

ALBUÑUELAS

WULFENITAS EN LOS CRIADEROS DE PLOMO-MOLIBDENO

■ En este trabajo se realiza un estudio mineralógico de las minas de Albuñuelas (Granada). Estas minas, ya abandonadas, se encuentran sobre los criaderos de plomo y molibdeno de los carbonatos triásicos del denominado Complejo Tectónico Alpujárride. Desde el punto de vista científico y coleccionístico, las mineralizaciones que se describen son de un alto interés, siendo la wulfenita el mineral más destacado por la perfección de sus cristales y la variedad de hábitos que presenta, y todo ello en un área geográficamente reducida, como es Albuñuelas.

Autores:

FERNANDO GÓMEZ DÍAZ

Geólogo. Universidad Complutense de Madrid.

JOSÉ M. SOLA FERNÁNDEZ

Grupo Mineralogista de Granada

La zona objeto del presente estudio se encuentra enclavada dentro del término municipal de Albuñuelas, en la provincia de Granada, correspondiente a la Hoja nº 1.041 del Mapa Geológico de España (E. 1:50.000), denominada Dúrcal. Este sector constituye un retazo de la Zona Bética, correspondiente a la Cordillera del mismo nombre, y que se caracteriza por una geología tectónicamente compleja constituida por una serie de unidades o mantos de corrimiento claramente definidos, entre los que destacan los del llamado Complejo Alpujárride, caracterizado éste por un zócalo prealpino de edad paleozoica y una cobertera fundamentalmente mesozoica, constituida a su vez por dos conjuntos litológicos: uno inferior detrítico, de carácter metapelítico (Permo-Trías Inferior), y otro superior, formado mayoritariamente por materiales carbonatados de edad Trías Medio y Superior, que define la llamada Forma-



En los últimos años, Albuñuelas se ha convertido en una de las localidades más conocidas entre los aficionados a la mineralogía, gracias a las llamativas cristalizaciones de wulfenita que aparecen en sus minas. En la imagen se observa un cristal de 4 mm de wulfenita procedente de las minas de Los Lastonares, combinando seis formas tetragonales (2 prismas + 3 bipirámides + pinacoide). Colección: José M. Sola. Foto: F. Piña.



Panorámica de la localidad granadina de Albuñuelas, con el Pico del Caballo al fondo, tomada desde el Cerro de la Cruz. Enero de 1998. Foto: José M. Sola.

ción Carbonatada Alpujárride. Es en esta formación, donde encajan los criaderos de plomo y molibdeno que fueron objeto de explotación a principios de siglo.

En sus comienzos, los trabajos se realizaron de forma intensa pero anárquica y sin demasiados éxitos económicos, primero para la extracción de galena y, en segundo lugar, para la extracción de molibdeno en forma de wulfenita. Este mineral fue ignorado en un principio como mena de plomo, pero fruto de los avances técnicos y de la necesidad de materias primas para la elaboración de aceros especiales experimentó una revalorización que permitió la explotación de las escombreras de esta zona.

Hoy en día, abandonadas ya las labores, nos ha quedado un valioso legado mineralógico desde el punto de vista científico y coleccionístico, concretado en espléndidos cristales de wulfenita, tanto por su riqueza cristalográfica como por el brillo y color que presentan.

Asociada a las wulfenitas destaca la presencia de otras mineralizaciones que, en el caso de la vanadinita y la descloizita, ni siquiera estaban citadas en la localidad. No obstante, por lo inaccesible de algunos de los yacimientos y la cantidad de pequeños trabajos, no podemos delimitar el potencial real que desde el punto de vista mineralógico nos ofrecen los bellos parajes del término municipal de Albuñuelas.

GEOLOGÍA REGIONAL

En términos regionales, nos situamos en la zona más interna de las tres grandes unidades en que se divide la Cordillera Bética. Se trata de la denominada Zona Bética, caracterizada por un metamorfismo regional ligado al ciclo alpino que se desarrolla sobre terrenos paleozoicos y post-paleozoicos que, en líneas generales, constituyen una estructura muy compleja en forma de mantos de corrimiento, fruto de una tectónica alpídica muy intensa que controla la existencia de numerosos yacimientos y que presenta una ausencia casi general de sedimentos post-triásicos.

Podemos dividir estos materiales en tres grandes unidades o complejos tectónicos: Complejo Nevado-Filábride, Complejo Maláguide y Complejo Alpujárride, localizándose en este último todos los yacimientos minerales del área de Albuñuelas. Los tres complejos se caracterizan por una estructura de mantos de corrimiento de gran envergadura, originados por fenómenos de compresión, aunque más tarde, fenómenos de desplome y deslizamientos por gravedad hayan podido modificar en parte las relaciones geométricas iniciales de los mantos de corrimiento. De los tres complejos, el Nevado-Filábride es el de posición estructuralmente más baja, si-

ABSTRACT

This work supposes a mineralogical study about the Albuñuelas (Granada) mines. These mines, nowadays left up, are situated over the plumb and molybdenum deposits of the triassic carbonates belonging to the named Alpujárride Tectonical Complex. From the scientific and collecting point of view, those here described mineralizations present a high interest and value, being wulfenite the most important and relevant mineral, due to its perfect crystals and its wide variety of habits, and even in such an actually geographically reduced area as it is Albuñuelas.

tuándose por encima de éste el Complejo Alpujárride, sobre el que descansa a su vez el Complejo Maláguide. Este último, está caracterizado por materiales poco o nada afectados por los procesos de metamorfismo regional ligados al ciclo alpídico. Hoy en día, todavía no se sabe con seguridad si su estructura interna está formada por una o varias unidades.

Los Complejos Nevado-Filábride y Alpujárride, con características estructurales y litológicas semejantes, son los más inferio-



Cristales de wulfenita de 4 mm con marcado zonado en "sandwich". Minas del Barranco del Humo. Colección: Fernando Gómez. Foto: F. Piña.

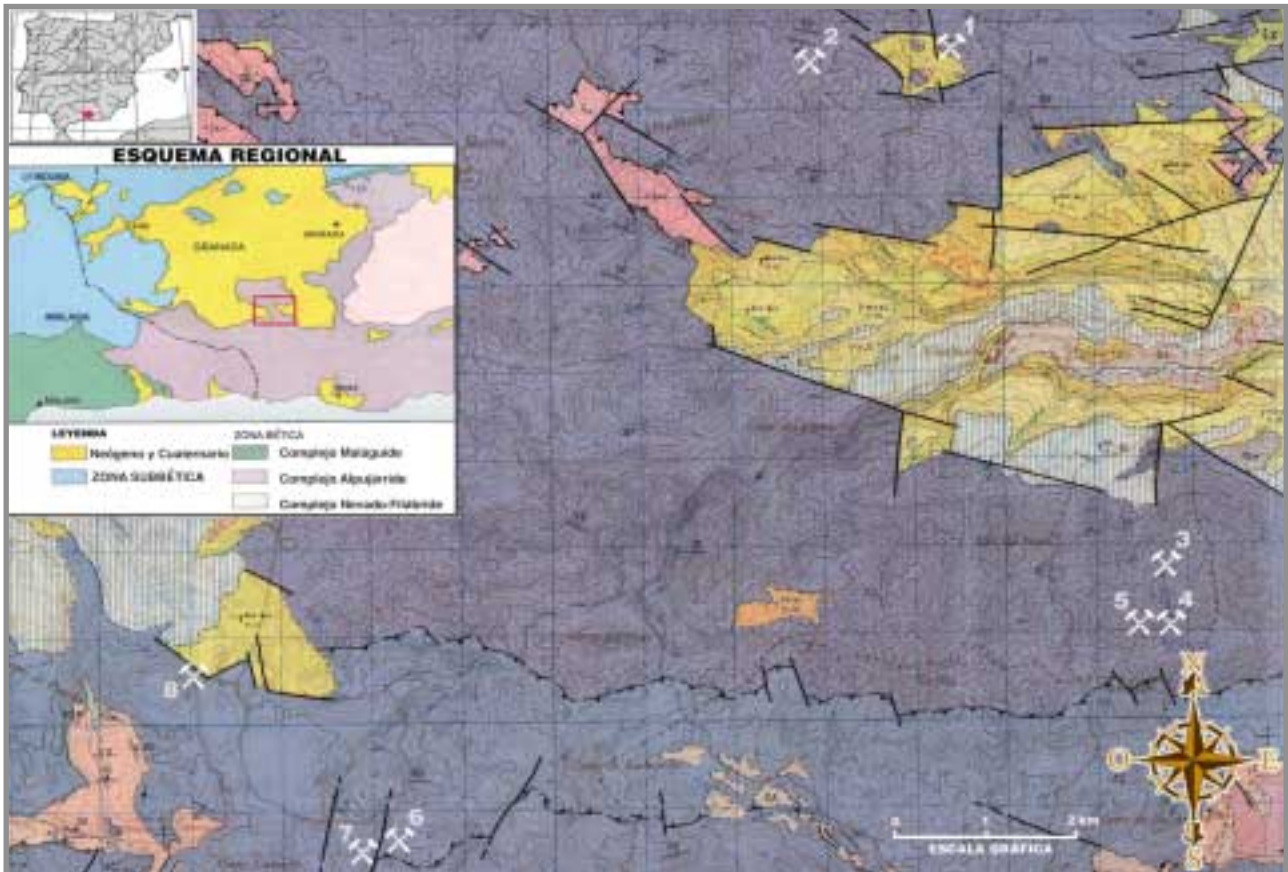


Figura 1. Esquema geológico y regional de la zona de Albuñuelas. 1: Mina del Cortijo del Cura. 2: Minas del Cerro del Capón. 3: Minas de La Cunilla. 4: Mina del Cerro de la Jara. 5: Mina del Cerro de la Cruz. 6: Minas del Barranco del Humo. 7: Mina El Centenillo. 8: Mina San Antonio de Padua. Modificado de la Hoja del MAGNA N°: 1.041.

res de la Zona Bética. Ambos se han visto envueltos durante la orogenia Alpina en una complicada evolución tectónica y metamórfica, ésta última producida por la subducción de la placa litosférica europea bajo la placa africana (Puga y Díaz, 1976). La sucesión estratigráfica de los dos complejos

comprende un zócalo prealpino, de edad paleozoica, y una cobertera mesozoica, dentro de la cual se distinguen a su vez dos formaciones, una inferior metapelítica, de carácter continental y edad Permo-Trías Inferior, y otra superior carbonatada, esencialmente marina, del Trías Medio-Superior.

Dentro del Complejo Nevado-Filábride se pueden diferenciar a su vez tres unidades: Unidad de Sierra Nevada, Unidad de las Sabinas y Unidad de la Caldera.

El Complejo Alpujarride está ampliamente representado en la Zona Bética, con una potencia muy variable de unos sectores a otros. A grandes rasgos, podemos distinguir en su litología: micaesquistos, cuarcitas, filitas y calizas o dolomías marmóreas, que se diferencian en formaciones que, a su vez, se agrupan en diversos mantos de corrimiento.

GEOLOGÍA LOCAL

Los criaderos de Pb-Mo de Albuñuelas se enmarcan dentro de los terrenos béticos que se extienden desde los límites occidentales de Sierra Nevada hasta la Sierra de Almijara, así como por la parte meridional de la Depresión de Granada, y más concretamente en los terrenos alpujarrides que engloban la citada localidad.

El Complejo Alpujarride está compuesto por un conjunto de mantos de corrimiento, de número variable, según la transversal que se considere.



Las trabajos mineros realizados en la mina El Centenillo ponen de manifiesto el plegamiento, originado durante el ciclo alpino, de los carbonatos triásicos del Manto de Los Guájaras. Foto: G. García.

La posición tectónica de los mantos alpujárrides es constante entre Maláguide y Nevado-Filábride, salvo en sectores próximos al límite septentrional de la Zona Bética. Cada manto está compuesto por una serie de términos que se englobarían en una "*secuencia alpujárride tipo*" (Aldaya et al., 1979). Consta, por lo general, de una potente serie metapelítica de origen continental, que comprende tres formaciones que pueden superar el kilómetro de espesor cada una. La basal está formada por la alternancia de esquistos, micaesquistos (a menudo grafitosos) y cuarzomicaesquistos, con intercalaciones carbonatadas. Le sigue otra formación más cuarcítica, al igual que la anterior de edad paleozoica, que culmina con una formación de filitas y cuarcitas, que en ciertos mantos son micaesquistos, lentejones de rocas carbonatadas y localmente evaporitas, con edades mayoritariamente aceptadas, que se atribuyen al Permo-Trías. De forma gradual se pasa a una potente formación carbonatada, que excepcionalmente puede alcanzar los 2 km de potencia y que corona la sucesión alpujárride, con una edad Trías Medio-Superior, la cual, por las facies sedimentarias asociadas, indica condiciones de sedimentación marinas someras.

Se detectan diferencias estratigráficas de unos mantos a otros dentro del Complejo Alpujárride, sobre todo en niveles permo-triásicos. Sólo en uno de ellos se presenta la serie completa (Aldaya, 1969b, 1969c).



Estado actual de los accesos a las labores subterráneas de la mina El Centenillo. La mineralización arma en las calizas mármóreas triásicas del Manto de Los Guájares. Foto: Gonzalo García.

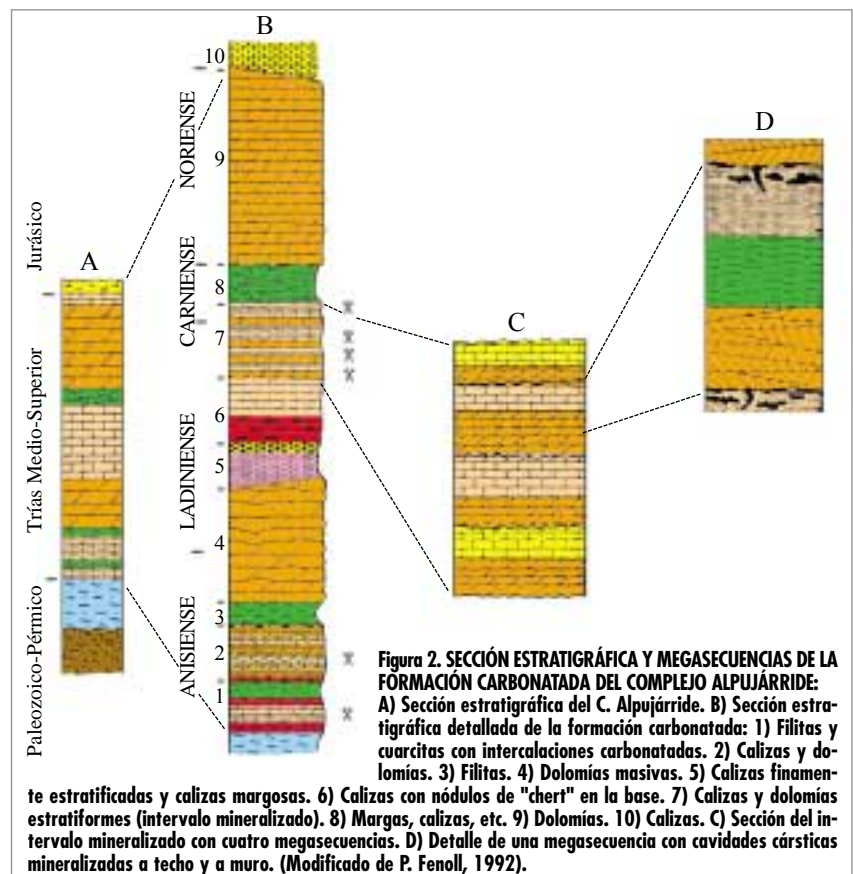


Conjunto de 7 mm de cristales pseudocúbicos de wulfenita, procedente de las minas del Barranco del Humo. Colección: José M. Sola. Foto: F. Piña.

Las superficies de corrimiento han cizallado la sucesión alpujárride, situándose en niveles diferentes según los mantos. Tanto el metamorfismo como las diversas

fases de plegamiento son anteriores a la tectónica de corrimiento.

El Trías carbonatado se caracteriza por la ausencia casi total de fósiles en





Grupo de cristales de wulfenita recogidos en abril de 1998 en la mina del Cortijo del Humo. Encuadre de 6 mm. Colección: Fernando Gómez. Foto: F. Piña.

las calizas y dolomías, y por una intensa recristalización alpina. En muchos de los puntos se puede apreciar cómo estas calizas y dolomías han dejado de ser sedimentarias para convertirse en auténti-

cos mármoles. Esta recristalización afecta en términos generales mucho más a las calizas que a las dolomías.

La formación calizo-dolomítica está constituida fundamentalmente por calizas

con una potencia actual muy variable, que en Albuñuelas alcanzan valores máximos de 500 metros. Estos carbonatos marmóreos aparecen masivos, o bien con excelente estratificación en bancos gruesos, aunque a veces aparecen bancos finos con estratificación muy neta.

Dentro de los diferentes mantos alpujárrides, el Manto de Los Guájares es, quizá en toda la transversal de Granada, el más alto de todos ellos, apareciendo constituido por un conjunto de unidades de extensión variable. Especial interés tienen para este trabajo, por estar relacionados con las minas descritas, los niveles calcáreos alpujárrides pertenecientes a las formaciones: Manto de Los Guájares y Manto de La Herradura, denominándose respectivamente estos niveles "Mármoles de la Sierra de Las Guájaras" (minas 6, 7 y 8 de la figura 1) y "Mármoles del Crucero de Pinos" (minas 1, 2, 3, 4 y 5).

En el conjunto del dominio Alpujárride hay que señalar la existencia de manifestaciones volcánicas básicas, poco desarrolladas, que se sitúan en el techo del Trías Medio, y manifestaciones de carácter ácido, de escasa importancia, que aparecen en la base asociadas a las filitas, en general en forma de diques.

Todos los mantos alpujárrides son fosilizados por materiales neógenos y cuaternarios, muy bien representados y en afloramientos de notable extensión, si bien estos mantos quedan hacia el Oeste por debajo de los Maláguides.



El Trías carbonatado de Albuñuelas se presenta en niveles masivos, o bien en bancos delgados con estratificación muy neta, como puede observarse en esta llave de sostenimiento (a la izquierda de la imagen), perteneciente a las labores subterráneas de la mina El Centenillo. Los niveles calcáreos donde se encuentra enclavada esta mina se denominan "Mármoles de la Sierra de Las Guájaras". Foto: Gonzalo García.



Barranco del Humo. Entrada a una de las minas y su escombrera. Foto: José M. Sola.



Vistoso grupo de cristales multifacetados de wulfenita, procedentes de las minas de Los Lastonares. Estas minas son las que han producido los cristales de mayor calidad, tanto por la transparencia y brillo, como por la complejidad de sus hábitos cristalinos. Conjunto de 8 mm. Colección: José M. Sola. Foto: F. Piña.

CARACTERÍSTICAS DE LOS DEPÓSITOS

Las mineralizaciones del término de Albuñuelas encajan exclusivamente en el Complejo Alpujárride, en las secuencias de cobertera, donde abundan mineralizaciones de hierro y de plomo-cinc-flúor, de origen sedimentario y/o diagénético temprano, que desde épocas pasadas han constituido, junto con el cobre, la minería básica del SE de España. Las mineralizaciones de Fe se sitúan fundamentalmente en la parte basal de la formación superior, mientras que las de Pb-Zn-F se ubican dentro de ella.

En el caso de las minas objeto de este estudio, se trata de depósitos de Pb-Zn enclavados al techo del Trías Medio y en la base del Trías Superior, dentro de las calizas y dolomías marmóreas formadas bajo ambientes marinos someros muy restringidos ("lagoons"), que constituyen la llamada Formación Carbonatada Alpujárride.

Los yacimientos más importantes se localizan en el tránsito Ladiniense-Carniense (Figura 2). Las mineralizaciones primarias de plomo y cinc, en forma de galena mayoritaria y cinc accesorio, se localizan fundamentalmente en el borde de los cuerpos dolomíticos. La estrecha relación de estos depósitos con los carbonatos estratiformes, formados por mecanismos de refluo en la diagénesis temprana, pueden suponer que la dolomitización y mineralización fueron sincrónicas, con condiciones físico-químicas similares.

Las mineralizaciones tienen un contenido medio de Pb (galena) del 2 % - 3 %, y de Zn, en forma de esferita, y/o calamina si la primera está alterada, con valores que pueden llegar al 5 %. Además de

las mineralizaciones localizadas en los bordes de los cuerpos dolomíticos, podemos encontrar depósitos casi exclusivamente de plomo, enclavados en las formaciones carbonatadas de los mantos de posición tectónica baja,

con un origen similar a los anteriores, emplazados también en calizas y dolomías marinas, que aparecen a techo de las calizas ladinenses, donde se localizan pequeñas minas de plomo que, en general, en toda la zona estudiada tendrán una

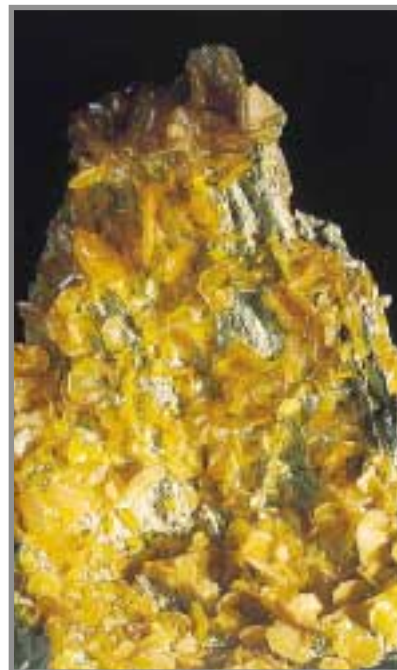
escasa importancia económica en comparación con otras mineralizaciones del tipo Pb- Zn-F, como las situadas en la vecina Sierra de Lújar.

Uno de los puntos de discusión sobre los depósitos de Pb-Zn, reside en el origen de los metales antes de ser introducidos en la cuenca.

“Las mineralizaciones de Pb-Mo de Albuñuelas se encuentran enclavadas en las secuencias de cobertera de los terrenos Alpujárrides, dentro de los carbonatos de edad Trías Medio y Superior”



Detalle de un cristal de 6 mm de wulfenita semitransparente, extraído en 1998 de las minas de Los Lastonares. Este tipo de cristales son extremadamente raros, siendo lo más frecuente encontrar formas tabulares simples. Colección: Fernando Gómez. Foto: F. Piña.



Agregado de cristales tabulares de wulfenita. Ejemplar de 40 mm recogido en Los Lastonares. Colección: Fernando Gómez. Foto: F. Piña.

Sobre este tema se mantienen dos hipótesis (Alabert, 1973 ; Tona, 1973): por un lado, la que sostiene que dichos elementos tienen un origen continental y por otro lado, y la más aceptada, la que afirma que fueron introducidos en la cuenca por emanaciones volcánicas submarinas, o por emisiones fumarólicas o hidrotermales relacionadas con dicha actividad magmática, para posteriormente ser concentrados y depositados en aquellas aguas restringidas, tipo lagoon.



Sistema de fracturas con relleno silíceo, en los niveles carbonatados alpujárrides, fruto de la intensa actividad de la tectónica alpina. Foto: Gonzalo García.

Los yacimientos o indicios minerales del Complejo Alpujárride de Albuñuelas, son diversos, presentando características dispares entre ellos. Sin embargo, la paragénesis es sencilla, formada mayoritariamente por minerales primarios en forma de sulfuros de plomo y en ocasiones de cinc, o bien más complejas en forma de sulfosales o sulfuros de cobre, hierro, etc, apareciendo minerales de origen secundario en abundancia, tales como molibdatos y vanadatos de plomo y cinc, además de óxidos de hierro.

Existe un predominio del plomo sobre el cinc, encontrándose, en ocasiones, la esfale-



La fragilidad y escasez de los ejemplares de estas minas supone que la recuperación de éstos sea una labor delicada y no exenta de fortuna. Foto: G. García

rita alterada en forma de carbonatos y silicatos, tales como smithsonita y hemimorfita, si bien, el cinc es inexistente, o minoritario, en muchas de las minas de Albuñuelas, como es el caso de las minas del Cerro de la Cruz.

La galena aparecía originalmente en depósitos diseminados en los carbonatos triásicos: bien como lechos de galena interestratificados en forma de bolsadas o lentejones de muy pequeño espesor, en los bancos de calizas y dolomías que han sufrido una fuerte tectonización, o bien como relleno de superficies y grietas intrasedimentarias de tamaño centimétrico. Para los interestratificados se suponen temperaturas de formación entre los 120 °C y 135 °C. En las minas del Cerro de la Cruz, Arana (1973) propone valores de 130 °C a 135 °C. En el caso de las fracturas y fisuras, se supone que los elementos metálicos fueron originados a temperaturas entre 220 °C y 240°C, con un origen hidrotermal, más que por remoción del plomo sedimentario, que es un metal con poca movilidad en comparación con el cinc.

Aunque no se tiene certeza, el molibdeno parece tener el mismo origen que el plomo, apareciendo en cantidades variables dentro de la galena, según análisis químicos realizados por diversos autores en muestras procedentes de localidades próximas.

El molibdeno aparece en las minas de Albuñuelas en mineralizaciones superficiales e irregulares, en forma de molibdato de plomo o wulfenita (MoO_4Pb), siendo originada por meteorización de minerales de plomo (galena) en presencia de soluciones de molibdeno, en las zonas de oxidación de los depósitos plumbíferos. El molibdeno pudo venir arrastrado por aguas mineralizantes sincrónicas o no a las que originaron los criaderos de plomo, cuya oxigenación hizo posible el ataque de la galena, fijando el molibdeno en forma de wulfenita.

La wulfenita de Albuñuelas yace de formas muy diversas, constituyendo en ocasiones filones o capas de mineral tipo manto, de tamaños decimétricos que no superan el metro de espesor, y que están formados por una arena calcárea de color amarillento sobre la que se encuentran adheridos los cristales de wulfenita, e interestratificados en las capas calizo-dolomíticas.

Según Rubio y Gavala (1918), el origen de estas arenas puede ser sincrónico con las calizas, basándose en la regularidad de las capas metalizadas y en la presencia de niveles de areniscas micáceas que se intercalan entre las capas calcáreas y que pudieron ser atacadas por las aguas circulantes para dar las arenas incoherentes que forman el relleno de estas capas mineralizadas tipo manto.

En otras ocasiones, la wulfenita constituye bolsadas más o menos próximas dentro de los materiales carbonatados triásicos.

El vanadio que aparece en estos criaderos tiene supuestamente un origen similar al molibdeno, suponiéndose sincrónico a la sedimentación. Los minerales de vanadio, en forma de vanadinita y descloizita, se han concentrado probablemente por la acción de las disoluciones de meteorización, siendo la galena y la esfalerita los primitivos portadores del elemento. Estos minerales aparecen frecuentemente asociados a la wulfenita en forma de bolsadas o tapices sobre una matriz calcoarenosa.

HISTORIA

Son muy pocas las reseñas históricas que aparecen relacionadas con las minas de Albuñuelas, pero consta que la explotación del plomo en esta localidad tuvo su mayor desarrollo a mediados del siglo pasado.

Fue gracias al auge en la producción de aceros especiales, destinados a la fa-



Drusa de cristales prismáticos de vanadinita, en forma de agujas, en su variedad arsenical denominada "endlichita". Conjunto de 8 mm recogido en 1998 en la mina El Centenillo. Colección: Fernando Gómez. Foto: F. Piña.

bricación de armamento y a las diversas ramas de la industria y de la construcción lo que motivó, a principios de este siglo, la búsqueda y descubrimiento de minerales nuevos, que en algunos casos ya existían en nuestras explotaciones, pero que habían pasado hasta entonces inadvertidos para los mineros, cambiando radicalmente el carácter de muchos de los yacimientos metalíferos desde el punto de vista industrial, aprovechándose entonces de forma más rigurosa y metódica.

Uno de estos casos fue el de la wulfenita. El inicio de la explotación de este mi-

neral como mena de molibdeno data en Granada del año 1908, fecha en la cual los propietarios de las minas de Quéntar iniciaban las labores en esta provincia. En un principio, en las minas de Albuñuelas se explotaba el plomo como galena, pues aunque ya se había detectado la presencia de la wulfenita, este mineral era peor mena de plomo por el menor porcentaje contenido, y bajaba considerablemente el precio del mineral.

La wulfenita era por tanto desechada en un principio como mineral de plomo. Los productos procedentes de las minas que contenían wulfenita en canti-



Cristales milimétricos de wulfenita procedentes de la mina del Cortijo del Humo. Esta mina ha destacado por la abundancia y variedad de formas cristalográficas de la wulfenita. Colección: Fernando Gómez. Foto: F. Piña.



Espléndidos cristales lanceolados de wulfenita, sobre calcita. Cristal mayor 5 mm. Minas del Barranco del Humo. Colección: José M. Sola. Foto: F. Piña.

dad excesiva (llamados en la época "gandingas rubias") eran rechazados por los compradores.

Los primeros trabajos de explotación del

plomo eran llevados con gran desorden y poco gasto. La entibación, en algunos casos necesaria, era escasa y deficiente, lo que ha provocado que muchas de las galerías estén

hundidas y numerosas bocas atoradas. La irregularidad de los criaderos, unido a su pobreza en plomo, explica en cierto modo lo desordenado y anárquico del laboreo, con numerosas concesiones mineras registradas en las que se despreció todo aquel mineral que no fuera galena. Fue a partir de 1908 cuando se descubrió en España la importancia real de la wulfenita, pero no como mena de plomo, sino de molibdeno. A partir de entonces, se iniciaron labores de rebusca y aprovechamiento del molibdeno en los yacimientos existentes, incluyendo en muchos casos el lavado de las escombreras, y suspendiéndose el envío de wulfenita a las fundiciones de plomo.

De 1908 a 1912 se rebuscaron las "gandingas rubias", extrayendo por métodos químicos el ácido molíbdico. Posteriormente comenzó un período de exportación del mineral a Francia e Inglaterra. Es fácil comprender la importancia de la wulfenita en esa época, por la escasez de este recurso y lo particular de sus aplicaciones.

A nivel mundial, la principal mena de molibdeno en esos años era la molibdenita, dado que la wulfenita, a excepción de la explota-



Wulfenita de 3 mm procedente de las minas del Cerro de La Cruz. Obsérvense los distintos gérmes de crecimiento que marcan las sucesivas fases de acreción de materia cristalina. Colección: J. M. Sola. Foto: F. Piña.



Conjunto de bipirámides de wulfenita procedente de las minas del Barranco del Humo. Encuadre de 10 mm. Colección: José M. Sola. Foto: F. Piña.

ción de ciertas minas de Estados Unidos, México, Perú y Chile, sólo se encontró en pequeñas cantidades en algunas minas de plomo europeas. Por tanto, las minas granadinas gozaron de una gran importancia, más aún teniendo en cuenta que la molibdenita (proveniente de Estados Unidos, Australia y Norte de Europa), según datos de 1913, no pasaba en conjunto de 200 a 250 toneladas anuales, de las que el 50 % procedía de Australia.

Las minas granadinas producían unas 180 t/año de wulfenita, siendo a finales de los años 20 cuando cesó la actividad en Albuñuelas.

METALURGIA Y APLICACIONES DEL MOLIBDENO

El molibdeno se presenta en la naturaleza combinado en diversas especies minerales, siendo la molibdenita y la wulfenita las únicas que tienen carácter de menas industriales.

Ya por 1904 se producía molibdeno en cantidades importantes en Estados Unidos, Alemania, Noruega, Australia y otros países. Sin embargo, en España la molibdenita no tiene yacimientos apreciables, y sobre la wulfenita, los primeros datos que

se tienen se refieren a las zonas de oxidación de los filones de galena, principalmente en los criaderos de plomo argentífero del grupo minero Luisa, de Quéntar

(Granada), donde se encontraba con relativa abundancia.

Aunque la mayor parte de los datos disponibles corresponden a otras minas de



Cristales tabulares de wulfenita de 4 mm y 5 mm recogidos en las minas de Los Lastonares. Colección: Gonzalo García. Foto: F. Piña.

Granada, podemos destacar la creciente importancia del molibdeno en la época teniendo en cuenta que su precio en 1910 era de 40 pesetas por tonelada, 70 en 1912 y en 1914 ya se pagaban en Granada (antes de la Guerra Europea) precios superiores a 90 ptas / t.

A principios de 1918 y según datos de personas relacionadas con las casas compradoras, se cotizaba el kilogramo de ácido molibídico, de 11 a 12 pesetas y un agente, representante del mercado inglés, llegó a ofrecer el alto precio de 160 francos por unidad de ácido equivalente del concentrado.

La aplicación más importante del molibdeno es la fabricación de aceros especiales (aleaciones para ciertas herramientas, muelles, chapas para calderas de alta presión, etc.). Su adición en torno al 1 % a los aceros cromados y extraduros permite que éstos se trabajen con facilidad, lo que le confiere gran importancia desde el punto de vista de la fabricación de blindajes y proyectiles. Su adición en proporción superior al 4 %, aumenta la tenacidad y el alargamiento de los aceros, sin producir ningún efecto perjudicial al recalentarlos y soldarlos, siendo más eficaz que el wolframio.

El lavado de la wulfenita se realiza sin inconvenientes. Sin embargo, diversos minerales acompañantes (vanadinita, galena, piromorfita y mimetita) contaminan los concentrados, complicando la extracción metalúrgica. En general, no es sencillo ob-



Cristal de wulfenita de 3 mm, con 62 facetas. Minas de Los Lastonares. Colección: J. M. Sola. Foto: F. Piña.

tener concentrados mineralúrgicos superiores al 15 % o 20 % de MoO_3 equivalente.

Son tres los procesos metalúrgicos utilizados: tratamientos por vía húmeda, que pueden ser mediante ataque ácido o alcalino, y tratamiento por vía seca, por medio de un fundente que reduzca el plomo, pasando el molibdeno a la escoria.

El segundo procedimiento quizá haya sido el más usado a principios y mediados de siglo. De las sustancias alcalinas empleadas, el sulfuro de sodio es el que mejores resultados consigue, pasando el molibdeno a la disolución en estado de molibdato sódico, mientras que el plomo se separa en el residuo insoluble. El molibdato que resulta,

transformado en sal cálcica, puede utilizarse tanto para la obtención de molibdato amónico y ferromolibdeno, como para aportarse directamente al acero fundido.

El procedimiento pirometalúrgico pasa por fundir la mena con cenizas sódicas, carbonato sódico y carbón mineral, separándose primero el plomo de obra. El molibdato de sodio que se ha incorporado a la escoria se extrae por agua, y precipitado, en forma de molibdato cálcico, se utiliza de la forma anteriormente indicada.

En los tiempos modernos aumentó el interés por el molibdeno, al estar íntimamente ligado al desarrollo de novedosas tecnologías, como motores a reacción, lubricantes en forma de sulfuro, catalizadores industriales, aleaciones ultraespeciales resistentes a altas temperaturas, etc, siendo la molibdenita (MoS_2) el mineral de molibdeno más importante. En España, el consumo de este metal es muy pequeño y su empleo es casi exclusivo de la industria siderúrgica.

MINERALOGÍA

En este apartado se incluye una breve descripción de algunas de las minas más importantes de Albuñuelas desde el punto de vista histórico y minero, citándose los minerales que aparecen en cada una de ellas. A continuación, se realiza una descripción de las especies minerales de esta localidad que, por sus características cristalográficas y estéticas, se consideran de mayor interés.



Vista general, en enero de 1998, de la mina San Antonio de Padua, con las dos entradas a las labores subterráneas y los restos de las instalaciones exteriores. Foto: José M. Sola.



Cristal de 6 mm de vanadinita. Mina San Antonio de Padua. En esta mina han aparecido los cristales de mayor tamaño de esta especie encontrados en el término de Albuñuelas. Colección: F. Muñoz. Foto: F. Piña.

MINAS "SAN ANTONIO DE PADUA" Y SU "AMPLIACIÓN"

Tiene su acceso por la carretera de Granada a Almuñécar (llamada de la Cibra), en el punto kilométrico 24,500. Se encuentra muy próxima a la carretera, reconociéndose fácilmente la antigua casa de la mina, situada a tan sólo unos metros de una de las dos entradas que dan acceso a las grandes labores subterráneas.

La explotación está formada por un pozo, unas calicatas y una trancada con una inclinación aproximada de 45°, a la que se accede por dos galerías situadas en diferentes niveles, y que en época de lluvias pueden estar parcialmente inundadas, aunque practicables. Los trabajos están enclavadas en calizas tableadas marmóreas de la unidad "Mármoles de la Sierra de las Guájaras" perteneciente a la formación "Manto de los Guájaras".

Las capas están orientadas de NE a SE, con una inclinación de 30° y buzamiento al NO. El nivel metalizado se encuentra en una arenisca micácea de 30 cm de potencia, intercalada entre dos capas de caliza arenosa de color amarillento.

Los minerales que se han podido observar en esta explotación son los siguientes: wulfenita, vanadinita, descloizita, calcita, aragonito coraloide, galena y cuarzo.



Cristales de wulfenita procedentes de la mina San Antonio de Padua. Pese a la relativa importancia que tuvo esta mina en la comarca, hoy en día las escombreras son casi inexistentes y la recolección de ejemplares prácticamente imposible. Encuadre: 8 mm. Colección: Fernando Gómez. Foto: F. Piña.

MINAS DE "EL CHAPARRAL"

Encajan sobre la formación "Manto de los Guájaras", existiendo varios niveles mineralizados, unos con características similares a los de la mina San Antonio de Padua, y otros donde la mineralización se encuentra en los materiales calcáreos mencionados.

Mina El Centenillo

Se accede por la carretera de Granada a Almuñécar, desviándose por el camino forestal hacia Albuñuelas, to-

mando el Barranco del Cañuelo para subir a los Altos del Humo.

Está formada por varias trancadas o planos inclinados, distanciados unos 20 m unos de otros, y en el centro un sistema de galerías con dos niveles, en buen estado en su mayor parte. En los alrededores y en la vertiente Noreste hay un pozo y una pequeña labor, sin interés mineralógico.

Los minerales más significativos que se pueden encontrar son: wulfenita, vanadinita (endlichita), descloizita, galena, cerusita, blenda acaramelada y calcita.



Reemplazamiento de un filón de galena por wulfenita en la mina El Centenillo. Ejemplar de 90 mm. Colección: Gonzalo García. Foto: J. M. Sanchis.



Agregado de finos cristales prismáticos de endlichita, de contorno hexagonal y terminados en pirámide, procedentes de la mina El Centenillo. Encuadre de 10 mm. Colección: Gonzalo García. Foto: F. Piña.



Grupo de cristales tabulares de wulfenita recogido en 1998 en las minas de Los Lastonares. A diferencia de otras minas de Albuñuelas, los cristales de wulfenita que aparecen en esta zona suelen presentar colores anaranjados de mayor intensidad. Colección: Fernando Gómez. Foto: F. Piña.

Mina del Cortijo del Humo

El itinerario a esta mina, también conocida como “mina del Barranco del Humo”, es el mismo que el de la mina El Centenillo, pero en lugar de tomar el Ba-

ranco del Cañuelo, debe seguirse por el camino del Barranco del Humo, aproximadamente 5 km, hasta llegar a las minas.

Se trata de dos galerías paralelas a distintos niveles, unidas verticalmente en va-

rios puntos; la inferior presenta derrumbes en su entrada y en algunos puntos interiores. La longitud total de la mina es de unos 30 m, y en época de lluvias suele estar inundada.

Destaca por su abundancia la wulfenita, pero también se puede encontrar, aunque en menor cantidad, descloizita y cerusita asociada a galena.



Cristal de wulfenita de 5 mm recogido en las minas del Cerro de La Cruz. Sobre él se pueden apreciar diminutos cristales de cerusita. Colección: Fernando Gómez. Foto: F. Piña.

MINAS DEL "CERRO DE LA CRUZ"

Este grupo está formado por varias minas, que constituyeron el más importante de los grupos descritos, siendo al mismo tiempo los de explotación más reciente (cesaron su actividad en 1950).

Ureña (1971) describe una formación de filitas y cuarcitas y otra superior calizodolomítica. El paso de una a otra se lleva a cabo a través de niveles de transición formados por calcoesquistos, calizas filitosas y cuarzoquistos, aunque principalmente lo hacen en los niveles más bajos de la formación carbonatada.

La mineralización es de Pb-Zn, apareciendo la esfalerita en los niveles cuarcíticos.

Minas de La Cunilla (antigua mina El Cuco)

El acceso se realiza desde Albuñuelas, pasando por el Tejar en dirección al río, cruzándolo y siguiendo el camino hasta el mismo Cerro de la Cruz, donde una desviación al Este conduce a las minas.

Es un entorno minero con restos de construcciones que revelan la importancia que debieron tener estas minas en el pasado, con varias viviendas, lavadero y una era. Consta de más de quince galerías, gran parte de las cuales tienen la boca casi cegada como consecuencia del deslizamiento de materiales de la parte superior de la ladera en la que se sitúan.

Minas del Cerro de La Jara

Su acceso es desde Guájar Alto, siguiendo por la pista forestal al río de la Toba y hasta el collado de la Cruz Chiquita, donde nos desviamos hacia el Este hasta llegar al collado situado entre el Cerro de la Giralda y el de la Cruz, para seguir después por vereda, o bien desde Albuñuelas por el camino forestal que va al Cerro del Toro por el barranco de la Cruz Chiquita. Una vez allí se toma el cortafuegos que une el itinerario anterior.

Los trabajos mineros se reducen a un pozo, una trinchera, tres galerías y varios escarbaderos.

Minas del Cerro de La Cruz

El acceso es el mismo que en las anteriores, pero bajando un poco menos por el barranco de la Fuente Alta y sin desviarse hacia el Cerro de la Jara.

Constituyen, junto con la Cunilla, las labores de mayor importancia. Existen restos de grandes construcciones que, junto con las enormes escombreras, denotan también la relativa importancia de estas minas y el volumen de mineral extraído.

Los minerales descritos en los tres grupos son abundantes, pero destacan los de origen secundario: wulfenita, descloizita, cerusita, hemimorfita, smithsonita, etc.

MINAS DEL "CERRO DEL CAPÓN"

Se encuentran situadas en el Cerro del Capón, y se accede a ellas desde la carretera de Albuñuelas a Cozvíjar, por el Barranco del Agua en el Km 10,500, hasta llegar al cortijo del mismo nombre para



Cristales pseudocúbicos de wulfenita con fantasma, procedentes de las minas del Cortijo del Humo. Encuadre de 18 mm. Colección: José M. Sola. Foto: F. Piña.

desviarse hacia el Cortijo del Capón y desde éste hacia unas eras, subiendo un barranquillo de pendiente muy suave hasta las minas.

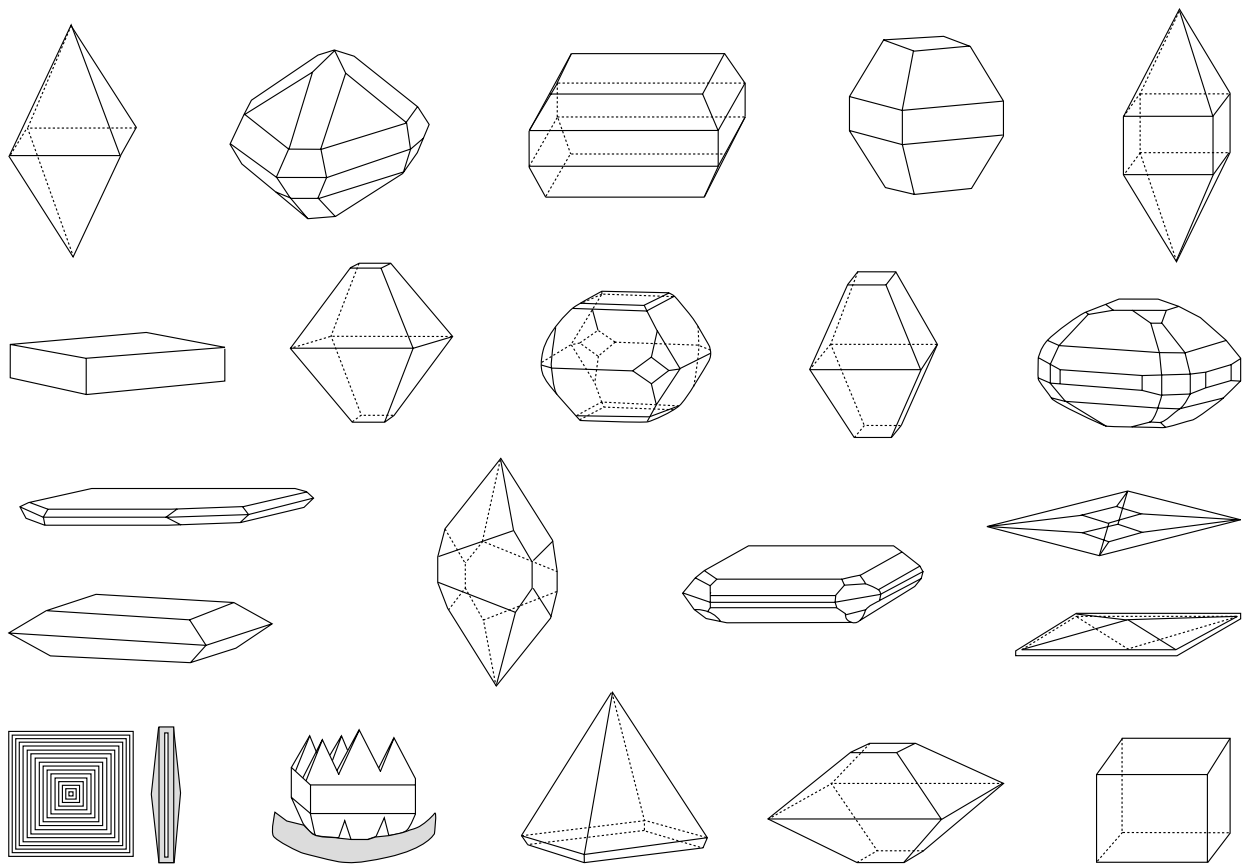
Encajan, al igual que las anteriores, en la formación "Manto de La Herradura", dentro de los niveles calcáreos de los "Mármoles del Crucero de Pinos".

Sin interés mineralógico, encontramos en su interior pequeñas muestras de galena muy alterada y escasas laminillas de wulfenita en los niveles terrosos.

A continuación, se describen de forma general los minerales más característicos de la zona:



Cristal zonado de wulfenita, sobre galena recubierta de microcristales de cerusita. Ejemplar de 4 mm procedente de la mina El Centenillo. Colección: Fernando Gómez. Foto: F. Piña.



Selección de formas cristalinas que GOLDSCHMIDT (1923) describe para la wulfenita y que han sido observadas con mayor frecuencia en las minas de Albuñuelas.

WULFENITA

$PbMoO_4$

Las minas del Cortijo del Humo presentan la mayor gama de cristalizaciones y colores del denominado “plomo amarillo”. En muestras de apenas unos centíme-



Agregado de 10 mm de cristales tabulares de contorno cuadrado. Minas del barranco del Humo. Colección: José M. Sola. Foto: F. Piña.

tros, se pueden encontrar numerosas formas de cristalización juntas, incluso con colores distintos.

Se han observado ejemplares de hábito marcadamente tabular con amplio desarrollo del pinacoide y con estrechas facetas del prisma. La transparencia de los cristales permite apreciar zonados múltiples de color que revelan también la existencia durante el crecimiento de un prisma de segundo orden. El contorno puede aparecer ligeramente curvado por superficies imperfectas. Son frecuentes los individuos aislados y perfectamente aéreos sobre la matriz.

Otra fase de wulfenita, sin dejar de ser tabular, muestra ya un apunte bipiramidal claro, siendo aún importantes las caras o cierre pinacoidal. Hay que señalar una desigual distribución de la transparencia, con una banda central muy transparente en comparación con los segmentos piramidales del cristal que evidencia un recrecimiento del individuo en condiciones ambientales diferentes.

Se han podido observar también ejemplares de aspecto lanceolado, con un fuerte desarrollo del prisma con desigual sección, rematado por agudas bipirámides de aristas también curvas. Los zonados y tur-

biedades internas también son habituales.

Por otro lado, son frecuentes los cristales de aspecto pseudooctaédrico, con perfectas bipirámides de prisma insignificante o ausente, que crecen de forma aislada y de tamaño variable sobre la matriz. Los cristales bitragonales que aparecen en estas minas son semejantes a los que se encontraron en la mina de Mezica (Eslovenia).

Se dan también cristalizaciones de apariencia cúbica, siendo el resultado de un desarrollo casi parejo de las caras del prisma y cierre pinacoidal. Las aristas, frecuentemente curvadas, limitan individuos aislados o grupos que pueden mostrar una notable transparencia y tono melado, o bien cristales sólo traslúcidos de color amarillo pálido.

El color de las wulfenitas en las minas del Barranco del Humo es variable, pudiendo ser blanco, verde, amarillo, naranja, rojizo o incoloro, siendo el brillo, al igual que en el resto de las minas de Albuñuelas, adamantino o resinoso. Cabe señalar la pérdida de brillo, la degradación y la transformación del color original por un tono verde-marrónáceo o gris pálido, como respuesta a las radiaciones solares cuando las wulfenitas son sometidas a



Cristales de wulfenita de 2 mm procedentes de Los Lastonares. Colección: J. M. Sola. Foto: F. Piña.

ellas de forma intensa y prolongada. El tamaño de los cristales, por regla general, no excede de los 5 mm.

En las minas de los Lastonares, junto a cristales tabulares de intenso color naranja, se han recogido algunos ejemplares particularmente facetados, con desarrollo dominante de las facetas de bipirámide de primer orden y biselados por bipirámide de segundo orden, con un pequeño pinacoide octogonal que puede ser reemplazado por cuatro facetas. Se trata de cristales de excelente calidad, tanto por su multifacetado, como por su brillo y transparencia.

Aunque no con tanta variedad de formas, pero no menos espectaculares, se han podido recoger en la mina *El Centenillo* espléndidos conjuntos de cristales tabulares muy estrechos y de contorno cuadrado de hasta 30 mm de arista, de color amarillo o verde amarillento, pudiendo encontrarse también como individuos aislados sobre la matriz. También cristales bipiramidales de color rojo anaranjado de hasta 6 mm, en individuos aislados o en agrupaciones, con bastante brillo y de gran belleza. Asimismo, se han podido encontrar cristales en forma de tabletas gruesas bipiramidales de color verde oliva de hasta 1 cm de arista, y en ocasiones biseladas. Dentro de geodas sobre galena, se pueden encontrar cristales de hábito piramidal de color anaranjado y traslúcidos.

Las wulfenitas de la mina *San Antonio de Padua* aparecen como tabletas no muy estrechas y entrecruzadas de color naranja, formando drusas con tamaño de cristales de hasta 5 mm; en prismas gruesos de color miel junto con vanadinita o recubiertos por descloizita, de hasta 6 mm de grosor, en cristales pseudocúbicos de aristas de incluso 4 mm y frecuentemente curvadas, en forma de barriletes muy unidos entre sí con las caras del prisma con cierre pinacoidal. Suelen ser de color amarillo o amarillo naranja.

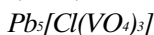
Por último, en las minas del Cerro de la



Agrupación de cristales de wulfenita semitransparentes. Minas de Los Lastonares. Encuadre: 8 mm. Colección: José M. Sola. Foto: F. Piña.

Cruz, la cristalización más común es en forma de frágiles cristales tabulares muy delgados, en ocasiones de tamaño superior a los 10 mm, bien aislados o en grupos de cristales entrecruzados, de color amarillo claro y transparentes a opacos. Aparecen de forma muy irregular en estas minas, siendo raro encontrar otro tipo de cristales.

VANADINITA



El color es variable, si bien en los yacimientos descritos suele tener colores que van del rojo al pardo oscuro, abundando los cristales con tonos acaramela-

dos, transparentes u opacos, en ocasiones con zonados incoloros. El brillo varía del resinoso al adamantino, predominando este último.

La vanadinita aparece asociada a la wulfenita y a la descloizita. En general el tamaño de las vanadinitas recogidas en estas minas no excede de 13 mm de largo por 2 mm de ancho, siendo las de mayores tamaños las encontradas en la mina San Antonio de Padua y su Ampliación, donde son frecuentes los cristales aislados y perfectamente terminados.

Existen varios tipos de hábitos diferentes, pero normalmente aparecen cristales prismáticos alargados según el eje "c", en



Cristales de wulfenita de Los Lastonares. Encuadre de 15 mm. Colección: Gonzalo García. Foto: F. Piña.



Cristales zonados de vanadinita, recogidos en las minas de Los Lastonares. Encuadre de 8 mm. Colección: José M. Sola. Foto: F. Piña.

ocasiones biterminados, con desarrollo de prisma y bipirámide hexagonal de primer orden y pinacoide basal. Son frecuentes las terminaciones en pirámide, a veces dando formas de agujas de múltiples caras. También se han observado cristales prismáti-

cos cortos, pirámides agudas, agregados radiales y esferoidales.

Dentro de las vanadinitas de Albuñuelas, en la mina *El Centenillo* se han podido recoger abundantes muestras de la variedad de vanadinita, rica en arsénico, de-



Agregados esferoidales de vanadinita (variedad "endlitchita"). La roseta mayor es de 4 mm. Minas de El Centenillo. Colección: Fernando Gómez. Foto: F. Piña.

nominada **ENDLICHITA** (V_2O_5/As_2O_5 en proporciones ideales 1:1). Se trata de cristales prismáticos hexagonales, terminados en pirámide, de tamaño milimétrico que en ocasiones han llegado hasta los 12 mm de largo y excepcionalmente 2 mm de ancho, de color rojo a pardo, casi siempre traslúcidos y con brillo intenso. Aparecen como cristales aislados, en grupos fibroso-radiales, arborescentes, o bien en forma de erizo.

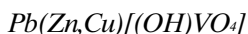


Agregado de 6 mm de prismas hexagonales de vanadinita, procedente de Los Lastonares. Obsévese la gradación en la intensidad del color con el aumento del tamaño. Colección: José M. Sola. Foto: F. Piña.



Cristales bipiramidales de descloizita de tamaño submilimétrico. Mina El Centenillo. Colección: José M. Sola. Foto: F. Piña.

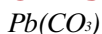
DESCLOIZITA



Se trata de un mineral mucho más raro que la vanadinita. El color con que aparece en las minas de Albuñuelas es variable, pudiendo ser rojizo, pardo, pardo-verdoso, anaranjado y más frecuentemente negro, siendo su brillo graso o adamantino.

La descloizita de Albuñuelas aparece asociada a la wulfenita y a la vanadinita en casi todas las minas de la zona, siendo su forma de cristalización más típica en bipirámide. Se presenta en masas pardas oscuras de superficie concrecionada, con costras de cristales brillantes unidos entre sí, o en cristales bien formados y aislados, siempre de tamaños submilimétricos.

CERUSITA



No es un mineral abundante en Albuñuelas. Se encuentra asociada a minerales primarios como la galena o la esfalerita, en la zona de oxidación. Se presenta en cristales milimétricos o submilimétricos de color gris, blanco, y más frecuentemente incoloros.

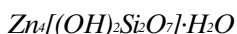


Cristales de hemimorfita. Encuadre: 10 mm. Mina del Cerro de la Cruz. Colección: J. M. Sola. Foto: F. Piña.



Grupo de cristales de wulfenita recogidos en 1998 en las minas del Cortijo del Humo. Colección: Fernando Gómez. Foto: F. Piña.

HEMIMORFITA



Se presenta en pequeños cristales tabulares, a menudo reunidos en grupos radiales o bien en cristales aislados transparentes. No es frecuente en estas minas, si bien han aparecido espléndidos cristales milimétricos tapizando grietas y geodas en las minas del Cerro de la Cruz.

SMITHSONITA



Es un mineral frecuente en las minas del Cerro de la Cruz, presentándose en forma de agrupaciones irregulares de cristales muy pequeños con caras redondeadas, a veces asociada a la wulfenita, o formando costras reniformes. También configura agregados arracimados. El color predominante es el blanco, pudiendo ser incolora. Aparece con brillo mate y en ocasiones nacarado.

Aunque las especies minerales anteriormente citadas se han descrito por orden de interés mineralógico y de abundancia, y no por un criterio químico, hemos de reseñar que en la localidad de Albuñuelas, y relacionados o no con los criaderos de molibdeno, aparecen también otros minerales, tales como: *galena*, *esfalerita*, *tremolita*, *calcita*, *dolomita*, *cuarzo*, *malaquita*, *azurita*, *pirita*, *calcopirita*, *magnetita*, etc, que, por tener menor relevancia, no se describen aquí.

BIBLIOGRAFÍA

- ALDAYA, F., GARCÍA, V. y NAVARRO, F. (1979). "Los Mantos Alpujarrides del tercio central de las Cordilleras Béticas. Ensayo de correlación tectónica de los Alpujarrides". *Acta Geológica Hispánica*. Tomo 14. pp. 154-166.
- ALTO, F. y MATTOX, R. (1963). "Elementos de cristalografía y mineralogía". pp. 72-83. Barcelona.
- ARANA, R. (1973). "Investigaciones Mineralógicas en Sierra Nevada (Cordilleras Béticas, España)". Vol. I. Tesis.
- ARANA, R. (1973). "Investigaciones Mineralógicas en Sierra Nevada (Cordilleras Béticas, España)". Vol. II. Tesis.
- SOLA, J.M. y ROMERO, J. C. "Excursión a Albuñuelas". *Boletín Informativo del G.M.G. Mulhacén*. N°3. pp. 6-11.
- CABALLERO, M. A. (1971). "Estudio geológico y mineralógico de las unidades béticas presentes en la Sierra de los Guájares (Granada)". *Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol)*, 69. pp. 69-55.
- CALDERÓN, S. (1910). "Los Minerales de España". Tomo II. p. 180. Madrid.
- FENOLL, P. (1992). "Yacimientos de F-Pb-Zn asociados a rocas carbonatadas triásicas del SE de España". (GARCÍA GUINEA, J. "Recursos Minerales de España"). pp. 1.069-1.083.
- GALÁN, E. y MIRETE, S. (1979). "Introducción a los Minerales de España". IGME. pp. 297, 311 y 320.
- GOLDSCHMIDT, V. (1913-1923). "Atlas der Krystallformen".
- GONZÁLEZ, V. y DEL VALLE, A. (1990). "Guía de Minerales de España". Tomo III. Dpto. Cristalografía y Mineralogía. Universidad de Valladolid. pp. 107, 253 y 359.
- HURLBUT, JR. y CORNELLIS, K. (1992). "Manual de Mineralogía de Dana". Tercera Edición. Barcelona.
- IGME (1978). Mapa Geológico de España, E. 1:50.000. Hoja N° 1.041, Dúrcal. Madrid.
- IGME (1973). Mapa Geológico de España, E. 1:200.000. Hoja N° 83. Granada-Málaga. Madrid.
- LÓPEZ, J. A. (1992). "Alteración supergénica de yacimientos de sulfuros" (GARCÍA GUINEA, J.: "Recursos Minerales de España"). pp. 1.103-1.112.
- MARTÍN, J. M. y TORRES, J. (1982). "Algunas consideraciones sobre la convergencia de medios de depósito de las mineralizaciones de Fe y Pb-Zn-F encajadas en rocas triásicas de los Complejos Nevado-Filábride y Alpujarride del sector central de la Cordillera Bética. *Bol. Geológico y Minero*. T. XCIII-IV. pp. 314-329.
- MEMORIAS DEL INSTITUTO GEOLOGICO DE ESPAÑA. (1925). Tomo V-I. N° 31. pp. 170-186. Madrid.
- PETRASCHKE, W. E. (1965). "Yacimientos y Criaderos". Ed. Omega. 538 pp.
- RÍOS, J. M. (1983). "Libro Jubilar. Geología de España". Tomo III.
- RUBIO, J. M. y GAVALA, J. (1918). "Yacimientos de Molibdeno en las provincias de Granada y Almería". *Boletín IGME*, 2ª serie, Vol. 39. pp. 166-193.