

**LUCAS MALLADA, 26 (2024)**

ISSN 0214-8315, ISSN-e 2445-060X

<http://revistas.ica.es/index.php/LUMALL>

## **NOTA SOBRE MINERALIZACIONES DE COBRE EN EL PICO BORÓN (VADIELLO)**

Ana Ortas del Río<sup>1</sup> | José Antonio Manso Alonso<sup>2</sup> |  
José Antonio Cuchí Oterino<sup>2</sup>

**RESUMEN** Se documenta la presencia de azurita y malaquita en calizas eocenas situadas en la zona de Vadiello, en la cuenca del río Guatzalema.

**PALABRAS CLAVE** Eoceno. Cobre. Vadiello (Loporzano, Huesca).

**ABSTRACT** The presence of azurite and malachite is documented in Eocene limestones located in the Vadiello area, in the Guatzalema River basin.

**KEYWORDS** Eocene. Copper. Vadiello (Loporzano, Huesca, Spain).

### **INTRODUCCIÓN**

El Instituto Geológico y Minero de España (IGME) señalaba en 2014: “No existen en el ámbito de la hoja de Apiés explotaciones mineras en la actualidad, ni existen indicios de ellas. Se localizan en las inmediaciones del embalse de Vadiello algunos indicios de malaquita, localizados en pequeñas diaclasas de las calizas de Guara”. El primer aserto también aparece en la hoja “Huesca” del *Mapa metalogénico de España*, a escala 1 : 200 000, donde solo aparece la mina de cobre de Labata.

---

<sup>1</sup> Sección de Espeleología del Club Atlético Sobrarbe. [anao\\_32@hotmail.com](mailto:anao_32@hotmail.com)

<sup>2</sup> Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 Huesca. [manso@unizar.es](mailto:manso@unizar.es), [cuchi@unizar.es](mailto:cuchi@unizar.es)

Sin embargo, sí que ha habido minería de cobre en el entorno oscense. Dejando aparte el debate sobre el origen del cobre de las monedas de bronce de Bolskan, ya Lucas Mallada señalaba indicios en el Guatizalema y una mina de cobre a 1 kilómetro al este de La Almunia del Romeral (Mallada, 1878). En la zona industrial de esta localidad, a la salida del Bullitero, quedan los restos de un martinete de cobre. Nieto (1996) cita esta fundición, inactiva a finales del siglo XVIII. El *boom* minero de principios del siglo XX llevó a numerosas denuncias. En 1900, 1905 y 1906, La Fe, en Barluenga (AHPHu, IN 000199/000177, IN 191/559, IN-191/580). En el mismo año, Famosa en Sipán (AHPHu, IN 200/166), y La Niña, en Santa Eulalia la Mayor (AHPHu, IN 200/163). A su vez, son vueltas a denunciar en 1905 (AHPHu, IN 191/560, IN 191/562) por el incansable y omnipresente Luciano Labastida Oliván. La única que no es suya es Baldarruego, en Santa Eulalia, en 1913 (AHPHu, IN 204/756). En la práctica totalidad de ellas la actividad debió de ser mínima, a no ser que fueran minas solo sobre el papel. Pero de esa época es la existente en la orilla derecha del Flumen en Lienas (Apiés), cuyas galerías están topografiadas en Cuchí (1996); la de la orilla de enfrente, aguas arriba de Sagarillo, y la de Petracanera, al este de Santa Eulalia la Mayor. Hacia 1956 Julián Dorao y Díaz Montero, ingeniero de Caminos malagueño, solicitó permiso en numerosas minas de cobre de los somontanos de Zaragoza y Huesca trabajadas a cielo abierto. Probablemente, dirigió el socavón a la entrada de la mina de Lienas. Subías y cols. (1989 y 2003) también señalan las minas de Sagarillo.

Pero la segunda afirmación de la memoria del *Magna* es correcta. Diversas personas han recogido muestras de mineral de cobre, bien visible por su color azul (azurita) o verde (malaquita) sobre calizas, en el camino situado entre Vadiello y Nocito, por el embalse. El presente artículo da algunos detalles sobre esta mineralización.

## EL MARCO GEOLÓGICO

La zona de presencia de cobre se encuentra en la orilla derecha del valle del río Guatizalema, en la cola del embalse de Vadiello. Estructuralmente, es zona complicada en la zona terminal del gran anticlinal de Guara, también llamado de *La Pillera*, cuyo flanco oeste es el pico Fragneteto.

El Guatizalema se ha abierto paso por calizas del lateral oeste de la terminación de esta estructura, sepultada por los conglomerados oligoceno-miocenos de Vadiello y San Cosme.

Los estratos calizos que conforman el pico Borón se encuentran verticalizados, con alguna relación con los cabalgamientos situados al oeste. Accediendo desde la presa, superados los conglomerados, se pasa a materiales calizos del Eoceno, básicamente Eoceno medio (formación Guara, del Luteciense), que forman crestas espectaculares y cuyas zonas bajas están recubiertas de canchales periglaciares.

## UBICACIÓN

El mineral se puede encontrar en el camino natural que lleva desde el final de la HU-330 hacia Nocito, pasados los conglomerados de Vadiello. Se ha encontrado mineral al norte de la denominada *cresta del pico Borón*. Desde el collado del camino en la citada cresta (fig. 1) se inicia un descenso que pasa por una glera y llega luego al entronque con una senda que desciende hacia el río. Hay un resto de un letrero rojo pintado en la piedra en el que se lee "A Nocito", y otros dos, en amarillo, con flechas indicando hacia la ladera. En el camino a Nocito, frente a un cajigo grande, se ve un estrato oscuro con pequeños indicios de mineral de cobre. El estrato resulta también visible en el camino que desciende al embalse. Es del orden de 2 metros de anchura y presenta vetillas milimétricas de mineral de cobre. En las inmediaciones hay también algún nivel de caliza rojiza.

El canchal inmediatamente situado al sur del punto anterior parece ser la fuente de los clastos con indicios de cobre que se observan en el camino (fig. 2). Al ascender por este, se ve que solo hay mineral en una bifurcación hacia el norte que lleva hacia la pequeña cresta del horizonte izquierdo en la figura 1. A su pie (localización aproximada ETRS89, H 30, X: 724339, Y: 4681486, Z: 848 metros s. n. m.) encontramos una serie de estratos calizos con numulites del orden de 1-2 metros de potencia total con los indicios (fig. 3). En algún nivel los fósiles son muy abundantes. El mineral de cobre aparece en pequeños cristales aciculares azules y verdes, así como en masas amorfas. Se muestran paralelos a la estratificación, a partir de lo que parecen estilolitos. También hay cristales aislados en la masa calcárea.



**Fig. 1.** Imagen de la zona de afloramiento desde el collado de la cresta al pico Borón, en el camino de Vadiello a Nocito. El mineral se encuentra al pie de la pequeña cresta del horizonte izquierdo.



**Fig. 2.** Ejemplo de clasto con azurita en el canchal.



**Fig. 3.** Detalle del estrato vertical que contiene mineral de cobre. El tamaño de los numulites no excede de 1 centímetro.

No se han encontrado indicios de minería. Hay alguna carbonera (carbón vegetal) en la zona.

## ANÁLISIS

Una serie de muestras, no representativas, se recolectaron en febrero y mayo de 2025. La tabla 1 las describe sucintamente.

**Tabla 1.** Muestras, no representativas, recolectadas al norte de la cresta del pico Borón.

1	Material rojizo al norte de la cresta del pico Borón.
2	Roca con lámina de hierro y mineral de cobre. Posible <i>hardground</i> .
3	Roca oscura del filón del canchal norte.
4	Caliza gris con azurita. Canchal sur de la cresta del pico Borón.
5	Canto fracturado con acículas de cobre, supuestamente malaquita.
6	Canto con mineral acicular azul oscuro, supuestamente azurita.

Las muestras se analizaron mediante un espectrómetro de rayos X portátil modelo Niton™ XL3t GOLDD+ de Thermo Fisher Scientific (Waltham, Massachusetts, EE. UU.), empleando el modo de medida *mining*, con tiempos de detección superiores a 120 segundos y una apertura del colimador de 3 milímetros. Los elementos con número atómico inferior al

**Tabla II.** Análisis mediante pXRF de algunas muestras con cobre y hierro en el entorno de la cresta este del pico Borón, camino de Nocito. La muestra 2 se analiza en dos puntos.

	Muestra 1 (%)	Muestra 2 Fe (%)	Muestra 2 Cu (%)	Muestra 3 (%)	Muestra 4 (%)	Muestra 5 (%)	Muestra 6 (%)
<i>Ba</i>	0,042	0,069	0,026	0,035	0,044	0,038	0,063
<i>Bal</i>	68,318	31,868	68,071	60,534	61,319	61,443	50,739
<i>Mo</i>	<LOD	0,008	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
<i>Zr</i>	0,003	0,004	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
<i>Sr</i>	0,01	0,003	0,009	0,015	0,026	0,008	0,014
<i>Rb</i>	0,003	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
<i>As</i>	<LOD	0,206	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
<i>Pb</i>	<LOD	0,19	0,002	0,003	<LOD	0,002	<LOD
<i>Zn</i>	<LOD	0,031	0,005	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
<i>Cu</i>	<LOD	1,323	0,075	0,127	0,03	10,527	37,762
<i>Ni</i>	<LOD	0,033	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
<i>Fe</i>	1,738	56,285	1,577	0,645	0,225	0,365	0,137
<i>Mn</i>	<LOD	0,09	0,055	0,046	0,023	<LOD	<LOD
<i>Cr</i>	0,009	0,09	0,008	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
<i>V</i>	<LOD	0,158	0,011	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
<i>Ti</i>	0,083	0,096	0,14	0,039	<LOD	<LOD	<LOD
<i>Ca</i>	23,825	1,218	23,541	37,062	36,789	27,061	9,105
<i>K</i>	0,775	0,275	0,683	0,145	0,192	0,051	0,098
<i>Al</i>	0,893	2,896	1,124	<LOD	<LOD	<LOD	0,716
<i>P</i>	<LOD	0,142	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
<i>Si</i>	4,218	3,719	3,77	1,126	1,002	0,466	1,423
<i>Cl</i>	0,019	0,046	0,032	0,02	0,054	0,028	<LOD
<i>S</i>	0,045	0,204	0,194	0,079	0,131	<LOD	0,022
<i>Mg</i>	<LOD	1,043	0,674	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD

*Bal*: suma de porcentajes de elementos con número atómico igual o inferior al potasio.

Sb, Sn, Cd, Pd, Ag, Nb, Bi, Se, Hg, Au, W y Co, por debajo del límite de detección.

del magnesio (como el carbono, el oxígeno o el sodio), que el equipo no es capaz de discriminar, quedan clasificados como *Bal*. El método debe considerarse semicuantitativo.

## DISCUSIÓN

Como se ha señalado, los minerales de cobre se encuentran en calizas de la formación Guara, del Luteciense. Es una formación calcárea compleja, actualmente subdividida en tres unidades. De forma resumida, se trata de una plataforma marina previa al levantamiento pirenaico, con variaciones en profundidad, fases erosivas con *hardgrounds* ferruginosos, pero sin evidencias de exposición subaérea ni carstificación (IGME, 2014). Tras el levantamiento pirenaico la karstificación en el Prepirineo fue muy intensa, con depósitos secundarios de arcillas de descalcificación, como las de la cavidad Esteban Felipe (Cuchí, 2020), y de ocre ferruginosos, como los de la mina cueva Sotarraña (Villarroel y Cuchí, 2013).

Todas las muestras parecen estar sobre calizas, dado el bajo nivel de magnesio. La mayoría de las calizas de esta zona son de color marrón claro en fresco y grises en alteración, aunque se encuentran algunas con un color rojizo (muestra 1) debido a la presencia de ligeras cantidades de hierro. Como se ha señalado, en la zona estudiada se encuentran pequeñas láminas de hierro sobre roca (muestra 2 y análisis 2 Fe). El contenido en hierro es importante, un 56 %, similar a los valores que se hallan en otras zonas del Prepirineo central (Cuchí y cols., 2024; Ortas y cols., 2024). La existencia de un fondo de hierro general en las calizas de Guara debiera ser objeto de un estudio específico. El nivel de azufre es muy bajo para sospechar la presencia de algún sulfuro.

Pero lo que destaca en la zona estudiada es la presencia de minerales de cobre, que se asume son malaquita ( $\text{Cu}_2\text{CO}_3[\text{OH}]_2$ ) y azurita ( $\text{Cu}_3[\text{CO}_3]_2[\text{OH}]_2$ ), los dos minerales de cobre más comunes en medios carbonatados. La muestra número 6, un mineral acicular de un color azul muy oscuro, casi negro, tiene un interesante nivel de cobre. La presencia de estos minerales en calizas resulta relativamente habitual, aunque suelen aparecer en calizas paleozoicas o más antiguas (Tourtelot y Vine, 1976). En el Pirineo francés, donde Palassou (1784) cita minas de cobre en Baigorri, se explotaron de este

mineral en calizas del Devónico–Carbonífero (Dubois y Guilbaut, 1989). Fuera de la cadena pirenaica, hay ejemplos de minerales de cobre en rocas sedimentarias. Smirnov (1970) pone como ejemplo el nivel cuprífero existente en un estrato de esquistos arcillosos del Zechstein inferior (Pérmico) en Mansfeld (Alemania). Neukirchen y Ries (2020) señalan estas manifestaciones como *sediment-hosted stratiform copper*. Brown (1992) describe sus características y un mecanismo de génesis. Para Vázquez (2012), el cobre en series sedimentarias (SH) es estratoligado y restringido a un estrecho rango de capas dentro de una secuencia sedimentaria. Todos los autores consideran estos yacimientos epigenéticos y diagenéticos. Cox y cols. (2007) catalogan la génesis de estos depósitos como USGS *model 30b* y describen tres subtipos: modelo de facies reducida (RF), modelo *redbed* (RB) y modelo Revert (RV). En fecha más reciente, Brown (2017) presenta modelos conceptuales sobre la hidroquímica de la formación de estos yacimientos. Evidentemente, con los conocimientos actuales sobre la mineralización de Vadiello poco se puede realizar, excepto una breve descriptiva de campo.

En Vadiello, como ya se ha dicho, la mineralización se encuentra en un estrecho espesor de calizas del Eoceno. Son cristales aciculares de azurita y malaquita que aparecen muy cercanos, en general como costras de pequeñas dimensiones, del orden de algún centímetro cuadrado de superficie y un espesor milimétrico. Sugieren estilolitos. En algunos casos parecen estar tiñendo o reemplazando la calcita de algún nummulite. Los mecanismos teóricos del reemplazamiento de caliza por minerales de cobre fueron estudiados en detalle, teóricamente y en laboratorio, por Garrels y Drever (1952), quienes señalaron la complejidad de la formación de malaquita en laboratorio pese a lo observado en la naturaleza.

Es de reseñar, por otro lado, que en el entorno de las Sierras Exteriores prepirenaicas centrales no hay indicios de vulcanismo ni manifestaciones hidrotermales. La única singularidad es el pequeño afloramiento de ofitas asociadas al Keuper en Las Valles, situado a unos 2 kilómetros al este de la zona estudiada, tras la alineación Montidinera–Fragineto, ya señalado por Mallada (1878), Almela y Ríos (1952) y cartografiado por el IGME (2014). Sin embargo, no hay información sobre la presencia de cobre en los afloramientos ofíticos del Pirineo.

Un tema de algún interés es la posible relación con los depósitos en las areniscas miocenas situadas más al sur, de amplia extensión desde Sos hasta Panzano y especialmente en las inmediaciones de Biel, estudiados por Gimeno (1924a, 1924b y 1925) y, más recientemente, por Subías (1989) y Subías y cols. (1989 y 2003). Estos autores postulan la circulación de fluidos en la génesis de los minerales de cobre en el entorno de Biel en la formación Campodarbe. Esta es más moderna que la caliza de Guara.

Por último, sorprende un poco que no haya habido ningún tipo de noticia, aunque fuera especulativa, sobre esta mineralización, dada la fácil visualización del mineral para quienes transitan el camino, incluso para personas no expertas. Sorprende dadas las solicitudes y las minas abiertas en la zona de areniscas del cercano somontano. Salvo la sucinta cita en el *Magna* (IGME, 2014), tampoco ha llamado la atención de ingenieros de Minas o geólogos. Es raro que no lo citara Lucas Mallada (Mallada, 1878), gran conocedor de su provincia natal y que sí se refiere a los criaderos de La Almunia del Romeral. Tampoco dice nada Gimeno (1924a y 1924b), que señala que en esta última localidad citada hubo horno de cobre y hoy se encuentran restos de un martinete.

## AGRADECIMIENTOS

Miguel Ortega, gran estudioso de las sabinas centenarias, fue quien nos puso en canción, y Enrique Salamero aportó también sus observaciones. Eugenio Monesma nos hizo ver la importancia del martinete de La Almunia del Romeral y diversas minas cercanas. María José Calvo nos señaló las catas mineras del entorno de la acequia molinera de Sipán. Por último, María Dolores Giménez nos acompañó en alguna de las exploraciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almela, A., y J. M. Ríos (1952). *Hoja y memoria del mapa geológico de España 1 : 50 000 n.º 247 (Apiés)*. IGME. Madrid.
- Brown, A. C. (1992). Sediment-hosted stratiform copper deposits. *Geoscience Canada*, 19 (3): 125-141.
- Brown, A. C. (2017). Constraints on conceptual and quantitative modeling of early diagenetic sediment-hosted stratiform copper mineralization. *Minerals*, 7 (10): 192.

- Cox, D. P., D. A. Lindsey, D. A. Singer, B. C. Moring y M. F. Diggles (2007). *Sediment-Hosted Copper Deposits of the World: Deposit Models and Database*. United States Geological Survey. Open-File Report 03-107 v.1.3. 53 p.
- Cuchí, I. (1996). Introducción a la minería medieval en el Alto Aragón: las minas de cobre de Santa Eulalia (Huesca). En *Actas de las I Jornadas sobre Minería y Tecnología en la Edad Media Peninsular (León, 26 al 29 de septiembre de 1995)*: 217-224. Fundación Hullera Vasco-Leonesa. La Robla (León).
- Cuchí, J. A. (2020). Geología del Sistema de Esteban Felipe y otras cuevas del Paco Adriana (Belsué, Huesca). *Exploracions sota terra*, 1: 4-8.
- Cuchí, J. A., A. Ortas, E. Salamero, M. Oliván, M. Gil y R. Ruiz (2024). Minas y petróleo en el Sobrarbe meridional y central. *Nabaín*, 27: 25-30.
- Dubois, C., y J. E. Guilbaut (1989). Un exemple d'exploitation minière antique dans les Pyrénées ariégeoises: la mine du Rougé à Esplas-de-Serrou. *Revue archéologique de Narbonnaise*, 22 (1): 363-370.
- Garrels, R. M., y R. M. Drever (1952). Mechanism of limestone replacement at low temperatures and pressures. *Geological Society of America Bulletin*, 63 (4): 325-380.
- Gimeno Conchillos, Á. (1924a). Las areniscas cupríferas en Aragón, I parte. *Boletín Oficial de Minas y Metalurgia*, 89: 1031-1097.
- Gimeno Conchillos, Á. (1924b). Las areniscas cupríferas en Aragón, II parte. *Boletín Oficial de Minas y Metalurgia*, 90: 1103-1151.
- Gimeno Conchillos, Á. (1925). Explotación y beneficio de los cobres de Aragón. *Publ. Academia de Ciencias de Zaragoza. Curso Conf. Subsuelo de Aragón*: 5-17. Zaragoza.
- IGME (2014). *Mapa geológico de España 1 : 50 000 (Magna). Hoja 48: Apiés*. Madrid. 75 pp. + 2 mapas.
- Mallada, L. (1878). *Descripción física y geológica de la provincia de Huesca*. Imprenta y Fundición de Manuel Tello. Madrid. 439 pp. + 2 mapas. (Edición facsímil, 1990: IEA, Huesca).
- Millán Garrido, H. (2006). *Estructura y cinemática del frente de cabalgamiento surpirenaico en las Sierras Exteriores aragonesas*. IEA. Huesca. 396 pp.
- Neukirchen, F., y G. Ries (2020). *The World of Mineral Deposits: A Beginner's Guide to Economic Geology*. Springer Nature. Berlín. 371 pp.
- Nieto, J. J. (1996). El proceso siderometalúrgico altoaragonés: los valles de Bielsa y Gistaín en la Edad Moderna (1565-1800). *Llull*, 19 (37): 471-508.
- Ortas, A., M. Oliván, E. Salamero, J. A. Manso y J. A. Cuchí (2024). Una mina de hierro en Santa Marina (Bagüeste). *Lucas Mallada*, 26: 99-111.
- Palassou, P. B. (1784). *Essai sur la minéralogie des Monts-Pyrénées*. Didot. París. 330 pp.
- Smirnov, V. L. (1970). *Geologie der Lagerstätten mineralischer Rohstoffe*. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie. Leipzig. 563 pp.

- Subías, I. (1989). *Estudio metalogenético del yacimiento de cobre de Biel (Zaragoza)*. Tesina de licenciatura. Universidad de Zaragoza. 157 pp.
- Subías, I., C. Fernández-Nieto y J. M. González (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. *Ore Geology Reviews*, 23 (1-2): 55-70.
- Tourtelot, E. B., y J. D. Vine (1976). *Copper deposits in sedimentary and volcanogenic rocks*. Geological Survey Professional paper 907 –C. US Government Printing Office. USA. 34 pp.
- Vázquez, F. (2012). *Manual de yacimientos minerales*. ETS Ingenieros de Minas de Madrid. Madrid. 597 pp.
- Villaruel, J. L., y J. A. Cuchí (2013). La cavidad conocida como *Sotarraña*, en Betorz (Huesca). *Lucas Mallada*, 15: 191-201.