

## NOTA SOBRE MINERALIZACIONES EN MONZORROBAL (AYERBE, HUESCA)

Thomas GILLOT<sup>1</sup>  
David BADÍA<sup>2</sup>  
José Antonio MANSO<sup>2</sup>  
José Antonio CUCHÍ<sup>2</sup>

### INTRODUCCIÓN

La presencia de mineralizaciones de cobre en el pie de las sierras prepirenaicas es conocida de antiguo. Los minerales más comunes son calcosina, azurita y malaquita. Esta última es la más común y es fácilmente detectable como impregnaciones verdosas en areniscas y margas. Quizás lo más llamativo sea la presencia de cobre nativo, por lo que este conjunto de mineralizaciones y minas se ha denominado *cobres de Biel* en diversas publicaciones, por ser en las cercanías de esta localidad donde se encontraban las minas más importantes.

La existencia de estos minerales en el Alto Aragón no pasó inadvertida para MALLADA (1878), quien los señala en La Almunia del Romeral y Labata. Posteriormente, otros autores —GIMENO (1918, 1924, 1933, 1939), IGME (1974, 2009), CALVO y cols. (1988) y SUBÍAS y cols. (1989, 2003)—

---

<sup>1</sup> École des Mines de Paris. Centre de Geosciences. 35, Rue Saint-Honoré. F-77300 FONTAINEBLEAU. thomas.gillot@mines-paristech.fr

<sup>2</sup> Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 HUESCA. badia@unizar.es, manso@unizar.es, cuchi@unizar.es

indican yacimientos de estos minerales en Sos del Rey Católico, Biel, Sierra Estronad (Santolaria de Gállego), Casas de Esper (Ardisa), Monzorrobal (Ayerbe), Lupiñén, Sagarillo (Lienas, Apiés), Labata y Morrano. También se encuentran mínimas mineralizaciones en La Sotonera (Nuevo, Gabérdola) e incluso en Sariñena. La mayor parte de las mineralizaciones se presentan en areniscas y margas de las formaciones Campodarbe y Uncastillo. Pero también aparecen asociadas a calizas de la formación Guara, como en el camino de Vadiello a Nocito.

La aparición del mineral propició la correspondiente actividad de minería y beneficio desde la Antigüedad, aunque las minas debieron de abrirse y cerrarse cíclicamente. Diversos hallazgos de hachas / lingotes de cobre se han descubierto en las Cinco Villas y se atribuye la prosperidad de la zona durante época romana a la minería de este metal. Evidentemente, las minas también se utilizaron en la Edad Media. Así, CUCHÍ (1995) presenta información sobre unas explotaciones de esta época cercanas a Huesca. A mediados del siglo XIX se retomaron los trabajos mineros en Biel. Otras explotaciones se iniciaron o reactivaron a inicios del siglo XX. En el Archivo Histórico Provincial de Huesca se conservan numerosos expedientes de la Sección de Minas. Muchos de ellos, como los incoados por el oscense Luciano Labastida Oliván, parecen simples expedientes de registro con carácter especulativo, donde no es fácil identificar las zonas denunciadas porque los nombres de las minas cambian y muchas delimitaciones registrales son poco útiles. Este interés pudo estar relacionado con un auge de demanda de cobre en vísperas de la Primera Guerra Mundial. De hecho, SUBÍAS y cols. (2003) indican que las minas de Biel cerraron tras este conflicto. La política española de autarquía, tras la Guerra Civil, reactivó parcialmente el trabajo en Biel. En esta localidad se dice que funcionaron hasta finales de la década de los cincuenta. Posteriormente, entre 1969 y 1975, se realizaron trabajos de exploración en la misma zona por la compañía Asturiana de Zinc. De forma general, no es fácil identificar las zonas minadas porque, en bastantes casos, las labores parecen haber sido mínimas, reducidas a socavones que rara vez llegan a modestas galerías. Un ejemplo de mina, en la zona de Sagarillo, se presenta en CUCHÍ (1995).

Una de las zonas minadas en el pasado se encuentra en Monzorrobal (682 metros), un característico cerro testigo, muy erosionado, que se halla



**Fig. 1.** Vista cenital del cerro de Monzorrobal. (Imagen del SITAR, Centro de Información Territorial de Aragón)

al este de la localidad de Ayerbe, entre Fontellas, Mondot y Loscorrales, e inmediatamente al sur de la A-132 (fig. 1). Esta zona es el objeto de la presente nota. El cerro y su entorno están muy erosionados, por la deforestación y el sobrepastoreo que se han producido en el entorno de Ayerbe, que

también afectaron a su vecino cerro de San Miguel hasta la repoblación de 1960, como muestran fotografías antiguas. Sin embargo, en la vertiente occidental de Monzorrobal destaca una zona de *badlands*, más desarrollados que en otros lugares del territorio circundante. Este terreno ha sido utilizado como muladar, vertedero y campo de tiro. Y en el pasado fue zona de minas, sin que se pueda precisar cuándo estuvieron en actividad.

Geológicamente, Monzorrobal es un cerro formado por una alternancia horizontal de lutitas y areniscas. La cartografía básica se encuentra en IGME (2009). ARENAS (1993) describió una columna estratigráfica con objetivos sedimentológicos. Como parte de una serie de trabajos geológicos en el entorno de la Galliguera, se realizaron varias visitas al mencionado cerro entre 2010 y 2012. Además, observaciones arqueológicas, cuyos resultados superan esta nota, permitieron recolectar diversas muestras de minerales. Una serie de análisis cualitativos indicaron la presencia de cobre en algunas muestras de color verdoso y, además, sugirieron la presencia de otros metales. Para caracterizar la naturaleza de estos, en abril de 2013, se tuvo la oportunidad de utilizar un equipo portátil de fluorescencia de rayos X, RXF Delta Olympus, con calibración interna, que ha permitido un análisis múltiple cuantitativo.

Se han analizado nueve muestras. Una corresponde a una caliza ferruginosa, de unos pocos centímetros de espesor, con fósiles de pequeños gasterópodos, tomada en una vaguada situada al noroeste del cerro (TRRS89, H30, X: 692913, Y: 4680451). También se analizaron dos areniscas grises de un par de bancos de este material en el fondo de las cárcavas (X: 692348, Y: 4680322). Seis muestras de mineralización de cobre se tomaron en la ladera del cerro, a unos metros de las anteriores. Evidentemente, son muestras aisladas, que presentan un claro sesgo en su recolección hacia mayores indicios de presencia de mineral.

Los resultados en porcentajes (%) sobre la masa de muestra se presentan en las tablas 1a, 1b y 1c. La tabla 1a presenta los contenidos en elementos ligeros (EL), básicamente C, H y O, organizados en carbonatos, silicatos e hidróxidos. El calcio es elemento básico en la caliza y las margas. El silicio es elemento importante en las arcillas y los granos silíceos en las areniscas. El potasio y el aluminio forman parte de las arcillas. Por último, el azufre se relaciona con el ion sulfato, presente en las margas como

venillas y nódulos de yeso secundario. No se han detectado sulfuros metálicos, pero no se ha realizado una búsqueda específica. Los resultados de la tabla 1a confirman la dominancia de calizas y arcillas.

**Tabla 1a.** Datos químicos de muestras de Monzorrobal por fluorescencia de rayos X: elementos comunes.

	<i>EL</i>	<i>Ca</i>	<i>Si</i>	<i>K</i>	<i>Al</i>	<i>S</i>
<i>Caliza oscura</i>	43,35 ± 0,57	20,3787 ± 0,0344	17,79 ± 0,32	4,1686 ± 0,0339	6,41 ± 0,62	ND
<i>Arenisca gris</i>	52,30 ± 0,55	20,3792 ± 0,0314	22,16 ± 0,30	2,5640 ± 0,0261	< 2,87	1,1095 ± 0,0283
<i>Arenisca gris</i>	54,57 ± 0,61	22,1132 ± 0,0334	19,24 ± 0,3	1,9474 ± 0,0246	< 2,92	0,8065 ± 0,0271
<i>Mineralización de cobre</i>	53,01 ± 0,69	17,1656 ± 0,0324	22,54 ± 0,35	2,1065 ± 0,0281	< 3,41	ND
<i>Mineralización de cobre</i>	44,71 ± 0,58	12,675 ± 0,0358	28,44 ± 0,48	3,3856 ± 0,0417	ND	ND
<i>Mineralización de cobre</i>	45,01 ± 0,53	14,488 ± 0,0315	24,87 ± 0,34	3,3710 ± 0,0313	4,3 ± 0,5	0,2030 ± 0,0226
<i>Mineralización de cobre</i>	52,24 ± 0,61	15,868 ± 0,0292	23,11 ± 0,32	3,1015 ± 0,0293	ND	0,2823 ± 0,0222
<i>Mineralización de cobre</i>	39,33 ± 0,55	10,209 ± 0,0257	29,72 ± 0,39	3,4940 ± 0,0341	4,52 ± 0,52	0,2505 ± 0,0227
<i>Mineralización de cobre</i>	46,71 ± 0,97	17,587 ± 0,0497	24,56 ± 0,52	4,1900 ± 0,0600	ND	0,6971 ± 0,0135

Evidentemente, es más interesante la presencia de mineralizaciones menos frecuentes, estudiadas en forma elemental por la fluorescencia de rayos X. Los elementos más importantes se presentan en la tabla 1b y los minoritarios en la 1c. Hay presencia de cobre en todas las muestras de color verdoso. En alguna es incluso superior a los valores de 3,86 a 5,37% que indican SUBÍAS y cols. (2003) para Ayerbe, probablemente de muestras de la misma zona. Sin embargo, la muestra de caliza y una de las areniscas grises no presentan cobre. La otra muestra de arenisca tiene un nivel muy pobre. Por el contrario, el nivel de hierro es relativamente alto, más de un 7%, en la caliza. Las restantes tienen del orden de un 1%. En Biel, SUBÍAS y cols. (2003) señalan que ambos metales, hierro y cobre, están asociados.

El manganeso es un acompañante habitual del hierro. El antimonio y el arsénico suelen aparecer asociados a sulfuros metálicos. El zinc y el cadmio lo hacen en la esfalerita (blenda), un mineral que en trabajo ya reseñado se ha detectado en Biel. Todas las muestras tienen presencia de otros metales (titanio, zirconio, vanadio, hafnio, plomo, cadmio y zinc), y también está asociada a las mineralizaciones del cobre y del hierro, lo que abre diversas cuestiones geológicas que superan esta nota. En cualquier caso, es interesante que se hayan detectado zirconio y hafnio, de geoquímica muy similar. Sin embargo, en este caso, la relación es anormalmente favorable al hafnio, y una de las muestras presenta una relativamente elevada concentración de este elemento. Por otro lado, dos muestras (una arenisca gris y una muestra de malaquita) presentan cromo:  $0,0156\% \pm 0,0032$  y  $0,012\% \pm 0,0031$ , respectivamente. Solo la caliza presenta un poco de plomo:  $0,004\% \pm 0,0004$ . Los análisis no han detectado magnesio, fósforo, cloruro, cobalto, molibdeno, plata, tántalo, bismuto ni wolframio.

**Tabla 1 b.** Datos químicos de muestras de Monzorrobal por fluorescencia de rayos X: metales pesados más abundantes.

	<i>Cu</i>	<i>Fe</i>	<i>Ti</i>	<i>Mn</i>	<i>Sb</i>	<i>Sn</i>	<i>Zr</i>
<i>Caliza oscura</i>	ND	7,5028 $\pm 0,0337$	0,2403 $\pm 0,0157$	0,0540 $\pm 0,0052$	0,0284 $\pm 0,0015$	0,0195 $\pm 0,0013$	0,0076 $\pm 0,0003$
<i>Arenisca gris</i>	ND	1,0881 $\pm 0,0120$	0,02243 $\pm 0,0135$	0,0668 $\pm 0,0045$	0,0275 $\pm 0,0012$	0,0186 $\pm 0,0010$	0,0114 $\pm 0,0002$
<i>Arenisca gris</i>	0,0289 $\pm 0,0013$	0,9332 $\pm 0,0118$	0,2074 $\pm 0,0139$	0,0650 $\pm 0,0047$	0,0289 $\pm 0,0013$	0,0191 $\pm 0,0011$	0,0179 $\pm 0,0003$
<i>Mineralización de cobre</i>	3,8041 $\pm 0,0127$	1,0034 $\pm 0,0122$	0,1684 $\pm 0,0128$	0,052 $\pm 0,0044$	0,0264 $\pm 0,0015$	0,0175 $\pm 0,0012$	0,0077 $\pm 0,0003$
<i>Mineralización de cobre</i>	9,1701 $\pm 0,0174$	1,071 $\pm 0,0107$	0,2231 $\pm 0,012$	0,030 $\pm 0,0034$	0,0237 $\pm 0,0014$	0,0148 $\pm 0,0012$	0,0050 $\pm 0,0003$
<i>Mineralización de cobre</i>	2,5682 $\pm 0,01$	1,647 $\pm 0,0149$	0,3057 $\pm 0,015$	0,072 $\pm 0,0048$	0,0183 $\pm 0,0013$	0,0129 $\pm 0,0011$	0,0170 $\pm 0,0003$
<i>Mineralización de cobre</i>	3,1205 $\pm 0,0108$	1,713 $\pm 0,0146$	0,3243 $\pm 0,015$	0,064 $\pm 0,0045$	0,0197 $\pm 0,0013$	0,0140 $\pm 0,0011$	0,0170 $\pm 0,0003$
<i>Mineralización de cobre</i>	10,43 $\pm 0,0197$	1,413 $\pm 0,0127$	0,2590 $\pm 0,013$	0,055 $\pm 0,0042$	0,0254 $\pm 0,0016$	0,0171 $\pm 0,0013$	0,0073 $\pm 0,0003$
<i>Mineralización de cobre</i>	3,886 $\pm 0,0199$	1,710 $\pm 0,0241$	0,2990 $\pm 0,024$	0,045 $\pm 0,0069$	0,0244 $\pm 0,0023$	0,0152 $\pm 0,0019$	0,0058 $\pm 0,0004$

**Tabla 1c.** Datos químicos de muestras de Monzorrobal por fluorescencia de rayos X: metales pesados menos abundantes.

	<i>Hf</i>	<i>V</i>	<i>Pb</i>	<i>As</i>	<i>Zn</i>	<i>Cd</i>	<i>Ni</i>
<i>Caliza oscura</i>	ND ± 0,0096	0,0285 ± 0,0066	0,0040 ± 0,0004	ND	ND	0,0111 ± 0,0011	0,0047 ± 0,0011
<i>Arenisca gris</i>	ND	0,0215 ± 0,0057	ND	ND	ND	0,0114 ± 0,0009	0,0038 ± 0,0007
<i>Arenisca gris</i>	ND	ND	ND	ND	ND	0,0111 ± 0,0010	0,0036 ± 0,0007
<i>Mineralización de cobre</i>	0,0819 ± 0,0096	ND	ND	ND	ND	0,0090 ± 0,0011	ND
<i>Mineralización de cobre</i>	0,2262 ± 0,0162	ND	0,0009 ± 0,0003	ND	0,0295 ± 0,0025	ND	ND
<i>Mineralización de cobre</i>	0,0489 ± 0,0071	0,0328 ± 0,0063	0,0018 ± 0,0003	0,0081 ± 0,0004	0,0127 ± 0,0015	0,0075 ± 0,001	0,0073 ± 0,001
<i>Mineralización de cobre</i>	0,0635 ± 0,0079	0,0304 ± 0,006	0,0018 ± 0,0003	0,0097 ± 0,0005	ND	0,0072 ± 0,001	0,0061 ± 0,001
<i>Mineralización de cobre</i>	0,1893 ± 0,0189	0,0252 ± 0,0055	0,0015 ± 0,0004	0,0285 ± 0,0008	0,0256 ± 0,0028	0,0083 ± 0,0012	
<i>Mineralización de cobre</i>	0,2691 ± 0,0161	ND	0,0018 ± 0,0005	ND	ND	ND	ND

Por supuesto, los resultados deben ser considerados como meramente indicativos. Se trata de muestras seleccionadas con un sesgo positivo (las más aparentes) y el método de análisis trabaja sobre la superficie de los materiales. En cualquier caso, sería interesante realizar trabajos de mayor detalle.

Por último, la presencia de hierro sugiere el origen del antiguo nombre del cerro, en relación con este metal, pues aparece mencionado como *Monferrobal* en un documento del siglo XI en el que el rey Sancho Ramírez define los límites del recién conquistado Ayerbe. Hierro y cobre, posiblemente, fueron minados de antiguo y tal vez pudieran encontrarse en los alrededores restos de hornos para obtener el mineral.

#### AGRADECIMIENTOS

Es obligado recordar el trabajo de Inmaculada Cuchí (e. p. d.) localizando documentación medieval sobre el tema. Agradecemos la ayuda de Rosa

Torreano, sobre la documentación de la Sección de Minas de la DGA existente en el Archivo Histórico Provincial de Huesca; y la colaboración de Emilio Leo sobre la química de algunas tierras raras.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARENAS, C. (1993). *Sedimentología y paleogeografía del Terciario del margen pirenaico y sector central de la cuenca del Ebro (zona aragonesa occidental)*. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza. 858 pp.
- CALVO, M., J. BESTEIRO, E. SEVILLANO y A. POCOVÍ (1988). *Minerales de Aragón*. Mira. Zaragoza. 142 pp.
- CUCHÍ, I. (1995). Introducción a la minería medieval en el Alto Aragón: las minas de cobre de Santa Eulalia (Huesca). En *Actas de las Jornadas sobre Minería y Tecnología en la Edad Media Peninsular (León)*: 217-224. Fundación Hullera Vasco-Leonesa. Madrid.
- GIMENO CONCHILLOS, Á. (1918). Impregnaciones cupríferas en Aragón. *Boletín de la Sociedad Aragonesa de Historia Natural*, xvii: 93-103.
- GIMENO CONCHILLOS, Á. (1924). Las areniscas cupríferas de Aragón. *Boletín Oficial de Minas y Metalurgia*, 89-90: 1103-1151.
- GIMENO CONCHILLOS, Á. (1933). Las areniscas cupríferas de Aragón, I. En *Catálogo descriptivo de los criaderos de minerales de España*. Madrid.
- GIMENO CONCHILLOS, Á. (1939). Las areniscas cupríferas de Aragón, II. En *Catálogo descriptivo de los criaderos de minerales de España*. Madrid.
- IGME (1974). *Mapa metalogénico de España 1: 200 000. Hoja 23: Huesca*. Ministerio de Industria. Madrid. 23 pp., 1 tabla, 1 mapa.
- IGME (2009). *Mapa geológico de España 1: 50 000. Hoja 247: Ayerbe*. Ministerio de Industria. Madrid. 39 pp., 2 mapas.
- MALLADA, L. (1878). *Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España: descripción física y geológica de la provincia de Huesca*. Imprenta de Manuel Tello. Madrid. 439 pp., 1 mapa. Reed. facs., IEA, Huesca, 1990.
- SALARRULLANA, J. (1907). *Colección de documentos para el estudio de la historia de Aragón*, t. III: *Documentos correspondientes al reinado de Sancho Ramírez*. Imprenta de M. Escar. Zaragoza. 267 pp.
- SUBÍAS, I., C. FERNÁNDEZ-NIETO y J. M. GONZÁLEZ LÓPEZ (1989). Mineralogía de las areniscas cupríferas de Biel (Zaragoza). *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, 12: 315-327.
- SUBÍAS, I., I. FANLO, E. MATEO y J. GARCÍA-VEIGAS (2003). A model for the diagenetic formation of sandstone-hosted copper deposits in Tertiary sedimentary rocks, Aragón (NE Spain): S/C ratios and sulphur isotope systematics. *Geology Reviews*, 23: 55-70.