



Lingote de bullion. Foto: Cortesía de RNGM, S.A.



Sondeos de control de leyes en la Plataforma 460 de la Fase 1 de Boinás Este (mayo de 1999). Foto: Cortesía de RNGM, S.A.

tar por minería a cielo abierto son preferentemente cálcicas, mientras el futuro laboreo subterráneo en Boinás Este coexisten ambos tipos.

## ARSENOPIRITA

*FeAsS*

Es un mineral muy difundido en el skarn, especialmente en la zona más próxima a la roca ígnea (Cepedal et al., 2000). Aparece tanto en forma masiva como, sobre todo, en forma de cristales, generalmente algo toscos y fracturados, aunque brillantes, de tamaño centimétrico. La figura dominante es el prisma {101}, acompañado de {210} y/o de {120}, este último estriado o con aspecto redondeado.

En la corta de Boinás Oeste la arsenopirita aparece formando crecimientos paralelos de cristales que pueden alcanzar los 3 cm. En la corta El Valle, los cristales son generalmente menores, aunque también pueden alcanzar 1 cm de longitud, con hábito más alargado que en las otras cortas. Frecuentemente aparecen dentro de masas de calcita cristalina, de la que pueden liberarse con un ácido. En la corta Boinás Este los cristales de arsenopirita están incluidos en cuarzo y calcita, con tamaños de hasta 4 cm y ocasionalmente acompañados de chamosita.

## BABINGTONITA

*Ca<sub>2</sub>(Fe<sup>2+</sup>, Mn)Fe<sup>3+</sup>Si<sub>5</sub>O<sub>14</sub>(OH)*

La babingtonita se encontró en 1999 en la corta Boinás Oeste, en forma de venillas en la roca y como cristales, asociada a apofilita y calcita. Los cristales son de color negro (el mineral es de co-



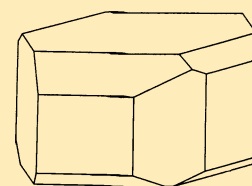
Cobre nativo, crecimiento de 23 mm obtenido en el nivel 380 de Boinás Este. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.

lor verde muy oscuro en esquirlas finas) y su tamaño está comprendido entre menos de 1 mm y 3 mm, aunque localmente se encontraron cristales de más de 1 cm, formados generalmente por el crecimiento paralelo de cristales menores. Están englobados en apofilita y calcita, de modo que la eliminación de estos minerales con un ácido (la apofilita, aunque es un silicato, es soluble en ácidos), permite dejarlos expuestos. A principios del año 2001 se encontraron también cristales de babingtonita, mucho más grandes, de hasta 2,5 cm, en la corta Boinás Este, asociados a calcita, apofilita y epidota.

Puesto que la babingtonita pertenece al sistema triclinico, sus cristales están formados solamente por pinacoides. El dominante en este yacimiento suele ser el {001}, que se corresponde con un plano de exfoliación, y que suele ser liso o con figuras de crecimiento onduladas.

Cuando domina este pinacoide, los cristales tienen hábito tabular grueso. También aparecen cristales en los que varios pinacoides {hk0} están más desarrollados, haciendo que el cristal adopte un hábito prismático corto. Estos pinacoides suelen estar estriados verticalmente. En general, los cristales presentan también algunas otras caras, en particular la del pinacoide {101}.

La babingtonita es un mineral relativamente poco frecuente, que en España solamente se ha citado con anterioridad



Babingtonita. Cristal con el pinacoide {001} (cara superior) dominante.

en el plutón de La Cabrera (Madrid) (González del Tánago y La Iglesia, 1998). Aunque los yacimientos más habituales de este mineral son los relacionados con zeolitas, es un hecho bien conocido que los mejores ejemplares de babingtonita aparecen precisamente en skarns, como el de la mina El Valle-Boinás. En muchos casos, ha pasado inadvertida al confundirse con un piroxeno.

## BARITINA

$BaSO_4$

En el skarn explotado en la corta Boinás Este, la baritina aparece en forma de cristales tabulares y de color amarillento en fisuras, acompañada de calcita.

## BORNITA

$Cu_5FeS_4$

La bornita es muy abundante en la zona de skarn, acompañada de calcopirita, pirita y wollastonita. Se encuentra en forma masiva, con su característico color y brillo metálico. Las masas tienen tamaños desde milimétricos hasta de varios centímetros, y pueden ser monominerales o con intercrecimientos de calcopirita. También se ha encontrado ocasionalmente la bornita en la corta Boinás Este, en zonas de fracturas rellenas de cuarzo y calcita, como pequeñas formaciones botroidales o vermiformes centimétricas, recubiertas superficialmente de caras de microcristales. En la corta El Valle también se encontraron ocasionalmente cristales milimétricos de bornita, redondeados e imperfectos.

## CALCOSINA

$Cu_2S$

En la zona de skarn, la calcosina aparece en pequeña cantidad, en forma masiva, acompañando a la bornita y a la calcopirita. También se han encontrado ocasionalmente cristales pequeños y de apariencia sencilla asociados a feldespato y cuarzo, en los filones de alteración hidrotermal en la corta de El Valle.

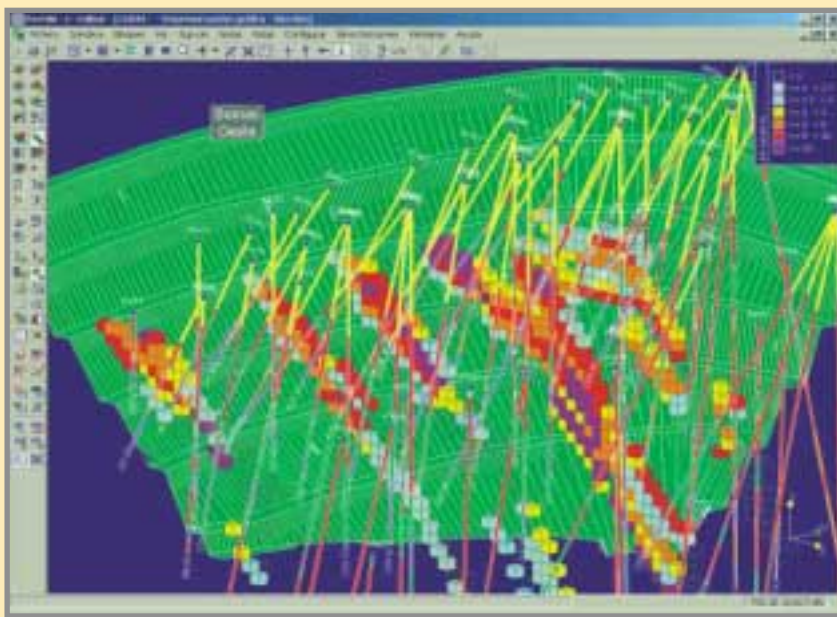
## CALCITA

$CaCO_3$

La calcita aparece como resultado de la retrogradación del skarn y de las alteraciones hidrotermales posteriores. Se encuentra como masas cristalinas acompañando al cuarzo, feldespato, chamosita y a otros minerales. Ocasionalmente se han encontrado en la corta Boinás Oeste cristales de va-



Cristales idiomorfos y brillantes de babingtonita. Grupo de 17 mm procedente de Boinás Oeste, nivel 434 (skarn cálcico). Esta especie tiene su origen más probable en la alteración de la hedenbergita (Cepedal, 2001). Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.



Definición de las zonas mineralizadas realizada con el programa Recamin, sobre la base de la información de los sondeos de control de leyes.

rios centímetros, acompañados de chamosita y cuarzo, formados por la asociación de prisma y romboedro obtuso, apilados en crecimiento paralelo. Generalmente son opacos y poco brillantes.

## CALCOPIRITA

$FeCuS_2$

La calcopirita es muy frecuente en los distintos tipos de skarn, asociada fundamentalmente a la bornita. Aparece como masas que raramente sobrepasan el centímetro, y usualmente

como granos mucho más pequeños. En la zona más próxima a la roca ígnea es relativamente abundante, más incluso que la bornita, mientras que en zonas más alejadas, el segundo mineral es el que predomina entre los sulfuros de cobre (Cepedal et al., 2000).

Ocasionalmente, la calcopirita se encuentra como cristales biesfenoidales y maclas de hasta 5 mm de arista, con las caras fuertemente estriadas y redondeadas, lo que hace que tengan un aspecto bastante tosco. Estos cristales están además muy





Cristal de baritina de 10 mm de longitud sobre calcita. Nivel 345 de Boinás Este. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.

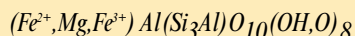


Cristales de calcita sobre cobre nativo. La calcita ha conservado el cobre atrapado con su color característico, mientras que el cobre expuesto se ha recubierto de óxido. Encuadre de 15 mm, nivel 365 de Boinás Este, obtenido en enero de 2002. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.

fracturados internamente, por lo que se rompen con gran facilidad, haciendo muy difícil la obtención de ejemplares.

La calcopirita aparece también recubriendo cristales de arsenopirita en la corta "El Valle". Estos recubrimientos están formados por maclas microscópicas y son muy delgados, pero son compactos y brillantes, de modo que el cristal de arsenopirita aparenta a primera vista ser calcopirita.

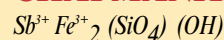
## CHAMOSITA



Este mineral aparece sobre todo en Boinás Oeste, y mucho más raramente en Boinás Este, como formaciones botroidales de color verde oscuro y superficie aterciopelada, que pueden alcanzar tamaños de varios centímetros, acompañada de cristales de calcita y de cuarzo. También se presenta como esférulas milimétricas de las que se aprecia su sección ra-

diada-lamelar en las superficies de fractura dentro de cuarzo.

## CHAPMANITA



Se trata de un mineral raro, conocido solamente en alrededor de una decena de yacimientos en el mundo, y que no se había citado antes en España. Se ha encontrado de forma ocasional, en forma de pátinas y costras terrosas, del color amarillo verdoso intenso característico de este mineral, en planos de fracturación del skarn en la corta Boinás Oeste. Estas pátinas recubren a veces superficies de hasta 40 cm.

## CUARZO

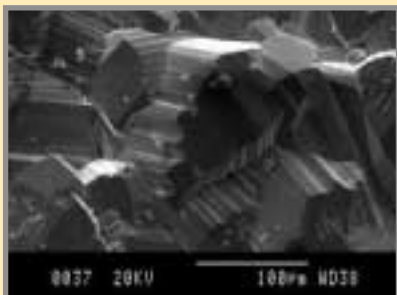


El cuarzo aparece como cristales de hasta 1 cm, formados por los dos romboedros, con sólo pequeñas caras de prisma, asociado a la chamosita en la corta Boinás Oeste, y como cristales de hasta 4 cm, a veces con inclusiones de actinolita, asociado a pirita y arsenopirita, dentro de calcita cristalina, en la corta Boinás Este.

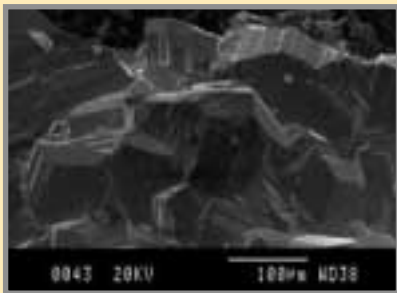
También aparece cuarzo, con aspecto muy corroído, asociado al feldespato en las zonas de alteración hidrotermal en la corta El Valle. En este caso, se observan en el cuarzo muchos huecos de contornos geométricos, que indican la desaparición de otro mineral acompañante, probablemente calcita.



Cristales maclados de calcosina de 6 mm, recogidos en los jasperoides del nivel 444 de la corta El Valle, en septiembre de 2000. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.



Fotografía SEM de calcosina de El Valle.

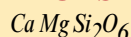


Fotografía SEM de calcosina de El Valle.



Cristales de calcopirita de 10 mm, obtenidos en el nivel 448 de El Valle. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.

## DIÓPSIDO



Tanto en el skarn cálcico como en el magnesiano, el piroxeno existente pertenece a la serie del diópsido-hedenbergita. En el skarn cálcico aparecen términos con uno u otro dominante, aunque el más difundido parece ser aquél en el que domina el diópsido (Martín Izard et al., 1998; c). En el skarn magnesiano, el diópsido aparece siempre como término dominante (Martín Izard et al., 1998). En la roca aparece en forma granuda, a veces con bandeados de distintos tonos.

Además de como “constituyente de las rocas”, el diópsido se ha encontrado como cristales prismáticos, a veces bien formados en Boinás Oeste, pero generalmente con las caras y aristas algo redondeadas, que pueden alcanzar casi el centímetro de longitud, con unos 3 mm de ancho. Estos cristales son traslúcidos y ocasionalmente transparentes, de calidad gema, y de color verde botella, apareciendo incluidos dentro de la bornita. También aparecen crecimientos paralelos de cristales de este tipo y cristales maclos. También se encuentran cristales tabulares de diópsido, de color blanco y opacos, con las superficies muy irregulares, con estructura “en mosaico”, debido a fenómenos de recrecimiento y posiblemente de corrosión. Estos cristales están implantados sobre cuarzo y pueden alcanzar 1 cm de longitud. Están formados por la combinación de los pinacoides {100} y {010}, con una cara del



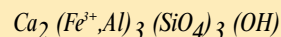
La chapmanita (mineral amarillo) es un raro silicato de hierro y antimonio. Nivel 462 de Boinás Oeste. Ejemplar de 2 cm. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.

pinacoide de segundo orden {101} terminando uno de los extremos. No aparecen cristales biterminados.

Recientemente se han encontrado en la corta Boinás Este grandes cristales de diópsido, de hasta 10 cm de longitud por 5 cm de ancho, muy fracturados internamente y con la parte externa, especialmente los extremos de los cristales, transformados en un material asbestiforme. Dada su fracturación, solamente se pueden recuperar más o menos intactos los ejemplares menores, aunque los cristales de más de 2 cm son muy habituales. Estos cristales son internamente de color amarillo verdoso, y están acompañados frecuentemente de cristallitos de pirita y calcopirita, y totalmente englobados en calcita cristalina. Cristales alterados por urazitización, con la morfología bien conservada, de una lon-

gitud de hasta 1 cm, se han encontrado en la corta Boinás Este.

## EPIDOTA



La epidota aparece en el skarn granatífero en haces de cristales fibroso radiados de hasta 2 cm, dentro de fisuras rellenas de calcita. En la corta Boinás Este se encontraron, también englobados en calcita, ejemplares con cristales de hasta 5 cm, bien formados pero muy fracturados internamente.

## ESFALERITA



La esfalerita es un mineral bastante raro en el yacimiento de El Valle-Boinás, espe-

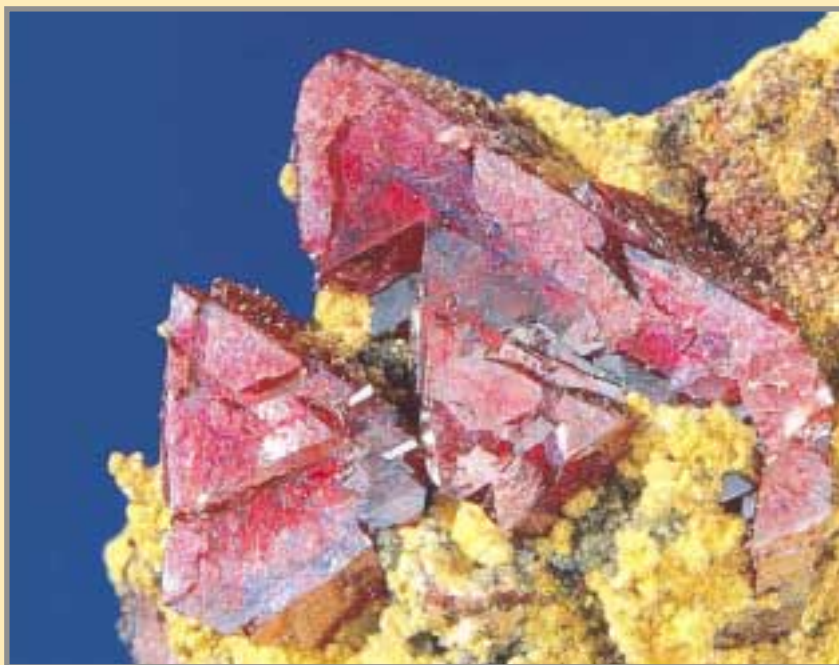




Cristal de cuarzo de 20 mm sobre calcita, con un fino recubrimiento de goethita. Nivel 390 de Boinás Este. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.



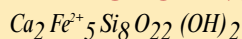
El cuarzo recubre una posible goethita. Ejemplar de 3 cm, obtenido en el nivel 360 de Boinás Este. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.



Cristales de cuprita de 3 mm. Boinás Oeste. Colección: G. García. Foto: F. Piña.

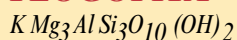
cialmente en ejemplares macroscópicos. Sin embargo, se encontró de forma ocasional, en masas cristalinas centimétricas, de color marrón oscuro, asociada a pirita, arsenopirita y jamesonita, en la plataforma o nivel 380 de la corta Boinás Este.

## FERROACTINOLITA



Este mineral se produce por la alteración de la hedenbergita (Cepedal et al, 1998), y se encuentra formando venas que cortan la wollastonita (Cepedal et al., 2000).

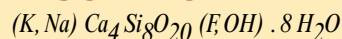
## FLOGOPITA



Producida en la retrogradación del skarn negro, junto con serpentina (Mar-

tín Izard et al, 1998; c). Ocasionalmente aparecen hojas muy grandes, de hasta 20 cm, con contornos hexagonales.

## FLUORAPOFILITA



La fluorapofilita es un mineral relativamente poco frecuente en la mina "El Valle-Boinás". Apareció a finales de 1999 en la corta "Boinás Oeste", en masas de hasta 10 cm, con cristales interpenetrados de hasta 1 cm en los huecos que permiten su crecimiento. Dado su relativo gran tamaño en comparación con el de los huecos en que se forman, solamente se pueden apreciar algunas caras de cada uno de los cristales. Está asociada a calcita y a babingtonita.

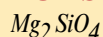
Los cristales son traslúcidos, de color más o menos rosado, y están formados por la combinación del prisma de primer orden {100}, bipirámide {111} y pinacoide {001}, con un desarrollo semejante. En algunos cristales aparecen caras diminutas del prisma de segundo orden {110} y de otros prismas, como biseles agrupados en las aristas del prisma de primer orden.

En la corta Boinás Este, apareció también apofilita, en masas aún más grandes que en la corta Boinás Oeste, masas que pueden superar los 50 cm, pero los cristales son más escasos y están peor formados. Las superficies cristalinas libres están cubiertas con frecuencia por pequeños cristales de cuarzo y en algunos casos por otro mineral de color blanco y aspecto sacaroide de la familia de la saponita. También en la corta Boinás Este aparecieron, entre los niveles 472 y 460, pequeñas zonas con cristales de apofilita de color aparentemente verdoso y tamaño inferior al milímetro, pero muy bien formados y con formas dominantes de pirámide, asociados a babingtonita. El color de estos cristales es debido en parte a la presencia de inclusiones localizadas, y en parte al efecto visual de la matriz rocosa, debido a la diafanidad de las zonas sin inclusiones. También se han encontrado en la misma zona cristales de apofilita de hábito prismático, con las caras del prisma estriadas en sentido longitudinal y los vértices modificados por pequeñas caras de pirámide, de color blanco y de hasta 15 mm de longitud. En otras plataformas de la misma corta, particularmente en la 448, aparecieron también cristales de apofilita transparentes de hasta 5 mm,

formados por la combinación de prisma y bipirámide.

Por lo dicho, resulta evidente que este yacimiento es, de los conocidos en España, el más notable por lo que respecta a este mineral. Puede confundirse a primera vista con la calcita, con la que se encuentra asociada, aunque en una observación más atenta se aprecia fácilmente la existencia de un sólo plano de exfoliación.

## FORSTERITA



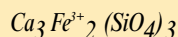
El “olivino”, con un porcentaje mayoritario de forsterita, entre el 73 % y el 91 %, se formó inicialmente en el skarn magnesiano, apareciendo como masas granudas asociado a piroxeno. Una gran parte se ha alterado a serpentina y flo-gopita (Martín Izard et al., 1998; c).

## GRAFITO

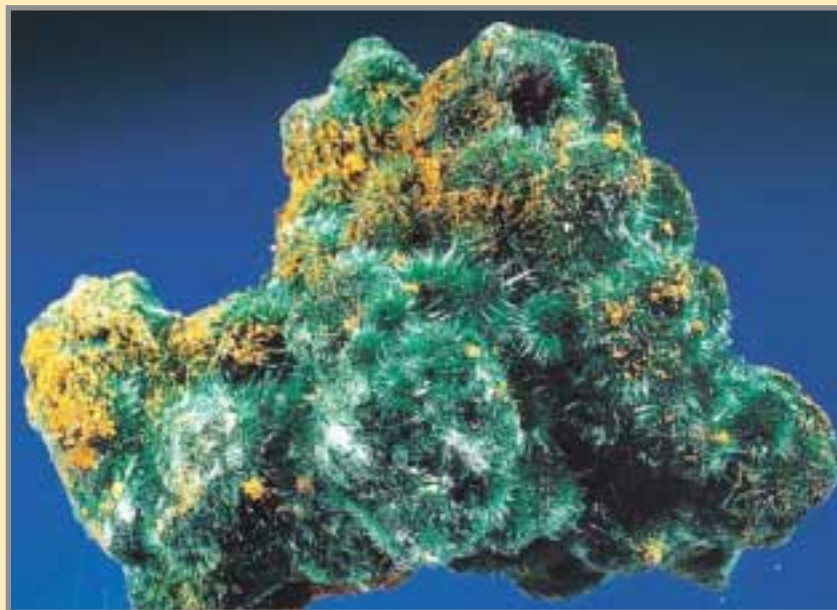
C

Presente como pequeños granos asociados a serpentina en el skarn magnesiano, producido como resultado del metamorfismo de la materia orgánica de la dolomita (Martín Izard et al., 1998; a, c).

## GRANATE



En el skarn cálcico, los granates evolucionan desde aquellos en los que predomina el término grosularia, localizados en las zonas próximas a la intrusión granodiorítica, hasta aquellos en los que predomina el término andradita, en las zonas más alejadas (Martín Izard et al., 1998; c). En este segundo caso, aparecen en algunos casos formados por el término andradita casi puro. Los granates en los que predomina la grosularia son de color rojo, mientras que aquellos en los que predomina la andradita son de color verde. Los cristales de granate alcanzan un tamaño de hasta 4 cm, estando frecuentemente interpenetrados. Están asociados a wollastonita, calcita espática y a actinolita en forma de agujas. Los asociados a la babingtonita tienen la andradita como componente mayoritario. Cuando la calcita es el mineral predominante en la zona mineralizada, los cristales de granate pueden extraerse con un ácido. La morfología observada en estos casos es sencilla, con el dodecaedro como única forma en muchos casos.

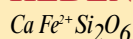


Grupos de malaquita acicular recubriendo una masa de óxidos de hierro que probablemente fueron antes cristales de calcopirita. Ejemplar de 4 cm, procedente del nivel 494 de Boinás Oeste. Colección: M. Calvo. Foto: J. M. Sanchis.



Cristal de apofilita de 5 mm, formado por la combinación de prisma y bipirámide, procedente del nivel 448 de la corta Boinás Este. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.

## HEDENBERGITA



La hedenbergita es el principal piroxeno en la zona distal del skarn cálcico, el formado más tardíamente, aumentando su proporción dentro del piroxeno (y la intensidad del color) al alejarse de la intrusión (Cepedal et al., 2000).

## JAMESONITA



La jamesonita se ha encontrado una sola vez, en el nivel 380 de la corta Boinás Este, como masas de varios centí-

metros, con estructura fibrosa más o menos compacta, formadas por la asociación paralela de cristales aciculares. En las zonas menos compactas y en pequeños huecos se aprecian bien los cristales aciculares individuales. Está asociada a esfalerita, arsenopirita, pirita y calcopirita.

## MAGNETITA



Este mineral aparece como componente del skarn magnésico, asociada a la calcopirita (Cepedal et al., 2000). También se forma por la alte-





Oro nativo sobre estrias de falla. Encuadre de 8 mm. Procede de Villaverde, próximo al área del proyecto. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.



Plata nativa (electrum?) del nivel 498 de Boinás Oeste. Rama de 8 mm con malaquita. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.

ración del olivino del skarn (Martín Izard et al., 1998).

## MERCURIO

*Hg*

En algunas zonas de la mina, los análisis químicos indican la presencia de anomalías de mercurio, aunque sin que esto diera lugar a la presencia de minerales visibles. Durante el mes de junio de 2001, se produjo un incidente en los sistemas de concentración de la planta de tratamiento causado por la acumulación de unos 10 kg de mercurio nativo, procedente de una zona de sulfuros emplazados en el skarn alterado, en el nivel 415 de Boinás Este.

## MOLIBDENITA

*MoS<sub>2</sub>*

Aunque aparece con cierta frecuencia, no es un mineral abundante. Se encuentra en forma de agrupaciones masivas de pequeñas laminillas, o como pequeños cristales laminares e irregulares asociados a filones de cuarzo que atraviesan la intrusión ígnea en las zonas de Boinás Este y Boinás Oeste. También se ha encontrado formando parte del skarn oxidado, con cuarzo y feldespato, en la corta El Valle. En algunos casos, las laminillas se disponen en forma concéntrica, formando pequeños nódulos milimétricos.

## ORO

*Au*

El oro es el mineral que da a la explotación su interés económico, pero sin embargo es muy difícil encontrar ejemplares que lo contengan en forma visible, incluso con lupa binocular. A nivel microscópico se puede observar el oro (siempre aleado con plata) como inclu-



Vistosa cristalización arborescente de cobre nativo de 17 mm, obtenido en el nivel 494 de Boinás Oeste. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.



Cristal deformado de 3 mm de molibdenita sobre cuarzo, procedente de Boinás Este. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.

siones acintadas rellenando los contactos entre granos de bornita y/o de calcopirita, o rellenado intersticios o microfracturas en los minerales del skarn (Cepedal et al., 2000). Durante la explotación de la corta El Valle, se han de-

finido zonas puntuales con leyes de hasta 650 g/t de oro, en la denominada mineralización "Charnela", constituida por skarn cálcico alterado, en la que se podía observar el oro a simple vista tras el triturado de la mena y su bateo manual.

## ORTOSA

*KAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>*

El feldespato aparece como cristales toscos, de hasta 2 cm, opacos y de color anaranjado, asociado a cuarzo, arsenopirita y otros sulfuros, en la corta El Valle. Los cristales tienen forma de cuña, con un hábito que recuerda el de algunos cristales de adularia.

## PIRITA

*FeS<sub>2</sub>*

La pirita es bastante frecuente en masas compactas, pero no como cristales.



Cristal de diópsido sobre bornita, de 14 mm, obtenido en el nivel 470 de Boinás Oeste. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.

Los que aparecen son generalmente de tamaño pequeño. Los más grandes suelen ser piritoedros, y alcanzan los 10 mm. También aparecen cubos y combinaciones de cubo y piritoedro, con las caras curvadas, en tamaños aún menores. La pirita se encuentra también como pequeñas formaciones botroidales en huecos en el cuarzo que aparece junto con feldespato. En algún caso, estas formaciones muestran al exterior diminutas caras de cristales y presentan pátinas irisadas.

## PIRROTINA



La pirrotina es más abundante en el skarn cálcico en las zonas próximas al contacto con la roca ígnea. Se encuentra en forma granuda, y ha sido reemplazada en gran parte por un intercrecimiento microcristalino de pirita y marcasita, por pirita y magnetita o por pirita. También aparece asociada con la arsenopirita y calcopirita, como granos envueltos por ellas, que la reemplazan en parte (Cepe-dal et al., 2000).

## SERPENTINA

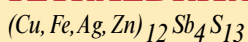
La serpentina, poco abundante en términos relativos, se produce en la retrogradación del skarn negro, junto con tremolita (Martín Izard et al., 1998; c). Se encuentra como pequeñas masas de color verde claro, asociada a dolomita. En la corta Boinás Este se encontraron los ejemplares más notables, compactos y de color amarillo verdoso. Junto



Dodecaedros de pirita de 14 mm, recogidos en el nivel 460 de Boinás Este. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.

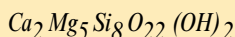
con al serpentina ha aparecido ocasionalmente crisotilo (la especie concreta no se ha determinado) en la forma habitual, en fibras orientadas en paralelo, venas que en este caso tienen un espesor de hasta 2 cm.

## TETRAEDRITA



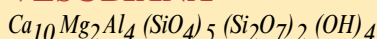
La tetraedrita es poco frecuente en el skarn. En la corta El Valle se ha encontrado como cristales tetraédricos diminutos, producidos por procesos de removilización, situados sobre pequeñas formaciones botroidales de pirita en huecos en el cuarzo y feldespato.

## TREMOLITA



La tremolita se produce en la retrogradación del skarn negro (magnesi-ano), junto con serpentina y flogopita (Martín Izard et al, 1998; c).

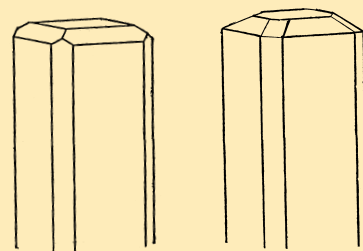
## VESUBIANA



La vesubiana se encontró en la corta Boinas Este a principios del año 2001, en masas y como cristales prismáticos, en algunos casos bien formados, de color marrón grisáceo. Los cristales están formados por la combinación del prisma {110} con el pinacoide {001} y la bipirámide {111}. En casi todos los cristales aparece también el prisma {100}, como pequeños biseles latera-



Cristales de ortosa asociados a cuarzo cavernoso, procedentes de la corta El Valle. Altura: 4,5 cm. Colección: M. Calvo. Foto: J. M. Sanchis.



Izquierda: cristal de vesubiana formado por la combinación de dos prismas, una bipirámide y un pinacoide.

Derecha: cristal formado por la combinación de dos prismas, dos bipirámides y un pinacoide.





Octaedros de cuprita sobre calcedonia. Encuadre de 9 mm. Obtenido en el nivel 462 de Boinás Oeste. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.



Ejemplar de crisotilo sobre serpentina, de 3,5 cm. Estos minerales son característicos del halo de alteración del contacto de las zonas silicificadas con el encajante. Nivel 380 de Boinás Este. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.

les en las aristas de {110}. Las caras de prisma están estriadas verticalmente. También es frecuente la presencia de caras pequeñas de la bipirámide {001}. En algún cristal de pequeño tamaño, los dos prismas tienen un desarrollo semejante, haciendo que el cristal aparezca con sección octogonal, terminado por una gran cara de pinacoide, y solamente con caras muy pequeñas de las dos bipirámides.

Aparecen cristales muy grandes, de hasta 10 cm de longitud y 3 de anchura, pero que casi nunca pueden extraerse completos dado su alto grado de fracturación interna. Además, muchos de los cristales de vesubiana tienen la particularidad de que en su zona externa presentan capas de crecimiento que no están unidas coherentemente al núcleo del cristal, de tal modo que las capas se liberan como las de una cebolla con la simple manipulación del ejemplar. En algunos casos, probablemente debido a la presencia de algún tipo de inclusiones orientadas, las superficies de los cristales de vesubiana tienen un brillo muy particular, perlado y casi metálico, que no hemos observado en ejemplares de ningún otro yacimiento.

## WOLLASTONITA



Es uno de los componentes fundamentales del skarn cálcico, y consecuentemente es muy abundante en la zona correspondiente, que puede alcanzar un espesor de varios metros. Aparece en masas fibrosorradiadas de color blanco, asociada fundamentalmente a



Ejemplar de 3 cm de jamesonita masiva, del nivel 380 de Boinás Este. En este yacimiento los ejemplares con sulfosales visibles a simple vista son muy escasos. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.

granate andradita, bornita y calcopirita. Las fibras son gruesas y de gran tamaño, de hasta 20 cm de longitud.

## OTROS MINERALES

A nivel microscópico, visibles solamente mediante técnicas de microscopía de luz reflejada, se ha citado en los diferentes tipos de skarn la presencia de stromeyerita, mckinstryita, wittichenita, gersdorffita, cobaltina, niquelina, digenita, cubanita, bismuto nativo, safflorita, telururos de oro y plata, lollingita y petzita (Martín Izard et al., 1998 a; Cepedal et al., 2000; Cepedal, 2001).

La marcasita aparece sustituyendo a la pirrotina, acompañada de pirita y magnetita en el skarn cálcico (Cepedal et al., 2000). Como minerales no metálicos se citan la epidota, apatito, prehnita, titanita y datolita.

En las zonas afectadas por alteración hidrotermal se ha citado la presencia de stannina, bournonita, galena, boulangierita y estibina, junto con los otros sulfuros más abundantes (Martín Izard et al., 1998 a; Cepedal et al., 2000). La bismutinita es relativamente frecuente asociada con el oro nativo y con wittichenita, rellenando fracturas en la calcopirita u en los límites entre los granos de calcopirita y bornita (Cepedal et al., 2000).

## Minerales de los jasperoides

La aparición de una zona de fracturas distensivas dio lugar a alteraciones hidrotermales que afectan a la granodiorita y al skarn, con una mineralización asociada de tipo epitermal, formada por jaspes, brechas jasperoides y filones y brechas de cuarzo-feldespato-carbonatos, que después resultó también afectada por procesos de alteración supergénica. Este tipo de mineralización es la que se explota fundamentalmente a cielo abierto.

## BARITINA



La baritina aparece en los jaspes de la corta Boinás Oeste, como cristales



**Tetraedrita y calcopirita irisada, recogidas en el nivel 452 de El Valle. Encuadre de 5 mm. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.**

de distintos tipos. Los más grandes, que se han encontrado solamente de forma excepcional, pueden alcanzar tamaños de hasta 5 cm, y son incoloros o blancos. Normalmente los cristales son mucho más pequeños, de hasta 1 cm como máximo, incoloros, de color azulado o amarillos. Generalmente son de hábito tabular, con dominio de las caras correspondientes a {001}, y pequeñas caras de {102} y {011}. En algunos casos, las caras correspondientes a {001} y {011} están desarrolladas por igual, lo que hace que combinadas con {110} y {102} den lugar a cristales que pueden confundirse en un primer examen con los de cuarzo. También aparecen cristales, generalmente muy pequeños, con hábito

prismático según {011}. En el fondo de la corta de Boinás Este, entre las plataformas o niveles 360 y 345, se han encontrado algunos cristales de baritina con inclusiones de cobre nativo.

## CALCITA



La calcita en forma de cristales es muy escasa, siendo generalmente muy pequeños, de un tamaño de alrededor del milímetro. Únicamente en los niveles inferiores de Boinás Este, se observaron cristales grandes, de hasta 4 cm, tapizando geodas dentro de los jaspes. Están formados por la combinación de un romboedro obtuso, como figura dominante, con pequeñas caras de prisma.



**Cobre nativo arborescente de 45 mm. Corta Boinás Oeste, nivel 474. Colección: M. Calvo. Foto: J. M. Sanchis.**



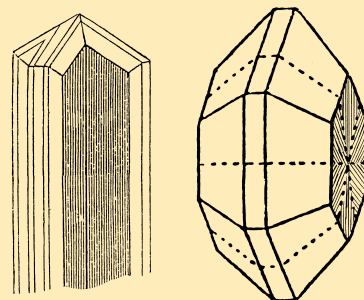
**Wollastonita sobre granate grosularia, procedente de Boinás Oeste. Altura: 6,5 cm. Colección: M. Calvo. Foto: J. M. Sanchis.**

## CALCOSINA



La calcosina es uno de los minerales más interesantes de los jasperoides del yacimiento de El Valle-Boinás, dado que, debido a fenómenos de removilización, aparece con cierta frecuencia en las geodas, como cristales bien formados y de un tamaño relativamente grande, para lo que es habitual en este mineral. Excepcionalmente, se han llegado a encontrar en la corta Boinás Este cristales de hasta 1 cm. Aunque la calcosina es monoclinica, los cristales son pseudorrombicos, y aparecen casi siempre maclados.

En la corta El Valle, la calcosina aparece en cristales, generalmente pequeños, en los huecos del jasper, sobre microcristales de cuarzo o de siderita. Los "cristales" aparentemente más sencillos, son lenticulares y de contorno hexagonal. En realidad, se trata de maclas cíclicas según {110}. En muchos casos, aunque no se aprecian los ángulos entrantes correspondientes a las caras de {023}, las "caras" que en un cristal sencillo corresponderían a {001} aparecen



**Izquierda: Macla de calcosina según {032} Derecha: Macla cíclica de calcosina, según {110}, con apariencia de un cristal individual.**





**Cristalización en rama de cobre nativo, de 17 mm, obtenida en el nivel 494 de Boinás Oeste. El cobre nativo bien cristalizado tiene una amplia dispersión en las zonas de jaspes. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.**



**Cristales maclados y estriados de calcosina de 7 mm, sobre siderita. Nivel 444 de El Valle. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.**



**Octaedro de cuprita reducida a cobre nativo. Nivel 345 de Boinás Este, recogido en enero de 2002. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.**

como seis sectores estriados en tres direcciones, distintas, correspondientes a cada uno de los cristales que forman la macla, delineando una estrella de seis puntas. Estas maclas se encuentran aisladas, como pequeños grupos, o, más frecuentemente, interpenetradas en gran número, haciendo difícil distinguirlas. Presentan el color característico de este mineral, y generalmente no son muy brillantes. No es raro que la calcosina de este tipo esté asociada a tetraedrita.

También aparecen cristales prismáticos, habitualmente aplanados y bastante largos, de hasta 15 mm de longitud por 1 mm de grosor, estriados de forma paralela al alargamiento, es decir, al eje “a”. En muchos casos, estos cristales prismáticos aparecen maclados según {032}. Generalmente suelen ser brillantes, aunque algunos presentan las alteraciones superficiales frecuentes en la calcosina. Ocasionalmente se encuentran maclas de este tipo que podríamos calificar como

“de libro de texto”, dada la perfección y claridad de su morfología. Algunos cristales aparecen como haces paralelos de otros muy finos, aciculares, con la terminación con aspecto “deshilachado”. Estos cristales son bastante brillantes, y de color casi negro.

Dada la variedad de hábitos con que aparece la calcosina en este yacimiento, puede sospecharse que algunos de estos cristales sean en realidad djurleita, o djurleita pseudomórfica de calcosina. Estos

minerales solamente pueden distinguirse mediante difracción de rayos X de cada ejemplar individual, lo que hace inviable su caracterización precisa.

## COBRE

*Cu*

El cobre nativo es un mineral bastante abundante en los jaspes y limonitas producidos en la alteración del skarn mineralizado. Aparece con mucha frecuencia como pequeñas masas, láminas o formaciones dendríticas en las fisuras del jaspes.

Como cristales bien formados y con geometría evidente, el cobre nativo es raro, aunque en la corta Boinás Oeste se encontraron algunos cristales diminutos, de décimas de milímetro, con forma octaédrica perfectamente definida. También se han encontrado maclas de dos octaedros, extremadamente aplanadas, hasta el extremo de parecer pequeñas láminas de contorno hexagonal. Lo más habitual es que el cobre nativo aparezca como cristales bastante deformados, en los que solamente de forma excepcional puede identificarse alguna zona en la que las caras correspondan con seguridad al tetrahedro, probablemente {012}, a veces mostrando el estriado característico del crecimiento oscilatorio. Suelen aparecer con aspecto de cuña, y con cierta frecuencia con formas que recuerdan más a una bipirámide hexagonal muy obtusa que a cualquier figura del sistema regular. Estas "pirámides" se han encontrado en ejemplares de cobre nativo de otros yacimientos (Szakáll et al., 2001) y están formadas realmente por caras de tetrahedro, consistiendo en maclas de dos cristales según un plano (111). Algunas de estas maclas alcanzan tamaños de varios milímetros, y se han encontrado grupos de varios centímetros, de aspecto arborescente, formados por su asociación desordenada.

Generalmente asociados con siderita, se han encontrado en la corta "El Valle" cristales octaédricos de desarrollo muy irregular, de aspecto esquelético, en un hábito de "punta de lanza". Estos cristales se forman por el crecimiento preferente en dirección de los vértices y aristas del octaedro, y pueden alcanzar tamaños de varios milímetros.

También aparecen en fisuras en el jaspes pseudocristales aciculares de cobre nativo de hasta 1 cm de longitud. Estas agujas están formadas por el crecimiento ordenado según un eje de muchísimos octaedros casi microscópicos, deforma-



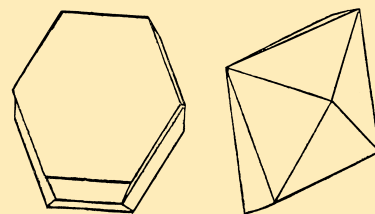
Transformación parcial de un cristal de cuprita de 4 mm hacia cobre nativo. Nivel 494 de Boinás Oeste. Recogido en junio de 1998. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.



Malaquita nodular recubierta de cuarzo. Encuadre de 35 mm. Procede del nivel 498 de Boinás Oeste. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.

dos también por crecimiento selectivo en vértices y aristas, pero con mucha menor intensidad que en el caso anterior. En algunos casos, especialmente cuando aparecen en fisuras en el jaspes rellenas de limonita en lugar de en geodas, los cristales aciculares parecen ser realmente cristales individuales muy deformados, más que crecimientos paralelos. Estos cristales tienen tamaños en torno al milímetro, y aparecen acompañados de laminillas de cobre con contornos geométricos mal definidos.

Los ejemplares de cobre nativo más vistosos son los formados por el creci-



Izquierda: cobre nativo, macla de dos octaedros. Derecha: cobre nativo, macla de dos tetrahedros. Cada una de las "pirámides" corresponde en realidad al vértice de un tetrahedro.

miento ordenado de diminutos cristales cúbicos maclados según la cara de octaedro y alargados según una de las dia-





Cristales de cobre desarrollados en las fisuras de la goethita. Encuadre de 10 mm. Nivel 380 de Boinás Este. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.



Cuprita en su variedad calcotriquita. Encuadre de 4 mm del nivel 502 de Boinás Oeste. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.



Cristal prismático de vesubiana, de 17 mm, con biseseles evidentes debidos a las caras de bipirámide. Nivel 476 de Boinás Este. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.

gonales del octaedro dentro del plano de macla. El resultado es la aparición de ramificaciones en un plano en el que las ramas crecen con un ángulo de 60°. Estos crecimientos fueron ya descritos por Dana en 1886 en ejemplares de Michigan (Wilson y Dyl, 1992), y su descripción encaja también perfectamente con los del yacimiento de “El Valle-Boinás”. El resultado es una masa esponjosa de cristales de cobre, que puede alcanzar los

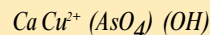
5 cm, y ser suficientemente gruesas como para mantenerse intactas sin matriz rocosa.

En la etapa final de la explotación a cielo abierto de la corta Boinás Este, especialmente en la plataforma 385, el cobre nativo apareció con cierta abundancia, componiendo estructuras arborescentes formadas por el crecimiento desordenado de cristales, asociados a goethita y, mucho más raramente, a bari-

tina. A pesar de estar englobados entre minerales secundarios de carácter pulverulento (roxbyita, djurleita, y posiblemente tenorita), su brillo metálico resultaba espectacular, sin la más mínima pátina de alteración. En algunos casos, estas formaciones estaban acompañadas por pequeños filamentos de cobre nativo, fuertemente estriados en sentido longitudinal, curvados o retorcidos.

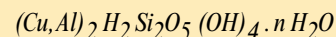
También se encuentra cobre nativo como pseudomorfosis de cristales octaédricos de cuprita, aunque muy raramente. En la corta “Boinás Oeste” se han encontrado algunos ejemplares en los que están asociados cristales de cuprita inalterados y brillantes, cristales transformados totalmente en cobre nativo y cristales de cuprita sólo parcialmente transformados en cobre.

## CONICALCITA



Es relativamente poco frecuente, mucho menos que la malaquita. Se encuentra en algunas geodas en los jaspes como diminutas esferillas de superficie aterciopelada y estructura interna fibrosorradiada, individuales o formando pequeñas costras botroidales. Aparece sobre cuarzo o sobre malaquita, y está acompañada también de cuprita.

## CRISOCOLA



La crisocola aparece con cierta frecuencia como finas pátinas dentro de las fisuras del jaspes. De color azul pálido, se encuentra asociada a malaquita, y ocasionalmente acompañada de laminillas de electrum.

## CUARZO



El cuarzo es un mineral muy abundante, formando las grandes masas de jaspes. Algunos de estos jaspes presentan en ejemplares de mano bandeados amarillos y rojos bastante atractivos, con grano muy fino y colores intensos, que eventualmente podrían incluso pulirse para obtener cabujones relativamente vistosos.

En forma de cristales, el cuarzo aparece también en distintas situaciones. Muchísimos huecos en el jaspes, que pueden sobrepasar los 20 cm, están tapizados por una capa de pequeños cristales de cuarzo, de un tamaño generalmente muy por debajo del milímetro, muy brillantes. En estos





**Crisocola masiva sobre jaspe. Ejemplar de 3 cm. Corta El Valle. Colección: M. Calvo. Foto: J. M. Sanchis.**

ejemplares, los cristales más pequeños pueden formar incluso estructuras vermiformes, con un núcleo con óxidos de hierro o material arcilloso. Ejemplares notables de este tipo se han obtenido tanto en las cortas Boinás Oeste como en El Valle, incluyendo en el segundo caso algunos ejemplares con los cristales de color citrino.

## CUPRITA

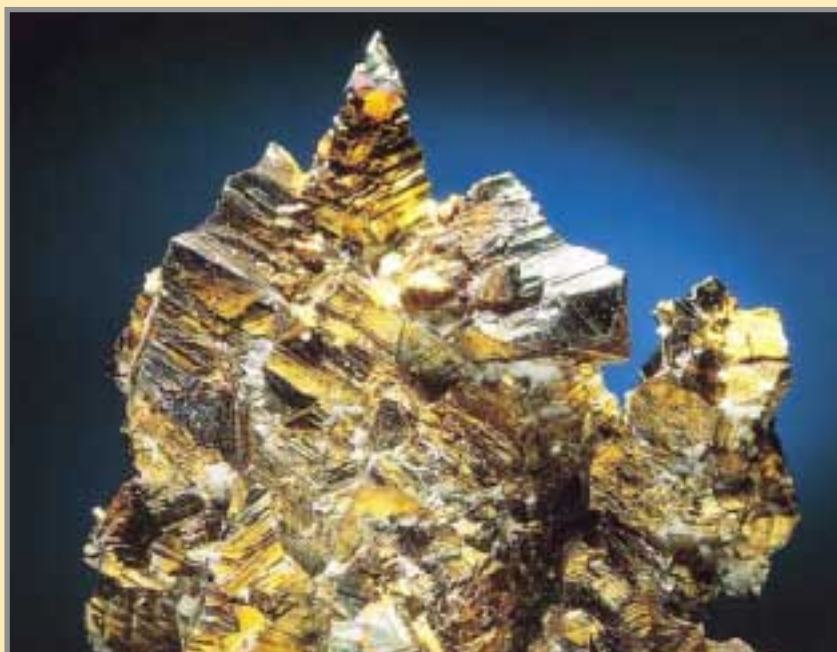
$CuO_2$

La cuprita, en forma de cristales octaédricos, generalmente de pequeño tamaño, entre menos de 1 mm y 10 mm de arista, se encontraba frecuentemente en los jaspes de la zona Boinás Oeste. Los mejores ejemplares aparecieron en huecos tapizados de microcristales de cuarzo hialino en la plataforma 498. En la corta Boinás Este, en cambio, la cuprita en forma de cristales es rara, y solamente se ha encontrado en contadas ocasiones.

El color de la cuprita de la corta Boinás Oeste es rojo rojo-marrón oscuro, y los cristales menores son ligeramente traslúcidos. Las caras son muy brillantes, pero generalmente no del todo lisas, sino con pequeños recrecimientos o con patrones de crecimiento ondulados. Los cristales son octaédricos, sin que se habitualmente se aprecie la presencia de caras de ninguna otra figura. Solamente de forma muy ocasional se encuentran cristales con pequeñas caras de rombododecaedro, en muchos casos incompletas y aisladas, producidas probablemente por una interrupción local del creci-



**Conicalcita, encuadre de 12 mm. Nivel 486 de Boinás Oeste. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.**



**Grupo cristalizado de calcopirita de 20 mm, procedente del nivel 430 de Boinás Oeste. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.**





Octaedros de cuprita sobre matriz de jaspe. Encuadre de 7 mm. Recogidos en el nivel 412 de Boinás Oeste. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.

miento. Los escasos rombododecaedros que se han encontrado tienen las caras muy irregulares. Los cristales de cuprita se encuentran aislados o más frecuentemente formado pequeños grupos con los individuos en crecimiento paralelo.

Otra forma en la que aparece la cuprita es integrando recubrimientos esqueléticos sobre masas de óxidos de hierro. En estos casos, probablemente se ha formado por la oxidación “in situ” de calcopirita. Bajo la lupa binocular, estos recubrimientos cristalininos no muestran una morfología definida, aunque los reflejos que aparecen simultáneamente en zonas relativamente grandes indican un cierto grado de orientación. El color de estos recubrimientos es rojo bermellón, distinto del de los cristales octaédricos de cuprita bien formados, que son mucho más oscuros.

Sobre algunos ejemplares de cobre nativo aparecen también cristales diminutos de cuprita, muy alargados. La “calcotriquita”, variedad de cuprita con cristales aciculares formados por el alargamiento de cristales cúbicos según una de las direcciones del cristal, se encuentra sólo muy rara vez.

La cuprita es un mineral común, aun-



Cristales de malaquita. Grupo de 4 mm. Nivel 486 de Boinás Oeste. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.

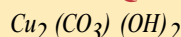
que no lo sea tanto en forma de cristales macroscópicos bien formados. En España, solamente serían comparables con los ejemplares obtenidos en este yacimiento, en cuanto a calidad y tamaño, los obtenidos en la mina “La Cruz”, en Linares, a finales del siglo XIX, descritos por Calderón (1910), que tienen un hábito totalmente distinto y de los que se conservan muy pocos ejemplares.

### GOETHITA

*Fe O OH*

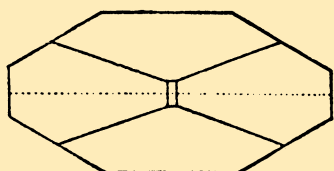
La goethita se encuentra, además de cómo componente de la “limonita”, formando masas con superficies botroidales de aspecto afieltrado, asociada en muchos casos a cobre nativo. Existen ejemplares en los que el cobre nativo es o bien anterior o bien posterior a la goethita.

## MALAKUITA



Como es de esperar en un yacimiento de minerales de cobre, la malaquita es un mineral bastante abundante en la zona oxidada, como pátinas y manchas sobre el jaspe o mezclada con limonita y materiales arcillosos. Muchas veces, la malaquita cristalizada crece directamente sobre la cuprita, bien como recubrimientos formados por cristales aciculares o bien como pseudomorfosis parciales o totales de cristales de cuprita. Esta pseudomorfosis de cristales de cuprita suelen estar mal definidas, ya que la malaquita es acicular, y las pseudomorfosis toman el aspecto de pequeñas esferas de las que sobresalen agujas en todas direcciones.

La malaquita aparece como cristales (en realidad maclados, como sucede casi siempre con los cristales de este mineral) de hábito lenticular, totalmente transparentes y de hasta 2 mm de longitud sobre cristales de cuarzo, en geodas en el jaspe. Este hábito es muy poco frecuente en la malaquita, aunque se conoce también de Rheinbreitenbach (Alemania) (Goldschmidt, 1918). Los mejores ejemplares de malaquita, tanto del tipo acicular sobre cuprita como lenticular, se encontraron en la plataforma 494 de la corta Boinás Oeste.



Macla de dos cristales de malaquita, con aspecto de un sólo cristal. La línea de puntos indica en plano de macla.

## ORO



En el yacimiento El Valle - Boinás, casi el 90 % del oro se encuentra asociado a los materiales oxidados. Generalmente se encuentra aleado con plata ("electrum") en proporciones muy variables. Las escamillas que aparecen en el jaspe son visibles muy rara vez a simple vista. Únicamente en las primeras plataformas explotadas en la corta Boinás Oeste se pudieron obtener ejemplares con oro visible. En los sistemas de concentración por gravedad aparecen granillos de tamaño milimétrico y, ocasionalmente, piezas de hasta 1 cm. No



Cristales brillantes de cobre nativo formados sobre ramas oxidadas del mismo mineral. Encuadre de 15 mm. Nivel 360 de Boinás Este. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.



Cristalización arborescente de cobre nativo sobre goethita. Ejemplar de 35 mm, obtenido en octubre de 2001 en el nivel 395 de Boinás Este. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.

está claro si estas piezas se encontraban originalmente de esta forma en el mineral o son el resultado de la unión de varias menores en los sistemas de molienda y concentración.

## PLATA



Además de las laminillas de "electrum", aleación en la que en algunos casos llega a predominar sobre el oro, también aparece plata prácticamente pura, como crecimientos arborescentes diminutos, formados

por el apilamiento de cristales cúbicos en crecimiento paralelo en huecos de los jaspes. Ejemplares de este tipo se encontraron en la corta Boinás Oeste.

## ROXBYITA



Este mineral, conocido solamente en unos pocos yacimientos en el mundo, y hasta ahora no en España, ha sido encontrado en el nivel 385 de la corta Boinás Este con cierta abundancia, asociado al cobre nativo. Apa-





**Pirita**, encuadre de 14 mm. Nivel 460 de Boinás Este. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.



La **djurleite** y **roxbyite** son unos raros sulfuros de cobre (recubrimiento negruzco sobre los cristales de cobre nativo). Ejemplar de 2 cm, del nivel 385 de Boinás Este. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.



**Octaedro de cuprita** sobre cuarzo, de 4 mm. Nivel 498 de la corta Boinás Oeste. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.



**Microcristales de cuprita** producidos por la alteración de cristales de calcopirita. Los cristales orientados paralelamente producen reflexiones simultáneas de luz y ofrecen un llamativo color rojo. Ejemplar de 3 cm, del nivel 498 de Boinás Oeste. Colección: M. Calvo. Foto: J. M. Sanchis.

rece en forma pulverulenta, mezclado con djurleite, tal como es habitual para este mineral en los otros yacimientos conocidos. En Boinás Este, estos dos minerales, mezclados también con cristales microscópicos de cuarzo, rellenan los huecos entre las ramas cristalinas de cobre, por lo que puede suponerse que son de los últimos minerales en formarse.

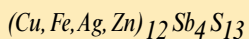
## SIDERITA



La siderita es uno de los últimos minerales en formarse en los huecos de los jaspes. Aparece en pequeños cristales que, solamente de forma ocasional, sobrepasan

los 2 mm, traslúcidos o casi transparentes, brillantes, de color amarillo anaranjado y crecidos sobre cuarzo o incluso sobre formaciones arborescentes de cobre nativo. Los cristales son de hábito lenticular, formados por un romboedro obtuso, o alargados, por la combinación de un romboedro obtuso con otro muy agudo. También aparecen crecimientos paralelos de romboedros apilados.

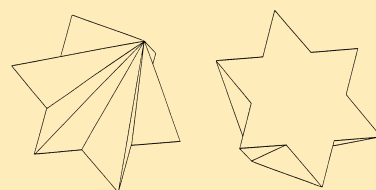
## TETRAEDRITA



La tetraedrita es un mineral relativamente poco frecuente en los jasperoides, aunque cristalizada, generalmente

en tamaños muy pequeños. La tetraedrita de este yacimiento contiene, como es habitual, un pequeño porcentaje de arsénico.

En la corta El Valle, la tetraedrita se ha encontrado como crecimientos



**Tetraedrita:** macla de dos tetraedros, según una ley conocida en pocos yacimientos, y que se describe en el texto.



**Romboedros transparentes de siderita sobre cuarzo, encuadre de 9 mm. Nivel 444 de El Valle. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.**



**Cuprita sobre cuarzo, en raros cristales rombododecaédricos de 5 mm, con picaduras en la superficie de las caras. Nivel 490 de Boinás Este. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.**

ordenados de cristales tetraédricos diminutos, y también como maclas, en muchos casos sobre cristales de pirita o sobre pequeñas formaciones botroidales de este mineral. Los cristales son generalmente muy brillantes, de hábito tetraédrico, aunque aparecen otras caras modificándolo que no hemos podido identificar. Las maclas, muy frecuentes, están formadas por la interpenetración de dos tetraedros, o bien según la ley habitual en este

mineral (un tetraedro directo y otro inverso) o bien según una ley mucho más rara, consistente en la interpenetración de dos tetraedros, uno de ellos con una rotación de 180° respecto a un eje ternario. La apariencia de esta macla es muy característica, una estrella plana de seis puntas. Este tipo de macla se conoce en pocos lugares en el mundo, aunque recientemente se ha encontrado en la tetraedrita de Mas Dieu, Gard (Francia) (Perinet, 2000).



**Cristal deformado de bornita, de 1,5 mm. Son raros los cristales de este mineral. Nivel 448 de El Valle. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.**



**Octaedros redondeados de cuprita sobre nódulo acicular de malaquita. Encuadre de 8 mm. Nivel 494 de Boinás Oeste. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.**

## OTROS MINERALES

En los jaspes aparece también yeso, hematites, pirita (asociada a la tetraedrita) y óxidos de manganeso. En estudios realizados por la empresa sobre el concentrado del sistema de flotación, se ha encontrado la presencia de trazas de emplectita.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a todas aquellas personas de RNGM, S.A. que han hecho posible este proyecto minero, y en especial a Santiago González Nistal, Jefe de Geología Minera, y a Francisco Bellón del Rosal, Jefe de la Planta de Tratamiento, por su valiosa colaboración y puntualizaciones profesionales en este artículo, así como al profesor Antonio Arribas, que revisó la síntesis geológica.

Las fotografías de SEM, los análisis por EDS y DRX se han realizado con la colaboración de los Servicios Científico-técnicos de la Universidad de Barcelona y el Laboratorio Centralizado de la Escuela de Minas de Madrid. Este trabajo ha sido financiado en parte por el Museo de Ciencias Naturales de Álava.







**Masa arborescente de cobre nativo sobre placa de jaseroide. 50 mm. Nivel 380 Boinás Este. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.**



**Cobre nativo. 15 mm. Nivel 380 Boinás Este. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.**

## REFERENCIAS

Calderón, S. (1910) Los Minerales de España. Junta de Ampliación de Estudios, Madrid. Pag. 327, Vol. I.

Cepedal, A. (2001). Geología, mineralogía, evolución y modelo genético del yacimiento de Au - Cu de "El Valle - Boinás". Belmonte (Asturias). Tesis Doctoral. Departamento de Geología. Universidad de Oviedo.

Cepedal, A., Martín-Izard, A., Fuertes, M., Pevida, L., Maldonado, C., Spiering, E., González, S. y Varela, A. (1998). Fluid inclusions and hydrothermal evolution of the El Valle-Boinás

copper-gold deposits. En: Gold exploration and mining in NW Spain (Arias, A., Martín-Izard, A. y Paniagua, A. Eds). Oviedo. 50-58.

Cepedal, A., Martín Izard, A., Reguilón, R., Rodríguez Pevida, L., Spiering, E. y González Nistal, S. (2000). Origin and evolution of the calcic and magnesian skarn hosting the El Valle-Boinás copper-gold deposit, Asturias, Spain. Journal of Geochemical Exploration, 71, 119-151.

Domergue, C. (1987) Catalogue des Mines et des Fonderies Antiques de la Péninsule Ibérique. Casa de Velázquez, Madrid. 429-431

Goldschmidt, V. (1918) Atlas der Krystallformen. Vol. 5, 118.

González del Tánago, J. y La Iglesia, A. (1998) Zeolitas y minerales cálcicos de baja temperatura en las pegmatitas graníticas del plutón de La Cabrera (Sistema Central español). Estudios Geológicos, 54, 181-190.

Martín Izard, A., Cepedal, M.A., Fuertes-Fuente, M., Reguilón, R., Rodríguez-Pevida, L., Spiering, E., González, S., Varela, A., Maldonado, C. y Boixet, L.I. (1998 a). Los yacimientos de oro-cobre del cinturón del Río Narcea, Asturias, España. Boletín Geológico y Minero, 109, 59-75.

Martín-Izard, A., Fuertes, M., Cepedal, A., Maldonado, C., Pevida, L.R., Spiering, E., González, S. y Varela, A. (1998 b). Geochemical characteristics of the Río Narcea Gold Belt intrusives and timing of development of the different magmatic-hydrothermal processes based on K/Ar dating. En: Gold exploration and mining in NW Spain (Arias, A., Martín-Izard, A. y Paniagua, A. Eds). Oviedo. 35-42.

Martín-Izard, A., Cepedal, A., Fuertes, M., Pevida, L.R., Maldonado, C., Spiering, E., Varela, A. y González, S. (1998 c). The EL Valle deposit: an example of copper-gold skarn mineralization overprinted by late epithermal events. Cantabrian Mountains, Spain. En: Gold exploration and mining in NW Spain (Arias, A., Martín-Izard, A. y Paniagua, A. Eds). Oviedo. 43-50.

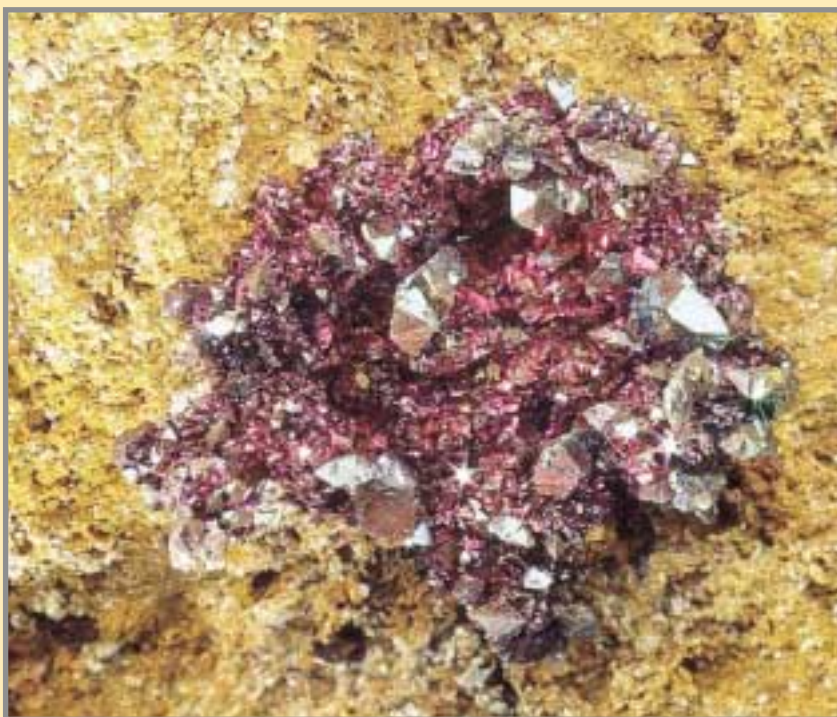
Martín Izard, A., Paniagua, A., García Iglesias, J., Fuertes, M., Boixet, L., Maldonado, C. y Varela, A. (2000) The Carlés copper-gold-molybdenum skarn (Asturias, Spain): geometry, mineral associations and metasomatic evolution. Journal of Geochemical Exploration, 71, 153-175.

Naranjo, F. (1873) Paleontología e historia del trabajo subterráneo (minas de Santander). Memorias de Historia Natural, 2, 5-10





**Malaquita. Encuadre de 15 mm. Nivel 494. Boinás Oeste. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.**



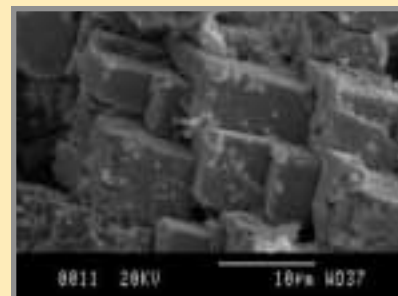
**Algunos cobres nativos de la corta de Boinás Oeste suelen mostrar pátinas de oxidación superficial de tonos rojizos, como este grupo de cristales de 9 mm obtenida en el nivel 474. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.**

Paillette, A. (1852) Recherches sur l'histoire et les conditions du gisement des mines d'or dans le nord de l'Espagne. Bulletin de la Société Géologique de France, Serie 2, 9, 482-510.

Perea, A. y Sánchez Palencia, F.J. (1995)

Arqueología del Oro Astur. Orfebrería y Minería. Caja de Asturias, Oviedo. 116 pags.

Pérez Outeiriño, B. (1989) Orfebrería castreña. En: El Oro en la España Prerromana. Zugarto Ediciones, Madrid. 90-107



**Fotografía SEM de cristales de plata nativa.**

Perinet, F. (2000) Tetraedrite: Formes, morphologie, gisements. Le Cahier des Micromonteurs (3/2000). 88 pags.

Schulz, G. (1858). Descripción Geológica de la Provincia de Oviedo. Imprenta de D. José González, Madrid, 40-41

Spiering, E., Pevida, L.R., Maldonado, C., Gonzalez, S., Varela, A., Martin-Izard, A., Cepedal, A. y Fuertes, M. (1998). The gold belts of Asturias and Galicia, NW Spain: A regional overview. En: Gold exploration and mining in NW Spain (Arias, A., Martin-Izard, A. y Paniagua, A. Eds). Oviedo. 20-26.

Szakáll, S., Horváth, L. y Zsámboki, L. (2001) Famous Mineral Localities: Rudabánya, Hungary. The Mineralogical Record, 32, 89-160

Villa, A. (1998) Estudio arqueológico del complejo minero romano de Boinás, Belmonte de Miranda (Asturias). Boletín Geológico y Minero, 109 (589-598).

Wilson, M.L. y Dyl, S.J. (1992) The Michigan copper country. The Mineralogical Record, 23 (2) 76 pags.





Cobre nativo sobre jaspe, con alteración superficial. Encuadre de 4 cm. Corta Boinás Oeste, nivel 478. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.



Baritina, encuadre de 13 mm. Boinás Este. Col.: Mesa. Foto: Piña.



Calcosina. 5 mm. Nivel 444 El Valle. Col.: Mesa. Foto: Piña.



Diópsido, prisma de 6 cm. Nivel 468 de Boinás Este. Col.: Mesa. Foto: Piña.



Apofilita. 17 mm. Nivel 448 Boinás E. Col.: Mesa. Foto: Piña.



## EL VALLE - BOINÁS



Silíce fosilizando láminas de cobre. 35 mm. Nivel 385 BE. Col.: Mesa. Foto: Piña



Cuprita en transición a cobre. 6 mm. Nivel 412 Boinás W. Col.: Mesa. Foto: Piña.



Tenorita y cobre nativo. 25 mm. Nivel 385 Boinás E. Col.: Mesa. Foto: Piña.

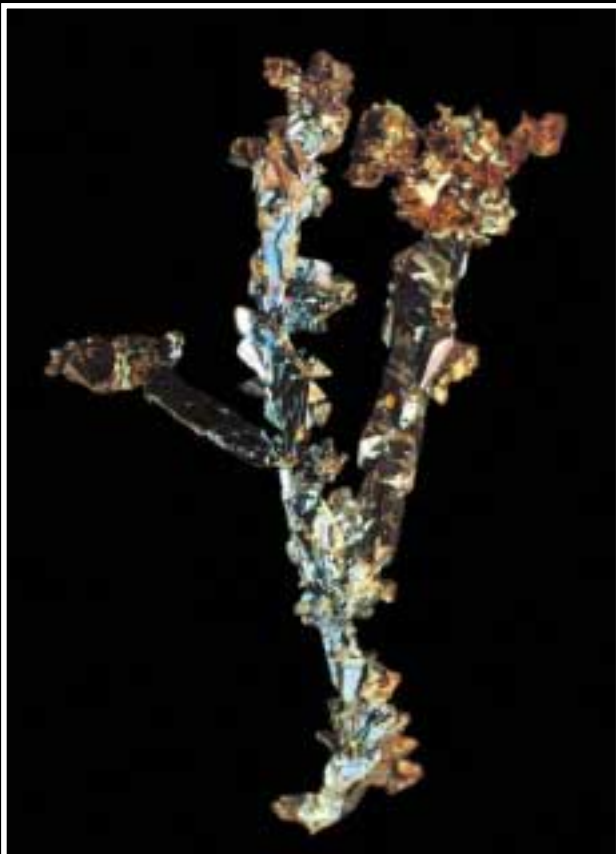


Geoda de cuarzo en el jaspe. Ejemplar de 8 cm. Col.: Mesa. Foto: Piña.



Cristal de cuprita de 4 mm, sobre cuarzo. Nivel 462 de Boinás Oeste. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.





Rama de cobre nativo. Col.: Mesa. Foto: Piña.



Calcita lenticular sobre goethita. 25 mm. Nivel 365 Boinás E. Col.: Mesa. Foto: Piña.



Cobre nativo sobre goethita. Ejemplar de 6 cm procedente del nivel 380 de Boinás Este. Colección: M. Mesa. Foto: F. Piña.



## EL VALLE - BOINÁS



Malaquita en geoda del jaspe. 12 mm. Nivel 490 de BW. Col.: Mesa. Foto: Piña



Calcosina. Grandes XX. Ejemplar 45 mm. Nivel 345 Boinás E. Col.: Mesa. Foto: Piña.



Cobre nativo. Luz reflejada. 35 mm. Nivel 462 Boinás W. Col.: Mesa. Foto: Piña.



Cobre nativo. Contraluz. 35 mm. Nivel 462 Boinás W. Col.: Mesa. Foto: Piña.



Cristales de calcosina. Nivel 444. El Valle. Col.: Mesa. Foto: Piña.



Babingtonita XX. 8 mm. Nivel 434 Boinás W. Col.: Mesa. Foto: Piña.



Baritina sobre cuarzo. 10 mm. Nivel 478. Boinás W. Col.: Mesa. Foto: Piña.



Malaquita s/ cuprita. 11 mm. Nivel 494 Boinás W. Col.: Mesa. Foto: Piña.