II-III. Son, por otro lado, escorias sin impurezas de titanio (como los minerales del mismo contexto analizados).

El segundo grupo de escorias que se discrimina claramente corresponde a las de Los Callejones, de época romana, situado entre las isotermas de 1.150 y 1.250º C, cerca de la región del olivino (fayalita). Son escorias con menos pérdidas de hierro, entre 58-64%, sílice entre 25-36% y cal similar al anterior conjunto. Todas ellas contienen impurezas de titanio, como los minerales de la mina de Los Callejones.

Hay dos puntos en la figura 1 que intercambian posiciones. Una escoria de La Cerrá II-III se agrupa con las de Los Callejones y viceversa. La primera es la muestra TV-3 que, como podemos comprobar en el análisis TV-3/3, no contiene titanio. Podría tratarse de una escoria romana (aunque no necesariamente de época republicana), ya que el contexto arqueológico permite esta posibilidad, pero obtenida con minerales que no proceden de Los Callejones. Sin embargo el argumento no tiene solidez por lo que se dirá a continuación. La segunda, de éste último yacimiento citado, es la CALL-14/4, con titanio, que asegura su procedencia sin lugar a dudas. No puede ser una escoria medieval. Estaríamos ante un caso de desviación de la norma (cosa que cabe esperar en los procesos de escorificación antiguos).

Una lectura correcta del gráfico de la figura 1 nos debe llevar a la consideración de que, con los materiales analizados por el momento, parecen distinguirse dos tecnologías con suficiente claridad, una de época republicana, más habilidosa para la extracción del hierro al conseguir escorias de composición predominantemente fayalítica que corren a más baja temperatura, y otra medieval, menos depurada, con mayores pérdidas de hierro en la escoria en forma de wüstita y temperaturas más altas de free running.

Las "escorias" vítreas de Los Callejones hay que considerarlas rarezas, por localizarse en la región de la pseudowollastonita, entre las isotermas de 1.400 y 1.500ºC, absolutamente excepcionales y atípicas en este ámbito tecnológico.

De este estudio se desprende también la explotación de distintos recursos ferríferos en dos períodos concretos. Es muy probable que el asentamiento metalúrgico de Los Callejones fuera abandonado en época romana republicana tras el agotamiento de los filones de la mina que le dio origen. Para confirmarlo habría que efectuar la prospección de dicha mina, una cuestión del mayor interés porque se trata de un buen ejemplo para el estudio de la minería romana en la provincia.

Notas

[1] Para este apartado se han utilizado las siguientes fuentes: I.G.M.E.: *Hoja y memoria explicativa nº 994. BAZA, del Mapa Geológico de España E. 1:50.000*, 1980. I.G.M.E.: *Hoja y memoria explicativa nº 995. CANTORIA, del Mapa Geológico de España E. 1:50.000*, 1979. I.G.M.E.: *Hoja y memoria explicativa nº 1.012. FIÑANA, del Mapa Geológico de España E. 1: 50.000*, 1979. I.G.M.E.: *Hoja y memoria explicativa nº 1.013. MACAEL, del Mapa Geológico de España E. 1:50.000*, 1975. INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL: *Hoja del Mapa Topográfico Nacional de España E. 1:50.000 nº 994. BAZA*, 1991. INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL: *Hoja del Mapa Topográfico Nacional de España E. 1:50.000 nº 995. CANTORIA*, 1980. INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL: *Hoja del Mapa Topográfico Nacional de España E. 1:50.000 nº 1.012. FIÑANA*, 1992. INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL: *Hoja del Mapa Topográfico Nacional de España E. 1:50.000 nº 1.013. MACAEL*, 1989. MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN, ICONA: *Hoja y memoria explicativa nº 994. BAZA, del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos E. 1:50.000*, 1977. MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN, ICONA: *Hoja y memoria explicativa nº 995. CANTORIA, del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos E. 1:50.000*, 1984. MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN, ICONA: *Hoja y memoria explicativa nº 1.012. FIÑANA, del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos E. 1:50.000*, 1982. MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN, ICONA: *Hoja y memoria explicativa nº 1.013. MACAEL, del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos E. 1:50.000*, 1982. I.G.M.E.: *Hoja y memoria explicativa nº 78. BAZA, del Mapa Metalogenético de España E. 1:200.000*, 1975. I.G.M.E.: *Hoja y memoria explicativa nº 84-85. ALMERÍA-GARRUCHA, del Mapa Metalogenético de España E. 1:200.000*, 1973. FERRE BUENO, E.: *El valle del Almanzora. Estudio Geográfico*, Almería 1979.

[2] Para consultar su descripción geográfica ver M.P. Román Díaz et alii, "Proyecto Alto Almanzora. Campaña de prospección arqueológica superficial 1994", *Anuario Arqueológico de Andalucía vol. II*, 1994, p. 7.

[3] M.P. Román Díaz *et alii*, p. 11.

[4] C. Martínez Padilla *et alii*, "Proyecto Alto Almanzora. Primera fase", *Anuario Arqueológico de Andalucía vol. II*, 1993, p. 12.

[5] C. Martínez Padilla *et alli*, p. 12.

[6] C. Martínez Padilla *et alii*, p. 12. M.P. Román Díaz *et alii*, 11-12.

[7] M. Pellicer y P. Acosta, "Prospecciones arqueológicas en el Alto Valle del Almanzora (Almería)", *Zephyrus* XXV, Salamanca 1974, pp. 158-161.

[8] C. Domergue, *Les mines de la Péninsule Ibérique dans l'antiquité romaine*, Roma 1990, pp. 164, 168-169.

Diputación de Almería — Biblioteca. Estudios arqueometalúrgicos correspondientea a la tercera campaña del Alto Almanzora., p. 2

Tabla 1. Anális de materiales (microsonda MEB, % en peso)

Yacimiento	Cron.	Región analizada	Análisis	MgO	Al2O3	SiO2	K2O	TiO2	CaO	MnO	FeO	CuO	ZnO	As2O3	Sb2O3	SO
Cueva de La Paloma		Mineral Cu (malaquita)	CP-1/3	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
Cueva de La Paloma		Mineral Cu (ganga)	CP-1/4	25,04	0	0	0	0	74,96	0	0	0	0	0	0	0
Cueva de La Paloma		Mineral Cu (sulfuros complejos)	CP-2/1	0	0	3,92	0	0	0	0	2,48	38,96	0	0	0	8,56
Cueva de La Paloma		Mineral Cu (malaquita)	CP-2/2	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
Cueva de La Paloma		Mineral Cu (ganga)	CP-2/3	23,11	0	0	0	0	76,89	0	0	0	0	0	0	0
Cueva de La Paloma		Mineral Cu (ganga)	CP-3/1	23,98	0	0	0	0	76,02	0	0	0	0	0	0	0
Cueva de La Paloma		Mineral Cu (calcita)	CP-3/2	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0
Cueva de La Paloma		Mineral Cu (malaquita)	CP-3/3	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
Cueva de La Paloma		Mineral Cu (malaquita)	CP-4/2	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
Cueva de La Paloma		Mineral Cu (óxidos complejos)	CP-4/3	0	0	11,37	0	0	0	0	48,47	24,78	3,12	4,97	6,67	0,62
Cueva de La Paloma		Mineral Cu (ganga)	CP-4/4	23,83	0	0	0	0	76,17	0	0	0	0	0	0	0
Cueva de La Paloma		Mineral Cu (malaquita)	CP-5/2	0	0	0	0	0	0	0	0	99,06	0	0	0	0,94
Cueva de La Paloma		Mineral Cu (ganga)	CP-5/3	17,85	8,11	8,96	0,43	0	62,23	0	2,42	0	0	0	0	0
La Cerrá I		Escoria Fe (relleno)	CERI-1/1	0	17,42	32,5	11,96	0	12,26	0	25,87	0	0	0	0	0
La Cerrá I		Escoria Fe (agujas monticellita)	CERI-1/2	1,09	2,5	27,51	2,81	0	27	1,95	37,15	0	0	0	0	0
La Cerrá I		Escoria Fe (wustita)	CERI-1/3	0	0	0	0	0	0	2	98	0	0	0	0	0
La Cerrá I		Escoria Fe (general)	CERI-1/4	0,44	3,16	13,72	1,51	0	10,66	1,72	68,79	0	0	0	0	0
La Cerrá I		Escoria Fe (relleno monticellita)	CERI-2/1	0	6,66	31,06	3,49	0	24,95	2,91	30,94	0	0	0	0	0
La Cerrá I		Escoria Fe (wustita)	CERI-2/2	0	0	0	0	0	0	2,92	97,08	0	0	0	0	0
La Cerrá I		Escoria Fe (general)	CERI-2/3	0,85	3,91	14,86	1,57	0	9,79	2,81	66,21	0	0	0	0	0
La Cerrá I		Escoria Fe (relleno piroxeno?)	CERI-3/1	0,43	14,49	34,79	6,87	0	15,41	1,24	26,76	0	0	0	0	0
La Cerrá I		Escoria Fe (fayalita)	CERI-3/2	1	1,3	26,69	1,24	0	12,57	2,61	54,6	0	0	0	0	0
La Cerrá I		Escoria Fe (wustita)	CERI-3/3	0	0	0	0	0	0	1,26	98,74	0	0	0	0	0
La Cerrá I		Escoria Fe (general)	CERI-3/4	0,84	4,68	17,3	1,64	0	6,59	1,56	67,4	0	0	0	0	0
La Cerrá I		Escoria Fe (relleno)	CERI-4/1	0,37	16,96	30,81	5,8	0	14,66	3,21	28,2	0	0	0	0	0
La Cerrá I		Escoria Fe (fayalita?)	CERI-4/2	1,24	0,71	26,12	0,33	0	23,79	6,39	41,41	0	0	0	0	0
La Cerrá I		Escoria Fe (relleno)	CERI-4/3	0	16,73	31,92	6,12	0	14,81	3,3	27,11	0	0	0	0	0
La Cerrá I		Escoria Fe (wustita)	CERI-4/4	0,76	0,59	0,84	0,17	0	0,38	3,66	93,59	0	0	0	0	0
La Cerrá I		Escoria Fe (general)	CERI-4/5	0	3,95	16,56	1,41	0	8,66	3,35	66,05	0	0	0	0	0
La Cerrá II-III		Escoria Fe (wustita)	TV-1/1	0	0	0	0	0	0	1,7	98,3	0	0	0	0	0
La Cerrá II-III		Escoria Fe (relleno)	TV-1/2	0,2	16,06	35,79	9,85	0	12,54	1,88	23,67	0	0	0	0	0
La Cerrá II-III		Escoria Fe (fayalita)	TV-1/3	0,57	1,81	25,73	1,2	0	15,28	4,6	50,78	0	0	0	0	0
La Cerrá II-III		Escoria Fe (general)	TV-1/4	0.67	4.2	12.43	1.1	0	4.6	2.4	74.5	0	0	0	0	0
La Cerrá II-III		Escoria Fe (relleno fayalita)	TV-2/1	1.1	4.8	32.1	3.7	0	19.17	3.9	35.6	0	0	0	0	0
La Cerrá II-III		Escoria Fe (wustita)	TV-2/2	0	0	0	0	0	0	3	97	0	0	0	0	0
La Cerrá II-III		Escoria Fe (general)	TV-2/3	0.74	3.1	16.2	1.9	0	8.5	3.3	66.4	0	0	0	0	0
La Cerrá II-III		Escoria Fe (relleno fayalita)	TV-3/1	0.73	6.1	31	4.6	0	22	3.3	32.3	0	0	0	0	0
La Cerrá II-III		Escoria Fe (wustita)	TV-3/2	0	0	0	0	0	0	3.4	96.6	0	0	0	0	0
La Cerrá II-III		Escoria Fe (general)	TV-3/3	1.1	4.4	18.7	2.7	0	11.2	3.5	54.4	0	0	0	0	0
La Cerrá II-III		Mineral Fe (retícula)	TV-4/1	0	0	1.5	0.14	0	0.18	1.5	96.7	0	0	0	0	0
La Cerrá II-III		Mineral Fe (general)	TV-4/2		2.1	1.7	0.1	0	0.64	2.5	93	0	0	0	0	0
La Cerrá II-III		Mineral Fe (retícula)	TV-5/1	0	0	2.1	0	0	0	1.9	96	0	0	0	0	0
La Cerrá II-III		Mineral Fe (bastón negro)	TV-5/2	1.8	29.3	51.6	14	0	0.37	0.61	2.3	0	0	0	0	0

Diputación de Almería — Biblioteca. Estudios arqueometalúrgicos correspondientea a la tercera campaña del Alto Almanzora., p. 3

Tabla 1. Anális de materiales (microsonda MEB, % en peso) (Cont.)

Yacimiento	Cron.	Región analizada	Análisis	MgO	Al2O3	SiO2	K2O	TiO2	CaO	MnO	FeO	CuO	ZnO	As2O3	Sb2O3	SO
La Cerrá II-III		Mineral Fe (inclusión baritina)	TV-5/3	0	0.36	1.3	0.6	0	1.1	12.1	11.8	0	0	0	0	16.2
La Cerrá II-III		Mineral Fe (general)	TV-5/4	0.54	4	8.2	0.82	0	0.5	1.8	84.2	0	0	0	0	0
La Cerrá II-III		Mineral Fe (general)	TV-6/1	0	0	1.8	0	0	0	1.5	96.7	0	0	0	0	0
La Cerrá II-III		Escoria forja (fayalita)	TV-7/1	1.4	0.77	25.9	0.58	0	29.57	3.4	38.4	0	0	0	0	0
La Cerrá II-III		Escoria forja (relleno)	TV-7/2	0.21	21.8	38.3	25.5	0	4.9	0.79	8	0	0	0	0	0
La Cerrá II-III		Escoria forja (wustita)	TV-7/3	0	0	0	0	0	0	2.4	97.6	0	0	0	0	0
La Cerrá II-III		Escoria forja (general)	TV-7/4	0.72	3.7	13.76	2.4	0	7.6	2.9	68.4	0	0	0	0	0
La Cerrá II-III		Escoria forja (relleno fayalita)	TV-8/1	0.77	5.7	29.6	2.5	0.61	27.9	3.6	28.6	0	0	0	0	0
La Cerrá II-III		Escoria forja (wustita)	TV-8/2	0	0	0	0	0	0	3.6	96.4	0	0	0	0	0
La Cerrá II-III		Escoria forja (general)	TV-8/3	0.65	0	4.1	0	0	2.7	3.4	89.2	0	0	0	0	0
La Cerrá II-III		Escoria forja (fayalita)	TV-9/1	4.9	0.36	26.6	0	0	3.47	1.4	63.68	0	0	0	0	0
La Cerrá II-III		Escoria forja (wustita)	TV-9/2	0	0	0	0	0	0	1.3	98.7	0	0	0	0	0
La Cerrá II-III		Escoria forja (relleno)	TV-9/3	0.49	13.3	32.5	5.6	0	15.85	0.93	31.3	0	0	0	0	0
La Cerrá II-III		Escoria forja (general)	TV-9/4	1.15	4.4	15	1.3	0	5	1.3	72.21	0	0	0	0	0
Los Callejones, Mina	ROM	Mineral Fe (hematites, global)	CALL-11/1	0	0.31	1.89	0.18	0.14	0.34	1.35	95.53	0	0	0	0	0.27
Los Callejones, Mina	ROM	Escoria Fe sang (fayalita)	CALL-14/1	1.08	5.31	29.82	3.21	0.46	12.81	1.95	45.09	0	0	0	0	0.27
Los Callejones, Mina	ROM	Escoria Fe sang (matriz)	CALL-14/2	0.79	11.02	33.99	5.07	0.75	15.82	1.21	31.08	0	0	0	0	0.27
Los Callejones, Mina	ROM	Escoria Fe sang (wustita)	CALL-14/3	0	0.54	0.54	0.15	0.3	0.29	0.93	97.09	0	0	0	0	0.16
Los Callejones, Mina	ROM	Escoria Fe sang (global)	CALL-14/4	0.27	4.8	14.57	1.41	0.51	5.83	1.64	70.82	0	0	0	0	0.17
Los Callejones, Mina	ROM	Escoria Fe sang (relleno)	CALL-15/1	0.37	14.95	33.95	5.64	0.34	16.09	0.86	27.8	0	0	0	0	0
Los Callejones, Mina	ROM	Escoria Fe sang (fayalita)	CALL-15/2	2.52	0.53	24.66	0.11	0.16	2.66	3.12	66.11	0	0	0	0	0.13
Los Callejones, Mina	ROM	Escoria Fe sang (wustita)	CALL-15/3	0	1.74	2.15	0.45	0.85	0.68	1.13	93	0	0	0	0	0
Los Callejones, Mina	ROM	Escoria Fe sang (global)	CALL-15/4	0.9	7.2	22.23	2.5	0.48	6.47	2.03	57.99	0	0	0	0	0.19
Los Callejones, Mina	ROM	Escoria Fe sang (matriz)	CALL-16/1	1.38	8.46	32.65	3.21	0.18	14.51	3.05	36.31	0	0	0	0	0.26
Los Callejones, Mina	ROM	Escoria Fe sang (wustita)	CALL-16/2	0.86	0.63	1.91	0.59	0.95	1.19	1.97	91.68	0	0	0	0	0.22
Los Callejones, Mina	ROM	Escoria Fe sang (global)	CALL-16/3	0.89	7.36	25.64	2.94	0.42	10	2.42	49.99	0	0	0	0	0.34
Los Callejones, Sect A	ROM	Escoria Fe sang (relleno piroxeno?)	CALL-1/1	0.74	16.46	33.3	8.44	0.83	13.44	1.46	25.32	0	0	0	0	0
Los Callejones, Sect A	ROM	Escoria Fe sang (fayalita)	CALL-1/2	0.98	1.17	24.67	0.98	0.38	13.71	3.65	54.47	0	0	0	0	0
Los Callejones, Sect A	ROM	Escoria Fe sang (global)	CALL-1/3	0.82	5.44	19.15	2.03	0.48	7.81	2.86	60.06	0	0	0	0	0.35
Los Callejones, Sect A	ROM	Escoria Fe sang (fayalita)	CALL-2/1	0.82	5.44	19.15	2.03	0.45	7.81	2.86	61.06	0	0	0	0	0.35
Los Callejones, Sect A	ROM	Escoria Fe sang (fayalita)	CALL-2/2	0.9	7.15	29.76	3.81	0.58	10.56	3.61	43.37	0	0	0	0	0.25
Los Callejones, Sect A	ROM	Escoria Fe sang (relleno)	CALL-2/3	0.82	8.32	29.14	4.47	0.37	13.6	2.96	39.84	0	0	0	0	0.25
Los Callejones, Sect A	ROM	Escoria Fe sang (wustita)	CALL-2/4	0.54	0.43	0.62	0.3	0.53	0.38	1.59	95.29	0	0	0	0	0.33
Los Callejones, Sect A	ROM	Escoria Fe sang (global)	CALL-2/5	0.93	5.75	20.55	2.28	0.66	7.14	2.21	60.22	0	0	0	0	0.25
Los Callejones, Sect A	ROM	Escoria Fe sang (fayalita)	CALL-3/1	1.11	6.51	28.55	3.14	0.78	13.25	3.53	42.79	0	0	0	0	0.33
Los Callejones, Sect A	ROM	Escoria Fe sang (relleno)	CALL-3/2	0.28	7.52	32.51	4.73	0.79	16.86	2.58	34.53	0	0	0	0	0.2
Los Callejones, Sect A	ROM	Escoria Fe sang (wustita)	CALL-3/3	1.18	0.96	0.85	0.19	0.6	0.66	2.3	93.08	0	0	0	0	0.17
Los Callejones, Sect A	ROM	Escoria Fe sang (global)	CALL-3/4	0.84	4.53	21.44	2.66	0.71	9.87	2.37	57.34	0	0	0	0	0.24
Los Callejones, Sect A	ROM	Escoria Fe sang (relleno)	CALL-4/1	0.53	13.61	31.81	5.81	0.97	15.43	1.28	30.25	0	0	0	0	0.32
Los Callejones, Sect A	ROM	Escoria Fe sang (fayalita)	CALL-4/2	0.99	0.77	23.75	0.4	0.34	6.01	4.51	62.93	0	0	0	0	0.29
Los Callejones, Sect A	ROM	Escoria Fe sang (wustita)	CALL-4/3	0	0.66	1.05	0.24	0.83	0.5	1.1	95.37	0	0	0	0	0.25
Los Callejones, Sect A	ROM	Escoria Fe sang (general)	CALL-4/4	0.55	5.74	22.46	2.25	0.57	7.59	2.57	58.02	0	0	0	0	0.23
Los Callejones, Sect A	ROM	Escoria Fe vítrea (matriz)	CALL-5/2	1.87	7.58	36.78	5.54	0.73	37.02	7.25	3.07	0	0	0	0	0.16

Diputación de Almería — Biblioteca. Estudios arqueometalúrgicos correspondientes a la tercera campaña del Alto Almanzora., p. 4

Tabla 1. Anális de materiales (microsonda MEB, % en peso) (Cont.)

Yacimiento	Cron.	Región analizada	Análisis	MgO	Al2O3	SiO2	K2O	TiO2	CaO	MnO	FeO	CuO	ZnO	As2O3	Sb2O3	SO
Los Callejones, Sect A	ROM	Escoria Fe vítrea (general)	CALL-5/3	1.77	7.83	35.65	5.55	1.07	36.66	7.48	3.56	0	0	0	0	0.42
Los Callejones, Sect A	ROM	Escoria Fe vítrea (cristalitos)	CALL-6/2	2.61	16.09	38.78	5.13	0.83	23.58	7.01	5.75	0	0	0	0	0.21
Los Callejones, Sect A	ROM	Escoria Fe vítrea (matriz)	CALL-6/3	2.16	9.33	41.12	6.34	1.47	25.73	7.55	5.23	0	0	0	0	0.4
Los Callejones, Sect A	ROM	Escoria Fe vítrea (global)	CALL-6/4	2.31	9	40.26	6.62	1.07	25.58	8.43	6.39	0	0	0	0	0.34
Los Callejones, Sect A	ROM	Escoria Fe vítrea (matriz)	CALL-7/2	3.38	9.28	39.45	4.97	1.02	34.71	5.54	2.33	0	0	0	0	0.33
Los Callejones, Sect A	ROM	Escoria Fe vítrea (global)	CALL-7/3	1.73	9.29	39.19	4.68	1.06	34.94	6.15	2.68	0	0	0	0	0.28
Los Callejones, Sect B	ROM	Mineral Fe (hematites, bastón negro)	CALL-10/1	2.28	30.46	50.34	12.13	0.7	0.59	0.32	2.77	0	0	0	0	0.42
Los Callejones, Sect B	ROM	Mineral Fe (hematites, matriz)	CALL-10/2	0.42	0.67	1.8	0.24	0.54	0.35	0.45	95.17	0	0	0	0	0.36
Los Callejones, Sect B	ROM	Mineral Fe (hematites, global)	CALL-10/3	1.2	7.74	7.89	1.03	0	0.27	0.69	80.93	0	0	0	0	0.24
Los Callejones, Sect B	ROM	Lupia (fayalita)	CALL-12/1	3.11	0.82	25.77	0.58	0.36	0.83	12.07	56.31	0	0	0	0	0.16
Los Callejones, Sect B	ROM	Lupia (relleno)	CALL-12/2	0.35	14	31.02	3.58	1.81	13.23	3.06	32.57	0	0	0	0	0.38
Los Callejones, Sect B	ROM	Mineral Fe (hematites, bastón)	CALL-13/1	2.67	28.29	50.99	13.56	1.06	0.25	0.48	2.32	0	0	0	0	0.38
Los Callejones, Sect B	ROM	Mineral Fe (hematites, matriz)	CALL-13/2	0	0	1.59	0.22	0.38	0.44	1.29	95.89	0	0	0	0	0.2
Los Callejones, Sect B	ROM	Mineral Fe (hematites, global)	CALL-13/3	0	1.06	3.78	0.48	0.48	0.36	1.14	92.32	0	0	0	0	0.39
Los Callejones, Sect B	ROM	Escoria Fe forja (relleno)	CALL-8/1	0.15	18.99	34.03	6.77	0.96	15.08	0.84	22.95	0	0	0	0	0.23
Los Callejones, Sect B	ROM	Escoria Fe forja (fayalita)	CALL-8/2	1.51	0.64	25.1	0.2	0.33	9.81	2.4	59.56	0	0	0	0	0.45
Los Callejones, Sect B	ROM	Escoria Fe forja (wustita)	CALL-8/3	0.52	0.71	0.72	0.3	0.85	0.47	1.07	95.1	0	0	0	0	0.26
Los Callejones, Sect B	ROM	Escoria Fe forja (global)	CALL-8/4	1.06	6.11	16.94	1.2	0.85	6.04	1.84	65.69	0	0	0	0	0.27
Los Callejones, Sect B	ROM	Mineral Fe (hematites, global)	CALL-9/1	0.46	0.43	1.37	0.12	0.28	0.35	1.52	94.99	0	0	0	0	0.47

Tabla 2. Análisis de materiales (microsonda del MEB, % en peso)

Yacimiento	Cron.	Región analizada	Análisis	Mg	Al	Si	S	K	Ti	Ca	Mn	Fe	Cu	Zn	As	Sb
Cueva de La Paloma		Mineral Cu (sulfuros)	CP-1/1	0	0	0	26,3	0	0	0	0	2,9	56,4	6	6,5	2
Cueva de La Paloma		Mineral Cu (sulfatos-carbonatos)	CP-1/2	0	0	0	6,2	0	0	0	0	2,7	90,2	0	0	0,9
Cueva de La Paloma		Mineral Cu (sulfuros)	CP-1/5	0	0	0	9,7	0	0	0	0	9,8	80,5	0	0	0
Cueva de La Paloma		Mineral Cu (ganga)	CP-2/3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cueva de La Paloma		Mineral Cu (inclusión en caja)	CP-2/4	0	0	0	47,5	0	0	0	0	52,5	0	0	0	0
Cueva de La Paloma		Mineral Cu (inclusión sulfuro)	CP-4/1	0	0	0	18,56	0	0	0	0	0	81,44	0	0	0
Cueva de La Paloma		Mineral Cu (inclusión sulfuro)	CP-5/1	0	0	0	19,07	0	0	0	0	0	80,93	0	0	0
La Cerrá II-III		Escoria forja (inclusión Fe))	TV-9/5	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
Los Callejones, Sect A	ROM	Escoria Fe vítrea (bolita Fe)	CALL-5/1	0,4	0,8	2,1	0,2	0,6	0,1	2,6	0,9	92,2	0	0	0	0
Los Callejones, Sect A	ROM	Escoria Fe vítrea (bolita Fe)	CALL-6/1	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
Los Callejones, Sect A	ROM	Escoria Fe vítrea (bolita Fe)	CALL-7/1	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
Los Callejones, Sect B	ROM	Lupia (hierro)	CALL-12/3	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0

Diputación de Almería — Biblioteca. Estudios arqueometalúrgicos correspondientea a la tercera campaña del Alto Almanzora., p. 5