ACCOPIOS Active Minute Action 100010474 7700

An Iberian Mineralogist Journal

ISSN 2171-7788



V122021







ACOPIOS

An Iberian Mineralogist Journal **Revista Ibérica de Mineralogía**

Volumen 12, 2021 ISSN 2171-7788

DIRECTOR/DIRETOR

Santos Barrios Doctor en Geología e Ingeniero Técnico de Minas Profesor asociado del Dpto. de Geología de la Universidad de Salamanca

EDITOR JEFE/EDITOR CHEFE

Jesús Alonso Museo de Ciencias Naturales de Álava, Vitoria-Gasteiz, País Vasco, España

COMITÉ ASESOR/COMITÉ ASSESSOR

José Manuel Compaña Prieto Doctor en Química Técnico de Investigación del Servicio de Difracción de Rayos-X de la Universidad de Salamanca

Juan Gómez Barreiro Doctor en Geología Profesor Titular del Dpto. de Geología de la Universidad de Salamanca

EDITA

MTIEDIT, Vitoria-Gasteiz, 2020 Versión impresa de su original *on line* http://issuu.com/malacate/docs/acopios_V12

Editada en España - Edited in Spain

ACOPIOS

An Iberian Mineralogist Journal Revista Ibérica de Mineralogía MTIEDIT ISSN 2171-7788

Sumario/Sumário

S. BARRIOS, J.M. COMPAÑA, L. BARBERO, F. HERNÁNDEZ, Y. GARCÍA, F. SÁNCHEZ,	
K. DOS SANTOS & J. GÓMEZ BARREIRO	
Indicios de minerales de plomo en el área de Guijuelo	
(Salamanca, España), Parte I	1-71



An Iberian Mineralogist Journal Revista Ibérica de Mineralogía

Volumen 12, 2021

Indicios de minerales de plomo en el área de Guijuelo (Salamanca, España) Parte I

Santos BARRIOS SÁNCHEZ⁽¹⁾, José Manuel COMPAÑA PRIETO⁽²⁾, Lorenzo BARBERO CASTRO, Federico HERNÁNDEZ ANDRÉS, Yoni GARCÍA GARCÍA, Fernando SÁNCHEZ CUADRADO, Kelvin DOS SANTOS ALVES⁽¹⁾, Juan GÓMEZ BARREIRO⁽¹⁾

(1) Departamento de Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca, Plaza de los Caídos s/n, 37008-Salamanca, España

(2) Servicio de Difracción de Rayos X, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Salamanca, Plaza de los Caídos s/n, 37008-Salamanca, España

Resumen

BARRIOS, S; COMPAÑA, J.M.; BARBERO, L.; HERNÁNDEZ, F.; GARCÍA, Y.; SÁNCHEZ, F.; DOS SANTOS, K. & GÓMEZ-BARREIRO, J. (2021). Indicios de minerales de plomo en el área de Guijuelo (Salamanca, España), Parte I. Acopios, 12: 1-71. En la zona de Guijuelo se encuentran concentradas la mayoría de las antiguas minas de galena de la provincia de Salamanca, cuya explotación comprende de forma intermitente desde finales del s. XVIII hasta mediados del s. XX. La mayoría de estas minas fueron explotadas de forma rudimentaria mediante pozos y galerías según la dirección de los filones de cuarzo mineralizados, como es el caso de la mina Florisa, Morilla y Lloza, y cuyo material extraído era destinado principalmente a los alfares de la provincia. La paragénesis está formada por galena, mena principal, junto a escasos sulfuros (marcasita) que aparecen alterados, cuarzo, carbonatos (calcita y siderita) y minerales de alteración de Pb como piromorfita y cerusita, destacando los ejemplares de las ya clásicas minas Florisa y Morilla, junto a óxi-hidróxidos de Fe. Los análisis químicos (microfluorescencia de rayos X) indican la total ausencia de Ag en la galena, a pesar de los comentarios de gente de la zona que afirman que si era aprovechada, y una composición típica para la piromorfita en las tres explotaciones. Sin embargo, las cantidades elevadas para As y V (superiores al P) en la mina Florisa y Lloza, respectivamente, indican la presencia de mimetita en el primer caso y vanadinita, en el segundo, minerales que no habían sido citados previamente en estas localidades. En el caso de la mina Morilla, los contenidos en As y V son muy bajos y homogéneos.

Palabras clave: galena, piromorfita, cerusita, filones de cuarzo, Guijuelo.

Abstract

BARRIOS, S; COMPAÑA, J.M.; BARBERO, L.; HERNÁNDEZ, F.; GARCÍA, Y.; SÁNCHEZ, F.; DOS SANTOS, K. & GÓMEZ-BARREIRO, J. y (2021). Lead ores in the Guijuelo area (Salamanca, Spain), Part I. *Acopios*, **12**: 1-71.

Most of the old galena mines in the province of Salamanca are located in the Guijuelo area. The exploitation of these mines was intermittent from the end of the 18th until the middle of the 20th century. Most of these mines were exploited in a rudimentary way through mine shafts and galleries according to the direction of the mineralized quartz veins, as is the case of Florisa, Morilla and Lloza mines. The extracted material was destined mainly to the pottery of the province. The paragenesis is formed by galena, the main ore, together with few sulfides (marcasite) that appear altered, quartz, carbonates (calcite and siderite) and Pb alteration minerals such as pyromorphite and cerussite, highlighting the specimens from the Florisa and Morilla classic mines, together with Fe oxy-hydroxides. Chemical analyzes (Xray microfluorescence) indicate the total absence of Ag in the galena, despite the comments of people in the area who affirm that it was argentiferous and a typical composition for pyromorphite in the three mines. On the other hand, the high amounts for As and V (higher than P) in the Florisa and Lloza mine, respectively, indicate the presence of mimetite in the first case and vanadinite in the second, minerals that had not been previously mentioned in these localities. In the case of the Morilla mine, the As and V contents are very low and homogeneous.

Keywords: galena, pyromorphite, cerussite, quartz lodes, Guijuelo.

INTRODUCCIÓN

La provincia de Salamanca es conocida por su abundancia en yacimientos metálicos, entre los que destaca un grupo de mineralizaciones hidrotermales filonianas de pequeño tamaño de galena. El área de Guijuelo está situada al SO de esta provincia y concentra la mayor parte de las mineralizaciones de este tipo (Fig. 1). A pesar de no ser muy variada mineralógicamente, destacan los ejemplares de piromorfita de las minas Florisa y Morilla, y la paragénesis de la mina Goviendes en La Tala (Merchán *et al.*, 1987), donde se encuentran las mejores stolzitas de la Península Ibérica.



Figura 1: Esquema geológico simplificado de la zona de trabajo (modificado de Martín-Serrano et al., 1991), sobre el que se han representado las minas de Pb de la zona de Guijuelo: 1) Florisa; 2) Morilla; 3) Lloza; 4) La Exaltación; 5) La Dehesa; 6) Dolores; 7) Los Tres Amigos o Estrella; 8) Goviendes o La Tala.

La explotación de estas minas comenzó a finales del siglo XVIII (Larruga, 1795) y se prolongó, de manera intermitente, hasta las décadas de los 50-60 del siglo XX (Díez Balda y Hacar, 1979; JCYL, 1986). Gil y Maestre (1868) incluye escasos datos sobre las minas de la zona y, en un trabajo posterior (Gil y Maestre, 1880), recoge información del trabajo de Pérez Moreno (1862), indicando que los criaderos de Guijuelo son filones de cuarzo con galena o "alcohol de hoja", tal y como se la conoce cuando aparece en grandes cristales con una clara exfoliación laminar. En todos los casos, la producción era destinada a los talleres alfareros de la provincia.

Aunque estas explotaciones son de pequeño tamaño en comparación con otros vacimientos nacionales, han desempeñado un importante papel en el desarrollo de la alfarería de la provincia de Salamanca, que presenta una destacada tradición. Cortés y Vázquez (1953), en su libro La Alfarería Popular Salmantina, señala que la galena "en terrones" producida en la zona de Guijuelo, además de en la mina Marte en Valdemierque (Barrios et al., 2020), era machacada en molinos para su uso en la alfarería. También era empleada galena molida procedente de Linares (Jaén), hecho que progresivamente condujo al cese de toda actividad minera de esta zona y a la paralización de los molinos. Sin embargo, la Guerra Civil impidió la llegada de mineral de Linares lo que produjo la reapertura de las minas de Guijuelo hasta su cierre definitivo en la década de los años 50 del siglo XX. Desde el final de la guerra y hasta los años 70, de nuevo se importó galena de Linares, como así nos indica el alfarero D. Bernardo Pérez Correa, de 90 años de edad, quien además comenta que en esa época lo recibían en unas esteras que llamaban "quintales" (46 kg) a un precio de unas 3.500 pesetas. También recuerda con claridad que anteriormente, siendo niño, visitaba la mina de Valdemierque con su padre para recoger algunos de esos "terrores" que luego machacaban.

Los objetivos principales que se pretenden en este trabajo son, primeramente, un inventario y revisión histórica, minera y mineralógica de las minas de galena de la zona de Guijuelo. Tradicionalmente la gente del lugar, e incluso algún antiguo minero con el que hemos podido conversar, asegura que la galena explotada en estas minas era argentífera, por la que se llegaba a recibir un dinero extra. Sin embargo, tan solo se disponen de algunos análisis químicos realizados en galenas de la mina Goviendes, para la que se determinaron unos contenidos de Ag muy bajos, de 165 ppm de Ag sobre el 71% de Pb (Merchán *et al.*, 1987), así como de la mina Los Tres Amigos o Estrella en Aldeavieja de Tormes, donde la galena mostró un escaso contenido de 33 ppm (Díez Balda y Hacar, 1979) o incluso no fue detectada (Merchán *et al.*, 1987). Para el resto de minas no se han encontrado análisis químicos que permitan contrastar esta información. Por lo tanto, ante la incertidumbre mostrada por los datos bibliográficos, se ha llevado a cabo un muestreo sistemático de galenas para su análisis químico y comprobar si verdaderamente contienen Ag.

Puesto que la piromorfita ($Pb_5(PO_4)_3Cl$) constituye series isomorfas con la mimetita ($Pb_5(AsO_4)_3Cl$) y la vanadinita ($Pb_5(VO_4)_3Cl$), se han caracterizado geoquímicamente los ejemplares obtenidos en algunas de estas explotaciones para observar posibles variaciones en los contenidos de V, As y Pb y determinar si existen algunas especies aún no referenciadas.

Finalmente, debido a la gran cantidad de información reunida, se ha tomado la decisión de dividir el trabajo en dos partes. En esta primera se han tratado las minas de galena de la parte oeste y norte de la zona de estudio (Florisa, 1; Morilla, 2; Lloza, 3; Fig. 1) cuyas características más importantes se han recogido además en la Tabla I. En la segunda parte del trabajo, que verá la luz próximamente, serán presentados los datos del resto de las minas de la zona.

	Mine	Localidad	UTM		Sustanaia	Minoralogía	Morfología	Litología
	wina		Х	Y	Sustancia	Mineralogia	y dirección	(edad)
1	Florisa	Endrinal	260400	4494708	Pb	ga, qz, cal, pir, mim, cer, cac, op, goe, lim	F, N20- 25°E	MGVS (Herc.)
2	Morilla	Campillo de Salvatierra	271164	4493503	Pb	ga, esf, qz, cal, cer, pir, oxFe	F, N70°E	MFA (CEG) / Cámb. inf.
3	Lloza	Berrocal de Salvatierra	272241	4501099	Pb	ga, mar, qz, sid, au, rt, pir, cer, va, lim, goe	F, ¿?	MFA (CEG) / Cámb. inf.
4	La Exaltación	Campillo de Salvatierra	273547	4494197	Pb	ga, dol, qz, apy, cp, chl, esf, pi, rt	F, N65°E	MFA (CEG) / Cámb. inf.
5	La Dehesa	Guijuelo	272752	4491171	Pb	ga	F, N40°E	MFA (CEG) / Cámb. inf.
6	Dolores	Guijo de Ávila	276689	4489923	Pb, Zn	ga, cst, esf, qz, do, ank	F, N40°E	MFM (CEG) / Prec
7	Los Tres Amigos o Estrella	Aldeavieja de Tormes	278970	4496251	Pb	ga, esf, qz, pi, sid, cp, lim, po, rt	F, N55°E	MFA (CEG) / Cámb. inf.
8	Goviendes o La Tala	La Tala	284909	4496241	W, Pb	ga, pi, cer, ang, va, sz, goe, lim, qz	F, N40°E	MFA (CEG) / Cámb. inf.

Tabla I

Tabla I. Listado de minas de Pb de la zona de Guijuelo con un resumen de las características de cada indicio. En negrita se indican las especies minerales identificadas durante la realización de este estudio. El resto de minerales para las tres minas estudiadas son citados en trabajos previos, pero no han sido observados. Mineralogía: ang: anglesita; ank: ankerita; apy: arsenopirita; au: oro; cac: calcedonia; cal: calcita; cer: cerusita; cp: calcopirita; cst: casiterita; chl: clorita; dol: dolomita; esf: esfalerita; ga: galena; goe: goethita; hem: hematite; lim: limonita; mar: marcasita; mim: mimetita; op: ópalo; oxFe: oxi-hidróxidos de hierro; pi: pirita; pir: piromorfita; po, pirrotina; qz: cuarzo; rt: rutilo; sid: siderita; sz: stolzita; va: vanadinita / Morfología: F: filoniana / Litología: CEG: Complejo Esquisto Grauváquico; MFM: metasedimentos de la Formación Monterrubio; MFA: metasedimentos de la Formación Aldeatejada; MGVS: monzogranitos biotíticos de Valdecasa y Los Santos / Edades: Cámb. Inf.: Cámbrico Inferior; Herc: Hercínico; Prec: Precámbrico.

GEOLOGÍA

Desde el punto de vista geológico, el área de estudio se enmarca en el centro-norte de la Zona Centro Ibérica (Julivert *et al.*, 1977), en el Dominio del Complejo Esquisto Grauváquico -CEG- (Martínez Catalán *et al.*, 2004), en concreto en la zona central de la Hoja de Guijuelo 1:50.000 nº 528 (Martín-Serrano *et al.*, 2000), de la cual se ha tomado la siguiente descripción geológica.

La mayor parte de la zona (Fig. 1) se encuentra ocupada por una secuencia metasedimentaria concordante, formada en su base por los materiales del CEG. Se trata de las Formaciones Monterrubio (Precámbrico) y Aldeatejada (Cámbrico Inferior), ambas con características litológicas similares, aunque separadas por razones prácticas cartográficas, como por ejemplo las estructuras en campo (Díez Balda, 1980). Están compuestas por limonitas arenosas y pizarras de color, en ocasiones con láminas milimétricas de arenas de grano fino a medio, de origen turbidítico, con espesores de hasta 1.500 y 1.600 m para la Formación Monterrubio y Aldeatejada, respectivamente.

En la zona SO se observan los primeros tramos de las Areniscas de Tamames (Díez Balda, 1980), de edad Cámbrico Inferior (Perejón, 1984), en contacto con la Formación Aldeatejada mediante un contacto concordante. Se trata de una secuencia granocreciente formada en la base por metagrauvacas, con predominio de lutitas en el tramo medio y términos pizarrosos a techo.

También al SO y en la zona interior del sinclinal de primera fase de formación del Endrinal, aparece la Formación Calizas de Tamames en contacto concordante sobre la unidad anterior.

La serie continúa con las Pizarras de Endrinal, limitadas al interior del sinclinal de Endrinal (1^a fase). Son pizarras con niveles arenosos hacia su base y en ocasiones presenta niveles bandeados con niveles de limolita y pirita alternantes (Díez Balda, 1986).

Comúnmente estos materiales afloran en antiformes y sinformes, ambos de 1^a y 3^a fase, formados durante la Orogenia Hercínica, y son generalmente afectados por un sistema de fallas y cizallas de dirección SO-NE generadas posteriormente durante la Orogenia Alpina.

En la parte N y discordantes sobre materiales del CEG, aparecen sedimentos neógenos (conglomerados, arenas, arenas arcósicas y arcillas) originados en depresiones tectónicas en ambiente fluvial y cuaternarios (conglomerados y arenas) formados por transporte gravitacional de los materiales, ambos discordantes entre sí. Estos materiales no parecen estar afectados por el sistema de fallas SO-NE y pliegues regionales.

En cuanto a los materiales intrusivos, al S se aprecian los monzogranitos biotíticos de Valdelacasa y Los Santos, en contacto mecánico con los sedimentos de las Formaciones Monterrubio y Aldeatejada. Ambos granitos conforman el mayor conjunto plutónico hercínico de la zona, compuesto básicamente de monzogranitos y granodioritas biotíticas porfídicas (Martín-Serrano *et al.*, 2000).

Los granitoides heterogéneos de la mina Los Santos-Fuenterroble se encuentran encajados en las formaciones Areniscas de Tamames y Calizas de Tamames. Se trata de pequeñas apófisis o diques de composición leucogranítica de tamaño de grano fino a medio, en ocasiones con carácter aplítico que afloran en el SO de la zona (Martín-Serrano *et al.*, 2000).

Las rocas filonianas en la zona SE están compuestas por diques de cuarzo de dirección SO-NE, generados durante la Orogenia Alpina, que se encuentran cortando las Formaciones Aldeatejada y Monterrubio.

Al SE se aprecian los leucogneises de Cespedosa, de edad prehercínica y los gneises bandeados pertenecientes a la Formación Monterrubio, facies afectadas por la 2ª fase de deformación hercínica. Muestran una composición mayormente homogénea cuarzo-feldespática con porfiroclastos de feldespato de hasta 2 cm e incluso migmatización (Martín-Serrano *et al.*, 2000).

METODOLOGÍA

Para la realización de este artículo se han llevado a cabo diferentes trabajos de gabinete y de campo que se exponen a continuación.

En primer lugar, hemos realizado una intensa búsqueda de información bibliográfica para reunir la escasa información existente sobre las mineralizaciones de Pb de la zona de estudio, así como de datos de campo, fotografías antiguas y otras tomadas por parte

de los autores en numerosas visitas a las minas que se describen en este trabajo. Asimismo, ha sido de gran utilidad la revisión de los fotogramas aéreos históricos digitalizados de la Fototeca Digital del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG).

En segundo lugar, fueron seleccionados los ejemplares más representativos de cada yacimiento; en algunos casos obtenidos por los propios autores, y en otros procedentes de otras colecciones privadas e incluso de instituciones públicas como el Museo de Ciencias Naturales de Álava.

Para identificar especies minerales y determinar la composición química de galena y piromorfita, las muestras se analizaron en el Servicio de Difracción de Rayos X de la Universidad de Salamanca (USAL). La composición elemental se determinó mediante micro-fluorescencia de rayos X. Este análisis permite determinar los elementos presentes y su proporción relativa para todos los elementos comprendidos entre sodio (Z=11) y uranio (Z=92). Los ensayos se han realizado en un espectrómetro Bruker, modelo M4 Tornado, utilizando radiación de Rh concentrada mediante una óptica policapilar en un spot <20 μ m (Mo-K α).

Para el posicionamiento y enfoque de la muestra el equipo dispone de una mesa motorizada capaz de soportar ejemplares de hasta 5 kg de peso. La selección del área de interés se realiza mediante dos microscopios coaxiales con magnificaciones de 10X y 100X, que permiten la captación simultánea de imágenes.

Los datos de cada punto han sido adquiridos en vacío (20 mbar) para mejorar la sensibilidad a elementos ligeros, con el generador operando a 50 kV y 150 μ A, utilizando dos detectores para incrementar la intensidad de la señal recibida. El tiempo de adquisición para cada espectro fue de 30 s.

Los espectros adquiridos se procesaron con el software ESPRIT M4 v. 1.5.2.65 para obtener un análisis semicuantitativo expresado como porcentaje másico de elementos mayores, expresado como elementos u óxidos, según el caso. Finalmente, los resultados fueron normalizados.

Con el fin de identificar fases minerales que no pudieron determinarse mediante la técnica anterior, se realizaron análisis de difracción de rayos X en un difractómetro Bruker D8 Advance ECO, provisto de tubo de Cu, filtro de Ni de 0,02 mm y un detector LYNXEYE. Los difractogramas fueron registrados en el intervalo 4-65°, con un tamaño de paso de 0,05° y un tiempo de análisis de 20 min. Los datos obtenidos se analizaron en el software Bruker DIFFRAC.EVA V.4.2.2.

INDICIOS DE GALENA

Como se ha comentado anteriormente, los indicios reconocidos en esta zona se han dividido en dos trabajos, por lo que a continuación serán expuestos los datos correspondientes a las minas Florisa, Morilla y Lloza.

Mina Florisa (Endrinal)

La mina Florisa se encuentra situada aproximadamente a 4 km al S de la localidad de Endrinal (Fig. 1, indicio 1). Esta mina es muy popular entre aficionados y coleccionistas de Salamanca y alrededores, sin embargo, no ha sido hasta hace unos 15 años aproximadamente cuando comenzó a apreciarse a nivel nacional. El que pasara prácticamente inadvertida y que pudieran todavía recogerse ejemplares de cierta calidad, llevó a que en estos últimos años se produjera en la mina una intensa búsqueda.

Antecedentes

Sobre esta mina, también conocida como de Endrinal, no existen apenas trabajos previos. Comenzó erróneamente a denominarse como Florisada, al ser el nombre que aparece en la ficha de indicios mineros realizada por la Junta de Castilla y León en 1986 (JCYL, 1986, indicio 343) durante una recopilación de indicios de la Comunidad, información que fue posteriormente incluida en el Mapa Geológico y Minero de Castilla y León (Jiménez Benayas *et al.*, 1996, indicio 2104). Sin embargo, el verdadero nombre es Florisa, tal y como aparece en el permiso de explotación de 1952 (Inmaculada Ramos Márquez, 2014: comunicación oral) en referencia a la hermana de los dueños del terreno y de la mina, Serafín y Lisardo Navarro, naturales de Endrinal.

Respecto a la información disponible sobre la mina y su explotación, ésta es verdaderamente escasa y confusa, como se ha podido contrastar durante los trabajos de campo realizados para la elaboración de este artículo. Afortunadamente, se ha contado con el testimonio oral de D. Fausto Crego Becerro (86 años), antiguo minero que trabajó como barrenista en la mina Florisa durante cuatro temporadas a la edad de 18 años.

Los terrenos donde se encuentra la mina fueron solicitados en junio de 1943, primero, para la investigación de W coincidiendo con la Fiebre del W de la II Guerra Mundial, aunque los primeros resultados indicaron que se trataba de una mineralización de galena. Por ello, en septiembre de ese mismo año se solicitó el cambio en la sustancia, pues además implicaba menores gastos fiscales (Calvo, 2015), hechos que han sido confirmados por Fausto. En los años siguientes tuvieron lugar una serie de requerimientos que mantuvieron el permiso como de investigación, aunque se llevaron a cabo trabajos de explotación a cielo abierto y posteriormente mediante labores de interior. En 1952, se otorgó el permiso de explotación con el número de expediente 2.466 y 18 pertenencias, caducando en 1962 (BOE, 79, 02/04/1962).

Labores mineras

La explotación dio comienzo de manera artesanal a través de una zanja de 40 m de longitud, siguiendo la dirección N20-25° E correspondiente a un filón de cuarzo vertical que contiene la mineralización de galena (JCYL, 1986).

Referente a los trabajos de interior, en la escasa bibliografía disponible de la mina, se cita la existencia de un único pozo de 30 m de profundidad (JCYL, 1986) por el que se accedía a una galería. Según nos asegura Fausto, existieron dos pozos de sección cuadrada, el primero de entre 15 y 20 m de profundidad (Figs. 2 y 3), totalmente revestido con madera y actualmente cegado, mientras que el segundo tendría más de 30 m y se localiza a unos 20 m hacia el SO. La entrada a este segundo pozo se encuentra igualmente cegada, tanto por escombro de la propia mina como por escombro de obra que se empleó para tapar un reciente hundimiento (Fig. 4).

Ambos pozos estaban conectados por una primera galería y al final del pozo principal existía otra galería de aproximadamente 8 m de recorrido hacia el SO, que conectaba en uno de sus extremos con un tercer pozo de más de 10 m de profundidad. Por los pozos se descendían mediante un barzón que el minero se colocaba entre las piernas, mientras que otro le hacía descender accionando un torno manual.

Posteriormente, según nos relata D. Carlos Rodríguez de Arriba, actual dueño del terreno, los pozos fueron utilizados durante años para el vertido de los animales muertos procedentes de las explotaciones ganaderas de la zona, hasta que se taparon con material de la escombrera a comienzos de los años 90. Otra gran parte de la escombrera ha sido utilizada recientemente para el relleno de pistas y caminos, por lo que su volumen se ha reducido considerablemente respecto a la original (Fig. 5). El volumen total de escombrera estimado es de 500 t (Jiménez Benayas *et al.*, 1996).

MINERALES DE PLOMO ÁREA DE GUIJUELO



Figura 2: Vista desde el extremo NE de la mina Florisa. En la parte izquierda la escombrera y en la derecha la depresión debida a un pozo minero (Fot. Jesús Alonso, 2019).



Figura 3: Localización de la entrada al primer pozo de la mina Florisa, actualmente cegado con escombrera (Fot. Jesús Alonso, 2019).



Figura 4: Ubicación del segundo pozo de la mina Florisa, actualmente cegado con escombrera de la propia mina y escombro de obra (Fot. Federico Hernández, 2019).



Figura 5: Aspecto actual de la escombrera de la mina Florisa. Las labores se observan en la parte izquierda de la fotografía (Fot. Jesús Alonso, 2019).

Existe también una pequeña zanja situada a unos 200 m hacia el SO que coincide con la dirección de las labores anteriores, aunque en este caso, su longitud mayor es perpendicular a la dirección de la mineralización, por lo que debe tratarse de una labor de prospección para la búsqueda del filón de galena (Fig. 6).

Respecto a los trabajos mineros, Fausto indica que en la mina llegaron a trabajar simultáneamente en torno a 15 ó 20 personas, entre las que se encontraba un grupo de 6 barrenistas procedentes de Azuaga (Badajoz), contratados para los diferentes trabajos de explotación de la mina y de los cuales incluso recuerda algunos nombres: Salustiano,

Manolo, Rafa y Juan. La jornada de trabajo tenía una duración aproximada de 7 horas, por la que se cobraban 36-37 pesetas diarias y que Fausto recuerda ser un muy buen sueldo para la época.

El arranque del mineral se realizaba mediante voladuras con dinamita, que era colocada en barrenos hechos a mano, y cuya mecha se encendía con el mismo candil con el que se iluminaba. Al mismo tiempo, todos los días tenían que llevar a cabo tareas de desagüe en la mina, que se achicaba con bidones que se sacaban a mano por la grúa del pozo principal. Durante los trabajos no tuvieron lugar accidentes graves, sin embargo, Fausto comenta que sí sufrieron algún susto importante, como un día en el que se precipitó sobre ellos la cuba de mineral al romperse el cable que la estaba elevando, pero se salvaron al estar cubiertos por el techo de la galería.



Figura 6: Labor de prospección en el extremo SO de la mina Florisa (Fot. Jesús Alonso Ramírez, 2019).

El material se acumulaba en la zona inmediatamente al O de la mina donde además se encontraban las dos casetas de los mineros (Fig. 7). En esta zona, Fausto recuerda cómo la galena extraída aparecía en masas de hasta 30 cm que eran directamente separadas, y si se encontraba con otros minerales del filón, se machacaba con mazos para liberarla. Recuerda también que en una de las voladuras obtuvo un pedazo de galena con forma cúbica del tamaño de dos puños, que le llamó la atención por el tamaño y el peso, y sobre todo porque podía verse reflejado en él a modo de espejo. El material más fino que se recuperaba en el interior de la mina tras las voladuras era concentrado por densidad en un palanquín, situado en la parte SE de la explotación. El método consistía en verter el mineral sobre una criba, que por uno de sus extremos se introducía y levantaba repetidamente en un cajón con agua donde se lavaba y era clasificado por densidad. Actualmente, en la zona no se conservan más que los restos de algún muro (Figs. 8 y 9).



Figura 7: Mina Florisa. En la parte inferior de la fotografía se localiza el primer pozo. En la explanada de la parte superior de la fotografía se ubicaban las dos casetas de la mina (Fot. Jesús Alonso Ramírez, 2019).



Figura 8: Ubicación del lavadero de la mina Florisa (Fot. Jesús Alonso Ramírez, 2019).

MINERALES DE PLOMO ÁREA DE GUIJUELO



Figura 9: Otra perspectiva del lavadero de la mina Florisa (Fot. Jesús Alonso Ramírez, 2019).

La galena se guardaba en sacos de 50 kg y se llevaba hasta Guijuelo donde se cargaba en tren hacia un destino que Fausto no recuerda con exactitud, aunque sí tiene la certeza que uno de ellos era alguna localidad del norte de España, posiblemente Ponferrada.

Según parece, en algunos tramos del filón, la galena debía contener Ag, tal y como le comentaban los dueños, a raíz de las comprobaciones que llevaban a cabo los clientes. Sin embargo y como veremos más adelante, los análisis realizados sobre galenas de esta mina no indican presencia alguna de este otro metal.

Fausto nos indica que la mina cerró cuando descendió la ley, coincidiendo con la parte más profunda de la explotación, donde se abandonó un filón de aproximadamente 10 cm de potencia de galena. En trabajos muy posteriores, se estimó que el material producido en la mina durante el tiempo que duró la explotación fue de entre 1.000 y 1.200 t (Jiménez Benayas *et al.*, 1996).

Estructura mineralizada

Como se ha mencionado anteriormente, en la mina Florisa se explotó un filón de cuarzo con galena de hasta 1 m de potencia (Jiménez Benayas *et al.*, 1996). La mineralización encaja en una facies del monzogranito biotítico de Los Santos, próximo al contacto con los metasedimentos de la Formación Aldeatejada. Este granito pasa gradualmente de porfídico a equigranular y grano grueso por pérdida de fenocristales de feldespato potásico. Está formado principalmente por cuarzo, plagioclasa, microclina y biotita. Los accesorios más comunes que pueden observarse son moscovita, apatito y circón, y como minerales secundarios moscovita, sericita, clorita, epidota y feldespato potásico (Martín-Serrano *et al.*, 2000).

Díez Balda y Hacar (1979) indican que diseminados en la zona de alteración del granito situado a ambos lados del filón explotado aparecen pirita, calcopirita y marcasita, y apuntan que debieron formar parte de la mena explotada. Al respecto, hemos de mencionar que estos minerales no han sido observados durante nuestras sucesivas visitas realizadas a la mina.

Hacia el NO, a pocos metros de la explotación, aparecen otros filones de cuarzo de potencia decimétrica y subparalelos al principal mineralizado, aunque en este caso son estériles.

Los fluidos mineralizadores han producido sobre la roca encajante una fuerte argilitización que originó la alteración de los feldespatos a filosilicatos, por lo que las muestras se encuentran recubiertas de abundante arcilla, lo que dificulta su identificación en campo. Se aprecia igualmente una intensa silicificación, que generó el endurecimiento de los materiales y, debido a ello, un claro resalte en la topografía. Algunos estudios (JCYL, 1986; Jiménez Benayas *et al.*, 1996) indican la presencia de procesos de skarnificación, aunque durante las visitas al campo realizadas para este trabajo no se han encontrado evidencias de ello.

Mineralogía

En cuanto a la mena, la galena es el sulfuro principal y se dispone en agregados masivos de hasta varios centímetros y exfoliación espática (Fig. 10), lo que indica que el origen de los filones es extensional al no estar deformada la mineralización (Merchán *et al.*, 1987). En ocasiones, la galena desarrolla caras cristalinas e incluso se han recuperado algunos fragmentos de hábito totalmente cúbico. La galena se encuentra fuertemente alterada (Fig. 11) y generalmente se conserva en el interior de masas y nódulos, desapareciendo incluso por completo y transformándose a una masa de color marrón consistente en una mezcla de óxi-hidróxidos de hierro y cerusita. Los análisis de las muestras de galena recogidas en esta mina se representan en la Tabla II.



Figura 10: Fragmento de galena (6,5 cm) rodeada por una banda de alteración de óxihidróxidos de hierro, que acaba de ser recogida de la escombrera de la mina Florisa (Fot. Federico Hernández Andrés, 2019).



Figura 11: Galena alterada en su interior, de la que se diferencia la parte exterior del cristal (gris), a cerusita (color blanco). Mina Florisa. Tamaño: 5 x 4,8 cm. Col. Santos Barrios Sánchez (Fot. Fernando Sánchez Cuadrado).

Análisis	S	Pb	As	Ag	Total		
FLO-G-1	9,94	89,49	0,56	0,00	100,00		
FLO-G-2	15,11	84,78	0,11	0,00	100,00		
FLO-G-3	7,25	92,65	0,10	0,00	100,00		
FLO-G-4	11,50	88,35	0,15	0,00	100,00		
FLO-G-5	9,66	90,14	0,20	0,00	100,00		
FLO-G-6	11,95	87,88	0,18	0,00	100,00		
FLO-G-7	10,96	88,84	0,20	0,00	100,00		
FLO-G-8	14,12	85,75	0,13	0,00	100,00		
FLO-G-9	13,72	85,35	0,93	0,00	100,00		
MOR-G-1	12,26	87,36	0,37	0,01	100,00		
MOR-G-2	12,90	87,05	0,05	0,00	100,00		
MOR-G-3	11,43	88,57	0,00	0,00	100,00		

Tabla II

MOR-G-4	11,34	88,08	0,58	0,00	100,00
MOR-G-5	14,65	85,35	0,00	0,00	100,00
MOR-G-6	12,42	87,24	0,34	0,00	100,00
MOR-G-7	12,79	87,06	0,16	0,00	100,00
MOR-G-8	12,69	87,27	0,04	0,00	100,00
MOR-G-9	13,88	85,94	0,18	0,00	100,00
MOR-G-10	13,63	86,10	0,27	0,00	100,00
LLO-G-1	11,82	88,10	0,08	0,00	100,00
LLO-G-2	12,17	87,76	0,06	0,00	100,00
LLO-G-3	8,98	91,02	0,00	0,00	100,00
LLO-G-4	11,78	88,15	0,06	0,00	100,00
LLO-G-5	10,15	89,77	0,06	0,02	100,00
LLO-G-6	12,05	87,75	0,20	0,00	100,00
LLO-G-7	11,84	88,00	0,15	0,00	100,00
LLO-G-8	12,38	87,48	0,14	0,00	100,00
LLO-G-9	13,26	86,74	0,00	0,00	100,00
LLO-G-10	12,57	87,31	0,12	0,00	100,00

Tabla II. Resultados de análisis químicos mediante micro-fluorescencia de rayos X de galenas de las minas: Florisa (FLO), Morilla (MOR) y Lloza (LLO). Unidades en % en peso.

La alteración de la galena ha permitido la formación de gran cantidad de minerales secundarios de Pb, principalmente piromorfita, de la que se han recuperado ejemplares notables, así como cerusita.

Las piromorfitas se presentan en forma de cristales verdes de diversa tonalidad que comprende desde el verde claro o amarillento hasta el verde oscuro o marrón (p.e.: Figs 12-16). Generalmente ofrecen un bonito brillo céreo o resinoso (p.e.: Figs. 13, 15 y 16), siendo habituales los zonados (p.e.: Figs. 16 y 17) y mostrándose en ocasiones translúcida (p.e.: Figs. 17 y 18).

El hábito más frecuente de los cristales es de tipo prismático hexagonal (p.e.: Figs. 13, 14, 19-21), en cristales aciculares individuales (Fig. 22) o en abanicos (Fig. 23) y en forma de barril o fusiforme (Figs. 15 y 24). Los cristales de menor tamaño suelen disponerse en piñas de aspecto globular (Fig. 18). Las caras del prisma son lisas o pueden apreciarse estrías (Figs. 16) y recrecimientos a lo largo de la dimensión mayor de los cristales (Fig. 21). Se han recuperado conjuntos flotantes de más de 1 cm de longitud formados por diferentes cristales con terminaciones irregulares (Fig. 25).

Este mineral se encuentra fundamentalmente tapizando fracturas del cuarzo filoniano (Fig. 13), en huecos dentro de las galenas alteradas y en el interior de masas oquerosas de óxi-hidróxidos de hierro en las que se desarrollan cristales milimétricos (Fig. 26). También puede verse sobre cristales de cuarzo bien formado y lechoso (Figs. 27 y 28). El cuarzo generalmente carece de desarrollo, aunque se han encontrado cristales de hasta 6,5 cm (Fig. 29).

En cuanto a la cerusita, se aprecia de color blanca, incluso transparente, y con brillo céreo. Aparece masiva en el interior de grandes masas de galena alterada y en cristales individuales de hasta 5 mm, maclados y formando conjuntos, y sobre planos de fractura y óxi-hidróxidos (Figs. 30-32). Solo muy ocasionalmente se ha observado piromorfita junto a cerusita.



Figura 12

Muestra de piromorfita (2 x 2 cm) verde amarillenta con cristales prismáticos y fibrosos procedente de la mina Florisa.

(Col. y Fot. Carlos González Bargueño)



Cristales de piromorfita prismáticos hexagonales (tamaño mayor 1 mm) con un bonito color y brillo sobre cuarzo filoniano de la mina Florisa.

(Col. Yoni García García. Fot. Santos Barrios Sánchez)



Cristales de piromorfita prismáticos hexagonales con estrías verticales y color verde oscuro sobre un fragmento de cuarzo filoniano (6 x 5 cm), procedentes de la mina Florisa.

(Col. Yoni García García. Fot. Santos Barrios Sánchez)



Conjunto de cristales de piromorfita con hábito en forma de barril de color verde y verde amarillento sobre una matriz de óxi-hidróxidos de hierro, procedente de la mina Florisa. Tamaño 5,9 x 4,1 cm.

(Col. y Fot. Santos Barrios Sánchez)



Figura 16 Cristales prismáticos intercrecidos de piromorfita con diversas tonalidades de verde. . Mina Florisa.

(Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava, MCNA 09287. Fot. Enrique Ortiz de Zárate)



Figura 17

Piromorfita prismática alargada de la mina Florisa, con caras recristalizadas y con diferentes tonalidades de verde.

(Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava, MCNA 09287. Fot. Enrique Ortiz de Zárate)



Figura 18

Pequeños cristales de piromorfita con bonito color verde e incluso zonas traslúcidas dispuestos en piñas, procedente de la mina Florisa. Encuadre 13 mm.

(Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava, MCNA 03721. Fot. Enrique Ortiz de Zárate)



Figura 19 Cristales bien formados de piromorfita de color verde oscuro. Mina Florisa. Tamaño 3,5 x 2 cm.

(Col. y Fot. Carlos González Bargueño)



Figura 20

Piromorfita prismática de intenso color verde de la mina Florisa. Tamaño 3 x 2 cm. (Col. y Fot. Carlos González Bargueño)



Figura 21

Bonito ejemplo de cristales prismáticos hexagonales (derecha) de piromorfita junto a otros que muestran un curioso crecimiento longitudinal (izquierda). Mina Florisa.

(Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava, MCNA 09287. Fot. Enrique Ortiz de Zárate)



Figura 22 Cristales fibrosos de piromorfita sobre cuarzo filoniano. Muestra procedente de la mina Florisa. Tamaño 2,5 x 2 cm. (Col. y Fot. Carlos González Bargueño)



Figura 23

Cristales verde amarillentos de piromorfita con terminaciones aciculares y dispuesto en abanicos junto a otros prismáticos de color marrón oscuro sobre cuarzo, de la mina Florisa. Encuadre 15 mm (Col. y Fot. Santos Barrios Sánchez)



Muestra de cristales de piromorfita en forma de barril, sobre cuarzo recubierto de óxihidróxidos de hierro. Ejemplar de 5 x 3 cm. Mina Florisa. (Col. y Fot. Carlos González Bargueño)



Figura 25 Conjunto flotante de cristales de piromorfita de 1 cm de longitud de la mina Florisa. (Col. y Fot. Santos Barrios Sánchez)



Cristales prismáticos de piromorfita de diversos tonos de verde en el interior de huecos de una masa de óxi-hidróxidos de hierro y restos de cuarzo filoniano de la mina Florisa. Tamaño 5 x 3,5 cm.

(Col. y Fot. Carlos González Bargueño)



Figura 27

Bonitos cristales de piromorfita de hasta de hasta 4 mm sobre cuarzo idiomorfo de 4 cm de longitud. Muestra procedente de la mina Florisa.

(Col. y Fot. Sergio Evangelio)



Cristales prismáticos aislados de piromorfita sobre cristales de cuarzo de la mina Florisa. Encuadre de 20 x 15 mm.

(Col. y Fot. Carlos González Bargueño)



Figura 29 Cuarzo lechoso de 6,5 cm de longitud procedente de la mina Florisa. (Col. y Fot. Carlos González Bargueño)



Figura 30 Cristales de cerusita bien formados sobre cerusita masiva de la mina Florisa. Tamaño 7 x 4 cm.

(Col. y Fot. Carlos González Bargueño)



Figura 31 Cristales de cerusita. Detalle de la fotografía anterior.

(Col. y Fot. Carlos González Bargueño)



Figura 32 Cristales de cerusita bien formados de la mina Florisa. Cristal principal de 5 mm. (Col. y Fot. Santos Barrios Sánchez)



Figura 33

Calcedonia de color azul rellenando un hueco en un fragmento de cuarzo filoniano de la mina Florisa. Encuadre 2,5 x 2 cm. (Col. y Fot. Carlos González Bargueño)



Figura 34 Muestra de un fragmento de un filón de calcita de la mina Florisa. Tamaño 7,5 x 6 cm. (Col. y Fot. Santos Barrios Sánchez)

Otros minerales identificados en la mina son ópalo, cuarzo microcristalino tardío, calcedonia de color blanca e incluso azul (Fig. 33) y calcita (Fig. 34) en cristales de hasta 1 cm formando masas que rellenan fracturas del encajante o de los filones de cuarzo. Como minerales secundarios se observan limonita y goethita masiva, en costras y fibroso-radiada de tamaño micrométrico.

Mina Morilla (Campillo de Salvatierra)

La mina Morilla se sitúa al O de la localidad de Campillo de Salvatierra (Fig. 1, indicio 2), aproximadamente a 2,5 km. Se trata de una mina considerada "desaparecida" o "extinta", que ha permanecido en el olvido para la mayoría en gran parte debido a lo confuso acerca de los datos sobre de su ubicación. Sin embargo, y a raíz de una intensa campaña de búsqueda, se ha podido localizar correctamente y obtener los ejemplares que se muestran a continuación.

Antecedentes

De la información obtenida en la documentación manejada, se observa que el nombre de la mina ha ido cambiando a lo largo del tiempo, debido posiblemente a errores de imprenta como veremos más adelante. El nombre que se mantiene en el presente trabajo es el asignado por Gil y Maestre (1880), al ser la primera publicación en la que se incluye también la localidad exacta donde está situada la mina.

La primera referencia bibliográfica que encontramos sobre minas de Pb en la comarca salmantina del presente estudio pertenece a Larruga (1795), quien hace mención a una mina en Guijuelo de Salvatierra denunciada por Juan Baustita Fert en 1775⁽¹⁾. Posteriormente, Gallardo (1808) se hace eco de esta misma referencia aunque sin aportar ningún dato concreto⁽²⁾, y años más tarde, Miñano y Bedoya (1826) sólo alude a la existencia de una mina de Pb en el término de Guijuelo⁽³⁾. Si bien estos autores sitúan la mina en Guijuelo de Salvatierra, actualmente Guijuelo, es factible que pudiera tratarse de la mina Morilla, aunque tal circunstancia no se ha podido comprobar de manera fehaciente.

Posteriormente, Pérez Moreno (1862) comenta que los criaderos de Guijuelo son filones de cuarzo con galena. A su vez indica que durante la Exposición de Castilla la Vieja del año 1859 se mostraron muy buenos ejemplares de galena hojosa de las minas de la Sociedad Concordia, del término de Valdemierque, y de Campillo, pertenecientes al Excmo. Sr. D. Antonio Ros de Olano. Este mineral era destinado a las alfarerías de la provincia de Salamanca.

¹ «A pocas leguas de esta Mina se halla otra de plomo en Guijuelo de Salvatierra, donde se puede sacar este metal en abundancia. En 11 de Febrero de 1775 se denunció esta mina por Juan Baustita Fert, y solicitó licencia para su disfrute. No tuvo efecto por las razones que propuso- al Rey la Direccion general de Rentas en 15 de Setiembre del citado año, con las que se conformó, mandando se cegase el indicado mineral, dexandolo señalado y demarcado por si algun tiempo conviniese su cultivo por cuenta de la Real Hacienda. Las ciento sesenta y tres arrobas de alcohol, que se habian extraido de él se pagaron, y se distribuyeron por su venta en los Estancos de la Administración de Salamanca» (LARRUGA, 1795, pp. 292-293).

² «En el término de Guijuelo de Salvatierra hay una mina de plomo, que denunció en el año de 1775 Juan Bautista Fert, y aunque solicitó licencia para beneficiarla no se le concedió; y á virtud de un informe de la Direccion general de Rentas de 15 de Setiembe del mismo año se mandó cerrar esta mina, dexando conveniente señal por si en algun tiempo se quisiese tratar su beneficio» (GALLARDO, 1808, p. 160).

[«]y en su término se encuentra 1 mina de plomo» (MIÑANO Y BEDOYA, 1826, tomo IV, p. 417).
Quien más se centra en su estudio es Gil y Maestre que en 1868 hace referencia a las mineralizaciones de la zona de Guijuelo, si bien en este primer momento no especifica los nombres de las minas ni de los registros mineros⁽⁴⁾. Es en 1880 cuando este autor aporta mayor información al respecto, pues menciona a la mina con el nombre de «Morilla», y la sitúa en la dehesa de Campillo de Salvatierra. Según este autor la diligencia de reconocimiento y demarcación de la mina data del 22 de julio de 1854, estando ya sus labores abandonadas y tapadas cuando publica su estudio. Muestras de esta mina fueron enviadas por el Ingeniero jefe del distrito a la Exposición Universal de Londres de 1861. Por último, añade otras labores mineras existentes en el término de Campillo de Salvatierra, labores que no han sido localizadas durante este trabajo. Una de ellas es la mina Generala (sita 150 m hacia el E de Morilla y con idéntica fecha de diligencia o acta de demarcación que la mina Morilla), otra hacia el arroyo de la Mula y la última hacia Fuenterroble en el paraje Barros Colorados.

Años más tarde, Calderón (1910), señala la presencia de piromorfita y cerusita en la zona de estudio. Al respecto, es preciso mencionar cierta confusión en la nomenclatura de la mina por parte del autor, pues cita piromorfita en la mina Mosilla y cerusita en la mina Morilla. Este yerro pudo haberse debido a una errata tipográfica y no al hecho de que Calderón se refiera a dos minas distintas, por lo que en este trabajo se ha optado por emplear Morilla para denominar dicha mina.

Después de la información proporcionada por estos autores no volvemos a contar con datos relativos a esta mina hasta las últimas décadas del siglo XX. En 1986 pasa a denominarse "Mina Vieja de la Dehesa de Campillo de Salvatierra" (JCYL, 1986, indicio 363), y en 1996 la Sociedad de Investigación y Explotación Minera de Castilla y León S.A. (SIEMCALSA), en su base de datos de minas e indicios mineros, se refiere a ella como una "mina muy antigua, quizá siglo pasado (*sic*)" (Jiménez Benayas *et al.*, 1996, número 2108). Ambos trabajos se refieren sin duda a la mina Morilla, situándola en el mismo paraje descrito por Gil y Maestre (1880).

Por último, las muestras que se presentan a continuación corresponden con un trabajo de campo realizado durante el año 2020, motivado por una pieza de esta procedencia ubicada en el Museo Histórico Minero Don Felipe de Borbón y Grecia, donada por el propio Gil y Maestre en 1897 (Jesús Villar, 2019: comunicación oral). Sin embargo, la localización de la esta mina resultó complicada debido a que se encuentra mal etiquetada mostrando tanto Endrinal como Campillo de Salvatierra como localidades, siendo dos municipios diferentes. Tras una investigación bibliográfica, la mina fue localizada en Campillo de Salvatierra, pudiendo recuperar un destacado número de muestras de piromorfita y cerusita. Comparando visualmente estas primeras con la muestra de Gil y Maestre, se observan notables diferencias tanto en la forma como en el color de los cristales, por lo que es posible que la mina a la que se atribuye este ejemplar no sea la correcta, a falta de un estudio en profundidad.

Labores mineras

No se dispone de mucha información acerca de los trabajos mineros de la mina Morilla. Los trabajos principales tuvieron lugar en labores subterráneas, de las que se han identificado varios pozos alineados según la dirección de la mineralización, y que debían de estar conectados por medio de galerías (Jiménez Benayas *et al.*, 1996).

⁴ El autor menciona que principalmente entre 1842 y 1845 se solicitaron minas de plomo en «El Quijo de Avila, El Quijuelo, Campillo de Salvatierra, Fuenterroble de Salvatierra, Fuentes de Bejar», y de plata en «Quijuelo» (GIL Y MAESTRE, 1868, p. 35).



Figura 35: Fotografía aérea (nº 52800E0009, nivel 18, escala 1:1.712) del Vuelo Interministerial de 1973-1986, donde se observan las labores de la mina Morilla.



Figura 36: Entrada a uno de los pozos de la mina Morilla, situado en parte centro-izquierda de la fotografía, marcado actualmente por la vegetación (Fot. Federico Hernández Andrés, 2020).



Figura 37: Vista de zanjas alineadas siguiendo la dirección de la mineralización. Mina Morilla (Fot. Federico Hernández Andrés, 2020).



Figura 38: Detalle de una de las numerosas zanjas de la mina Morilla. Como se observa en este caso, muestra escasa profundidad por lo que podrían tratarse de labores de prospección. Al fondo se aprecia una escombrera de material fino (Fot. Federico Hernández Andrés, 2020).



Figura 39: Restos de labores y abundantes escombreras de la mina Morilla (Fot. Federico Hernández Andrés, 2020).



Figura 40: Caseta derrumbada situada en la explotación, aunque se desconoce si realmente tuvo relación con ella. Mina Morilla (Fot. Federico Hernández Andrés, 2020).

Los restos de estas labores se identifican claramente en la fotografía aérea del Vuelo de 1973-1986 (Fig. 35), aunque actualmente se encuentran muy desdibujadas, observando tan solo suaves depresiones en el terreno que señalan los antiguos pozos ahora tapados (Fig. 36) y las zanjas (Figs. 37-39), todos ellos rodeados por numerosas escombreras (Fig. 39). Se han reconocido las ruinas de una caseta (Fig. 40), sin embargo, no se puede confirmar que tuviera relación con la explotación. Otros trabajos consistieron en la excavación de numerosas zanjas y calicatas superficiales alineadas a su vez con los pozos para prospección (Fig. 38).

Existió, hoy desaparecida, una planta de concentración gravimétrica (JCYL, 1986) y además, el tamaño de grano fino del material de algunas escombreras indica que debió emplearse algún tipo de instalación para el machaqueo (Fig. 38). El volumen de escombreras calculado es de 7.500 m³ y 2.500 t de tonelaje extraído, haciendo referencia posiblemente al material "todo uno" (Jiménez Benayas et al., 1996).

Estructura mineralizada

Debido al estado de las labores ha sido imposible observar *in situ* la mineralización y su disposición, por lo que las aportaciones dadas por Gil y Maestre (1880) son las únicas con las que se cuentan.

El filón se encuentra encajado en metasedimentos del CEG, en concreto de la Formación Aldeatejada y, en base a la disposición de las labores, se deduce una dirección N70°E para la mineralización y buzamiento entre 75° y 80° al SO (Gil y Maestre, 1880). En la diligencia de reconocimiento y demarcación de la mina se hizo constar que el criadero era un filón de 55 cm a 69 cm de potencia (Gil y Maestre, 1880), pero otros datos apuntan a una longitud aproximada de 120 m, 1 m de anchura y más de 30 m de profundidad (Jiménez Benayas et al., 1996).

Según palabras de un antiguo capataz de la mina, recogidas por Gil y Maestre (1880), los primeros metros presentaban carbonatos y fosfatos con galena hojosa que aumentaba con la profundidad hasta los 8 ó 9 m, y que impregnaba también las pizarras de las salbandas, siguiendo después una galena punteada. También indica que la mina daba mucha agua y que en una peonada se sacaban 40 ó 50 arrobas (460 a 576 kg) de mineral.

La descripción de la mineralización en otros trabajos (JCYL, 1986) indica que la mena está formada por galena y esfalerita en filones hidrotermales de cuarzo y encajada en esquistos afectados por silicificación y skarnificación, citándose también diópsido en la parte alterada del fión. Sin embargo, durante los trabajos de campo efectuados en este estudio, no se ha apreciado esfalerita, diopsido ni evidencias de skarnificación.

Mineralogía

La primera descripción de la paragénesis de la mina Morilla procede de Gil y Maestre (1880), quien indica que aparece sulfuro (galena), carbonato y fosfato de plomo con ganga cuarzosa y arcillo-ferruginosa, y algunas geodas con calcita cristalizada. Durante los trabajos de campo realizados para este estudio, apenas han sido identificados restos de cuarzo filoniano ni calcita. La galena se encuentra frecuentemente alterada a piromorfita y sobre todo a cerusita, muy abundante, al contrario de lo que sucede en el resto de minas estudiadas. Estos productos de alteración se observan tanto en el material procedente del filón como en planos de esquistosidad de la pizarra encajante.



Figura 41: Restos de galena y cuarzo filoniano de la mina Morilla (Col. y Fot. Federico Hernández Andrés).

Pese a que la galena era el mineral principal de la explotación, su colecta actual ha resultado complicada, reflejando que su recuperación durante los trabajos mineros era ampliamente efectiva, seguramente favorecida por la escasez de cuarzo.

La galena se observa principalmente masiva, con la superficie fuertemente alterada, aunque si se fracciona, en su interior permanece en ocasiones inalterada, con su característico color, brillo y exfoliación espática (Fig. 41). Se han realizado análisis químicos sobre muestras de galena fresca obtenidas en la mina cuyos resultados se indican en la Tabla II.

Los principales minerales secundarios que se observan en la mina son piromorfita y cerusita, junto a algunos óxi-hidróxidos de hierro. Respecto a la piromorfita, apenas se conocen ejemplares procedentes de esta mina, salvo en algunas colecciones privadas y la muestra donada por Gil y Maestre mencionada anteriormente.

Las piromorfitas recuperadas presentan un color verde oliva característico (Fig. 42), si bien han sido identificados en muestras concretas un conjunto de cristales submilimétricos de color amarillo e intenso verde claro de gran perfección y belleza, algunos cristales marrones, así como cristales zonados y con ligera transparencia, reconocibles principalmente en la lupa binocular. El brillo, céreo o resinoso, es muy intenso en gran parte de las muestras. Las composiciones químicas de las piromorfitas de la mina Morilla se presentan en la Tabla III.



Figura 42

Cristales de piromorfita con morfología de tipo barril y de color verde intenso, tapizando un plano de fractura de las pizarras encajantes procedente de la mina Morilla. Tamaño 11 x 7 cm.

(Col. y Fot. Yoni García García)

Análisis	CI	v	As	PbO	P ₂ O ₅	CaO	MnO	Fe ₂ O ₃	TOTAL
FLO-1.1	3,17	0,00	0,24	79,03	12,06	4,80	0,23	0,47	100,00
FLO-1.2	5,48	0,02	0,34	79,83	10,00	2,41	1,39	0,53	100,00
FLO-2.1	2,78	0,00	0,00	80,84	16,00	0,10	0,13	0,15	100,00
FLO-2.2	2,64	0,10	0,15	83,34	13,16	0,16	0,02	0,42	100,00
FLO-3.1	3,04	0,01	0,25	76,02	16,36	2,89	0,01	1,42	100,00
FLO-3.2	2,84	0,03	0,00	77,95	16,27	2,76	0,01	0,14	100,00
FLO-4.1	2,72	0,00	12,43	76,03	7,63	0,42	0,03	0,74	100,00
FLO-4.2	2,52	0,01	0,87	83,55	12,00	0,23	0,02	0,81	100,00
FLO-4.3	2,65	0,00	0,60	81,44	14,70	0,22	0,05	0,34	100,00
FLO-4.4	3,17	0,08	4,75	78,81	12,68	0,34	0,00	0,18	100,00
FLO-5.1	2,26	0,00	0,00	82,90	13,09	1,41	0,21	0,14	100,00
FLO-5.2	2,37	0,00	0,21	78,78	15,00	3,42	0,08	0,15	100,00
FLO-6.1	3,20	0,05	0,24	81,20	14,27	0,85	0,00	0,19	100,00
FLO-7.1	2,71	0,04	0,06	82,46	14,06	0,29	0,00	0,39	100,00
FLO-7.2	3,02	0,11	0,23	79,83	14,47	1,90	0,00	0,44	100,00
MOR-1.1	2,79	0,02	0,10	82,04	14,16	0,39	0,00	0,50	100,00
MOR-1.2	2,74	0,03	0,30	83,77	12,25	0,18	0,07	0,66	100,00
MOR-1.3	2,11	0,03	0,00	85,78	10,74	0,75	0,00	0,59	100,00
MOR-1.4	2,61	0,00	0,38	83,21	12,51	0,60	0,00	0,68	100,00
MOR-1.5	2,69	0,09	0,07	82,64	13,04	0,86	0,00	0,62	100,00
MOR-2.1	2,71	0,00	0,24	82,37	12,53	1,22	0,20	0,72	100,00
MOR-2.2	2,53	0,08	0,53	74,47	8,02	1,97	0,00	12,40	100,00
MOR-2.3	2,50	0,02	0,00	83,04	13,65	0,47	0,00	0,31	100,00
MOR-3.1	2,73	0,01	0,26	82,43	12,30	0,82	0,22	1,23	100,00
MOR-3.2	2,36	0,00	0,17	84,55	12,09	0,21	0,03	0,58	100,00
MOR-3.3	3,01	0,02	0,30	82,64	13,04	0,21	0,12	0,65	100,00
MOR-4.1	2,52	0,01	0,18	84,07	12,37	0,06	0,12	0,67	100,00
MOR-4.2	2,71	0,18	0,09	82,82	13,32	0,08	0,01	0,80	100,00
MOR-4.3	2,87	0,01	0,28	83,17	12,55	0,10	0,00	1,01	100,00
MOR-5.1	2,46	0,05	0,19	84,82	10,94	0,49	0,05	0,99	100,00
MOR-5.2	2,35	0,02	0,08	84,53	11,06	0,94	0,07	0,95	100,00
MOR-5.3	3,25	0,02	0,33	82,17	12,47	0,82	0,00	0,93	100,00
MOR-6.1	2,98	0,01	0,30	82,18	12,22	0,47	0,09	1,76	100,00
MOR-6.2	2,54	0,03	0,13	83,78	12,27	0,26	0,02	0,96	100,00
MOR-6.3	2,89	0,01	0,19	82,82	13,16	0,69	0,00	0,24	100,00
MOR-7.1	2,74	0,08	0,32	83,86	11,10	0,56	0,09	1,24	100,00
MOR-7.2	2,59	0,04	0,28	83,15	12,45	0,26	0,06	1,17	100,00
MOR-7.3	2,61	0,02	0,19	83,93	11,98	0,25	0,06	0,95	100,00
LLO-1	2,75	0,27	0,53	82,55	13,08	0,37	0,02	0,42	100,00
LLO-2.1	2,63	0,14	0,91	76,31	14,66	5,26	0,00	0,09	100,00
LLO-2.2	1,87	0,13	1,43	83,37	9,59	0,52	0,02	3,07	100,00
LLO-3	3,00	0,29	1,04	74,79	15,12	5,44	0,04	0,27	100,00
LLO-4	2,48	0,04	0,69	74,93	21,51	0,24	0,00	0,12	100,00
LLO-5.1	2,52	0,07	0,43	83,72	12,15	0,25	0,10	0,76	100,00
LLO-5-2	2,44	0,06	0,65	82,68	10,73	3,22	0,00	0,22	100,00
LLO-6	2,47	0,10	0,28	84,46	11,44	0,90	0,00	0,36	100,00
LLO-7.1	3,17	2,55	0,40	80,40	10,61	1,94	0,07	0,84	100,00
LLO-7.2	2,60	3,86	0,32	82,46	8,62	1,20	0,00	0,95	100,00
LLO-7.3	3,02	3,42	0,56	79,22	11,68	1,57	0,00	0,52	100,00
LLO-8	1.85	8.82	0.48	80.96	0.61	0.22	1.26	5.80	100.00

Tabla III

 Tabla III. Resultados de análisis químicos mediante micro-fluorescencia de rayos X de piromorfitas de las minas: Florisa (FLO),

 Morilla (MOR) y LLoza (LLO). Unidades en % en peso.

El hábito es prismático hexagonal (p.e.: Figs. 43, 46 y 48) y pueden aparecer biterminados, con la forma típica de barril (p.e.: Figs. 42-45), en tamaños que alcanzan hasta medio centímetro. Se aprecian caras estriadas, sin embargo, las caras lisas se identifican en cristales inferiores a 2 mm. Los cristales aparecen individuales y en masas, en ocasiones con morfología fibroso-radial (Fig. 47) y en agrupaciones en forma de piña. Aunque las terminaciones son generalmente planas, en ciertos cristales son de tipo escalonado.

Respecto a la cerusita, la primera referencia sobre este mineral en la mina Morilla pertenece a Garrido (1934), quién llevó a cabo un estudio cristalográfico de muestras procedentes de distintas minas españolas. En este caso, indicó que aunque se trataban de cristales tabulares mal formados, implantados sobre la galena, pudo reconocer las caras {010}, {110} y {111} y posiblemente la {071}.



Figura 43

Cristales de piromorfita idomorfos, con morfología hexagonal y de tipo barril, de color verde intenso, tapizando un plano de fractura de las pizarras encajantes procedente de la mina Morilla. Tamaño: 15 x 8 cm.

MINERALES DE PLOMO ÁREA DE GUIJUELO

SANTOS BARRIOS et al.



Figura 44

Cristales de piromorfita idomorfos, con morfología de tipo barril y de color verde intenso, tapizando un plano de fractura de las pizarras encajantes procedente de la mina Morilla. Tamaño: 10 x 5 cm.



Figura 45

Cristales de piromorfita con morfología de tipo barril y de color verde intenso, tapizando un plano de fractura de las pizarras encajantes procedente de la mina Morilla. Tamaño: 15 x 6 cm.



Cristales prismáticos hexagonales de piromorfita con poco desarrollo vertical, sobre un plano de fractura de la pizarra encajante, procedente de la mina Morilla.

Tamaño: 17 x 5 cm. (Col. y Fot. Yoni García García)



Figura 47

Cristales de piromorfita fibroso-radiados sobre matriz de pizarra encajante, procedente de la mina Morilla. Tamaño: 6,5 x 3 cm.

(Col. y Fot. Yoni García García)



Cristales de piromorfita, prismática y con pequeño desarrollo, de color verde oscuro, diferente a las muestras anteriores, dispuesto sobre pizarra encajante. Mina Morilla. Tamaño: 9 x 8 cm.

(Col. y Fot. Yoni García García)



Plano de fractura recubierto por cristales de cerusita de color blanco, aunque parcialmente recubierta por óxi-hidróxidos de color gris-negro. Mina Morilla.



Cristal tabular de cerusita con caras lisas, color blanco y bonito brillo céreo, dispuesto sobre pizarra encajante. Mina Morilla. Tamaño: 1,5 x 0,3 cm.



Cristales tabulares de cerusita de entre 3 a 5 mm, con caras estriadas, color blanco y bonito brillo céreo, dispuesto sobre pizarra encajante. Mina Morilla. Tamaño: 8 x 3 cm.

(Col. y Fot. Yoni García García)

MINERALES DE PLOMO ÁREA DE GUIJUELO SANTOS BARRIOS *et al.*



Figura 52

Cristales tabulares de cerusita de entre 3 a 5 mm, con caras estriadas, color blanco y bonito brillo céreo, dispuesto sobre pizarra encajante. Mina Morilla. Tamaño: 7 x 3 cm.



Figura 53: Muestra de cerusita sobre un plano de fractura de las pizarras encajantes de la mina Morilla. Tamaño: 6,5 x 3 cm (Col. y Fot. Carlos González Bargueño).

La cerusita, al contrario que en el resto de minas de la zona de Guijuelo, se observa de manera abundante en forma de cristales de color blanco lechoso, aunque casi siempre está arruinado por una fina capa negruzca de óxi-hidróxidos, así que provocan de manera frecuente una carencia de brillo (Fig. 49). Los cristales de cerusita obtenidos por los autores de este trabajo presentan generalmente hasta 5 mm de longitud máxima, hábito tabular y terminación bien definida (p.e.: Figs. 49 y 50). Sin embargo, del conjunto de muestras, destaca un cristal tabular alargado de 1,5 cm y ligeramente blanquecino con cierta transparencia, brillo céreo y caras lisas (Fig. 50). Las caras muestran claras estriaciones paralelas al eje C (Figs. 49-53). Generalmente, los cristales son opacos, aunque los de menor talla presentan cierta transparencia.

Mina Lloza (Berrocal de Salvatierra)

La mina Lloza, sita en el paraje Finca Legio, se localiza a unos 380 m al S del municipio de Berrocal de Salvatierra (Fig. 1, indicio 3). Geológicamente se encuentra en la formación Aldeatejada, en concreto sobre terrenos de pizarras y limolitas (Martín-Serrano et al., 2000).

Antecedentes

Al objeto de poder identificar la etapa de su puesta en explotación, argumentar que la primera mención de la cual tenemos conocimiento, ya con este mismo nombre, es el permiso de investigación de 100 pertenencias solicitado en 1954 (Expediente nº 4.418, BOE, 90, 15/04/1958). No obstante, el comienzo de las labores debió ser algo anterior, a

juzgar tanto por lo que puede consultarse en el fotograma aéreo nº H0528_285_035 del Vuelo Americano de 1945-1946, Serie A, como porque en este punto el expediente minero habla de la existencia de una "mina Vieja". Sobre la fecha de caducidad y/o de cese de explotación cabe decir que se produjo en 1959.

Labores mineras

La explotación minera consistió en la práctica de una calicata de 5 m de longitud por 3 m de sección y 4 m de profundidad, siguiendo el filón mineralizado. Junto a la mina existe un pozo vertical (Figs. 54 y 55), actualmente cerrado y del cual se desconoce su profundidad, el transformador (Figs. 54 y 56) y los restos de alguna construcción que servía de sujeción a algún tipo de maquinaria (Fig. 57). No ha podido constatarse si estas estructuras edificadas corresponden a la "mina Vieja" de la que habla el expediente minero, ni tampoco se ha localizado sobre el terreno dicha calicata, siendo lo más probable que fuera tapada con el propio material extraído.



Figura 54: Transformador junto al pozo de la mina Lloza, delante de la escombrera. Al fondo el pueblo de Berrocal de Salvatierra (Fot. Federico Hernández Andrés, 2021).

Fruto de estos trabajos ha resultado una pequeña escombrera (Fig. 58) donde se encuentran los restos de la explotación de un filón de cuarzo hidrotermal con galena como mena principal. Este filón rellenaba alguna fractura y fue afectado por procesos supergénicos (Díez Balda y Hacar, 1979). En la poca bibliografía existente acerca de la mina no se ha descrito la dirección y buzamiento de este filón. Además, durante el muestreo realizado en campo, aunque ha sido caracterizado como un filón de Pb-Zn-Fe (Díez Balda y Hacar, 1979), tampoco ha sido identificada ninguna mineralización de Zn.



Figura 55: Pozo de la mina Lloza actualmente tapado (Fot. Federico Hernández Andrés, 2021).



Figura 56: Vista general de los restos de la mina Lloza. Se observa el transformador (izquierda) y la escombrera (parte central e izquierda) (Fot. Federico Hernández Andrés, 2021).



Figura 57: Restos de una estructura de alguna máquina empleada para el procesado del material extraído en la mina Lloza (Fot. Federico Hernández Andrés, 2021).



Figura 58: Detalle de la escombrera de la mina Lloza, con el transformador al fondo de la imagen (Fot. Federico Hernández Andrés, 2021).

Mineralogía

Según los materiales observados en la escombrera, la mineralización primaria está constituida por sulfuros, principalmente galena abundante, al contrario que en las minas anteriormente mencionadas, y en menor cantidad marcasita que se encuentra intensamente limonitizada. Se ha identificado también siderita, aunque muy escasa, que se presenta en pequeñas cavidades en el cuarzo en forma de cristales romboédricos de tamaño inferior a 3 mm y color marrón. Díez Balda y Hacar (1979) citan la presencia en una misma muestra de unos granos de oro y rutilo a nivel microscópico, hecho que no se ha podido confirmar en nuestro muestreo.

Otros minerales secundarios identificados proceden de la alteración de la galena como son piromorfita y cerusita (esta última escasa), y óxi-hidróxidos de hierro (principalmente abundante goethita generalmente masiva), rellenando huecos en el interior del cuarzo y en ocasiones con terminaciones botroidales.

El principal mineral explotado fue la galena, que aparece dispuesta en nódulos con exfoliación laminar que pueden estar parcial o totalmente alterados y envueltos en óxihidróxidos de hierro (Figs. 59 y 60). Destaca un nódulo de 498 g donde se observa claramente su exfoliación (Fig. 61). Se han seleccionado diez ejemplares de galena fresca para su análisis pudiendo observar los resultados en la Tabla II.



Figura 59: Masa de galena exfoliada y rodeada de óxi-hidróxidos de hierro. Mina Lloza. Tamaño: 5 x 4 cm. Colección Santos Barrios Sánchez (Fot. Fernando Sánchez Cuadrado, 2021).

El siguiente mineral a reseñar es la marcasita, que se dispone en agregados de cristales y masivas. Aunque se encuentra fuertemente limonitizada, en una de las muestras aparece una zona central, aún fresca, de color gris con brillo metálico (Fig. 62). Los cristales muestran las clásicas terminaciones con maclas de tipo "cresta de gallo", aunque en

general con escaso desarrollo (Fig. 63). Solo en una muestra recuperada, se observa una masa de óxi-hidróxidos de hierro y cristales de marcasita alterada con mayor desarrollo y bien conformados en la parte central de un hueco, en el interior de un fragmento de cuarzo filoniano (Figs. 64 y 65). Este sulfuro no ha sido observado en ninguna de las mineralizaciones de galena de la zona de Guijuelo.



Figura 60: Fragmento de filón de cuarzo donde se observan los restos de un cristal de galena con hábito regular alterado en su superficie y envuelto en óxi-hidróxidos de hierro. Mina Lloza. Tamaño: 9,5 x 7,5 cm. Colección Santos Barrios Sánchez (Fot. Fernando Sánchez Cuadrado).



Masa de galena de casi 500 g de peso procedente de la mina Lloza. Tamaño: 8 x 7 cm. Colección Lorenzo Barbero Castro.

(Fot. Fernando Sánchez Cuadrado)



Masa de marcasita transformada a limonita. En la parte central se mantiene aún fresca y se observa su color gris pálido y brillo metálico, procedente de la mina Lloza. Tamaño: 10,5 x 8 cm. Col. Santos Barrios Sánchez.

(Fot. Fernando Sánchez Cuadrado)



Cristales de marcasita con macla en "cresta de gallo", limonitizados. El punteado de color blanco que se aprecia corresponde a algún tipo de estructura orgánica. Mina Lloza. Encuadre: 8 x 6,5 cm. Colección Lorenzo Barbero Castro.

(Fot. Fernando Sánchez Cuadrado)



Figura 64: Hueco en el interior de cuarzo filoniano donde se observan cristales de marcasita limonitizados. Mina Lloza. Tamaño: 6 x 5 cm. Col. Lorenzo Barbero Castro (Fot. Fernando Sánchez Cuadrado).



Figura 65: Detalle de la imagen anterior donde se observan láminas de marcasita limonitizadas de 1 x 0,7 cm. Mina Lloza. Colección Lorenzo Barbero Castro (Fot. Fernando Sánchez Cuadrado).



Figura 66: Piromorfita con hábito globular de color verde amarillento. Mina Lloza. Tamaño: 3,8 x 3 cm. Col. Santos Barrios Sánchez (Fot. Fernando Sánchez Cuadrado).



Figura 67: Costras de piromorfita de diferente color dispuesta en huecos de óxi-hidróxidos de hierro. Mina Lloza. Tamaño: 9 x 7 cm (Col. y Fot. Santos Barrios Sánchez).



Figura 68: Cristales de piromorfita de color verde muy pálido sobre óxi-hidróxidos de hierro de la mina Lloza. Tamaño: 4 x 2 cm. Col. Santos Barrios Sánchez (Fot. Fernando Sánchez Cuadrado).

El mineral de alteración de la galena más abundante que se aprecia es la piromorfita, aunque en este caso y al contrario que en las dos minas anteriores, no destacan particularmente por su belleza. Presenta colores diferentes que comprenden desde un verde claro hasta marrón (Figs. 66-70) y escaso brillo. Se dispone en forma de costras que recubren principalmente masas de óxi-hidróxidos de hierro (Figs. 67 y 70), y en ocasiones, también cuarzo masivo y lechoso a lo largo de planos de fractura así como en

pequeñas oquedades. Muestran principalmente hábito globular (Figs. 66-68) y solo en ocasiones se observa hábito en cristales prismáticos hexagonales de hasta 1 mm de longitud (Fig. 69). Los resultados de los análisis químicos de las muestras de piromorfita analizadas se han representado en la Tabla III.



Figura 69: Cristales prismáticos de 1 mm de piromorfita de color verde junto a óxi-hidróxidos de hierro. Mina Lloza. Tamaño: 4 x 3,5 cm. Col. Santos Barrios Sánchez (Fot. Fernando Sánchez Cuadrado).



Figura 70: Costra de piromorfita globular en el interior de un hueco en una masa de óxihidróxidos de hierro. Mina Lloza. Tamaño: 7 x 6 cm. Col. Santos Barrios Sánchez (Fot. Fernando Sánchez Cuadrado).

Al contrario de lo que sucede en las dos anteriores explotaciones, la cerusita es muy escasa y se ha observado únicamente en una muestra en la que aparecen pequeños cristales tabulares de color blanco lechoso de hasta 5 mm de longitud máxima, dispuestos de forma irregular sobre la matriz y fracturados.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE GALENAS Y PIROMORFITAS

Se han realizado análisis químicos sobre muestras de galenas frescas y piromorfitas de las tres minas estudiadas en este trabajo, que se muestran en la Tabla II y Tabla III, respectivamente. Además, se han incluido en la Tabla IV los valores medios composicionales de las piromorfitas..

En los tres casos, la composición de la galena es la típica para este mineral, aunque con ligeras variaciones en los contenidos de S y Pb, debido muy probablemente a alteraciones incipientes no apreciables a simple vista. Respecto a los elementos menores y traza, destaca por un lado la presencia de As (Florisa: 0,10-0,93; Morilla: 0,00-0,58; Lloza: 0,00-0,20; unidades: % en peso) y, por otro, la ausencia de Ag con la excepción

dos análisis, una de la mina Morilla (0,01 % en peso) y otro de la mina Lloza (0,02% en peso), en ambos casos cantidades insignificantes. Llama particularmente la atención la ausencia de indicios en la mina Florisa puesto que, según Fausto, antiguo minero de la misma, la galena de allí era argentífera.

Mina	CI	V	As	PbO	P ₂ O ₅	CaO	MnO	Fe ₂ O ₃	TOTAL
FLO (n=15)	2,97	0,03	1,36	80,13	13,45	1,48	0,15	0,43	100,00
MOR (n=23)	2,67	0,03	0,21	82,97	12,18	0,55	0,05	1,33	100,00
LLO (n=12)	2,57	1,65	0,64	80,49	11,65	1,76	0,13	1,12	100,00

Tabla IV

Tabla IV. Composición en valores medios de piromorfitas de las minas: Florisa (FLO), Morilla (MOR) y LLoza (LLO). Análisis mediante micro-fluorescencia de rayos X (n = número de análisis; unidades en % en peso).

Respecto a los análisis químicos realizados en las piromorfitas, como cabe esperar, se ha encontrado frecuentemente la presencia de As y V, usualmente como trazas, por lo que han sido expresados como % en peso de elemento en la Tabla III y Tabla IV. No obstante, de forma ocasional estos elementos alcanzan valores que permiten considerarlos como elementos menores o incluso mayores. Rigurosamente, estos últimos casos deberían ser expresados como óxidos, aunque se ha optado por mantener la coherencia de las tablas. Dada su variabilidad, así como la aparición de valores atípicamente elevados, se ha representado en un diagrama ternario la relación atómica de As-P-V para buscar posibles diferencias entre las tres minas (Fig. 71).



Figura 71: Diagrama ternario representando las proporciones atómicas de As-P-V obtenidas en los análisis de las piromorfitas de las minas Florisa, Morilla y Lloza (a partir de datos de la Tabla III).

En general, se detectan pequeñas cantidades de As en prácticamente todos los ejemplares, si bien en algunos casos está incluso por debajo del límite de cuantificación. En el caso de Florisa, los ejemplares presentan un valor medio de 1,36%, con valores puntuales de hasta 4,75% e incluso 12,43% en peso para la muestra FLO-P-4.1. En ambos casos se trata de cristales de tamaño submilimétrico aciculares de color ligeramente anaranjado, translucidos y con brillo. En este último ejemplar, la proporción atómica de As supera ampliamente la de P, por lo que realmente se trata de una mimetita (Fig. 72). En el caso de Morilla, la presencia de este elemento es mucho más baja, con 0,21% de media y un rango de entre 0,00 y 0,53% en peso. Las muestras de Lloza, por el contrario, presentan un valor medio de 0,64% en peso, proporción ligeramente mayor a la que presentan las piromorfitas de la mina Morilla, pero inferior a las de la mina Florisa, y un rango entre 0,28 y 1,43% en peso.



Figura 72: Muestra con cristales aciculares de tamaño inferior a 1 mm de mimetita procedente de la mina Florisa. Col. Santos Barrios Sánchez (Fot. Jose Manuel Hernández Marchena).

Respecto al V, las muestras de Florisa presentan un contenido muy bajo, con un rango entre 0,00 y 0,11% y un valor medio de 0,03% en peso. Estos valores son parecidos a los que se encuentran en los ejemplares de Morilla, en los que se ha calculado un valor medio de 0,03% y un rango entre 0,00 y 0,18% en peso. Resulta llamativa la presencia de valores mucho mayores en Lloza, con un valor medio de 1,65% y un valor máximo de 8,82% en peso en la muestra LLO-8. En este ejemplar, un conjunto de pequeños cristales submilimétricos y subesféricos muestran una proporción atómica de V muy superior a la de P, debiendo ser clasificados más correctamente como vanadinita (Figs. 73 y 74).

Aparte de los componentes más característicos, los análisis indican la presencia de otros elementos adicionales que merece la pena comentar. El más significativo es, tal vez, el

Fe. Dada la abundancia de este elemento entre los materiales que acompañan a los minerales secundarios, no resulta de extrañar la presencia en Florisa de Fe_2O_3 con un valor medio de 0,43% y un valor máximo de 1,42% en peso. Estos valores son muy similares a los encontrados en Morilla, en los que presenta valores comprendidos entre 0,31 y 1,76%, con un valor anómalo de 12,40% en peso (MOR-P-2.2). En el caso de Lloza, se encuentran contenidos entre 0,12% y 3,07%, con algunos valores anómalos de hasta 5,80% en peso (LLO-8). Estos valores atípicos parecen estar relacionados con la presencia de impurezas en las piromorfitas.



Figura 73: Pequeños cristales de vanadinita submilimétricos dispersos sobre un plano de fractura de un fragmento de cuarzo filoniano de la mina Lloza. Tamaño: 5,5 x 6,2 cm. Col. Lorenzo Barbero Castro (Fot. Fernando Sánchez Cuadrado).

Posiblemente relacionados también con la presencia de impurezas, debe hacerse mención de la presencia de pequeñas cantidades de MnO. En las piromorfitas de las tres minas aparece este elemento, si bien su presencia sólo es significativa en dos ejemplares. El primero es un ejemplar de mina Florisa con 1,39% en peso (FLO-P-1.2) que corresponde a un cristal prismático hexagonal de color marrón oscuro, tal vez debido a la presencia de este elemento (Fig. 23), aunque en otras ocasiones, las variaciones de color hacia tonos marrones se deben a inclusiones de filosilicatos. El segundo ejemplar es de Lloza con 1,26% en peso (LLO-8), en la que es posible que forme parte del recubrimiento oscuro sobre el que han crecido los cristales.



Figura 74: Detalle de la imagen anterior donde se observan los cristales de vanadinita de tamaño inferior a 700 μm. Mina Lloza. Col. Lorenzo Barbero Castro (Fot. Victor Ingelmo Ollero).

La última impureza destacable la constituyen ciertos porcentajes de CaO. En el caso de Florisa se ha encontrado un valor medio de 1,48% y un valor máximo de 4,80% en peso (FLO-P-1.1). Los ejemplares de Morilla muestran un contenido medio de 0,55% y un máximo de 1,97% (MOR-P-2.2), mientras que los de Lloza es el mayor de los tres casos con un valor medio de 1,76% y un valor máximo de 5,44% en peso (LLO-3). No se ha encontrado motivo en los análisis realizados para sospechar la presencia de minerales del grupo del apatito, pero sí se ha localizado con cierta frecuencia la presencia de carbonatos, por lo que cabe plantear que este elemento sea posiblemente asociable a la presencia de los mismos.

CONCLUSIONES

La zona de Guijuelo es el área con mineralizaciones de galena más importante de la provincia de Salamanca desde el punto de vista del número de indicios y por su mineralogía. Dentro de estas minas destacan las tres estudiadas en este trabajo y que jugaron un papel fundamental en la alfarería de la provincia de Salamanca.

A la vista de los ejemplares recuperados, las muestras más significativas de piromorfita de la provincia de Salamanca se encuentran en las minas Florisa y Morilla. La cerusita se encuentra igualmente bien representada en ambas minas, sobre todo en esta última.

Como se ha observado en los resultados de los análisis de las galenas de las tres minas estudiadas, a pesar de las menciones históricas, no se han encontrado evidencias de la presencia de Ag en la composición de este sulfuro.

Los resultados obtenidos para las piromorfitas indican que las composiciones en los ejemplares de la mina Morilla son muy homogéneas, siendo V y As prácticamente
testimoniales, frente a las de Florisa y Lloza. Debido a esta heterogeneidad, en estas dos últimas minas se han observado dos especies minerales no constatadas hasta la fecha, como son mimetita y vanadinita, respectivamente, dado que forman una solución sólida con piromorfita.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo quieren agradecer la imprescindible aportación de fotografías, tanto de campo como de diferentes ejemplares minerales, a Jesús Alonso Ramírez, Enrique Ortiz de Zárate, Carlos González Bargueño, Sergio Evangelio, José Manuel Hernández Marchena, Víctor Ingelmo Ollero y al Museo de Ciencias Naturales de Álava. Igualmente, al Área de Paleontología del Dpto. de Geología de la USAL las facilidades para utilizar la lupa binocular en la que hemos fotografiado algunas de las muestras expuestas en este trabajo.

Agradecer a D. Fausto Crego Becerra que, con su testimonio acerca de sus años como minero en la mina Florisa, ha arrojado luz acerca de los trabajos que allí se acometieron. Del mismo modo, a D. Bernardo Pérez Correa y a su hijo Tomás, de la alfarería Tomás Pérez Correa (Alba de Tormes), por la información aportada sobre este tema.

Gracias a Ángela Delgado Hernández, técnico de la empresa SIEMCALSA y a Inmaculada Ramos Márquez, que nos han remitido información indispensable para la realización de este trabajo. Del mismo modo, al conjunto de empleados del Archivo Histórico Provincial de Salamanca, por permitirnos consultar los expedientes mineros allí custodiados.

Queremos agradecer enormemente, y en nombre de todos los que visitamos la mina Florisa, la paciencia de Carlos Rodríguez de Arriba, dueño de los terrenos, que nos acoge siempre con gran amabilidad y buenas conversaciones, y sin cuya ayuda no habría sido posible ni el comienzo ni la finalización de este trabajo.

Por último, agradecer la dedicación de los revisores anónimos, sus correcciones y comentarios que han servido para mejorar este trabajo.

REFERENCIAS

BARRIOS, S.; GÓMEZ BARREIRO, J.; COMPAÑA, J.M. y DOS SANTOS, K. (2020). Mineralizaciones metálicas del extremo oriental del distrito de Morille-Martinamor (Salamanca, España). *Acopios*, **11**: 37-119.

CALDERÓN Y ARANA, S. (1910). *Los minerales de España*. Junta para la ampliación de estudios é investigaciones científicas, 2 volúmenes. Madrid. Imprenta de Eduardo Árias. VIII, 416 y 561 págs.

CALVO REBOLLAR, M. (2015). *Minerales y Minas de España. Volumen VII: fosfatos, arseniatos y vanadatos.* Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Madrid. 479 págs.

CORTÉS Y VÁZQUEZ, L.L. (1953). La alfarería popular salmantina. Centro de Estudios Salmantinos. Salamanca. 61 págs.

DÍEZ BALDA, M^a.A. y HACAR, M.P. (1979). Investigación geológico-minera de la zona de Guijuelo (Salamanca). Vol. II. Estudio de los indicios mineros existentes en la Hoja de Guijuelo, (13-21/528), Instituto Geológico y Minero de España. 142 págs. (Documento inédito).

DÍEZ BALDA, M^a.A. (1980). La sucesión estratigráfica del Complejo Esquisto Grauváquico al Sur de Salamanca. *Estudios Geológicos*, **36** (**1-2**): 131-138.

DÍEZ BALDA, M^a.A. (1986). *El Complejo Esquisto-Grauváquico, las series paleozoicas y la estructura hercínica al sur de Salamanca*. Salamanca. Ediciones Universidad de Salamanca. 162 págs.

GALLARDO FERNÁNDEZ, F. (1808). Origen, progresos y estado de las rentas de la Corona de España: su gobierno y administración. Tomo VI. Comprehende las minas y siete rentillas. Madrid. Imprenta Real. XXI, 490 págs.

GARRIDO, J. (1934). Notas sobre Mineralogía española. Cerusitas cristalizadas. *Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural*, **XXXIV**: 301-326.

GIL Y MAESTRE, A. (1868). Apuntes sobre la provincia de Salamanca. *Revista Minera*, **XIX**: 34-42.

GIL Y MAESTRE, A. (1880). *Descripción física, geológica y minera de la provincia de Salamanca*. Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España. Madrid. 299 págs.

JCYL (1986). Inventario y mapa de indicios mineros de la Comunidad Autónoma de Castilla y León. Fase I: Provincias de Ávila, Salamanca y Zamora. Fondo documental de la Dirección General de Minas de la Junta de Castilla y León (Documento inédito).

JIMÉNEZ BENAYAS, S.; CRESPO, J.L. y CABRERA, R. (1996). *Mapa Geológico y Minero de Castilla y León. Escala 1:400.000*. Sociedad de Investigación y Explotación Minera de Castilla y León. 418 págs.

JULIVERT, M.; FONTBOTE, J.M.; RIBEIRO, A. y CONDE, L. (1977). *Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares. Escala 1:1.000.000*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. 113 págs.

LARRUGA Y BONETA, E. (1795), Memorias políticas y económicas sobre los frutos, comercio, fábricas y minas de España, con inclusión de los Reales Decretos, Ordenes, Cedulas, Aranceles y Ordenanzas expedidas para su gobierno y fomento. Tomo XXXIV. Situacion, poblacion, producciones, comercio y manufacturas de las Provincias de Toro y Zamora; situacion, extension, límites, gobierno, poblacion y producciones de la de Salamanca. Madrid. Imprenta de Benito Cano. XII, 328 págs.

MARTÍN-SERRANO, A.; MEDIAVILLA, R.; BELLIDO, F.; MONTESERÍN, V.; DÍEZ BALDA, M.A.; GARCÍA CASQUERO, J.L. y ROBLES CASAS, R. (2000). *Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 Hoja nº 528 Guijuelo*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid. 109 págs. ISBN: 84-7840-413-9.

MARTÍNEZ CATALÁN, J.R.; MARTÍNEZ POYATOS, D. y BEA, F. (2004). Zona Centro Ibérica: Introducción. En Geología de España (J.A. Vera, Ed.), 68-69. SGE-IGME, Madrid, ISBN: 84-7840-546-1.

MERCHÁN, J.C.; MARTÍN-IZARD, A. y ARRIBAS MORENO, A. (1987). Geología y metalogenia de los yacimientos de Pb y W de la zona de Guijuelo. El caso de la stolzita de La Tala. *Studia Geologica Salmanticensia*, **24**: 177-214.

MIÑANO Y BEDOYA, S. de (1826). *Diccionario Geográfico-Estadístico de España y Portugal. Tomo IV.* Imprenta de Pierart-Peralta. Madrid. 464 págs.

PEREJÓN, A. (1984). Bioestratigrafía de los arqueociatos en España. *Precámbrico y Paleozoico del Macizo Ibérico. Cuadernos de Geología Ibérica*, **9**: 213-265.

SANTOS BARRIOS *et al.*

PÉREZ MORENO, A. (1862). Memoria sobre el estado y necesidad de la industria minera del distrito de Zamora durante el año 1859. *Revista Científica del Ministerio de Fomento*, **IV**: 333-349.

Manuscrito original recibido el 19 de noviembre de 2021. Publicado: 30 de noviembre de 2021.

Hingganita-Y y Axinita-Fe, nuevas citas para el Plutón granítico de Monçao (Gondomil, Valença, Portugal)

Jorge FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ⁽¹⁾, María Dolores BREA-FERNÁNDEZ⁽²⁾, Moisés NÚÑEZ-GARCÍA⁽³⁾, José Manuel COMPAÑA PRIETO⁽⁴⁾, Santos BARRIOS SÁNCHEZ⁽⁵⁾, Carlos José RODRÍGUEZ VÁZQUEZ⁽²⁾

(1) Gondomar, Pontevedra (España)

(2) 15782 Santiago de Compostela, A Coruña (España) carlosjrvazquez@yahoo.es

(3) Cruceiro, 36954 Moaña, Pontevedra (España).

(4) Servicio de Difracción de Rayos-X, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Salamanca, Plaza de los Caídos s/n, 37008-Salamanca, España.

> (5) Departamento de Geología. Universidad de Salamanca, Plaza de los Caídos s/n, 37008-Salamanca, España.

Resumen

FERNÁNDEZ, J.; BREA-FERNÁNDEZ, M.D.; NÚÑEZ-GARCÍA, M.; COMPAÑA, J.M.; BARRIOS, S. y RODRÍGUEZ, C.J. (2021). Hingganita-Y y Axinita-Fe, nuevas citas para el Plutón granítico de Monçao (Gondomil, Valença, Portugal). *Acopios*, **12**: 73-101.

Se ha llevado a cabo un estudio de los minerales de pegmatitas miarolíticas del plutón de Monçao (Portugal), continuación meridional del batolito de Porriño. Si bien este batolito es famoso por la variedad de granito comercial Rosa Porriño, la mayor parte del mismo corresponde a un granito gris (variedad comercial Gris Mondariz). En dicha variedad gris del Plutón de Monçao, se han identificado asociados a parches de granito rosado y cuerpos pegmatíticos, minerales no descritos hasta la fecha: hingganita-Y y axinita-Fe. El primero de ellos constituye además la primera cita para la Península Ibérica.

Palabras clave: Pegmatita, Hingganita-Y, Axinita-Fe, Gondomil.

Abstract

FERNÁNDEZ, J.; BREA-FERNÁNDEZ, M.D.; NÚÑEZ-GARCÍA, M.; COMPAÑA, J.M.; BARRIOS, S. y RODRÍGUEZ, C.J. (2021). Hingganite-Y and Axinite-Fe, new finds in the Monçao granitic pluton (Gondomil, Valença, Portugal). *Acopios*, **12**: 73-101.

A study of the minerals of myarolitic pegmatites from the Monçao pluton (Portugal), southern continuation of the Porriño batholith, has been carried out. Although this batholith is famous for the commercial granite variety Rosa Porriño, most of it corresponds to a gray granite (commercial variety Gris Mondariz). In this gray variety of the Monçao Pluton, minerals not described to date have been identified associated with patches of pink granite and pegmatitic bodies: hingganite-Y and axinite-Fe. The first of them is also the first known for the Iberian Peninsula.

Keywords: Pegmatite, Hingganite-Y, Axinite-Fe, Gondomil.

INTRODUCCIÓN

El batolito granítico de Porriño (Pontevedra, Galicia, España) ha sido fuertemente explotado durante décadas en su cara oeste, en el concello de Porriño, junto con un interesante yacimiento ubicado hacia el norte, en el concello de Ponteareas: cantera Cillarga nº 2668 (Brea-Fernández *et al.*, 2020), reconocido por su granodiorita denominada Rosa Porriño, que destaca precisamente por grandes cristales de microclina, de intenso color rosado característico. Desgraciadamente, en la actualidad existen tan sólo dos canteras activas que explotan este granito y con una menor actividad. Por otro lado, la mayor extensión granítica en este batolito corresponde al granito conocido comercialmente como Gris Mondariz. En la vertiente española existen unas cuantas canteras distribuidas en esta amplia extensión y, ante la dificultad para poder estudiarlas, dirigimos nuestro interés hacia su zona sur, ya en territorio portugués (Fig. 1). En este caso, la parte del batolito en el dominio portugués se conoce como plutón de Monçao.



Figura 1: Mapa esquemático de la frontera galaico-portuguesa, con el batolito de Porriño en el centro izquierda. En color rojo, granitoides correspondientes a monzogranitos, tonalitas y granodioritas calcoalcalinas. Tomado de González-Menéndez et al. (2017).

En torno a las cumbres del valle de Gondomil (al este de Valença, dentro del distrito de Viana do Castelo, Fig. 2), entre 400 y 600 m de altitud, se ha explotado desde la década de los 90 del siglo XX un granito claro denominado en España como Gris Mondariz, y que en Portugal se conoce como granito Crema Terra o Crema Camelia (Fig. 3). En la Fig. 4 se aprecia el aspecto de los dos tipos de granito que componen este batolito. Esta zona es famosa entre los coleccionistas gallegos por la cantera Sanfins, abandonada hace años debido a que el granito es muy deleznable, de la que se extrajeron ejemplares notables de microclina ligeramente rosada, cuarzo y albita, así como masas de fluorita transparente y color azul claro, entre otros minerales accesorios (epidota, circón, turmalina, etc).



Figura 2: Zona del valle de Gondomil, con la cantera en explotación Lage Negra a la izquierda y las canteras de Porriño al fondo (Fot. Carlos J. Rodríguez, 2020).



Figura 3 (Izquierda): Bloque de granito denominado Crema Camelia (Gris Mondariz en España), cantera Boivao (Fot. Carlos J. Rodríguez, 2020). Figura 4 (Derecha): Comparativa de una plancha de granito Gris Mondariz (derecha) y Rosa Porriño (izquierda), sin pulir (Fot. Carlos J. Rodríguez).

En concreto, visitamos la cantera Lage Negra, cercana a la de Sanfins, reparando que este granito gris poco aportaba a escala de coleccionismo mineral, debido a su textura muy compacta y homogénea, sin apenas cavidades o huecos donde recuperar minerales cristalizados. Sin embargo, en aquellos bloques descartados por la presencia de parches de granito rosado o sus pegmatitas (granitoide calcoalcalino, Fig. 5) se identificaron numerosos huecos, menores de 5 cm en su mayor parte, rellenos de calcita blanca y amarillenta y albita predominante. Fue en el interior de estos rellenos donde se identificaron las nuevas fases minerales (Fig. 6).

En el caso de la cantera conocida como Tocas do Minho o de Boivao, situada en la parroquia de Boivao, al este de Lage Negra, se explota también el granito Gris Mondariz o Crema Terra. A diferencia de la anterior cantera, las intrusiones filonianas de granito rosa son muy deleznables a favor de diaclasas subhorizontales, hecho que favorece la rotura de los bloques de interés a lo largo de estos planos. Además, destaca en la zona superior de la cantera (Fig. 7) una importante intrusión de diorita de tono verde muy oscuro, con fenocristales de plagioclasa.



Figura 5: Pegmatita miarolítica Rosa Porriño de la cantera Lage Negra (Fot. Carlos J. Rodríguez, 2020).



Figura 6: Extracción y limpieza in situ de minerales extraídos de una cavidad miarolítica, cantera Lage Negra (Fot. Carlos J. Rodríguez, 2020).



Figura 7: Vista del frente superior de la cantera Boivao, con la diorita en la parte derecha (Fot. Carlos J. Rodríguez, 2020).

MATERIAL Y MÉTODOS

El material que se presenta en este estudio fue recogido durante una campaña de campo realizada en los meses de verano de 2020. Se muestrearon bloques de descarte de rocas pegmatíticas asociadas a parches de granodiorita rosada, en las canteras de granito gris de Lage Negra y Boivao, ambas situadas en Valença (Viana do Castelo, Portugal).

Tras la limpieza de los ejemplares, éstos se sometieron a un análisis de DRX y MEB-EDS, según Brea-Fernández *et al.* (2020) y que describimos a continuación. La identificación y caracterización de los minerales se realizó mediante la difracción de Rayos-X en un difractómetro Philips equipado con unidad de control PW1710, goniómetro vertical PW1820/00 y generador FR590 Enraf Nonius. Así como, cristal monocromador de grafito PW1752/00, un detector proporcional PW1711/10 y un tubo cerámico de 2.2 kW con ánodo de cobre (λ (K α 1)=1.5406Å, (K α 2)=1.5444Å), midiendo a 40 kV y 30 mA en un portamuestras rotatorio para geometría Bragg-Brentano. El patrón de difracción de polvo de rayos X fue recogido en un intervalo angular de 2-65° de 2 θ , con tamaño de paso de 0,02° y un tiempo de medida de 1 s por paso. La base de datos empleada para la identificación de las especies minerales analizadas ha sido HighScore Plus Release: Version 3.0d'' de la casa comercial PANalytical.

La identificación de ciertos elementos se realizó con un microscopio electrónico modelo Zeiss EVO LS 15 con detector BSE (Backscattered Electron Detector), equipado con analizador EDS para análisis semicuantitativo de elementos (voltaje 20 kv, intensidad 1 nA, distancia de trabajo 8,5 mm, presión en la cámara de 10 Pa, y tiempo de adquisición 100 s).

Por otro lado, para identificar especies minerales, se determinó también la composición elemental de dichas muestras mediante micro-fluorescencia de Rayos-X. Este análisis permite identificar los elementos presentes y su proporción relativa para todos los elementos comprendidos entre sodio (Z=11) y uranio (Z=92). Los ensayos se han realizado en un espectrómetro Bruker, modelo M4 Tornado utilizando un tubo de Rayos-X con ánodo de Rh, que lleva una óptica policapilar para concentrar la radiación en un spot <20 μ m (Mo-K α).

Para el posicionamiento y enfoque de la muestra el equipo dispone de una mesa, capaz de soportar ejemplares de hasta 5 kg de peso. La selección del área de interés se realiza

mediante dos microscopios coaxiales con magnificaciones de 10X y 100X, equipados con videocámaras que permiten la captación de imágenes. Los datos para cada punto han sido adquiridos en vacío (20 mbar) para mejorar la sensibilidad a elementos ligeros, con el generador operando a 50 kV y 150 μ A, utilizando dos detectores para incrementar la intensidad de la señal recibida. El tiempo de adquisición para cada espectro fue de 30 s. Los espectros adquiridos se procesaron con el software ESPRIT M4 v. 1.5.2.65 para obtener un análisis semicuantitativo expresado como porcentaje másico de elementos mayores, indicado como óxidos, según el caso. Finalmente, los resultados fueron normalizados.

RESULTADOS

A continuación, describimos las especies minerales en orden de abundancia, correspondiente a pegmatitas con cavidades miarolíticas, centrándonos, salvo que se diga lo contrario, en la cantera Lage Negra. Destacan los silicatos, seguidos por los óxidos (cuarzo, básicamente), sulfuros, sulfatos y haluros.

Microclina K[AlSi₃O₈]

La microclina es de color rosado claro, con un predominio de un hábito prismático tal y como se observa en los huecos y fisuras de la pegmatita (Fig. 8). Los mejores ejemplares muestran tamaños generalmente inferiores a 10 mm de longitud y se presenta frecuentemente acompañada de albita y de mica moscovita.



Figura 8: Microclina prismática de 10 mm de altura, cantera Lage Negra (Fot.y Col. Carlos J. Rodríguez).



Figura 9: Microclina en forma de recubrimiento, a modo de lágrimas, cantera Lage Negra. Encuadre 27 mm (Col. y Fot. Carlos J. Rodríguez).

En determinadas zonas, y sin mostrar una pauta fija, algunos cristales de microclina presentes en huecos pueden estar recubiertos de una pequeña capa de color entre crema claro y blanquecina, que en ocasiones forma pequeñas protuberancias a modo de lágrimas (Fig. 9). Los análisis de DRX han indicado que se trata de un segundo crecimiento de microclina sobre la ya preexistente.



Figura 10: Cristales de albita de 12 mm, con macla polisintética según (010), entre cristales de cuarzo ahumados, cantera Lage Negra (Col. y Fot. Carlos J. Rodríguez).

Albita Na[AlSi₃O₈]

La albita que se observa en los huecos es de color blanco opaco y suele formar cristales más grandes que la microclina, como resultado de maclas polisintéticas de hasta 12 mm en su eje mayor (Fig. 10). Sin embargo, la mayor parte son cristales pequeños idiomorfos de hábito tabular, traslúcidos, pero sin encontrar ejemplares que formen epitaxias sobre la microclina, algo característico en la zona española (Calvo *et al.,* 2009). En ocasiones, pueden aparecer cristales pequeños de albita de un tono grisáceo suave.

Menos abundante es la formación de cristalizaciones de aspecto romboédrico (Fig. 11), pero de mayor tamaño, hasta 21 mm.



Figura 11: Cristales de albita pseudoromboédricos, de 14 mm de arista, cantera Lage Negra (Col. y Fot. Carlos J. Rodríguez).

Cuarzo SiO₂

El cuarzo presenta característicos hábitos prismáticos hexagonales, coronado por su pirámide hexagonal, de un leve tono ahumado transparente, y hasta grandes cristales (de hasta 9 cm de longitud) de un intenso color negro. Muestras completas de este mineral han sido difíciles de extraer debido a la ausencia de grandes cavidades miarolíticas, al contrario de lo que sucede en la parte gallega (Fig. 12). Los cristales completos y bien formados de hasta 18 mm de longitud, tienen lugar en los huecos de menor tamaño (Fig. 13).

Grupo Biotita K(Mg,Fe²⁺,Mn²⁺)₃[(OH/F)₂/(Al,Fe³⁺,Ti³⁺)Si₃O₁₀]

Esta mica oscura suele estar incluida en el interior de la masa de la pegmatita, en forma de placas de hasta 40 mm, pero sin mostrar ejemplares con cristalizaciones notables para coleccionismo.



Figura 12: Cuarzo ahumado de 52 mm de altura, cantera Lage Negra (Col. y Fot. Carlos J. Rodríguez).



Figura 13: Cristal ligeramente ahumado de 18 mm de altura, cantera Lage Negra (Col. y Fot. Carlos J. Rodríguez).

Clorita (Fe,Mg)₅Al₂Si₃O₁₀(OH)₈

En esta parte del plutón, al contrario de lo que ocurre en Galicia donde predomina la chamosita, la clorita se presenta ocasionalmente formando grupos o masas de cristalizaciones esferoidales de pequeño tamaño (< 0,2 mm) sobre la microclina (Fig. 14) o en combinación con moscovita.



Figura 14: Masa de diminutas cristalizaciones de clorita, cantera Lage Negra. Encuadre 40 mm (Col. y Fot. Carlos J. Rodríguez).



Figura 15: Rosetas de moscovita sobre albita, cantera Lage Negra. Encuadre 41 mm (Col. y Fot. Carlos J. Rodríguez).

Moscovita KAI₂[(OH,F)₂/AlSi₃O₁₀]

Esta mica se dispone en forma de hermosas rosetas de color amarillo o amarillo-verdoso de hasta 9 mm, constituidas por cristales tabulares hexagonales, desarrollados sobre los cristales de cuarzo y feldespato (Fig. 15). En ocasiones forma agregados aparentemente esféricos verdosos, de apenas 1 mm de diámetro, aunque observados al microscopio se evidencia que se trata de pequeñas rosetas de esta mica (Fig. 16).



Figura 16: Agregados esféricos de 1 mm de moscovita, acompañando a clorita, cantera Lage Negra (Col. y Fot. Carlos J. Rodríguez).



Figura 17 (Izquierda): Cristalización de epidota de cantera Boivao, encuadre 38 mm (Col. y Fot. Carlos J. Rodríguez).

Figura 18 (Derecha): Cristales de epidota, cantera Boivao, encuadre 21 mm (Col. y Fot. Carlos J. Rodríguez).

Epidota Ca₂(Fe³⁺,AI)AI₂[O/OH/SiO₄/Si₂O₇]

Este mineral es muy abundante en las dos canteras portuguesas y se presenta en forma de cristales prismáticos idiomorfos de hasta 2 mm de longitud, con un intenso color verde y brillo vítreo, tanto traslúcidos como transparentes (Fig. 17). Se disponen tapizando fisuras del granitoide de feldespato de mayor tamaño, sobre todo en la que presenta una textura deleznable (Fig. 18, cantera Boivao).



Figura 19: Grupo de cristales de epidota, cantera Lage Negra, encuadre 33 mm (Col. y Fot. Carlos J. Rodríguez).



Figura 20: Detalle de grupo de cristales de epidota, encuadre 12 mm (Col. y Fot. Moisés Núñez).

En la cantera Lage Negra, la epidota presenta un tono de verde claro a pastel, cristales individuales y pequeños (< 1mm), generalmente dispuestos perpendiculares al mineral sobre el que se asienta (microclina, cuarzo, albita; Fig. 19), lo que le da una apariencia de erizos. En ocasiones, estos cristales llegan a ser casi blanquecinos (Fig. 20) y sin la transparencia de los ejemplares que se recogen en Boivao.



Figura 21 (Izquierda): Calcita laminar, cantera Lage Negra; ancho de la pieza 38 mm (Col. y Fot. Carlos J. Rodríguez).

Figura 22 (Derecha): Cristales pseudocúbicos de calcita, de 9 mm de arista, cantera Lage Negra (Col. y Fot. Carlos J. Rodríguez).

Calcita Ca[CO₃]

La calcita es sin duda un mineral interesante por las formas en las que se presenta en la pegmatita rosada de Lage Negra. Se dispone rellenando lo que se suponen fueron grandes huecos (cavidades miarolíticas), en este caso como calcita laminar, llegando a espesores de hasta 19 cm (Fig. 21). En zonas de huecos pequeños, y sobre la calcita laminar o incluida en ella, aparecen cristalizaciones pseudocúbicas traslúcidas de hasta 11 mm de arista (Fig. 22), que son bastante frágiles y saltan fácilmente cuando se golpea la roca.



Figura 23: Grupos de cristales hojosos de calcita sobre cuarzo procedentes de la cantera Lage Negra; encuadre 72 mm (Col. y Fot. Carlos J. Rodríguez).



Figura 24: Calcita y axinita, cantera Lage Negra; encuadre 6 mm (Col. y Fot. Moisés Núñez).



Figura 25: Grupos de cristales tabulares hexagonales de calcita, cantera Lage Negra; ancho de la pieza 34 mm (Col. y Fot. Carlos J. Rodríguez).

En ocasiones muestran hábito hojoso (Fig. 23) formando hermosos recubrimientos sobre el cuarzo, el feldespato o acompañando a la axinita (Fig. 24). También se presenta con hábito hexagonal, bien como formas tabulares (Fig. 25) o prismáticas (Fig. 26). Algunas de estas calcitas presentan luminiscencia rosada a la luz UV de onda larga.



Figura 26: Prismas hexagonales de calcita acompañando a axinita-Fe, cantera Lage Negra; encuadre 6 mm (Col. y Fot. Moisés Núñez).

Axinita-Fe Ca₂Fe²⁺Al₂[BO₃(OH)|Si₄O₁₂]

La axinita-Fe es abundante en la pegmatita rosa de Lage Negra y forma piñas o tapices de cristales violáceos transparentes sobre moscovita, microclina y cuarzo, aunque gran parte de ellos se hallan cubiertos por calcita laminar que impide su observación. En general, forma un tapizado sobre los cristales de los minerales principales. El tamaño máximo medido en un cristal individual ha sido de 3 mm (Fig. 27) y se han obtenido grupos o piñas de hasta 18 mm de diámetro (Fig. 28).



Figura 27: Cristal violáceo idiomorfo de axinita-Fe de 3 mm, cantera Lage Negra (Col. y Fot. Moisés Núñez).



Figura 28: Piña de cristales axinita-Fe de 18 mm de largo, cantera Lage Negra (Col. y Fot. Carlos J. Rodríguez).

Hingganita-Y (Y, Yb, Ca, Dy, Ce, ...)(Fe)Be₂[SiO₄|(O,OH)]₂

Este raro mineral en el noroeste portugués, perteneciente al grupo de la Gadolinita, aparece de manera abundante en huecos de la pegmatita de Lage Negra en prismas grisáceos (a veces casi blanquecinos) típicos del sistema monoclínico, si bien, al principio se pensó que se trataba de un feldespato (Fig. 29).



Figura 29: Hingganita-Y grisácea acompañando a feldespato, cantera Lage Negra; encuadre 41 mm (Col. y Fot. Carlos J. Rodríguez).



Figura 30: Cristal de Hingganita-Y de 13 mm de altura, cantera Lage Negra (Col. y Fot. Carlos J. Rodríguez).

La longitud de los cristales que se han encontrado intactos alcanza hasta los 13 mm (Fig. 30) y en los ejemplares fracturados, con secciones de hasta 11 mm, se aprecia que se trata de un mineral metamíctico, muy alterado en ciertos casos con una capa exterior más clara. Esta descomposición podría deberse a la presencia de elementos radiactivos en el medio (U, Th). En la Fig. 31 se muestra el difractograma correspondiente a este mineral.



Figura 31: Difractograma correspondiente a una muestra de Hingganita-Y de la cantera Lage Negra.



Figura 32: Grupos de cristales de circón en feldespato (4 mm de longitud), cantera Lage Negra (Col. y Fot. Carlos J. Rodríguez).

Circón Zr[SiO₄]

El circón, de color marrón, se muestra de manera abundante en cristales individuales o formando haces de cristales cortos prismáticos (longitud 4 mm, Fig. 32), aunque aparece siempre incluido en cuarzo o feldespato, lo que dificulta su observación en huecos. Cuando se aprecia una fractura fresca de este mineral, el color es castaño y su brillo es resinoso, mate en superficie. Un análisis mediante difracción de Rayos X de un fragmento fresco de este mineral se muestra en la Fig. 33. En ocasiones, en el feldespato en el que se encuentra incluido, se reconoce una aureola de color similar a óxidos que refleja la presencia de elementos radiactivos en la composición (Fig. 34). Esto ha sido confirmado mediante análisis por microfluorescencia de Rayos-X destacando cantidades de U (0,4% en peso) y Th (0,06% en peso). Otros elementos identificados pertenecen al grupo de las tierras raras como son Y (1,2% en peso) e Yb (0,3% en peso).



Figura 33: Aureola de alteración del feldespato que bordea un cristal de circón; cantera Lage Negra; ancho de la pieza 35 mm (Col. y Fot. Carlos J. Rodríguez).



Figura 34: Difractograma correspondiente a un circón de la cantera Lage Negra.

Titanita CaTi[SiO₄|O]

Se trata de pequeñas agrupaciones de cristales que conforman un grupo de aspecto ovoide y de color gris-morado. Aparece en los huecos sobre microclina o acompañando a la moscovita (Fig. 35). El tamaño máximo de estas agrupaciones alcanza los 4 mm en su eje mayor (Fig. 36).



Figura 35: Cristal de titanita, cantera Lage Negra; encuadre 50 mm (Col. y Fot. Carlos J. Rodríguez).



Figura 36: Cristal de titanita de 4 mm, cantera Lage Negra (Col. y Fot. Carlos J. Rodríguez).

Nontronita $Na_{0,3}(Fe^{3+})_2[(Si,AI)_4O_{10}(OH)_2] \cdot nH_2O$

La nontronita se reconoce en masas de color verde amarillento a verde pistacho, entre cristales de microclina y cuarzo, sobre todo en la parte superior de la cantera Boivao (Fig. 37). Las piezas son muy frágiles, ya *per se* separadas del resto de granos minerales, lo que dificulta su recogida para ejemplares de coleccionismo.



Figura 37: Nontronita de cantera Boivao, muestra de 6 cm (Col. y Fot. Carlos J. Rodríguez).

Pirita FeS₂

Tan solo se ha identificado un cubo de pirita de apenas 1 mm, en una pequeña fisura de la pegmatita de Lage Negra, acompañada por moscovita. Su escasez y pequeño tamaño, hacen que carezca de interés para el coleccionista.

Calcopirita CuFeS₂

En la cantera Boivao, en el granito rosa deleznable presente en los bloques de monzogranito gris, es frecuente la presencia de pequeños nódulos de calcopirita de hasta 3-5 mm de diámetro (Fig. 38) bordeados por pátinas azuladas. No presenta interés para el coleccionista.



Figura 38: Calcopirita incluida en granito, cantera Boivao, encuadre 50 mm (Col. y Fot. Carlos J. Rodríguez).

Grupo Langita Cu₄(SO₄)(OH)₆.2H₂O

En la cantera Boivao se han obtenido muestras de este mineral perteneciente al grupo de sulfatos hidratados. Se encuentra acompañando a la calcopirita (Fig. 39) como producto de la alteración hidrotermal de ésta. Su identificación, como grupo, se ha determinado por su análisis elemental mediante MEB-EDS, aunque no se ha llegado a determinar la especie concreta.

Fluorita CaF₂

La fluorita es escasa en las pegmatitas del batolito de Porriño estudiadas en la vertiente portuguesa, a excepción de la ya citada cantera de Sanfins. Este mineral se presenta como pequeños núcleos sin hábitos definidos en el granitoide rosa de la cantera Boivao, alineado a favor de determinadas fallas o fisuras existentes entre el granito gris, muy alterado. Su color varía de tonos violáceos a tonos blanquecinos y puede pasar desapercibida al liberarse fácilmente de la matriz, ya por sí bastante quebradiza en muestra en mano (Fig. 40).



Figura 39: Mineral del grupo de langita en torno a calcopirita, cantera Boivao; encuadre 50 mm (Col. y Fot. Carlos J. Rodríguez).



Figura 40: Fluorita ligeramente violácea (arriba izquierda) y blanca (centro) en granito de la cantera Boivao; encuadre 56 mm (Col. y Fot. Carlos J. Rodríguez).

La fluorita está acompañada de otros minerales como abundante mica del grupo de la biotita profundamente alterada, de color pardo oscuro y brillo semimetálico, calcopirita y sulfatos del grupo de la langita.

Mineral no identificado

Se da el caso de un grupo de muestras que contienen un mineral dispuesto formando rosetas o piñas de cristales tabulares blancos e incoloros (Fig. 41), en fisuras junto a moscovita. Presenta un tamaño inferior a 1 mm lo que ha impedido su determinación mediante análisis por difracción de Rayos-X. Este mineral fue analizado por microfluorescencia de Rayos-X indicando la presencia de los siguientes elementos (indicando el valor medio en base al % de su peso atómico): O (62,7%), Si (14%), Ca (11%), Ti (6,7%), Al (2%), Nb (1,2%), Ta (0,9%) y Fe (0,9%) y otros elementos minoritarios como Ga.



Figura 41: Grupo de cristales de mineral desconocido, cantera Lage Negra; encuadre 6 mm (Col. y Fot. Moisés Núñez).

RESULTADOS

En este trabajo se describen nuevos minerales de interés científico para el batolito granítico de Porriño, descubiertos en este caso en la vertiente portuguesa. La presencia abundante de hingganita-Y en esta zona del plutón, podría justificar la existencia de minerales de Be e Y de alteración hidrotermal más avanzada encontrados en la zona española, como es el caso de la bavenita y la fenaquita para Be, y kainosita-Y y kamphaugita-Y para Y, tal y como Brea-Fernández *et al.* (2020) sugieren.

La gadolinita como mineral magmático es un mineral común en ciertos tipos de pegmatitas de elementos raros y de tierras raras, con colores oscuros. En España se ha

citado en pegmatitas de las sierras graníticas de Madrid (González del Tánago et al., 2008), sin embargo, no es un mineral destacable en la zona granítica de Galicia y norte de Portugal. Se ha mencionado su presencia como cristales de pocos milímetros en Porriño (Vázquez-González et al., 2013), aunque su identificación es complicada y no se ha encontrado en la literatura científica indicaciones o evidencias de su presencia en este batolito. La gadolinita suele presentar elementos radiactivos que destruyen su red cristalina original, siendo el Y movilizado en función de las condiciones fisicoquímicas, para formar carbonatos como la kamphaugita-Y o kainosita-Y (Tomašić et al., 2020), ambos identificados en la cantera Cillarga en Pontevedra (Brea-Fernández et al., 2020). Sin embargo, los cristales similares (por su cristalización) a gadolinita en la vertiente portuguesa, se ha confirmado mediante análisis de microfluorescencia de rayos X que se trata de hingganita-Y. En pegmatitas de Baveno y Cuasso al Monte (Italia) se cita este mineral como un recubrimiento de cristales de la gadolinita-Y original, que está alterada por su composición en elementos radiactivos, aunque parcialmente aún conserva el color oscuro en el interior del cristal (Pezzota et al., 1999). Sin embargo, la presencia de elementos de tierras raras radiactivas deteriora la estructura cristalina de la gadolinita y con el aumento de Ca en el sistema en las etapas de alteración hidrotermal, este elemento sustituye parte de las tierras raras, especialmente el Y, con la consiguiente alteración de gadolinita-Y a hingganita-Y (Tomasic et al., 2020). Por otro lado, Allaz et al. (2020) mencionan que es común que la gadolinita se halle en solución sólida con hingganita y datolita (CaBSiO₄(OH)) en la pegmatita de White Cloud (Colorado, EEUU).

La presencia de hingganita-Y sobre los componentes minerales básicos de la pegmatita, sugieren que su formación se halla por debajo de presiones de 2 kbar, como la epidota, con unas temperaturas entre 327 y 347 °C, hecho sugerido por Kozlowski y Dzierzanowski (2007).

Ante la dificultad de interpretación de los difractogramas de gadolinita e hingganita por su similitud, como suele ocurrir con otras especies minerales (p.e.: frondelita y rockbridgeita), su identificación se llevó a cabo mediante análisis por microfluorescencia de Rayos-X del interior y de las caras de los cristales fracturados de la supuesta gadolinita-Y. En la Tabla I se exponen los resultados de los elementos que forman el cristal frente a la composición teórica esperada para la gadolinita-Y e hingganita-Y (Pezzotta *et al.*, 1999; Uher *et al.*, 2009; Lyalina *et al.*, 2014).

Como reflejan estos resultados, la composición elemental, tanto del interior como exterior del supuesto cristal de gadolinita, confirma que se trata en ambos casos de hingganita-Y, que se caracteriza por su menor contenido en Fe y destacada presencia de Ca, con respecto a los porcentajes esperados para la gadolinita-Y. Por otro lado, el Ca también forma parte de la albita presente en los huecos de la pegmatita, que en algunos puntos alcanzar hasta un 2,3% en peso (media de 0,65% CaO), siendo esta una diferencia notable respecto a la albita gallega, además de contener elementos como Rb, Sr e Y en cantidades de 29,17 ppm, 29,00 ppm y 166,83 ppm, respectivamente.

Por todo ello, sería importante resaltar la importancia de revisar los ejemplares gallegos identificados como gadolinitas, debido a que, al encontrarse acompañando a otros minerales característicos de una alteración hidrotermal avanzada, posiblemente puedan tratarse de hingganitas.

Por otro lado, la presencia de epidota en pegmatitas graníticas se da preferentemente en aquellas ricas en moscovita, de elementos raros y en pegmatitas miarolíticas según Cerny y Ercit (2005). Su presencia ha sido descrita en el plutón de Porriño en la vertiente gallega, como un mineral accesorio concordante con la descripción de estos autores, acompañado por minerales como zeolitas de Ca, allanita, circón... (Calvo *et al.*, 2009; Brea-Fernández *et al.*, 2020)

		Tabla I		
Elemento	Hingganita-Y (núcleo)	Hingganita-Y (corteza)	Hingganita-Y (teórica)	Gadolinita-Y (teórica)
Y ₂ O ₃	25,12	26,38	31,5	48,27
SiO ₂	36,26	35,84	28,68	25,69
BeO	*	*	11,94	10,69
Fe ₂ O ₃	9,71	7,65	3,81	15,36
CaO	5,26	5,83	3,62	
ThO ₂	1,23	1,9		
UO ₂	0,45	0,41		
PbO	0,08	0,08		
As ₂ O ₃	0,36	0,33		
ZrO ₂	0,48	0,51		
La ₂ O ₃	0,16	0,26	0,38	
Ce ₂ O ₃	2,73	3,53	1,51	
Pr ₂ O ₃	0	0,03	0,38	
Nd ₂ O ₃	2,26	2,47	2,33	
Sm ₂ O ₃	0,67	0,5	1,21	
EuO	0,1	0,08		
Gd ₂ O ₃	0,71	0,68	2,51	
Dy ₂ O ₃	3,29	3,22	2,58	
Yb ₂ O ₃	5,31	4,67	2,27	
Al ₂ O ₃	3,6	3,54		
Er ₂ O ₃	2,21	2,09	1,76	

Tabla I

Tabla I. Composición química de hingganita-Y procedente de la cantera Lage Negra, según la zona del cristal analizado obtenido por microfluorescencia de Rayos-X y composición teórica de hingganita-Y y gadolinita-Y. Unidades en % en peso. * La técnica analítica empleada no permite cuantificar los elementos ligeros (Be, B...)

La presencia de este mineral es importante para conocer las condiciones de formación de este enclave en la cantera Lage Negra. Así, de acuerdo con Wise (2019), la epidota se forma a bajas presiones (en torno a 2 kbar) y a temperaturas entre 147 y 424 °C (Pandit *et al.*, 2014). Esto explicaría otras cristalizaciones de minerales desarrolladas en los huecos de la pegmatita y de las cavidades miarolíticas, caso de la albita o la axinita (Zagorsky *et al.*, 2016). La ferroaxinita generada está asociada a medios ricos en Ca y B y pobres en Al (Grew, 1996). Es sin duda, uno de los minerales más interesantes, sobre todo en relación al batolito de Porriño, por lo que cabe la posibilidad de ser encontrado en tierras gallegas. Por otro lado, no se han identificado otros silicatos de B como turmalina (presente en la vertiente gallega) o dumorterita. En el caso de las recristalizaciones de microclina a modo de lágrima sobre microclina preexistente en cavidades miarolíticas, es plausible en torno a presiones de 2 kbar y 370 °C (London *et al.*, 2012).

En resumen, la pegmatita a estudio de Lage Negra ha sufrido una alteración hidrotermal débil, como las observadas en pegmatitas y cavidades miarolíticas de La Cabrera (Madrid) para las que González *et al.* (2000) han indicado una alteración Tipo I con una precipitación y cristalización de silicatos con Ca a media temperatura (350-420 °C) y baja presión (<2 kbar). Similares condiciones han sido también señaladas por otros autores (Pezzotta *et al.*, 1999). Este proceso se caracteriza al mismo tiempo por una transformación de biotita en clorita en los huecos, en un proceso íntimamente correlativo a procesos de epidotización (García *et al.*, 1982), así como la presencia de halos de alteración en torno al circón incluido en feldespato. Sin embargo, estas condiciones físicas podrían haber favorecido la cristalización de zeolitas como en la vertiente gallega (Brea-Fernández *et al.*, 2020), pero no han sido encontradas hasta el momento, lo que sugiere la ausencia de algún otro factor, posiblemente a nivel químico, que ha impedido este desarrollo. Esta alteración hidrotermal es de carácter regional y muy intensa en las zonas de afección.

Desde estas condiciones físico-químicas, la ausencia de otras especies minerales puede deberse a un descenso brusco de la temperatura que impidió su formación (Van Lichtervelde et al., 2007), especialmente de tierras raras. Por último, en una fase tardía, la inclusión en el sistema de fluidos ricos en carbonatos favorecería la precipitación de calcita, o como sugieren algunos autores, este Ca sería aportado "internamente" por la propia pegmatita, a partir de plagioclasa primaria rica en Ca, tal y como ocurre en la pegmatita Julianna situada en Polonia (Pieczka et al., 2019), hecho resaltado iguamente por Martin y De Vito (2014). González del Tánago et al. (1986) también han sugerido este hecho en la formación de minerales como titanita o epidota en pegmatitas de La Cabrera, gracias a la presión baja de fluidos pobres en CO2. En este caso el Fe y Ti necesario para su formación sería aportado por la biotita, pues se ha observado una notable ausencia de sulfuros u óxidos de Fe (a excepción del granito de Boivao), y obviamente, en conjunción con la recristalización de una albita pobre en Ca. Este autor propone que en estas condiciones de baja presión y en torno a 400 °C, la axinita provendría de la descomposición de turmalina, epidota y/o actinolita, liberando el B necesario para su formación y generando, además, clorita-moscovita. No hemos encontrado restos de turmalina en Lage Negra ni en Boivao, caso contrario de la vertiente gallega en este tipo de pegmatitas, lo que apoyaría la hipótesis de González del Tánago et al. (1986), pues en este caso la axinita-Fe es de pequeñas dimensiones, pero muy abundante.

CONCLUSIONES

El batolito de Porriño en la zona portuguesa, conocido como plutón de Monçao, ha aportado una especie nueva dentro de la Península Ibérica, hingganita-Y, así como una nueva localización para ejemplares de axinita-Fe en el noroeste peninsular. La paragénesis mostrada por la pegmatita de Lage Negra, acorde al granito conocido como Rosa Porriño, indica que ésta ha sufrido unas condiciones de alteración hidrotermal con presiones inferiores a 2 kbar, y unas temperaturas entre 350 y 420 °C.

AGRADECIMIENTOS

El estudio se ha realizado gracias a las infraestructuras de la RIAIDT de la Universidad de Santiago de Compostela (Unidad de Rayos X y Microscopía electrónica) y del Servicio de Difracción de Rayos X de NUCLEUS, Servicios Centrales de Apoyo a la Investigación de la Universidad de Salamanca. Así mismo, agradecemos a los

responsables de la gestión de las canteras portuguesas, por facilitarnos el acceso a las mismas.

Queremos agradecer a los revisores anónimos sus correcciones y comentarios que han servido para mejorar este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLAZ, J.M.; SMYTH, J.R.; HENRY, R.E.; STERN, C.R.; PERSSON, P.; MA, J.J. & RASCHKE, M.B. (2020). Beryllum-silicon disorder and rare earth crystal chemistry in gadolinite from the White Cloud pegmatite, Colorado, USA. *The Canadian Mineralogist*, **58**:829-845.

BREA-FERNÁNDEZ, M.D.; VÁZQUEZ-GONZÁLEZ, A.; NUÑEZ-GARCÍA, M.; DE LAUREANO-RÍOS, J. y RODRÍGUEZ-VÁZQUEZ, C.J. (2020). Actualización mineralógica de la cantera "Cillarga 2668" (Ponteareas, Pontevedra). Minerales hidrotermales de baja temperatura. *Acopios*, **11**:1-36.

CALVO, M.; VIÑALS, J. y VILA, F. (2009). Mineralogía de las pegmatitas y cavidades miarolíticas del batolito granítico de Porriño (Pontevedra). *Revista de Minerales*, **3**:57-59.

CERNY, P. & ERCIT, T.S. (2005). The classification of granitic pegmatites revised. *The Canadian Mineralogist*, **43**:2005-2026.

FILIP, J.; KOLITSCH, U.; NOVAK, M. & SCHNEEWEISS, O. (2006). The crystal structure of near-end-member ferroaxinite from an iron-contaminated pegmatite at malesov, Czech Republic. *The Candian Mineralogist*, **44**:1159-1170.

GARCÍA, J.; BELLIDO, F. y GALÁN, E. (1982). La prehnita de La Cabrera (Madrid). Características, génesis e interés gemológico. *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, **5**:29-41.

GONZÁLEZ DEL TÁNAGO, J.; BELLIDO, F. y GARCÍA, L. (1986). Mineralogía y evolución de las pegmatitas graníticas de La Cabrera (Sistema Central Español). *Boletín Geológico y minero*, **97**:103-121.

GONZÁLEZ DEL TÁNAGO, J.; LOZANO, R.P. y GONZALEZ DEL TÁNAGO, J. (2008). Plutón de La Cabrera. Pegmatitas graníticas y alteraciones hidrotermales. *Bocamina*, **21**:12-99.

GONZÁLEZ, R.; LOZANO, R.P. y CASQUET, C. (2000). Efectos de la alteración hidrotermal en los minerales accesorios del granito de La Cabrera (Sistema Central Español). Estudio al microscopio electrónico de barrido (SEM+EDS). *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, **23**:135-151.

GREW, E.S. (1996). Metamorphic borosilicates and boron in metamorphic minerals. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, **33**:387-502.

KOZLOWSKI, A. & DZIERZANOWSKI, P. (2007). Gadolinite from the Michalowice quarry, Karkonosze massif, SW Poland. *Mineralogia Polonica*, **31**:185-188.

LONDON, D.; MORGAN, G.B.; PAUL, K.A. & GUTTERY, B.M. (2012). Internal evolution of miarolitic granitic pegmatites at the Little Three mine, Ramona, California, USA. *The Canadian Mineralogist*, **50**:1025-1054.

MARTIN, R.F. & DE VITO, C. (2014). The late-stage miniflood of Ca in granitic pegmatites: an open-system acid-reflux model involving plagioclase in the exocontact. *The Canadian Mineralogist*, **52**:165-181.

LYALINA, L. M.; SELIVANOVA, E. A.; SAVCHENKO, Y. E.; ZOZULYA, D. R. & KADYROVA, G. I. (2014). Minerals of the gadolinite-(Y)-hingganite-(Y) series in the alkali granite pegmatites of the Kola Peninsula. *Geology of Ore Deposits*, **56(8)**: 675-684.

PANDIT, D.; PANIGRAHI, M.K. & MORIYAMA, T. (2014). Constraints from magmatic and hydrothermal epidotes on crystallization of granitic magma and sulfide mineralization in paleoproterozoic Malanjkhand granitoid, Central India. *Chemie der Erde*, **74**:715-733.

PEZZOTTA, F.; DIELLA, V. & GUASTONI, A. (1999). Chemical and paragenetic data on gadolinite-group minerals from Baveno and Cuasso al Monte, southern Alps, Italy. *American Mineralogist*, **84**(**5-6**): 782-789.

PIECZKA, A.; SZUSZKIEWICS, A.; SZELEG, E. & NEJBERT, K. (2019). Calcium minerals and late-stage Ca-metasomatism in the Julianna pegmatitic system, the Góry Sowie Block, SW Poland. 9th International Symposium on Granitic Pegmatites, Pala, California, USA. Pag 56-58.

TOMASIC, N.; SKODA, R.; BERMANEC, V. & SOUFEK, M. (2020). Crystal chemistry and microfeatures of gadolinite imprinted by pegmatite formation and alteration evolution. *American Mineralogist: Journal of Earth and Planetary Materials*, **105**:1647-1655.

UHER, P.; ONDREJKA, M. & KONEČNÝ, P. (2009). Magmatic and post-magmatic Y-REE-Th phosphate, silicate and Nb-Ta-Y-REE oxide minerals in A-type metagranite: an example from the Turčok massif, the Western Carpathians, Slovakia. *Mineralogical Magazine*, **73**(6): 1009-1025.

VAN LICHTERVELDE, M.; SALVI, S.; BEZIAT, D. & LINNEN, R. L. (2007). Textural features and chemical evolution in tantalum oxides: magmatic versus hydrothermal origins for Ta mineralization in the Tanco Lower Pegmatite, Manitoba, Canada. *Economic Geology*, **102(2)**: 257-276.

VÁZQUEZ-GONZÁLEZ, A.; BREA-FERNÁNDEZ, M.D. y RODRÍGUEZ-VÁZQUEZ, C.J. (2013). La kamphaugita-(Y) de Ponteareas (Pontevedra). Nueva localidad en España. *Acopios*, **4**:85-92.

WISE, M.A. (2019). The petrologic significance of epidote in granitic pegmatites, *The Canadian Mineralogist*, **57**:817-819.

Manuscrito original recibido el 27 de noviembre de 2021. Publicado: 6 de diciembre de 2021.

,

ACOPIOS

Revista Ibérica de Mineralogía





V122021 MTIEDIT Foto Portada / Foto da Capa:

Piromorfita. Encuadre 5,1 mm Mina Florisa, Casas de Monleón, Endrinal, Salamanca Col. Museo de Ciencias Naturales de Álava MCNA 09287 Fot. Enrique Ortiz de Zárate



Revista Ibérica de Mineralogía

ISSN 2171-7788



https://mti-acopios.blogspot.com https://issuu.com/malacate/docs/acopios_V12

V122021