

LA PROVINCIA DE ALMERÍA Y LOS MINERALES

GONZALO LEAL ECHEVARRÍA

Ingeniero de Minas. Expresidente de la Sociedad Española de Mineralogía (S.E.M.)

A Salvador Calderón y Arana, verdadero padre de la mineralogía española, trabajador incansable y defensor de los minerales españoles y en particular de los descubiertos y estudiados en la Axarquía almeriense, ninguno de los cuales, empero, lleva su nombre.

1. INTRODUCCIÓN

Se denomina «mineral» a toda la materia elemental de origen natural y a sus compuestos, que conforman la corteza sólida terrestre. Se puede añadir que en los umbrales de temperatura y presión que nos son accesibles, si nos referimos a los minerales conocidos y estudiados, el estudio de las circunstancias de generación, condiciones de transformación, características físicas, químicas, cristalográficas, propiedades, aplicaciones, etc., constituyen la ciencia que denominamos Mineralogía. De las relaciones interactivas entre ellos, de las circunstancias y condiciones de asociación para formar unidades naturales más complejas, que denominamos rocas, se ocupa la Petrología. Los fenómenos de generación, composición, deposición, procesos de cristalización, de su paragénesis (cogeneración) con otros minerales en unidades tipificadas por condiciones determinadas, denominados yacimientos minerales, sus relaciones con los fenómenos geológicos del entorno y del porqué de su presencia, de su emplazamiento y de su distribución geográfica, son objeto de otra ciencia, la Metalogía.

La corteza terrestre en su sentido más amplio, nuestro mundo, el ámbito natural que nos rodea, del que somos sorprendidos habitantes, lo que la filosofía llama simplemente «la materia», de la cual formamos parte, se puede considerar constituida, en un primer análisis muy elemental, por seres animados y seres inanimados. En el primer grupo aparecen los animales y las plantas, los dos grandes reinos, animal y vegetal; y en el

segundo grupo, ese ámbito natural en el que viven los anteriores, la corteza terrestre; las rocas; el reino mineral.

Entre las formas de vida de los reinos animados aparece el hombre como forma de vida superior, ya que se distingue como único animal racional, es decir, posee, aunque no todos en el mismo grado de desarrollo, el discernimiento, el libre albedrío, el hacer o no hacer, el elegir, el participar en los elementos y circunstancias que van definiendo y conformando su destino. La inteligencia le corona por encima de sus colegas del reino animal. Es el Rey de la Creación, según ciencias y religiones, que no en todo están de acuerdo. Su reinado es efímero si consideramos su ontogenia (el individuo), pero, si consideramos su filogenia, el reinado de la especie se extiende desde tiempos para nosotros relativamente lejanos (cada vez arqueólogos y antropólogos van encontrando rastros más antiguos de nuestra existencia), aunque en aquellos albores que describen hoy los que dirigen los trabajos del yacimiento de Atapuerca, nuestros «antecesores» no se puede asegurar que reinaran con demasiadas atribuciones todavía, como lo hace hoy el hombre (también unos más y otros menos, pero esa es otra historia). En cualquier caso, enseguida comenzó a utilizar los elementos naturales que le rodeaban haciendo la primera aplicación de los atributos específicos que le distinguen del resto de los animales: el uso, para su servicio y organización de su vida, de las rocas, minerales y metales. Una petrología y una mineralogía primordiales fueron dos de las primeras ciencias que nacieron del hombre.

Inmediatamente, por debajo de él y considerando su posición en orden de racionalidad descendente e irracionalidad creciente, aparece

todo el resto del reino animal, en el que se observa, dentro de una constante de animación (de vida animada), una gradación desde los mamíferos superiores, a los que se les reconoce una cierta forma de inteligencia individual, al resto, en los que cada vez manda más lo que denominamos instinto que obliga a formas de comportamiento «programadas» e inconscientes impuestas por la naturaleza, más en relación con la conservación de la especie que con la del individuo.

Luego está el reino vegetal. Las plantas también nacen, crecen, se reproducen y mueren. También son seres vivos, mucho más condicionados que la mayoría de los animales, sujetos al medio en el que nacen y viven. Son más estáticos. No se les oye ni se les ve crecer, pero esto último sólo depende de la escala de tiempo en que se desarrollan. Hemos visto muchos documentales en los que, con la ayuda tecnológica de una cámara rápida, vemos a las plantas vivir, responder a estímulos exteriores (agua, aire oxigenado, luz) y agradecerlos o repeler los opuestos, en función de su necesidad vital, al fin y al cabo de los imperativos de su instinto, que protege la continuidad de sus especies a veces con mayor éxito que en el mundo animal ya que hoy sobreviven especies (el popular *ginkgo biloba*) que ya existían en el Jurásico, por citar un período geológico ya familiar entre profanos, gracias a la popularidad de los dinosaurios, entonces reyes de la naturaleza, pero a los que no alcanzó a salvar ningún instinto, ni su pretendida protointeligencia.

Por no hablar de ese otro mundo todavía poco conocido: el de los hongos. Constituyen una extraña interfase entre los dos grandes reinos de seres vivos, sin que la ciencia se decida a considerarlos ni como animales, ni como vegetales, ni como un nuevo reino, pero que, como individuos, son los más extensos (a veces los micelios de los hongos se desarrollan por kilómetros) y los más longevos (hasta miles de años) de todos los seres vivientes.

Y llegamos al «tercer mundo», al reino mineral. El de los seres muertos, aunque solo sea aparentemente, según veremos. Ciertamente, con excepción de algunas pequeñas (a escala terrestre) convulsiones de la Tierra, que conocemos como seísmos o terremotos, que ocurren con alguna frecuencia en áreas muy localizadas, y que pueden variarlo sensiblemente, el paisaje en el que un hombre nace, vive y muere es idéntico, consideración que puede ser extendida a cientos de genera-

ciones de hombres, de animales y de plantas, incluso de hongos.

Pero no es así si descendemos a un nivel de observación de más detalle o si pudiéramos contemplar la evolución geológica de nuestro paisaje con cámara ultrarrápida a lo largo de millones de años. Sobre la corteza terrestre trabajan sin cesar factores permanentes de transformación. Desde fuera, los atmosféricos, el agua, el viento, el calor, el frío, los propios seres vivos que lo habitan. Desde dentro el fuego y su fuerza, la temperatura y la presión. La parte sólida de la corteza, la ya enfriada, llamada SIAL por el gran protagonismo que en ella tiene la sílice, y la alúmina, está «flotando» sobre un fundido que llamamos NIFE, ya que el níquel y el hierro son sus principales componentes.

La Tierra «vive», desde un cierto estado primordial que se supone incandescente, un inmensamente largo proceso de enfriamiento hacia un estado definitivamente sólido y frío. Quieto. Muerto. Podemos asegurar que la Tierra ha nacido, aunque nadie conozca ni cuándo, ni cómo, ni por qué. Ha vivido, va a seguir viviendo no se sabe cuántos cientos o miles de millones de años, y va a morir.

Contemplándolo así, la Tierra, salvo que felizmente no parece que tenga intención de reproducirse (la Luna, su única hija tampoco se sabe si propia o adoptada, la tiene satisfecha), puede ser considerada, a su manera, un ser vivo.

Pues bien, los minerales —por fin llegamos a ellos— son los pequeños y omnipresentes protagonistas de este devenir geológico de la constante transformación de la Tierra. Formados por un solo elemento o por la combinación de varios, constituyen las unidades más simples de la materia sólida. A su vez se asocian para formar las rocas, que según la conocida clasificación de sedimentarias, ígneas (intrusivas y extrusivas o volcánicas) y metamórficas, contienen minerales que, a su vez han podido formar anteriormente o podrán pertenecer con posterioridad a otro tipo de roca en la que la anterior se ha transformado o de la que proviene. Los citados mecanismos externos e internos de transformación y de evolución de la corteza, actúan constantemente sobre ellos. Así, por meteorización u oxidación, los sulfuros pasan a sulfatos y éstos a óxidos (pirita, jarosita, limonita), según veremos más adelante con algunos ejemplos más. Agentes internos, ascendentes, como la temperatura, o efectos de profundidad, como la presión, trans-

forman mineralogías en otras típicas de rocas metamorfozadas por estos fenómenos: la distena, la andalucita, el granate, la cordierita y otros son producto de transformaciones de este tipo. Vamos a verlo también más adelante. Y una curiosidad que sólo nos limitamos a citar. Plinio, que acabará siendo nuestro amigo antes de terminar de leer este trabajo, distingue en su *Historia Natural*, en la parte descriptiva de los minerales, como macho y hembra, a variedades diferentes de un mismo mineral. Pero no explica qué criterio utiliza para hacer esa distinción, ni con qué objeto piensa que se produce esa dualidad de funciones. De modo que, de momento, olvidamos esa propiedad de los minerales, pero que quede constancia de que hubo alguien que pretendió que los minerales también pudieran reproducirse. Otro día y en otro contexto, podría ser analizada la existencia del «alma» de algunos minerales, de sus poderes, y de su utilización por algunas civilizaciones antiguas, incluso por algunas peculiares culturas actuales, para ciertas curaciones «naturales» y hasta «sobrenaturales». Sigue habiendo alquimistas en la actualidad.

2. LA PROVINCIA DE ALMERÍA Y EL NOMBRE DE LOS MINERALES

Valga esta precedente introducción divulgativa para comprender mejor la presencia de los minerales que aquí se van a ser descritos.

Pero, ¿con qué criterio se coloca un nombre a una especie mineral? He aquí una cuestión complicada de explicar. Se trata de justificar por qué no ha habido más remedio que hacerlo mal.

La nomenclatura de los reinos animal y vegetal tenía los mismos problemas que la del reino mineral: más allá de la natural diferencia que implica la diversidad idiomática en el mundo, aparecen las denominaciones locales abundantes en un mismo país y para un mismo idioma. Concretamente en nuestro país, en el que se hablan diversos idiomas y dialectos, además del común a todos, no es necesario dar ejemplos de la cantidad de nombres que puede tener el mismo pez a lo largo de todas las costas españolas o la misma seta a lo ancho de todos los bosques y praderas del país.

Con las plantas ocurría lo mismo, hasta que un buen médico y botánico sueco, Carl von Linneo, normalizó su nomenclatura por medio de su clasificación binaria (nombre y «apellido») consideran-

do ciertos caracteres de sus componentes. Eso permitió universalizar el nombre de todas las especies del reino vegetal. Ello fue posible porque se pudo encajar la totalidad en un esquema-árbol que, a partir del tronco-reino podrían separarse en ramas de diferente grado de especialización todos los grupos, especies, subespecies, familias, etc.

Un éxito añadido de esta sistemática es el uso del latín, ya que, como lengua muerta, no afectó a la sensibilidad de ninguna de las vivas (de los muertos siempre se habla bien y nunca molestan). Esta forma de nomenclatura denominada linneana ha sido extendida a animales e incluso (el incluso de siempre) a los hongos. En micología hasta los más profanos se acostumbran ya a llamar a las setas por su nombre latino binario y saben que así no se equivocan nunca, lo cual tiene cierta importancia cuando se trata de comerlas.

Pero el mundo mineral ha llegado tarde, o quizá demasiado temprano, a esta fórmula linneana que no ha podido ser aplicada debido a la cantidad de variables que intervienen en la formación de un mineral, que hacen imposible establecer una causa-efecto única y por tanto un «árbol» de sistemática mineralógica. Incluso, en mineralogía, hay aún secretos sin descifrar. A ello se añaden otros problemas de fondo químico y cristalográfico, que no es el caso detallar aquí.

Por ello, el nombre de los minerales es, de alguna manera, caprichoso. En principio se conservan los nombres más antiguos de origen griego y se generalizó la fórmula «piedra de...», de modo que la terminación de casi todos ellos en «-lita», que proviene de la terminación «litos» = piedra, es la más usual (estauroilita, pirofilita, lepidolita, sodalita, etc.). Cuando el carácter fundamental a que alude el nombre hace disonancia con la «l», ésta desaparece quedando sólo la «-lita» (pirita, dicroíta, etc.). El porqué el «lito» se transforma en «lita», lo que quizá aluda a la fragilidad, belleza, delicadeza, etc., de la mayoría de los cristales, pudiendo ser considerado un acientifismo machista o feminista, según quién se detenga a meditarlo, ya que, cada vez está más claro que el feminismo es una forma de machismo, lo defiende el hombre o la mujer.

En la International Mineralogical Association (IMA) existen comités específicos para aceptación de nuevas especies y para ordenar la nomenclatura. Como dato sobre el quehacer de es-



1. *Calderonita*. Azuaga (Badajoz). Cristales milimétricos de color ámbar en pequeñas geodas. Microfoto x 30. [Col. G. Leal. Microscopio Museo Geominero de Madrid].

tos comités, diremos que desde los primeros nombres que en representación de un futuro IMA fueron consagrados por Aristóteles (384-322 a. C.), Teofastro de Ereso (371-286 a. C.) o por Plinio (23-79 d. C.) y después por Avicena (980-1097), San Alberto Magno, Georg Bauer «Agrícola» (1494-1555), el gran Werner (1749-1807), y en España sobre todo A. M. del Río, discípulo de Werner y S. Calderón, el que más y mejor ha trabajado por la mineralogía española, hasta 1991 había reconocidas 3.304 especies minerales y en los últimos 17 años, según C. D. García Mauriño se han adjudicado 1.019 nuevos nombres. No tenemos datos al día de hoy, pero seguro que serán sorprendentes.

Según el carácter fundamental que trata de sugerirse al nombrar un mineral, y quitando los nombres antiguos de raíz en general griega o latina, son frecuentes los topónimos (+/- 26%), antropónimos (+/- 47%), derivados de un elemento químico (+/- 8%), que aluden a propiedades físicas (+/- 3%), etc. A lo largo de la historia de la mineralogía española hemos padecido siempre dos tipos de problemas que nos han aislado de la mar-

cha internacional: por un lado, la falta de tecnología de identificación de todas las características químicas, físicas y cristalográficas que se exigen para identificar especies minerales, y por otro, la falta de representación de instituciones españolas en el IMA (la Sociedad Española de Mineralogía no ha cumplido todavía 30 años).

Si hoy existen topónimos y antropónimos españoles en la nomenclatura mineralógica, en general, es porque en el descubrimiento o estudio del mineral participaron científicos extranjeros. Uno de los últimos minerales descubiertos en España, según Miguel Calvo, es la Westerveldita de Ojén (Málaga) en 1971-72, llamado así en honor del Sr. Westerveld.

Posteriormente (13 Enero de 2004, ya en edición este artículo) y según comunicación personal de J. Gonzáslez del Tánago, profesor de Petrología de la Universidad Complutense de Madrid, se han anunciado a la IMA los descubrimientos de dos nuevas especies: la Cobalto-Arturita en Mazarrón y la Calderonita, descubierta por su equipo de investigación en Azuaga (Badajoz). Se trata de un vanadato de Fe y Pb. Ambos descubrimientos com-

pletan este trabajo, uno por tratarse de la zona considerada y otro por llevar el nombre en homenaje al mismo mineralogista al que nosotros se lo dedicamos (foto 1).

Como ejemplo de lo que costó llegar a conocer los minerales y establecer sus nombres en nuestro país, es expresivo un párrafo de Andrés Manuel del Río en su libro *Elementos de Orictognosia* de 1795 que reza así: «... habiéndose hallado por fin que la Mica Verde, que se creyó después que era un muriato de cobre, no es sino un espato de un nuevo metal llamado urano...». En este párrafo, Del Río se está refiriendo a la torbernita o mica de uranio y cobre, llamada también calcolita y que, en realidad, es un fosfato de uranio y cobre hidratado.

Por otro lado, no hace falta insistir demasiado en la riqueza minera de la provincia de Almería, porque es de sobra conocida. Almería ha sido productora muy importante de minerales de hierro, plomo, plata, oro, fluor, azufre, alumbres, arcillas, bario, y un largo etcétera, entre los que estarían las rocas industriales y ornamentales que aquí no consideramos. Son muchos los lugares conocidos por su riqueza minera. Topónimos que están íntimamente relacionados con ella hasta el punto de que algunos han sido el lugar de descubrimiento y por tanto, como se dice en mineralogía, constituyen la localidad-tipo de algunas especies minerales que incluso llevan el nombre del lugar (jarosita, rodalquilarita).

Otras veces el nombre del mineral alude a su descubridor (ferberita), o ha sido puesto en homenaje a algún mineralogista famoso que tuvo alguna relación (quiroyguita). Se han incluido aquí también los minerales que, por su pureza, calidad y su conocida forma de presentación han sido modelos para su estudio aunque su nombre no venga al caso localista (hornablenda basáltica). Finalmente se da cuenta de algún mineral por su enorme popularidad e interés desde hace muchos siglos (granate) y de otro que destaca a escala mundial por la belleza y grandiosidad de sus cristales (yeso), además de algún chascarrillo poco científico (andalucita).

Por toda esta abundancia de ejemplos, Almería, y sobre todo, el levante almeriense, su Axarquía, como reza la portada de esta revista, está citada reiteradamente en cualquier tratado de mineralogía española. El más conocido y completo, a pesar de los años que han pasado desde su publicación (1910) es el de don Salvador Calderón, que cita 115 especies minerales que

habrían sido detectadas y estudiadas ya en aquellas fechas en la provincia de Almería, siendo la segunda provincia con mayor número de minerales conocidos sólo después de Asturias (121) y seguida de Murcia (112), que al fin y al cabo, comparte con Almería algunas provincias metalogénicas comunes.

En la descripción de cada uno de ellos, veremos que el nombre, a veces se ha impuesto, otras veces no ha sido aceptado, siendo aceptado otro «descubrimiento» posterior en otro país, o ha sido considerado simple variedad de otro mineral que ya existía, (la quiroyguita variedad de la galena), dejando algunas dudas con respecto a la comparación con otros casos similares.

De algunos de estos minerales no ha sido posible encontrar muestra en las colecciones y museos investigados, lo cual obliga a considerar con seriedad las conclusiones que serán expuestas al final de este trabajo.

Describiremos a continuación las especies minerales singulares del área considerada según un orden alfabético.

3. RELACIÓN DE ESPECIES MINERALES SINGULARES

Almagrerita

Este mineral fue descubierto por el gran mineralogista Breithaupt, estudiando las minas de plomo argentífero del Barranco Jaroso de Sierra Almagrera. El señor Calderón cuenta que lo llamó *cincosita*, aunque más tarde se le adjudicó el nombre de almagrerita. Sin embargo ha prevalecido el nombre de *cincosita* aunque se admite la sinonimia.

Se trata de un sulfato de cinc (SO_4Zn), y aparece en pequeños cubos de color blanco amarillento o agrisado sobre la blenda (sulfuro de Zn) de la que es producto de oxidación en paragénesis con calcopirita y barita e isomorfo de su colega anglesita (sulfato de plomo). Este mineral era conocido ya de antiguo en España y en Almería y, sobre todo, en Mazarrón donde existen muchos yacimientos de sulfuros complejos oxidados a sulfatos que se han conocido siempre como vitriolos de Pb, Fe, Zn, Sr, etc. Pero más antiguamente todavía A. M del Río los denomina *caparrosas*, de las cuales la llamada «caparrosa blanca» sería esta almagrerita o sulfato de Zn. No ha sido posible encontrar ningún ejemplar de este mineral, procedente de Sierra Almagrera.



2. Almeriita o natroalunita. Masivo, Adra (Museo de Ciencias Naturales de Madrid). [Foto G. Leal].

Almeriita

La almeriita, cuya fórmula completa es $(\text{SO}_4)_3\text{Al}_2\text{SO}_4\text{Na}_5\text{Al}(\text{OH})_3\text{H}_2\text{O}$, es un mineral del grupo de los alumbres. Es un sulfato aluminico sódico, es decir que incorpora el sodio (Na) sustituyendo al potasio (K) que aparece en la fórmula de la alunita $(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6\text{AlK}$.

La almeriita, descrita por Calderón en 1910, fue descubierta por Calafat en Benahadux, y localizada después en Adra, pero el descubrimiento fue mal comunicado a nivel internacional, con datos incompletos e incluso erróneos por falta seguramente de medios y fue aceptado el nombre de natroalunita o alunita sódica que fue presentado por Schaller un año después, quedando el nombre de almeriita en los tratados como nombre obsoleto o en desuso. También se le conoce, por razones de multid denominación parecidas como mendozita, solfatarita o, para andar por casa, simplemente alumbre sódico (foto 2).

Alumiana

Otro mineral de Sierra Almagrera, éste encontrado, estudiado y descrito también por

Breithaupt en el Barranco del Francés (1858). Parece ser una mezcla de sulfatos de aluminio, sobre todo alunita y natroalunita (o almeriita) y hoy se le asigna una fórmula $\text{SO}_4(\text{OH})_4\text{Al}_2\text{7H}_2\text{O}$ (Galan-Mirete). Es blanco, botrioidal, masivo y fue localizado en las minas *Abelardo* (Barranco del Francés) y en *Observación y Diosa* del Jaroso. No hay referencias actuales de este mineral, ni se han encontrado muestras. Klockmann lo ignora aunque cita un mineral al que denomina «alumian», en el grupo de los alumbres, pero con hierro contenido en la fórmula.

Andalucita

De fórmula $\text{SiO}_4\text{Al}(\text{AlO})$, este silicato aluminico es muy frecuente en rocas de tipo metamórfico, así como en las aureolas de batolitos graníticos por transformación de otros minerales de las pizarras por efecto del calor durante el emplazamiento de la intrusión magmática (chiastolita).

Viene a esta relación por una carambola del destino de este mineral, pues fue descubierto en España, pero en la localidad de Cardoso de la Sierra, al norte de Madrid, ya en Guadalajara



3. *Andalucita*. Montejo-Cardoso de la Sierra (Madrid). Cristal en prisma cuadrangular de 2 cm de arista. (Museo Príncipe Felipe. Escuela de Minas de Madrid). [Foto G. Leal].

casi en su límite. Su nombre se puso en Alemania, donde se estudiaron los ejemplares extraordinarios que se encontraron. El responsable de este estudio, el profesor Werner, creyó que Cardoso era un pueblo de Almería y en honor de esta provincia el mineral se quedó para siempre con el nombre de andalucita. Un error que popularizó el nombre de Andalucía, por vía de la provincia de Almería. La andalucita es frecuente en las formaciones metamórficas que abundan en Almería, pero hemos creído más justo ofrecer en fotografía un ejemplar cuyo origen es del lugar real de su descubrimiento donde se presentan en tamaño y pureza modélicos (foto 3).

Cabrerita

Mineral descubierto en Sierra Cabrera y descrito por S. Calderón. Es un arseniato de níquel y magnesio, de fórmula $(AsO_4)_2(NiMgCo)_3 \cdot 8H_2O$ y no ha sido reconocido como nueva especie mineral, sino como una variedad de la annabergita $(AsO_4)_2Ni_3 \cdot 8H_2O$, a cuya fórmula incorpora el magnesio y algo de cobalto. Cristaliza en bellas estrellas en costras color verde manzana, por

lo que es denominada «flor de níquel» ya que es isomorfa de la eritrina, o «flor de cobalto» de color rosa y de fórmula idéntica a la annabergita sustituyendo el Ni por el Co. No ha sido posible conseguir una muestra del lugar en el que fue encontrada y descrita por primera vez, pero sí hemos conseguido un ejemplar de una explotación de Huércal-Overa que, al fin y al cabo, pertenece a la misma provincia metalogénica. Muestras de este mineral, procedentes de la Sierra Cabrera, existen, además de en el Museo de Ciencias de Madrid, en los museos de Breslau, de Praga y en el British Museum de Londres, según Calderón, aunque, casi un siglo después el ejemplar del Museo madrileño no ha podido ser localizado (foto 4).

La cabrerita merece un estudio más profundo y serio, si es que puede ser encontrado en las viejas escombreras de la Sierra Cabrera o Almagrera.

Calafatita

Este mineral, sulfato doble de aluminio y potasio, de fórmula bastante complicada $(SO_4)_3Al_2SO_4K_5Al(OH)_3 \cdot 3H_2O$ es el llamado



4. *Cabrerita* o *annabergita*. Huércal-Overa. Flor de níquel. Cristales radiales de color verde de hasta 4 mm. [Col. Salvador Mirete y foto G. Leal].

alumbre potásico (la almeriita era alumbre sódico) y fue descubierto por Calafat en la mina *S. Ildefonso* de Benahadux. Es un mineral terroso, amorfo en su forma macroscópica que hoy se considera sinónimo o, como mucho, variedad de la alunita, que es el nombre que ha prevalecido a nivel internacional. Aunque haya una discrepancia para algunos autores sobre la fórmula química de la alunita que puede ser algo diferente, el estudio realizado por Agustín Marín de los yacimientos y minerales de Benahadux y Gádor, previamente estudiados por don Juan Calafat, sugieren razonables pruebas de que la calafatita podría ser una especie mineral diferente de la alunita, aunque ambas se sitúen dentro de ese complejo grupo de minerales que denominamos genéricamente «alumbres» (según Alfonso X el Sabio «... porque se alumbran y esclarecen todas las cosas que con ellos cuecen...»).

Agustín Marín observa ciertas diferencias en la composición de alunita y calafatita, pero mayor es la diferencia en las aplicaciones. De la calafatita se ha llegado a obtener una buena bauxita (mena de Al), sulfato potásico y ácido sulfúrico, productos a los que no es posible llegar a partir de la alunita.

Podría haber características diferenciales entre los dos minerales, que debieran ser mejor estudiadas ya que ignoramos si ha sido realizado estudio serio posterior al citado.

Siempre se han distinguido los alumbres en grupos diferentes por sus propiedades y composición. Por su parte, Salvador Mirete en un trabajo reciente comenta la clasificación de los alumbres para Alfonso X el Sabio: «... estas piedras hallan de muchas clases, pero las mejores son tres: la primera a la que dicen 'hendida' en latín y en griego 'çacaztir'; la segunda es redonda y le dicen 'çatiriculi'; y la tercera es húmeda y dicenle en griego 'uguria' y en arábigo 'alyamei'...». Del Río, de otra parte, divide los alumbres en cuatro variedades: a) 'terrosa'; b) 'apizarrada común'; c) 'apizarrada lustrosa'; y d) de 'Tolfa' (el yacimiento más conocido mundialmente) y describe minuciosamente sus diferencias. Siempre ha habido cierta confusión al determinar las especies mineralógicas que constituyen el grupo de los alumbres. Klockmann cita doce especies distintas. ¿Dónde se sitúa la calafatita y con qué credenciales mineralógicas?

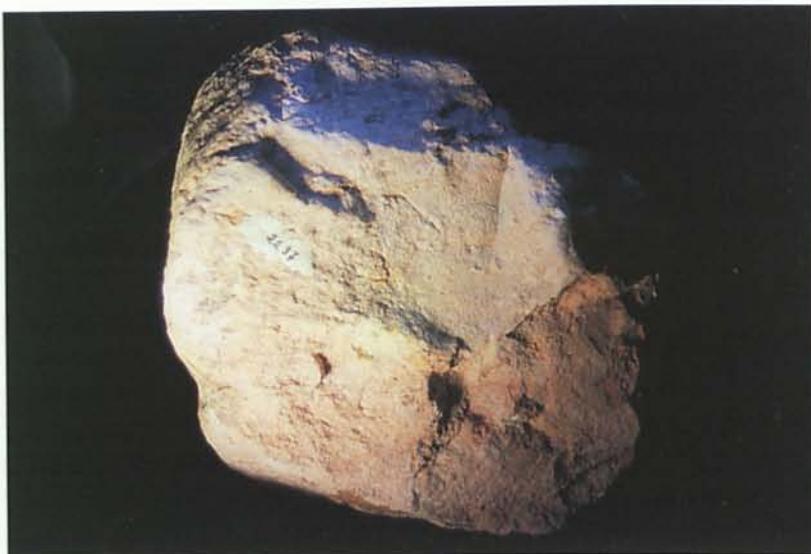
La alunita es un sulfato muy abundante en toda la provincia de Almería, como otros sulfatos

(jarosita, yeso) producto de alteración descendente (meteórica) de sulfuros diseminados habiéndose explotado en Adra, Benahadux (seguramente en relación con los yacimientos de azufre de esa zona) en Rodalquilar, ya en tiempos árabes, y en las sierras de Almagrera, Almagro, pasando a la provincia de Murcia, en Mazarrón y Cartagena, donde incluso existe algún pueblo que lleva el nombre de Los Alumbres. Este es otro mineral que merecería una atención especial para salir de las dudas sobre su identidad, composición y fórmula real (foto 5).

Los alumbres de Mazarrón van acompañados de óxido de hierro que debe ser separado para obtener el alumbre industrial. Como residuo de esta operación quedaba un lodo-polvo rojo no soluble que era llamado «almagre» o «almazarrón». Aquí comentamos la existencia de localidades y sierras que han dado nombre a ciertos minerales, pero también algunos minerales, o derivados como éste, han dado nombre, en este caso, a la sierra de Almagro y de Almagrera o a la misma villa de Mazarrón con toda probabilidad. No así es el caso del pueblo de Almagro, en Ciudad Real, que alude a otro mineral, también rojo, pero procedente del color del cinabrio, ya que las minas de mercurio de Almadén tuvieron en tiempo de los Fúcares (banqueros de Carlos V) la sede gerencial y financiera en Almagro.

Celestina

Es un sulfato de estroncio, o vitriolo de estroncio. Su fórmula es SO_4Sr y su relación con la zona es la referencia que, a finales del siglo XIX y principios del XX, se hace de los extraordinarios cristales que aparecieron en los parajes de la Atalaya y Cerro Ortega de Garrucha. Tales cristales fueron objeto de ávida demanda científica y sobre ellos se realizaron es-



5. *Calafatita* (variedad de *alunita*). Benahádux (Museo Geominero de Madrid). [Foto G. Leal].



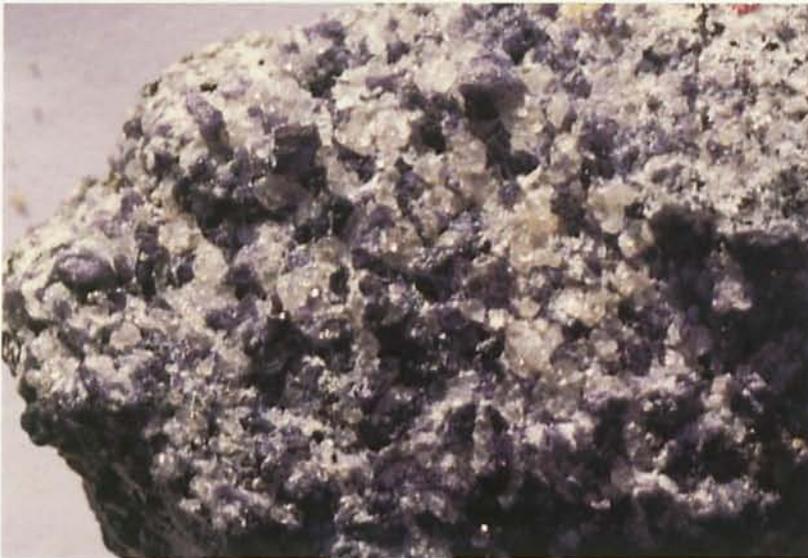
6. *Celestina*. Garrucha. Cristales incoloros de hasta 10 mm. (Museo de Ciencias Naturales de Madrid). [Foto G. Leal].

tudios que mejoraron el conocimiento de este mineral, según cita Calderón.

Se presenta en cristales prismáticos transparentes de hasta 4 cm. La foto que se reproduce es una muestra del Museo de Ciencias Naturales de Madrid que fue donada en aquella época por el primer Moldenhauer (Don Fernando), ilustre mineralogista y químico fundador de la dinastía garruchera. Breithaupt cita también la celestina del Barranco Jaroso y también existe en el Pinar de Bédar. No ha sido posible tampoco identificar el paraje de donde se obtuvieron esos cristales para realizar estudios adicionales. El nombre alude al color celeste de los minerales tipo de celestina, que no son el caso de Garrucha, donde como queda dicho son incoloros (foto 6).



7. *Celestina*. Sierra Almagrera. Bellos cristales aciculares incluidos en yeso hialino. 6 x 5 cm. [Col. Salvador Mirete. Foto G. Leal].



8. *Cordierita*. El Hoyazo de Níjar. Cristales pequeños violáceos, con algún diminuto granate. 6 X 4 cm. [Col. G. Leal. Foto J. Grima].

Además de este ejemplar, añadimos una bella muestra de celestina, incluida en yeso hialino, procedente de Sierra Almagrera (foto 7).

Cordierita

Es un silicato alumínico magnésico con algo de hierro, con fórmula $(\text{Si}_2\text{O}_7)_5\text{Al}_2(\text{MgFe})(\text{OH})_2$. Es un mineral típico, junto con los granates, que forman parte de algunas rocas metamórficas, las cuales constituyen varias de las formaciones geológicas de toda el área, sobre todo micasquistos y gneiss¹.

¹ El holandés H. P. Zeck realizó en 1968 el estudio más completo que se ha hecho de la cordierita y de los granates del Hoyazo (tesis doctoral).

La cordierita fue descubierta por el mineralogista Von Schlotheim en el Hoyazo de Níjar, volcán de actividad muy reciente de lavas ácidas (dacitas biotíticas) y la bautizó con el nombre de «Spanischer Lazulith», por su color gris azulado-violáceo. Klockmann-Randohr respetan el nombre, aunque le añaden uno nuevo: «Dicroita». Otros autores (Haüy, Lucas, Hintze) establecen el nombre que ha perseverado, en honor del geólogo francés Cordier, es decir, cordierita. Una vez más nos quedamos sin poder bautizar algo nuestro que podía haberse llamado «nijarita» (foto 8).

El nombre de «dicroita», que hoy se considera sinónimo de cordierita, alude al intenso pleocroísmo (dicroísmo) ya que, a simple vista y según la incidencia de la luz en sus cristales el color varía de gris azulado a gris violáceo. Se presenta en prismas hexa o dodecagonales, aunque en el Hoyazo no es fácil identificarlos por su hábito de cristalización. Este mineral que forma parte de los gneiss cordieríticos sometidos a digestión al atravesar esta formación las lavas del volcán, soportan el viaje incandescente sin fundirse, debido a su alto punto de fusión, al igual que los granates de los micasquistos granatíferos, por lo que se pueden encontrar sueltos dentro de la lava, en su roca madre a medio digerir, e incluso sueltos en el arroyo, ya que también tienen una dureza 7-7,5 y son difíciles de alterar.

Hay buenos cristales de cordierita en Mazarrón, en ambiente geológico vecino y pariente del Levante de Almería. Es un mineral objeto, como el granate, de ávida depredación por los coleccionistas de las Universidades que visitan El Hoyazo cada año, en sus viajes de turismo geológico y mineralógico.

Hay buenos cristales de cordierita en Mazarrón, en ambiente geológico vecino y pariente del Levante de Almería. Es un mineral objeto, como el granate, de ávida depredación por los coleccionistas de las Universidades que visitan El Hoyazo cada año, en sus viajes de turismo geológico y mineralógico.

Ferberita

Este mineral es un wolframato de hierro (Wo_4Fe). Constituye el extremo de la serie de

wolframatos denominados wolframita, en los que la cantidad de hierro y de manganeso varían, sustituyéndose uno a otro en proporción siempre de $Fe + Mn = 100\%$. El extremo de la serie, de hierro 100% es la ferberita y el extremo opuesto de 100% de Mn es la hubnerita. Ambos extremos son poco frecuentes. El mineral más abundante es la wolframita Wo_4 ($FeMn$) que es el conocido «wolfram» tan buscado en toda España durante la Segunda Guerra Mundial por la dureza que el wolframio (tungsteno) da al acero, en su aplicación a la industria bélica.

Según S. Calderón este mineral fue descubierto y descrito por primera vez por Breithaupt entre los complejos minerales de Sierra Almagrera, aunque no fue usado un topónimo para nombrarlo, sino un antropónimo, en homenaje al profesor Ferber que estudió con él *in situ* la mineralogía de la zona. El trabajo se publicó en 1857 y se realizaron análisis en Alemania por Liebe y por Rammelsberg que fueron también publicados, por lo que no podemos dudar de la tesis del profesor Calderón.

En cualquier caso se plantean dudas razonables ya que el ambiente geológico-metalogénico de la Sierra Almagrera no invita a considerar a la ferberita como una paragénesis de los sulfuros complejos habituales allí. Pero como debe ser cierto, es una buena razón para seguir estudiando estos yacimientos, que deben dar todavía alguna sorpresa mineralógica. No ha sido posible encontrar una muestra de esta ferberita del Barranco Jaroso en ningún museo ni colección privada, por lo que hemos elegido una foto de una ferberita peruana, ya que en este país se dan todos los términos mineraló-



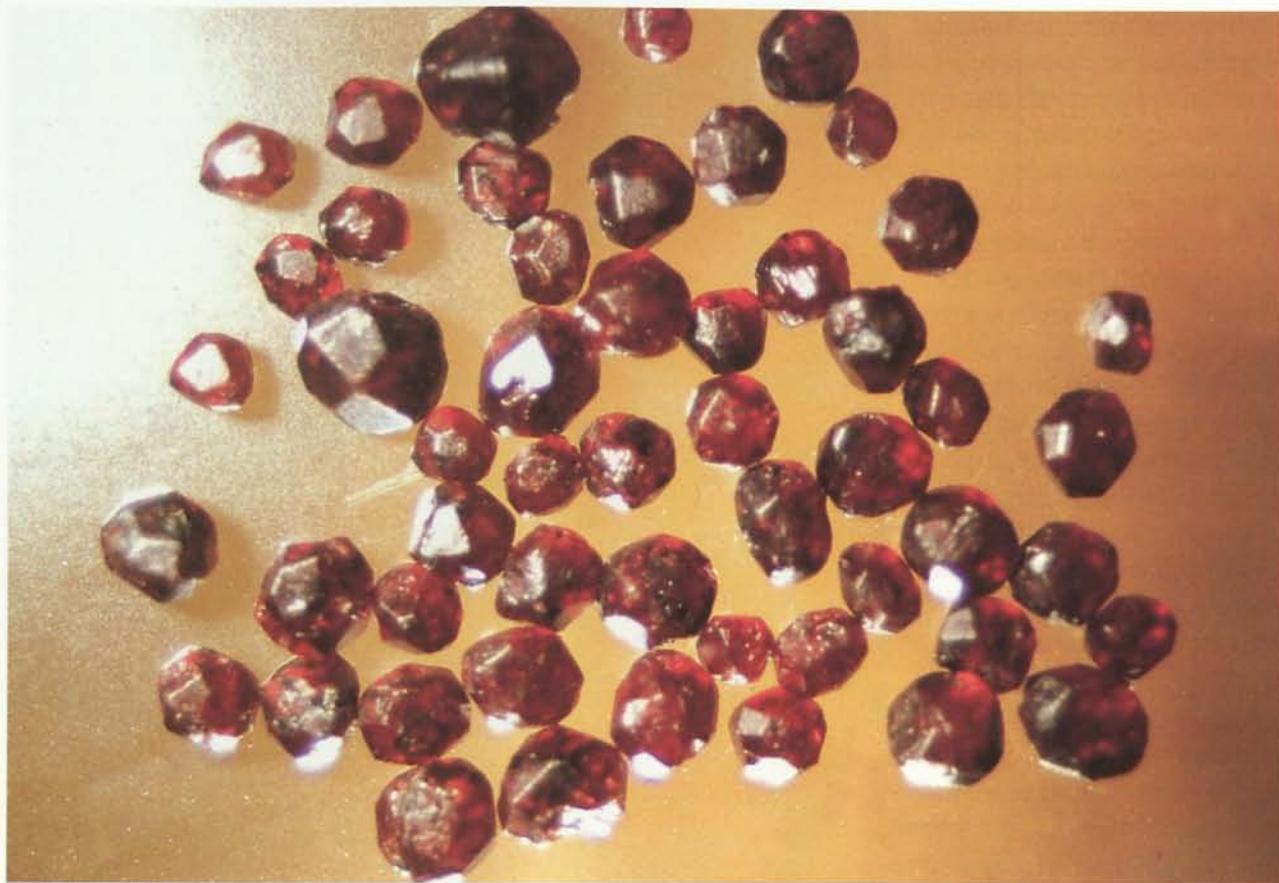
9. *Ferberita*. Perú. Cristales alargados negros con frecuencia curvados. 13 x 4 cm. En la base cristales de cuarzo. [Col G. Leal. Foto Juan Grima].

gicos, desde la ferberita hasta la hubnerita, y en cristales excepcionales (foto 9).

Granates

El granate no es una especie mineral descubierta en esta zona, ni su nombre tiene que ver con ningún topónimo ni antropónimo local. Sin embargo le damos un protagonismo en este trabajo porque es un mineral popular por varias razones que explicamos.

Es un mineral de origen metamórfico que está presente en una enorme cantidad de formaciones



10. *Granate*. El Hoyazo de Níjar. Rojo oscuro en rombododecaedros. 0'5-1'5 cm. [Col. G. Leal. Foto G. Leal].

geológicas en la zona, ocupando extensas superficies en casi toda la Axarquía almeriense, tanto en el complejo denominado Nevado-Filábride, como en el Alpujárride en los que abundan micasquitos y gneiss granatíferos. Con el granate aparecen también otros minerales metamórficos como turmalinas, distenas, cloritoides y cordierita (que tendrá su protagonismo específico) además de las micas, tanto blancas (moscovita y paragonita) como negra (biotita), que dan una especial belleza a estas rocas. El vulcanismo terciario de toda la Sierra de Gata, así como el posterior del Hoyazo de Níjar, ha tenido que atravesar con sus chimeneas y salidas de los aparejos volcánicos niveles enteros de estas rocas, enriqueciéndose en su digestión con su quimismo, que ha influido en la mineralogía resultante en el enfriamiento y cristalización de sus lavas, y con su mineralogía, que no ha sido capaz de digerir debido al alto punto de fusión de algunos de sus minerales, como el granate o la cordierita y que han pasado a formar parte de las lavas.

De modo que en muchas de estas lavas, dacitas y andesitas aparece el granate como mineralogía atípica. Estas lavas, fácilmente meteorizables, acababan disgregándose y transformándose en el último

producto de una erosión activa y rápida favorecida por el clima árido, quedando sueltos y libres los minerales como granates y cordieritas (en el caso de las dacitas del Hollazo de Níjar) y las hornablendas basálticas (en el caso de las andesitas anfibólicas de Carboneras) gracias a otra de sus propiedades físicas, que es su dureza y resistencia a la erosión, incluso al rozamiento (el granate y la cordierita tienen una dureza de hasta 7,5 en la escala de Mohs, y la hornablenda 6).

Hay varias localidades denominadas «granatillas». Además del Hoyazo de Níjar conocemos la Rambla de las Granatillas en Sopalmo, cerca de Mojácar, y es frecuente ver a estudiantes de Murcia, Granada o Madrid haciendo turismo geológico en estas zonas. También es usual observar a turistas no geólogos buscando afanosos cantos rodados por el mar de estas micacitas granatíferas en las playas de Vera, Garrucha y Mojácar, en las que se encuentran ejemplares notables.

Estas granatillas ya merecieron la cita del famoso historiador Plinio el Viejo (23-79 d. C.), que descubrió el volcán del Hoyazo, lo cual no es casualidad, ya que es bien conocida la afición que Plinio sentía por el vulcanismo, la que le llevó a morir estudiando y contemplando la erupción del



11. *Hornablenda basáltica*. Carboneras. 1-2'5 cm. Cristales prismáticos de base exagonal negros.[Col. G. Leal. Foto G. Leal].

Vesubio que sepultó Pompeya y Herculano. Todos los mineralogistas que han pasado por aquí (Bowles, 1782, decía que se podían coger «a cargas») han citado este extraordinario yacimiento de granates.

Han sido dos veces motivo de explotación minera, dada su abundancia, orientada la producción a la fabricación de abrasivos, ya que, a pesar de su belleza, sus tensiones internas debidas a su azarosa historia posterior impiden su utilización como piedra semipreciosa. En 1903-04 se recogieron casi 300 Tm. de granates y muy recientemente, hace sólo varias décadas, se intentó, sin éxito, una explotación rentable.

Son del tipo almandino, granates aluminico-férricos de fórmula $\text{Si}_3\text{O}_{12}\text{Al}_2\text{Fe}_3$, bien cristalizados en sistema cúbico en dodecaedros de caras rómbicas aunque la red cristalina es complicada, y por ello también el habitus externo es diverso (foto10).

Con respecto al origen del nombre hay diversas especulaciones. Parece que Teophrasto (371-286 a. C.) los citaba como *Ántrax* (carbón incandescente) y posiblemente para Plinio eran los *Carbunculus Garamanticus*. El nombre moderno se aplica por su parecido con los granos de la granada, cuyo árbol,

el granado, tiene el nombre linneano de *Punica granatum*. Esta fruta singular da nombre a los granates y a la vecina provincia andaluza. Un gran mineralogista y coleccionista F. Aparicio, asegura que en las estaciones de Metro antiguas de Madrid, todavía se pueden ver embutidos en el cemento, granates del Hoyazo de Níjar, cumpliendo su misión abrasiva que no es otra que procurar que las escaleras se gasten menos que las suelas de los zapatos de los viajeros, misión que a fe que han cumplido en sus casi cien años de trabajo.

Hornablenda basáltica

Es un silicato de aluminio, magnesio y hierro, perteneciente al grupo de anfíboles, de fórmula muy complicada que se puede simplificar a $(\text{SiO}_3)_2(\text{MgFe})_2\text{Al}_2(\text{AlO}_3)_2$, aunque en su red puede incluir también calcio, sodio y potasio.

Es mineral constituyente básico de las rocas volcánicas intermedias, de tipo andesita que, en el caso de las andesitas anfibólicas de los aparos volcánicos de Cabo de Gata aparece en cristales con abundancia y tamaño tales que han sido los elegidos en los tratados de mineralogía como modelos descriptivos de este mineral. La matriz



12. *Jarosita*. Barranco Jaroso (Sierra Almagrera). Cristales espáticos. Entre 2-5 mm sobre matriz de limonita. Color marrón ámbar. [Col. Juan Morillas. Foto J. Grima].

de estas andesitas, de naturaleza cripto-cristalina o vítrea, se ha alterado de tal forma por efecto de la meteorización que ha liberado los cristales de hornablenda, que se encuentran en algunas ramblas de la localidad de Carboneras, facilitando así aún más su estudio.

En tamaño llegan hasta la pulgada, son de color negro y los cristales son tabulares en prisma hexagonal. Sus acumulaciones tenían (ya son difíciles de encontrar) el aspecto de carbonilla, nombre que se le dio en principio a este mineral, aunque su abundancia en el mundo, como variedad de la hornablenda común, impuso el nombre de hornablenda basáltica (foto 11).

Es posible que el nombre de «carbonilla» fuera el origen del nombre del pueblo de Carboneras, aunque ello no consta en ninguna crónica, que sepamos, ya que a la andesita la llamaban allí «piedra de carbonilla». La importancia de este mineral en el mundo la da el hecho de que ya es citada en trabajos en 1799 y estudiada por Levy (1838), Schrauf (1878), Quiroga (1880), Ossan (1891), Calderón (1894), etc., hasta hoy.

Entre los minerales con nombre obsoleto fuera de uso, citados por Klockmann, figura la ossannita, nombre que sin duda fue puesto en honor del citado Ossan, que las estudió, así como estudió también las veritas y en general todas las volcánicas de Cabo de Gata.

Nos preguntamos si esta ossannita no pudiera ser una propuesta de nombrar a estas hornablendas, pero no hemos encontrado aún la respuesta.

Jarosita

Se trata de un sulfato de hierro de fórmula $KFe_3(OH)_6(SO_4)_2$ (según Klockmann) con potasio en su estructura. Fue descubierto por Breithaupt, y estudiado y descrito por éste y por Feber a partir de ejemplares obtenidos en las minas *Observación*, *Carmen* y *Estrella* en el Barranco Jaroso de Sierra Almagrera. S. Calderón describe otros estudios realizados en su tiempo por Groth, Tenn, Zerrerrenner y otros prestigiosos mineralogistas. Este mineral no ha tenido que defender su nombre de «jarosita» con ningún otro sinónimo ni ha quedado obsoleto, siendo actualmente de uso general.



13. *Melanterita*. Cartagena. Bellísima transparencia de este sulfato de hierro hidratado que pierde el color al deshidratarse. [Col. Salvador Mirete. Foto G. Leal].

Se presenta rara vez cristalizado pero, precisamente en el Jaroso, aparece en cristales tabulares marrón-ámbar transparentes de gran belleza, aunque de pequeño tamaño. Es producto de oxidación de la pirita, que se oxida todavía más hasta llegar a limonita en la serie sulfuro-sulfato-óxido, sobre la que se encuentra normalmente (foto 12).

La molécula de potasio (K) puede ser sustituida por sodio (Na) (natrojarosita), por plomo (Pb) (plumbojarosita) o por plata (Ag) (argentojarosita), todos los cuales minerales podrían ser identificados en estas minas en las que los sulfuros de plomo argentíferos tenían como paragénesis constante a la pirita (sulfuro de hierro) que, por oxidación ya descrita, pasaba a jarosita y limonita, tan frecuentes, que localmente a esta galeña se la llamaba «plomo alimonado».

La jarosita y su variedad sódica, natrojarosita, es muy abundante también en Rodalquilar, donde una alteración hidrotermal masiva, anterior a la mineralización, diseminó por las volcánicas gran cantidad de sílice-pirita-illita. Al oxidarse la pirita pasó a sulfato, siendo la jarosita una paragénesis constante del oro en la zona de oxidación de estas minas.

Quizá sea interesante aquí citar otro mineral singular frecuente en esta zona, ya que se trata de otro sulfato de hierro, éste hidratado, la melanterita, de fórmula $\text{SO}_4\text{Fe}7\text{H}_2\text{O}$, pues su origen también es la pirita, en otra de sus formas de oxidación. Su yacimiento tipo es la mina de *Fuente Santa*, en Huércal-Overa donde aparece en grandes masas con cristales poco frecuentes de color verde claro, deliquescente hacia verde amarillento. Se denomina también vitriolo de hierro o «caparrosa verde» como es citada por Del Río ya en 1795, ya que ambos nombres son sinónimos antiguos del sulfato.

Como curiosidad podría ser deducido que la abundancia de sulfatos en todos los yacimientos mineros de las sierras Almagrera, Almagro, Cabrera y sus prolongaciones en Mazarrón y Cartagena (la abundancia previa de sulfuros en todas las mineralizaciones, junto con formaciones encajantes muy aluminosas dan oxidaciones de «caparrosas» y alumbres) es el origen de la paralela abundancia que el apellido Caparrós tiene en toda la zona. Sin embargo la etimología de la palabra «melanterita» no tiene relación con lugares ni con nombres, sino que alude a sus aplicaciones, ya que con este mineral se fabricaba tinte negro (*melanos*: negro; *teria*:



14. *Oro nativo*. Rodalquilar. Filón 340. El oro aportado por la alunita (blanco) se deposita en las paredes de los xenolitos de cuarzo (gris). 7 X 3 cm. [Col. G. Leal. Foto G. Leal].

tinte en voz griega). Otros nombres de este mineral serían *atramentum*, vitriolo verde y antigua y localmente «acije» y «aceche».

Con respecto a la palabra latina, se la debemos a Plinio, que ya sabemos que anduvo por aquí y tiene una etimología parecida, ya que «ater» es palabra latina que significa «negro», y su nombre completo era *atramentum sutorius* que, en latín, significa «tinte negro de zapateros» literalmente.

Ya metidos en etimologías curiosas no podemos dejar de comentar la de la palabra «vitriolo», que alude a la relación entre la mineralogía y la medicina. La palabra *vitriolum* era el emblema de los adeptos, o iniciados en los secretos de la Alquimia, y que se construye con las iniciales de su lema: «*Visitabis Interiora Terrae Rectificando Invenies Optimum Lapidem Veram Medicinam*» (*Invenio* es encontrar, lo demás está muy claro).

Oro

No se puede hablar de los minerales del Levante almeriense sin aludir a uno de los rincones minerales más populares de la provincia de Almería, como es el yacimiento aurífero de Rodalquilar. Y

no porque la palabra «oro» deslumbre siempre y realce cualquier tema en el que sea protagonista. Ni siguiera porque el autor debe a este yacimiento la realización de su tesis doctoral y las enseñanzas y experiencias de sus primeros cuatro años de profesional. El oro de Rodalquilar tiene en este trabajo lugar propio ya que, más allá de la importancia económica de su explotación y de lo que significó durante muchos años para una zona tan deprimida en su desarrollo social y económico, el yacimiento de Rodalquilar es uno de los muy pocos del país en el que aparece oro nativo como mineral primario. España ha sido y es un país extraordinariamente rico en yacimientos auríferos que están siendo explotados desde hace 2000 años, pero prácticamente todos son placeres aluvionares o zonas de oxidación («gossan») de yacimientos de sulfuros complejos (Las Médulas, Genil, Darro, Riotinto, etc.).

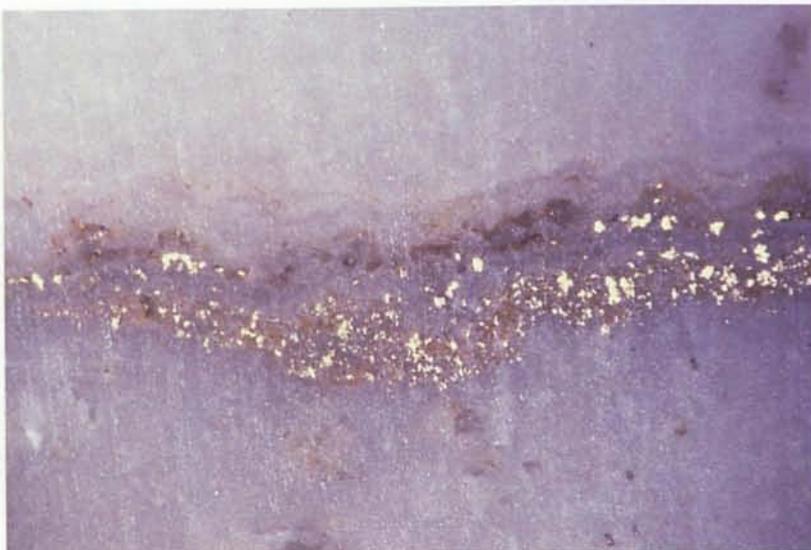
El precio del oro, como metal precioso (y encaja muy bien la redundancia), permite explotar yacimientos con leyes de algunos gramos de Au por tonelada (ppm o partes por millón). En este tipo de yacimientos es raro encontrar «oro visible», es decir ocurrencias de oro nativo de entidad macroscópica. Tal es el caso de Rodalquilar en un

caso puntual, en uno de los filones explotados (el «340») de los más de mil investigados en superficie. En la fotografía (foto 14) que ilustra esta página, el oro aparece en forma nativa en una brecha de cuarzo gris (en realidad la vieja dacita volcánica silicificada que constituye las paredes del filón) con cemento de alumita blanca que ha aportado el oro que aparece rodeando los fragmentos de cuarzo. Un detalle de esa misma muestra se ofrece en la foto 15, bajo el microscopio de reflexión. Rodalquilar es un yacimiento tipo de estos yacimientos volcánicos postalpinos como son Creep Creek y Tombstone en USA, el Indio en Chile y quizá Baia Mare en los Cárpatos rumanos.

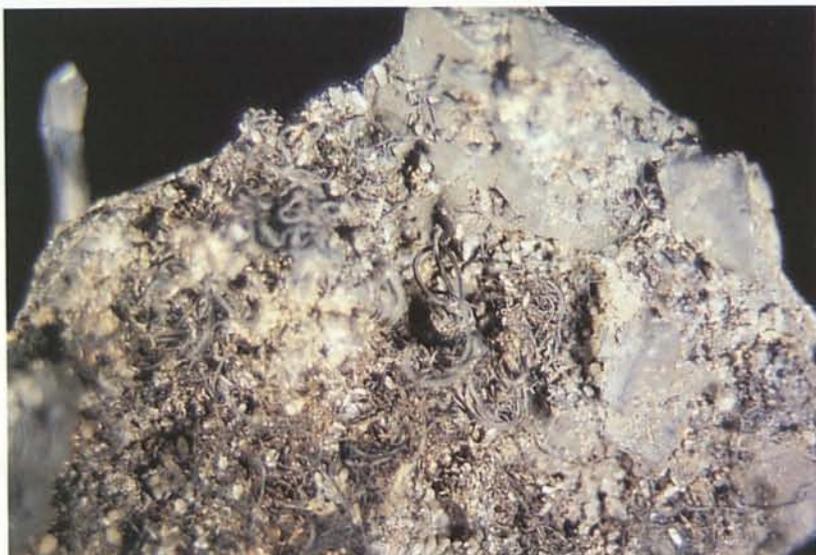
Plata

Y la plata acaba yendo siempre detrás del oro, incluso en el orden alfabético de esta relación. Y en este caso con mejores credenciales que aquél. Porque la zona que se está considerando es una de las provincias metalogénicas de plata más importantes de España y, junto con alguna otra (Hiendelaencina, Alcaracejos, Guadalcanal), ha contribuido durante años a colocar a España como uno de los primeros países productores de plata de Europa y, en otro orden, del mundo. Pero aquí no se está tratando de producciones mineras, sino de mineralogía y, en ese aspecto, no se va a considerar aquí la galena argentífera de Sierra Almagrera, sino las singulares mineralogías de la plata de Herrerías, de «*las Herrerías de Cuevas de Vera*», como todavía se citaba a principios de siglo.

La plata en esta zona minera aparece en relación con óxidos de hierro y barita. Se presenta en tres especies mineralógicas: plata nativa en forma arborescente (foto 16), querargirita ClAg o cloruro de plata con un 75% de Ag, y kongsbergita o amalgama de plata con un 97% de Ag, es decir prácticamente plata nativa, ya que la kongsbergita se definió en Kongsberg con un 95% de Ag y las amalgamas con menor proporción de plata son llamadas



15. Oro nativo. Rodalquilar. Detalle al microscopio (X 5) de la banda aurífera de la muestra anterior. [Foto G. Leal].

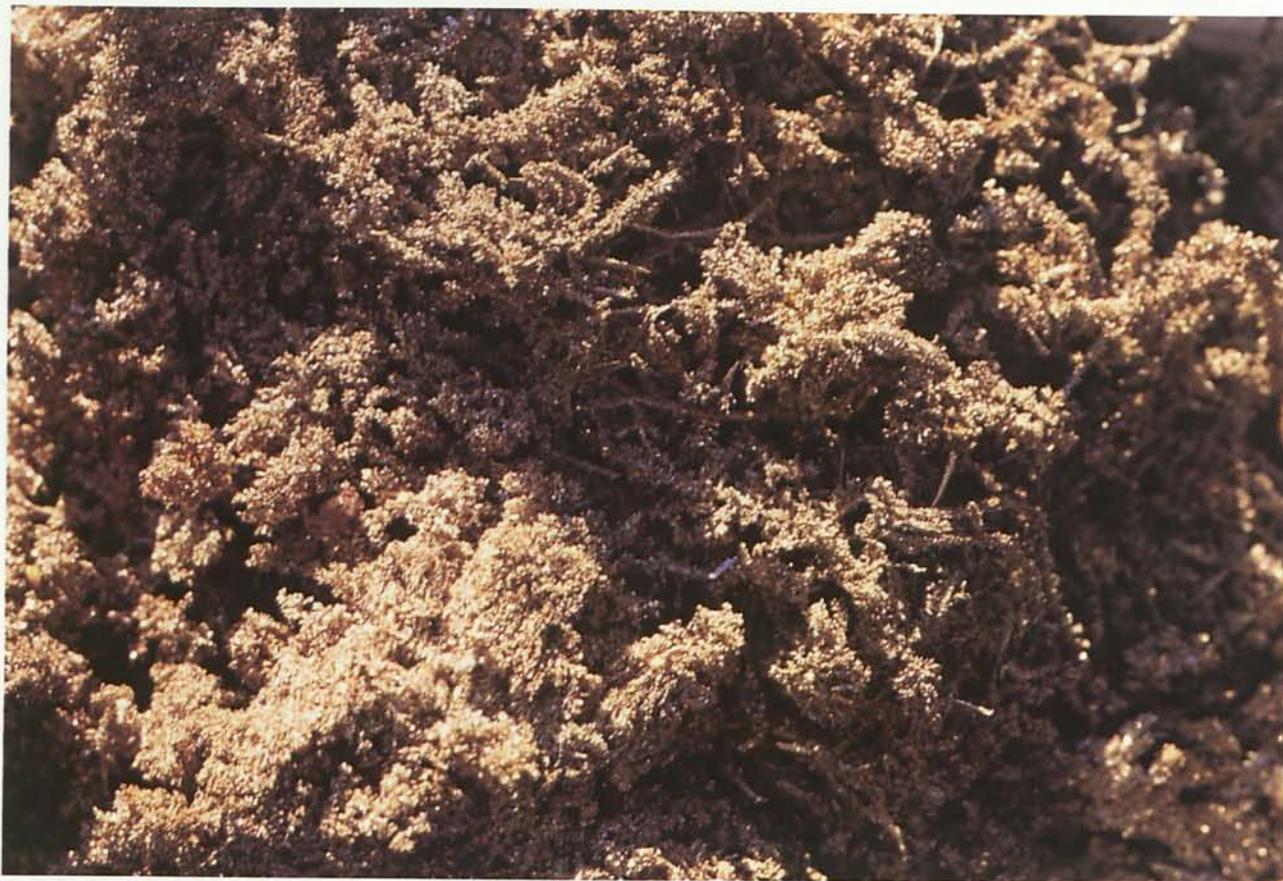


16. Plata nativa. Herrerías. Arborescente, color gris muy oscuro. 15 X 8 cm. con hilos de Ag de plata de hasta 2 cm. [Museo Príncipe Felipe de la Escuela de Minas de Madrid. Foto G. Leal].

arqueritas. Tanto querargirita como kongsbergita se presentan en forma filamentosa; la primera algo amarillenta-parda y la segunda más blanca y brillante, espectacular. En este análisis se ofrecen dos de estas variedades en el reportaje fotográfico: la plata nativa de la Escuela de Minas de Madrid y la kongsbergita de un coleccionista privado del mismo Herrerías (foto 17).

Quiroguita

El nombre de este mineral hace honor al ilustre mineralogista, petrógrafo y geólogo, profesor Quiroga, coetáneo de S. Calderón y de todos los



17. *Kongsbergita* o *amalgama de plata* (Ag 97%). Herrerías. 15 X 10 cm. Filamentosa, color gris blanco brillante. [Col. Juan Morillas. Foto J. Grima].

mineralogistas alemanes y franceses que estudiaron y clasificaron los minerales de casi todos los yacimientos del Levante almeriense.

Fue descubierta y descrita en el Barranco Jaroso, de la Sierra Almagrera, por F. Navarro en 1895. El mineral hoy está considerado como una simple variedad de la galena, sulfuro de plomo. Sería una galena antimonal, por contener antimonio en su fórmula. Ésta, que se creyó nueva especie, no fue considerada como tal, como algunas otras descubiertas aquí; pero fueron poco o mal estudiadas y luego fueron redescubiertas por otros científicos y en otros parajes con posterioridad. Sin embargo, el extraño hábito cristalino tetragonal (la galena es cúbica) y la presencia, no sólo de Sb, sino también de Fe, podría merecer un estudio más profundo de esta extraña variedad, ya que desconocemos si ha sido realizado alguno hasta la fecha (foto 18).

Klockmann la considera una «galena impura». Suponiendo impureza la presencia de Sb, Fe y la «pseudomorfosis» del sistema tetragonal, habría que suponer también simples impurezas a una cantidad importante de minerales que son reconocidos como especies por la IMA. Quizá, una vez más,

repetimos que puede valer la pena salir de este tipo de dudas.

Rodalquilarita

La rodalquilarita es un clorotelurito de hierro hidratado, de fórmula $\text{ClH}_3\text{Fe}_2(\text{TeO}_3)_4\text{H}_2\text{O}$, producto de la oxidación de un telururo de oro, mineral que forma parte de las paragénesis del oro nativo en el yacimiento de Rodalquilar. Fue descubierto por el equipo de investigación de la Empresa Nacional Adaro que trabajó en dichas minas desde 1963 hasta su cierre (1967) con el objeto de obtener un conocimiento más profundo del criadero que permitiera tomar decisiones definitivas sobre su futuro. El mineral apareció en el filón 340, en relación con una enorme bonanza aurífera que se presentó en una brecha de cuarzo con matriz de alunita. Fue confundida con emmonsita (telurito de hierro hidratado) de características muy parecidas. Al haber discrepancias con el modelo teórico de este mineral, se tomaron muestras que fueron estudiadas en la popia ENADIMSA, en el B.R.G.M. (Boureau de Recherches Geologiques et Minières de Orleáns) y en el laboratorio de Mineralogía y

Cristalografía de la Universidad de Nancy, en Francia. Fue aceptada como nueva especie mineral por la IMA en 1967 (fotos 19 y 20).

Se presenta en pequeñísimas oquedades en el cuarzo aurífero, en cristales submicroscópicos de color verde manzana-hierba, acompañado de jarosita y oro nativo, y muy raramente emmonsita.

Hasta la fecha parece que ha sido encontrado este mineral en la mina *El Indio* en Chile, idéntica en características geológicas a Rodalquilar. También hay noticia de que ha sido obtenido sintéticamente en un laboratorio en USA. Williams revisa la clasificación de las emmositas del distrito aurífero de Tombstone, en Arizona, en 1980 reconociendo en muchas de ellas la presencia de rodalquilarita. El yacimiento tipo sigue siendo Rodalquilar.

Zincazurita

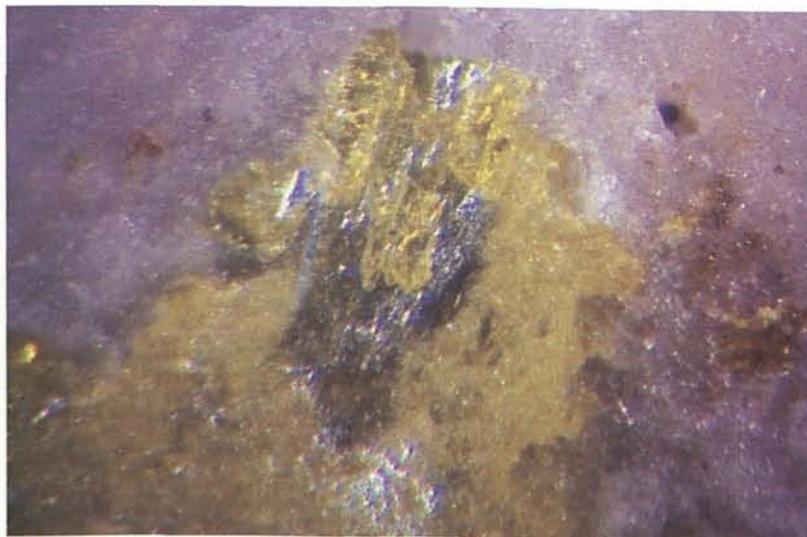
Este mineral es una azurita (carbonato de cobre) zincífera, y se supone que es una mezcla de azurita y zincosita o almagrerita (sulfato de Zn, SO_4Zn), aunque no ha podido ser dilucidada la duda por falta de investigación posterior, hasta el día de hoy, que sepamos. Lo cita S. Calderón, mencionando a su vez a Breithaupt que describe el mineral en 1852. Tiene el color azul de la azurita pero sus cristales son muy pequeños y muy brillantes en paragénesis con la propia azurita, oligisto, jarosita y zincosita o almagrerita. Naturalmente se habla del barranco Jaroso de Sierra Almagrera. Klockmann no lo cita ni como nombre obsoleto y Galán-Mirete tampoco. Será muy interesante un estudio profundo. No ha podido ser localizada ninguna muestra.



18. *Quiroguita*. Barranco Jaroso de Sierra Almagrera. Pseudomorfosis en sistema tetragonal. Gris claro. Aristas de hasta 2 cm. [Museo Príncipe Felipe de la Escuela de Minas de Madrid. Foto G. Leal].



19. *Rodalquilarita*. Rodalquilar. Cristales verdes submilimétricos. Microscopio (X 10). Pequeña geoda en cuarzo con alunita. Se puede distinguir algo de oro. [Col. G. Leal. Foto G. Leal].



20. *Rodalquilarita*. Rodalquilar. Cristales de algo más de 1mm en cuarzo aurífero. Foto bajo el microscopio (X 15). [Col. G. Leal. Foto G. Leal].



21. Azurita. Sierra Almagrera. Cristales de azurita sobre matriz de baritina.
[Museo Príncipe Felipe de la Escuela de Minas de Madrid. Foto G. Leal].

Un bello ejemplar de azurita sobre un sulfato no determinado del Museo de la Escuela de Minas ha sido analizado para comprobar si pudiera corresponder a la paragénesis citada por Calderón de zincazurita-almagrerita, pero se trata de azurita-baritina (sulfato de bario). No obstante, al no haber localizado ninguna muestra de zincazurita, se adjunta la foto de esta muestra de azurita-baritina, que procede del mismo lugar en el que se describe por primera vez la zincazurita (foto 21).

Yeso

El último mineral de esta relación en el orden alfabético que se ha seguido, también representa el último gran descubrimiento mineralógico de toda esta zona. El ambiente geológico-metalogénico del área ya hemos visto que es favorable a la existencia de los sulfatos como oxidación de los sulfuros, tanto en diversidad como en cantidad. Pero también hay enormes áreas en las que el azufre se libera, no formando sulfatos de elementos pesados, ni alumbres por interacción con rocas aluminosas, sino que se alían con el calcio de rocas calcáreas para formar reservorios enormes de

yeso, en unos casos, o aparecer como paragénesis de muchos de los yacimientos del entorno.

El yeso es notable por su cantidad, su especial ocurrencia y su interés industrial en Sorbas, donde incluso es explotado un karst yesífero como atracción turística².

Pero lo verdaderamente notable ha sido la aparición de la ya famosa Geoda Gigante de la *Mina Rica* del Pilar de Jaravía, en Pulpí, en una galería de las antiguas minas de hierro y plomo argentífero. Fue descubierta por un equipo de investigación de la Revista *Bocamina* en diciembre de 1999, preparando un reportaje que se publicó en el n° 6, de septiembre de 2000, algunas de cuyas fotos nos han sido cedidas amablemente por la citada revista. Se trata de una geoda de 9 metros de longitud por 2 de alto, con cristales impresionantemente perfectos en limpieza y transparencia y de tamaños que hacen considerar el hallazgo como una anomalía mineralógica casi única en el mundo. Y decimos casi única porque

² Aunque el origen de este yeso es indudablemente evaporítico, la extraordinaria potencia de la formación (hasta 60 metros) sugiere la participación de azufre de las coetáneas y vecinas erupciones volcánicas.



22. Yeso. Mina Rica del Pilar de Jaravía. (Pulpí). Los hermanos Efrén y Adrián Cuesta descubridores de la Gran Geoda.
[Foto J. M. Cuesta. Cedida por la Revista *Bocamina*].



23. Yeso. Mina Rica del Pilar de Jaravía (Pulpí). Detalle de la transparencia que presentan los cristales de yeso de la geoda gigante. [Foto Fernando Gómez. Cedida por la Revista *Bocamina*].



24. *Ágata*. Mina Santa Bárbara de Cabo de Gata. 10 X 7 cm. Bandas de distintos tonos de blanco y grises. [Col. G. Leal. Foto G. Leal].

existe un precedente en la «cueva de Las Espadas» de la mina San José del Sacramento, Sierra de Naica, Chihuahua, México, descubierta en 1910 en una explotación minera (Pb, Cu, Ag, Au), que data de 1828 (casi la misma historia que la nuestra y que, con algunos cristales de más de dos metros de yeso selenita (también como en Pulpí), presenta cavidades o geodas bastantes más grandes que la nuestra (hasta 70 u 80 metros). Sería muy interesante —y es posible que se esté haciendo así— que este caso fuera utilizado como modelo para no caer en los mismos errores que fueron cometidos allá, donde, a pesar de haber perdido una parte de su valor primitivo por la depredación de primera hora, todavía debe de existir el proyecto de declarar Naica Patrimonio Natural de la Humanidad. Como idea para los responsables del futuro de Jaravía, que de momento han preservado el descubrimiento intacto valga el hecho de que en Naica la primera geoda descubierta no era ni la única, ni la mayor, ni la más importante.

Es incierto en este momento el porvenir de este reducto maravilloso de Pulpí, por su difícil acceso, sus problemas de propiedad y de legalidad, su vulnerabilidad a posibles visitas depredadoras (el yeso se puede rayar con la uña) quedando todos los

amantes de la mineralogía y de Almería a la expectativa de que altas instancias (CSIC y la Junta de Andalucía) decidan ese futuro. Mientras tanto la entrada en la mina está clausurada. Se ilustra esta descripción con dos fotografías (fotos 22 y 23), en las que se puede admirar tanto el tamaño como la pureza y transparencia de los cristales de yeso.

4. OTROS MINERALES Y ROCAS SINGULARES EN LA ZONA

En una revisión más exhaustiva de los minerales singulares por alguna razón en Almería y, sobre todo, en el Levante almeriense, se encuentran varios de interés:

Winklerita: mezcla de óxidos de cobalto y níquel, de fórmula $(\text{Co}, \text{Ni})_2(\text{OH})_4$ localizada en Cerro Minado (Huércal-Overa) y en Sierra Alhamilla. Citado por el ya popular Breithaupt en 1872 y bautizado por él mismo en honor de Clarens Winkler. Klockmann lo cita como en desuso, sinónimo de «obsolana».

Johnstonita: también citada por Breithaupt, sería una galena alterada o posible variedad mal estudiada. No parece tener mucho fundamento, pero queda la duda.



25. *Verita*. Roca volcánica en las afueras de Vera. [Col. G. Leal. Foto G. Leal].

Steinmannita: otra posible variedad de la galena, con Sb.

Schapbachita: sulfuro de bismuto y plata, S_2BiAg , mineral negro, sistema rómbico, descubierto en Schapbachtal (Selva Negra). Es un mineral que se presenta siempre intermezclado con la galena. Sinónimo de matildita, por sincronía en el descubrimiento en la Mina Matilde (Morococha, Perú). El único interés en esta relación es que la única ocurrencia de este mineral en España se sitúa en las minas de Pb de Sierra Alhamilla.

Han sido descritos ejemplos aquí de minerales que han tomado su nombre de topónimos geográficos, pero también son innumerables las citas geográficas que tienen su nombre prestado de algún rasgo cercano minero o mineralógico. Basta analizar un buen mapa para darse cuenta. Hasta aquí se han nombrado Mazarrón, Alumbre, Almagro, Almagrera, Herrerías, Los Caparroses, etc., pero hay un caso singular que es el de Cabo de Gata y la sierra del mismo nombre, que se lo deben a la variedad de cuarzo denominada ágata, que constituye la ganga silíceo de la multitud de minas de plomo que existen en toda la sierra y que, en algunos casos dejan huecos rellenos por amatistas en forma de geodas, aunque de un color violeta muy desvaído y claro, que

dan nombre a su vez al cerro que hoy es mirador de un paisaje bellissimo, cerca de la Isleta del Moro Arráez. Estas ágatas, conocidas cuando las minas estaban en explotación (Rincón de Martos, Santa Bárbara, etc.) hoy son tan escasas que no es fácil encontrar ejemplares de ellas. El que ofrece la fotografía está sacado de la escombrera de la mina Santa Bárbara, en el punto más alto de la sierra y uno de los pozos de mina más profundos (foto 24).

La palabra ágata, a su vez, viene del Río Achatís (Sicilia), y sobre los caprichosos dibujos que presenta su estructura en bandas de diferentes tonos en crecimiento botrioidal, se cuenta en crónicas latinas que «... *Pirro, aquel que hizo guerra contra los romanos, tenía un achate (ágata) en el que se veían a las nueve musas y a Apolo tocando la cítara, pero no hecho por arte, sino discurriendo naturalmente las manchas (bandas) de tal manera que cada una tenía su propia insignia*». Parece que Pirro poseía, además de su achate, una desbordante imaginación.

Es curiosa la etimología de la amatista. Viene de la voz griega *amethyston* (A, privativa y Methio, intoxicación etílica), ya que aunque hoy a nadie se le alcance la forma de hacerlo, parece que este mineral curaba las borracheras.

Por otra parte, y aunque no se trate de un mineral sino de una de las asociaciones minerales citadas al principio del trabajo ya que se trata de una roca, no podemos dejar de mencionar las veritas, rocas volcánicas estudiadas y descritas por el citado Ossan, de la Universidad de Heidelberg. Son muy oscuras, casi negras, compactas, con brillo vítreo y con frecuentes vacuolas. Tanto esto como su matiz vítrea o criptocristalina indican enfriamiento muy rápido. Su textura es porfídica, con fenocristales de piroxeno (diópsido) y flogopita o mica magnesianas. Además tiene ortosa (sanidina) y leucita. Estas veritas se están utilizando hoy para cubrir sembrados de plantas ornamentales, sobre todo en las urbanizaciones que se están construyendo muy cerca de su afloramientos en la cercanías de Vera, al modo que se usan las volcánicas recientes de Lanzarote, aún más negras, y más decorativas. El nombre es muy local, como el de otras volcánicas aparecidas cerca de Jumilla, denominadas jumillitas. Este tipo de denominaciones locales, a escala sólo nacional, no está controlado por comités internacionales por lo que, felizmente, nadie puede negar a los vecinos de Vera el placer de tener a su alcance una roca volcánica especial que lleva su nombre (foto 25).

5. ALGUNAS CONCLUSIONES DIGNAS DE CONSIDERACIÓN

A lo largo de este artículo, y a pesar de su necesario nivel divulgativo en atención a un lector no especializado, se dejan entender ciertas gotas de amargura un tanto pesimistas sobre el pasado y el presente de nuestra mineralogía, aunque hay ciertas esperanzas de optimismo sobre el futuro.

Nuestro país nunca ha viajado en la cresta de la ola de la ciencia y la tecnología. Esto está claro. Pero a fuer de ser tachados de cenizos, nos atrevemos a transcribir varias noticias de las que han llegado a nuestro conocimiento en estos meses que hemos dedicado a este análisis.

A) El inglés John Gribbin publica en 2002, a modo de divulgación científica, un interesante libro *Science. A History (1543-2001)*, traducido al español en 2003 como *Historia de la Ciencia (1543-2001)*, que entre unos 700 personajes citados, tan sólo uno es español (Miguel Servet). Aún teniendo en cuenta que la exaltación de sus propios valores tenga una prioridad entusiasta, el dato es muy desalentador (aunque la palabra «chauvinisme» sea francesa, el mundo anglosajón no se queda atrás en la contemplación de su propio ombligo).

B) Según comunicación de J. González de Rábago, España tiene reconocidos en la IMA, como especies aceptadas veinticinco especies minerales, de las que tan sólo han sido descubiertas y estudiadas completamente tres de ellas (morenosita, ferrona-tropedrizita y calderonita) por científicos españoles exclusivamente. Francia tiene reconocidas cerca de 200 e Italia más de 200. España es enormemente más rica en frecuencia y en variedad de yacimientos minerales que Francia e Italia.

C) En la prensa del día en que esto queda escrito (12.01.04) se publica que en el Coto de Doñana se desarrollan hoy hasta 45 proyectos de investigación sobre Ciencias Naturales (referidas a los reinos animal y vegetal y al agua) en los que trabajan varias decenas de investigadores y se invierten más de 4 millones de euros. ¿Cuántos euros se invierten en la investigación, posible descubrimiento y conservación de nuestro patrimonio mineral?

Cuando nació la Sociedad Española de Mineralogía se despertaron ciertas expectativas, ya que no solamente la Sociedad podía encauzar la mayoría de trabajos de investigación, tesis, etc., de rango científico por medio de su congreso anual y su revista (Boletín de la SEM) y se establecía una relación permanente representativa en la International Mineralogical Association, sino que se pensó también en el fomento del coleccionismo, en la creación de clubs de intercambio, en el establecimiento de bolsas periódicas (hoy permanece la de la Escuela de Minas ya con solera y tradición), la coordinación entre museos, la definición de parques nacionales mineralógicos (patrimonio natural tan importante —creemos que más— que alguna especie de lagarto que ha justificado la creación de algún Parque Natural), la protección de estos parques, etc.

Estas expectativas sólo han sido satisfechas en parte, lamentablemente para algunos yacimientos tipo de minerales españoles que han sido expoliados (el aragonito de Minglanilla y otros cuantos más).

De todas las conversaciones mantenidas por cuantos han colaborado en la fase informativa de este trabajo, científicos, profesores de universidad, conservadores de museos, coleccionistas, etc., han surgido algunas ideas que son referidas aquí a nivel local, pero que pueden ser extrapoladas y llevadas a cabo también a nivel nacional.

A) La creación en la Axarquía almeriense de un centro de información (Centro de Interpretación lo llaman ahora), de un teórico (virtual) Parque Natural Mineralógico o Minero-Mineralógico que abarque toda la zona, desde Cabo de Gata hasta Murcia

(con obligada interfase almeriense-murciana). Actualmente se especula con la posibilidad de montar algo relativo sólo a Rodalquilar en este pueblo que ha sido tomado por la Agencia del Medioambiente (AMA) como «capital» del Parque Natural de Cabo de Gata. También existe algún proyecto sobre los yesos del Pilar de Jaravía. Algo más importante en intención y en extensión que abarcase todas las áreas interesantes podría tener digna sede en el Castillo de Cuevas del Almanzora, en el de Garrucha, en la Casa de Orozco en Vera, en la Casa de Gerencia de la Marina en Mojácar o en algún otro lugar señero de la zona. Rodalquilar y Pulpí quedan en extremos opuestos y dejan fuera el enorme patrimonio mineralógico de las Sierras de Almagrera, Almagro, Cabrera y Bédar ¿Sería posible algo así?

B) Con criterios parecidos a los que han condicionado la elección de los minerales aquí descritos para la provincia de Almería, se podría hacer algo importante en algún museo de Madrid que abarcase la escala nacional, y dedicar en él un espacio específico para describir la importancia de la mineralogía española en el mundo. Esto parece que podría estar más cerca de ser una realidad.

C) Proponer áreas para estudios específicos de metalogenia y mineralogenia en las viejas minas que han proporcionado los minerales citados en este trabajo, para resolver de una vez todas las dudas que dejaron nuestros antecesores Calderón, Ferber, Breithaupt, Plattner, etc., que sepamos, tan sólo se ha realizado en esta zona una sola tesis doctoral que no hemos podido conocer (tampoco ha habido tiempo y lugar de buscar demasiado. Es posible que existan otras). Podrían programarse otras desde las universidades próximas de Granada, Murcia e, incluso, de Madrid. Encontrarían apoyos decididos *in situ* en este tipo de estudios, que se nos antojan muy necesarios.

Naturalmente estas son solo ideas y las ideas son de todo aquel al que le son comunicadas. Alguien inteligente dijo que es muy necesario que los hombres tengan ideas pero que lo es más aún que las ideas tengan hombres. Hombres que quieran, puedan y sepan llevarlas a término. Desde instituciones adecuadas y con presupuestos dignos de objetos tan nobles. Solo así los amantes de los minerales, que son miles ya en España, podremos dar algo más de vida al Reino Mineral, ya que los otros Reinos de seres vivos parece que están suficientemente atendidos en la actualidad por esa enorme ola favorable denominada ecología o ciencia medio-ambiental, que ha tenido el pequeño olvido

de dejar fuera de sus objetivos y de sus presupuestos al «inanimado» mundo mineral.

AGRADECIMIENTOS

Muchas son las personas con las que se han contrastado conocimientos y recabado información o han puesto a disposición del autor ejemplares de minerales de museos y colecciones. Señalamos como indispensables para conseguir lo conseguido a Javier García Guinea y Begoña Sánchez Chillón del Museo de Ciencias Naturales de Madrid, que pusieron a disposición del autor tanto las piezas del museo, como el microscopio y el dispositivo fotográfico para conseguir las fotos de la rodalquilarita; Isabel Rábano y Ángel Paradas, del Instituto Geológico y Minero de España; a Benjamín Calvo y Raúl Cueto, del Museo *Príncipe Felipe de Borbón* de la Escuela de Minas de Madrid; Gonzalo García, director de la revista *Bocamina*; Juan Grima, coordinador de esta revista e inagotable conocedor de todos los aspectos de la historia de la Axarquía; Salvador Mirete, fecundo tanto como coleccionista como autor y promotor de ideas; J. González de Tánago, profesor de la Universidad Complutense de Madrid, que hace compatible su rigor científico con el amor al coleccionismo, dualidad para la que se antoja deseable una mayor frecuencia en las universidades españolas; Miguel Calvo, pozo inagotable de conocimiento de la minería y mineralogía española; y a Juan Morillas, coleccionista de Herrerías. A todos ellos, gracias por sus opiniones, consejos y generosa disponibilidad.

POST SCRIPTUM

Ya en la imprenta el número de esta revista, la prensa internacional ha difundido la noticia, comentada por la NASA, de la existencia en Marte del mineral jarosita, del que se da información en este artículo. Efectivamente, al ser un mineral hidratado necesita la presencia de moléculas de agua para su cristalización. La prensa de toda España, y sobre todo la de Almería, se ha hecho eco de manera grandilocuente de la importancia que ese hecho puede suponer para Almería («...Almería y Marte hermanadas...», «...Almería, museo geológico...», «...la Jarosita centra el interés internacional en la riqueza mineral de Almería...», «...Almería tesoro geológico del sureste europeo...») con titulares y textos con las inexactitu-

des a que nos tiene acostumbrada la prensa por la ignorancia de la temática habitual en un periodista-reportero y por la prisa por vender el titular. En este momento las principales riquezas mineras de Almería son los yesos evaporíticos de Sorbas y los mármoles de Macael, que no son objetivo de este artículo ya que en él se trata de mineralogía, y no de minería. Sin embargo, entre las inexactitudes que vemos que han sido publicadas estos días, y en una revista mensual con cierto prestigio en cuanto a temas técnicos o científicos, figura la cita de la obsidiana como roca interesante que se puede encontrar en Carboneras. Esta roca es un vidrio volcánico, efectivamente producto del enfriamiento muy rápido de lavas pobres en volátiles que se solidifican en forma de masa vítrea porque no existen núcleos de cristalización ni tiempo para individualizar cristales de los minerales que se formarían con algún tiempo más de enfriamiento. Por la experiencia personal de casi cinco años estudiando todas las volcánicas de Cabo de Gata (varios cientos de preparaciones microscópicas) sin encontrar nunca una muestra de vidrio volcánico que no estuviese ya desvitrificado; porque las únicas muestras que se han encontrado de esta «obsidiana» se localizan exclusivamente alrededor de un área muy pequeña, y porque se hallan, además de estas «obsidianas», muestras de la propia roca del área «vitrificada», con todas las fases intermedias entre la roca y el vidrio, nos inclinamos a creer que esas muestras no son obsidiana volcánica, aunque tengan el mismo color e incluso la misma posible composición química sino que son fundidos de roca probablemente por efecto de un rayo, ya que por allí tampoco existe ninguna fundición que pudiera haber producido escorias vítreas.

Esperamos, de todos modos, que esta «movida informativa» favorezca la consecución de las propuestas que realizamos en este trabajo y mentalice a las autoridades políticas y científicas para que algo se haga en cuanto a la valoración del patrimonio mineralógico de Almería, y sobre todo de su Axarquía.

Bédar, enero 2004

BIBLIOGRAFÍA

- ALFONSO X EL SABIO: *Lapidario* [h.año 1259], edición facsimilar de M. Brey Mariño, Madrid, 1980.
- ARTERO, José María: «Una roca exclusiva de Vera», en revista *Vera* 30, año 1, nº 4, abril, 1990.
- BIANCHI POTENZA, F. y MICHEL, V. de: «Criteri di ortografia mineralogica italiana», *Rev. Natura*, vol. 83, marzo, 1992.
- CALDERÓN Y ARANA, Salvador: *Los minerales de España*, 1910.
- CALVO REBOLLAR, Miguel: «Minerales que tienen en España su localidad tipo», bajado de su WEB de Internet, 2003.
- CAYO PLINIO SEGUNDO: *Historia Natural*, traducción de G. Huerta, 1629.
- COOPER, Edward y MIRETE, Salvador: *La mitra y la roca*, Diputación Provincial de Toledo, 2001.
- DÍAZ GARCÍA-MAURIÑO, Carlos: *Diccionario de términos mineralógicos y cristalográficos*, 1991.
- GALÁN, E. y MIRETE, S.: *Introducción a los minerales de España*, Instituto Geológico y Minero de España, 1979.
- GONZÁLEZ DE TÁNAGO, J.; LAIGLESIA, Ángel; RIUS, Jordi y FERNÁNDEZ SENTÍN, S.: «Calderonite a new lead-iron-vanadate of the brackebuschite group», *American Mineralogist*, vol. 88, 2003.
- KLOCKMANN, F. y RAMDOHR, F.: *Tratado de Mineralogía*, 2ª ed. española de la 19ª ed. alemana, 1955.
- MARÍN, Agustín: *Las minas de Calafatita de Benahadux*, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 1912.
- PALERO, F. J.; GÓMEZ DÍAZ, F. y CUESTA, J.M.: «Pilar de Jaravía. La Geoda gigante de la Mina Rica», *Revista Bocamina*, nº 6, septiembre, 2000.
- RÍO, Andrés Manuel del: *Elementos de Oricognosia*, 1795.
- SIERRA, J.; LEAL, G., PIERROT, R.; LAURENT, Y.; PROTAS, J. y DUSANSOY, Y.: «La Rodalquilarite, Chlorotellurite de fer, une nouvelle espece minerale», *Bull. Soc. Mineralogique et Cristallographique de France*, 1968.
- WILLIAMS, S. A.: «The Tombstone District, Cochise County, Arizona», *The Mineralogical Records* 11, Arizona II, 1980.