

Mineralogía de un afloramiento de metabasitas en la Sierra del Puerto (Murcia). I. Características generales y estudio microscópico

POR

R. Arana (*), M. Jaén (**) y R. Ortiz (*)

RESUMEN

Las rocas básicas («ofitas» o metabasitas) de la Sierra del Puerto (provincia de Murcia) afloran en una zona intensamente fracturada que forma parte del complejo Ballabona-Cucharón (Zona Bética).

Las metabasitas presentan textura y composición ofítica; en general, contienen varios minerales de la paragénesis magmática inicial (andesina, clinoenstatita, hornblenda, biotita, intercrecimientos mirmequíticos de cuarzo y ortoclasa, ilmenita y magnetita) con otros formados en el metamorfismo alpino.

Junto a un proceso de tectonización en este área, se desarrolla una actividad hidrotermal con formación de varios óxidos, sulfuros, carbonatos y silicatos dispuestos en pequeñas masas lenticulares, en granos diseminados en las rocas y como relleno de diaclasas y fracturas.

En este trabajo se estudian las características de campo de las metabasitas y su composición mineralógica por luz transmitida y reflejada.

ABSTRACT

The basic rocks («ophites» or metabasites) of the Sierra del Puerto (prov. Murcia) crop out in an intensely faulted zone, forming part of the Ballabona-Cucharón complex (Betic Zone).

(*) Departamento de Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Murcia.

(**) Escuela Universitaria de E. G. B., Murcia.



The metabasites show texture and composition ophitic; in general present several minerals of the magmatic original paragenesis (andesine, clinoenstatite, hornblende, biotite, quartz and orthoclase myrmekitic intergrowths, ilmenite and magnetite), with others formed in the alpine metamorphism.

Close to tectonization processes in this area, a hydrothermal activity is developed with formation of several oxide, sulfide, carbonate and silicate minerals disposed as small lenticular bodies and also as grains disseminated in intrusive rocks or filling joints and fractures.

In this work we study the field characteristics of metabasites and its mineralogical composition by transmitted and reflected microscopy.

I. INTRODUCCION

Las metabasitas son rocas ígneas básicas que han sufrido un proceso metamórfico. A este grupo pertenecen las rocas estudiadas en este trabajo, aunque son más conocidas con la denominación de ofitas. Este término, ya anticuado, se aplicó a unas diabasas muy alteradas de los Pirineos, constituidas por plagioclasa cálcica, anfíbol y augita, con una coloración verdosa y abundantes manchas blanquecinas con aspecto de piel de serpiente. Pertenecen a la familia de las diabasas y basaltos y se caracterizan por presentar una textura ofítica, a veces porfídica, definida por un entramado de cristales de feldespato (generalmente plagioclasa cálcica) en cuyos intersticios se encuentran otros de piroxeno o anfíbol. Debido a que el nombre de ofita se aplicó por sus características de visu, continúa utilizándose, sobre todo en el estudio petrológico de campo.

Las características estructurales, texturales, químicas y mineralógicas de las metabasitas varían ampliamente de unos afloramientos a otros, aunque estén relativamente próximos e incluso aparecen marcadas diferencias dentro de uno dado. También existen variaciones en el tipo y en la intensidad de los procesos geológicos experimentados por estas rocas, especialmente en la acción del metamorfismo alpino, que puede estar ausente o manifestarse con grado bajo o medio. La actividad hidrotermal asociada a la etapa de tectonización intensa, tiene igualmente un desarrollo desigual según los sectores. De ahí que las paragénesis minerales establecidas para un afloramiento puedan ser muy distintas a las encontradas en otro.

En la provincia de Murcia se encuentran abundantes manifestaciones de metabasitas, generalmente como erupciones intercaladas a modo de coladas en materiales carbonatados de diversas unidades béticas o sub-

béticas. Por su composición mineralógica corresponden a diabasas y doleritas en sentido amplio, y se sitúan a favor de superficies de discontinuidad mecánica en materiales de los complejos Nevado-Filábride, Ballabona-Cucharón, Alpujárride y en unidades subbéticas mesozoicas.

Los afloramientos que encajan en materiales subbéticos del norte y noroeste de la provincia de Murcia y las mineralizaciones asociadas, se han estudiado con detalle por García-Cervigón (1973). Los resultados obtenidos en ese trabajo son parcialmente comparables con los que aquí se exponen. Menos similares resultan respecto a otros estudios realizados en el sector central de la Zona Subbética (Puga y Ruiz Cruz, 1980; Ruiz Cruz y Lunar, 1982). Recientemente se ha realizado un estudio de las mineralizaciones de hierro asociadas a las metabasitas de Santomera (Murcia), en el que se han definido varias paragénesis desarrolladas en estas rocas como expresión de los procesos geológicos ocurridos (Arana y Ortiz, 1982), parecidas en parte a las encontradas en este trabajo, dado su contexto geológico similar. Para la zona estudiada sólo encontramos una referencia sobre los minerales de cobre asociados a estas rocas (Villasante y Fernández, 1913). Incluso los afloramientos de metabasitas no vienen cartografiados en el mapa geológico 1:50.000 (IGME, 1975). El único trabajo sobre esta zona se ha realizado recientemente por uno de nosotros (Jaén García, 1982).

II. SITUACION GEOGRAFICA Y GEOLOGICA

El afloramiento estudiado de metabasitas se encuentra en la Sierra del Puerto, dentro de la zona oriental de la Sierra de Carrascoy, junto a la carretera N-301 (Madrid-Cartagena, Km. 402,6, Venta del Civil). En la figura 1 se incluye un esquema de situación, junto a una reseña cartográfica del entorno del afloramiento. En el mapa se observa también otra colada de metabasitas al NNW de la estudiada, pero con un grado de alteración menos acusado; hasta hace poco tiempo se ha explotado para grava, como firme en carreteras debido a su gran resistencia y dureza.

Los materiales comprendidos en la zona de estudio pertenecen en gran parte al Complejo Ballabona-Cucharón, dentro de la Zona Bética, y sobre ellos descansan discordantes materiales neógenos correspondientes al Tortonense. Dicho complejo aparece individualizado en este sector en dos unidades tectono-estratigráficas, una inferior (Romero) y otra superior (Carrascoy), según el esquema de Kampschuur (1972). Ambas unidades están separadas por un plano de cabalgamiento, bien definido en

numerosos puntos y presentan un metamorfismo de diverso grado, mucho más patente en la unidad Carrascoy.

La unidad Romero comprende un tramo basal formado por arcillas rojas e intercalaciones de cuarcitas y filitas de tonos vinosos con un espesor de unos 100 m, seguida de un tramo superior carbonatado con intercalaciones de areniscas feldespáticas y masas congruentes de metabasitas; la potencia aparente es de unos 60 m.

La unidad Carrascoy viene representada en la zona de estudio sólo por el tramo superior carbonatado, formado por dolomías oscuras y grisesáceas con frecuentes intercalaciones de areniscas feldespáticas y una potencia global de unos 200 m.

Finalmente, sobre estos materiales reposan discordantes unas margas y conglomerados del Tortonense. Las margas son de color gris amarillento y alternan con calcarenitas, areniscas calcáreas y niveles de conglomerados, formados por fragmentos angulares de dolomías, calizas, esquistos, filitas, metabasitas, etc., con abundantes impregnaciones de óxidos de hierro y restos fósiles de equínidos y lamelibranquios. Los conglomerados son de matriz arenoso-arcillosa y presentan gran heterometría de grano. Están constituidos por fragmentos de calizas, dolomías, esquistos, filitas y otras rocas y aparecen cementados por calcita microcristalina. En la Venta del Civil (fig. 1) presentan una dirección N 130° E y un buzamiento de 30° al sur.

III. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS METABASITAS

A escala del afloramiento, las metabasitas presentan marcadas diferencias en cuanto a la coloración, coherencia y grado de alteración, parámetros que se acusan en mayor grado al estudiar estas muestras por difracción de rayos X o por métodos ópticos. Por su composición química, quedan incluidas en la familia de las diabasas y basaltos, considerando sólo los minerales magmáticos relictos. Respecto a las características texturales, se observa una gradación completa desde metabasitas de textura granuda holocristalina a porfídica y desde ofítica a subofítica e incluso parcialmente vítrea. Estas variaciones son un reflejo del mecanismo de intrusión y enfriamiento de estas rocas, con un gradiente térmico desde la periferia al centro de la misma. Los afloramientos de ofitas en materiales béticos presentan por lo general una paragénesis metamórfica superpuesta a la magmática, que revela unas condiciones generalmente bajas de presión y temperatura. Está representada principalmente por anfíboles, epidota, clorita y menas metálicas, a veces en elevada proporción.

Los principales componentes de estas metabasitas son plagioclasa y anfíbol. En cantidades variables se encuentran piroxeno, cloritas, biotita, sericita, feldespato potásico, calcita, dolomita, menas metálicas, epidota, rutilo, cuarzo, etc. Como se justifica más adelante, la composición final de estas rocas está condicionada por el desarrollo relativo de los procesos metamórficos e hidrotermales, con la consiguiente transformación de algunos minerales y la formación de otros nuevos.

La edad de las metabasitas se debe relacionar con la de las rocas encajantes y con los episodios tectónicos ocurridos en este área. El hecho de que estén afectadas en mayor o menor grado por el metamorfismo alpino, indica que la intrusión se produjo antes que la tectónica de mantos de corrimiento. Kampschuur (1972) sugiere que la intrusión de las rocas ígneas en las secuencias triásicas del Complejo Ballabona-Cucharón de la Sierra de Carrascoy, tuvo lugar en sedimentos húmedos, no consolidados, lo que implica una edad triásica para las rocas básicas intercaladas.

El estudio radiométrico de varias muestras de ofitas y pillow lavas en el Subbético del Cantar (noroeste de Lorca, Murcia) ha dado una edad comprendida entre 100 y 128 millones de años, lo que hace situar su edad en el Cretáceo inferior (Van de Fliert et al., 1977), mucho más moderna que la supuesta hasta ahora.

Finalmente, debemos resaltar la existencia de una red generalizada de diaclasas en las metabasitas estudiadas, con buzamientos verticales o sub-verticales, entre las cuales destacan las de dirección N 40° W, N 30° E, N 60° E y N 80° E. La mayor parte de estas diaclasas están rellenas de calcita, óxidos de hierro de aspecto limonítico, epidota o menas metálicas. De estas últimas se hace más adelante una descripción detallada. En las fotografías 1 a 6 se ofrecen diversos aspectos de las características de campo de las metabasitas estudiadas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

IV.1. ... LUZ TRANSMITIDA.

Se han estudiado numerosas láminas delgadas de metabasitas, correspondientes a un muestreo del afloramiento en tres transversales, a fin de poder detectar todas las variaciones existentes en los rasgos texturales y en la composición mineralógica. Las determinaciones microscópicas se han complementado con el estudio en platina universal y por difracción de rayos X. A continuación se exponen las principales características de los distintos minerales.

Plagioclasas.

Son los componentes mayoritarios de las metabasitas, con una proporción generalmente superior al 50 por 100. Se encuentran en un estado de alteración muy avanzado, incluso las que a simple vista parecen más compactas en muchos casos la determinación del término específico resulta imposible. El tamaño de los cristales varía entre 0,2 y 4 mm, según que formen parte de la matriz o aparezcan como fenocristales; también se encuentran transiciones de tamaño en una muestra dada. Son raros los cristales zonados, aunque se han podido observar en varios ejemplares. Presentan un núcleo cálcico muy alterado y cristales progresivamente más sódicos hacia los bordes.

Las plagioclasas de estas metabasitas han sufrido una transformación progresiva hacia términos más sódicos, de forma que sólo en una muestra se ha podido identificar labradorita y en la mayoría, la plagioclasa existente es andesina u oligoclasa, e incluso albita. Paralelamente aumenta el contenido en epidota de las muestras, junto con el de sericita, calcita y anfíboles, que son los principales productos derivados de la alteración de la plagioclasa cálcica. Es evidente, pues, un proceso continuo de albitización, acentuado especialmente durante la acción hidrotermal desarrollada sobre estas rocas.

Las plagioclasas contienen abundantes inclusiones de menas metálicas y de minerales derivados de su alteración. En las microfotografías 7, 8 y 9 se ofrecen algunos aspectos característicos.

Feldespatos potásicos.

Aparece en fenocristales muy alterados y en escasa proporción en todas las muestras. El grado de diferenciación magmática alcanzado en estas rocas se refleja en la abundancia de intercrecimientos mirmequíticos de cuarzo y feldespato potásico, generalmente en forma de ortoclasa, según los difractogramas correspondientes, aunque en otras muestras cabe identificar la fase potásica como microclina. Asimismo, al no haberse logrado una separación de las plagioclasas en el estudio de las muestras por rayos X, no puede excluirse que se hayan dado también intercrecimientos de cuarzo y plagioclasa sódica, sobre todo en una etapa avanzada de la diferenciación de estas rocas.

Piroxeno.

Es un componente minoritario en todas las muestras en que aparece y esto indica, igualmente, una gran diferenciación en estas rocas. En nin-

gún caso se ha detectado la presencia de olivino, que en otros afloramientos de ofitas alcanza un porcentaje entre 2 y 5 por 100 (Lago San José, 1980; Ruiz Cruz y Lunar, 1982); generalmente suele aparecer alterado a iddingsita, piroxeno, biotita, clorita o montmorillonita. El piroxeno encontrado en las metabasitas de la Sierra del Puerto no es el más característico, la augita, sino una clinostatita. Se presenta en cristales subidiomorfos de 0,6 a 0,8 mm, ocupando los intersticios del entramado de cristales de plagioclasa. Algunos cristales aparecen transformados pseudomórficamente a anfíbol y en los bordes a clorita.

Biotita.

Aparece en secciones basales y prismáticas y siempre con una alteración avanzada a clorita. Los cristales suelen presentar numerosas inclusiones de menas metálicas de forma y tamaño variables. Algunos cristales de biotita proceden de la alteración de anfíboles, con los que aparecen estrechamente relacionados.

Cuarzo.

Sólo está presente en algunas rocas, bien en pequeños granos que ocupan intersticios en la trama o intercrecido con feldespatos. Suele ir acompañado de anfíboles, epidota y clorita y alcanza un contenido medio entre 2 y 5 por 100. Hay varias generaciones de cuarzo, estrechamente relacionadas con la evolución de estas rocas. Unos cristales corresponden a una etapa tardía de la diferenciación, otros son de filiación metamórfica y, finalmente, se encuentran numerosos rellenos de fisuras y diaclasas por segregación hidrotermal.

Anfíboles.

Junto a las plagioclasas, son los componentes mayoritarios de estas rocas. Aparecen en cristales tabulares y prismáticos con una gradación de tamaño entre 0,5 y 3 mm y alterados en grado variable a biotita y clorita. Aparecen varios tipos de anfíboles, con gradaciones en sus propiedades ópticas de unas muestras a otras. Los dominantes son hornblenda verde-marrón, con marcado pleocroísmo en tonos pardo-verdosos y alterada a biotita y clorita y anfíbol pardo-verdoso, mucho más frecuente y con marcado pleocroísmo en tonos verde-amarillentos. Sus propiedades ópticas lo identifican como un término de la serie tremolita-actinolita.

La hornblenda presenta una clara filiación magmática, en tanto que el anfíbol más frecuente, forma parte de la paragénesis metamórfica superpuesta a estas rocas.

Clorita.

Aparece en todas las muestras en contenidos inferiores a un 5 por 100, bien en cristales pseudo-hexagonales o en agregados fibrosos con pleocroísmo en tonos verde-amarillentos. La clorita procede de la alteración de minerales preexistentes, como anfíboles, piroxenos y biotita, y ocupa lugares intersticiales o se encuentra íntimamente asociada a ellos. Están presentes dos variedades, diferenciadas por sus propiedades ópticas: penninita, la más abundante y esencialmente formada por la alteración de anfíboles, y ripidolita, más rara, y originada en la etapa de alteración hidrotermal.

Sericita.

Es la mica incolora identificada en numerosas muestras, aunque en escasa proporción. Corresponde a uno de los productos de la alteración de la plagioclasa cálcica, con la que aparece estrechamente relacionada.

Epidota.

Es un mineral muy frecuente en las metabasitas y aparece como relleno de diaclasas o formando parte de la trama, junto con anfíboles y plagioclasas. En algunas muestras se observan magníficos crecimientos fibroso-radiales de cristales prismáticos de epidota de un color verde oliva característico. Están representadas las dos variedades comunes en estas rocas, zoisita y clinozoisita, ortorrómbica y monoclinica, respectivamente. La epidota procede en parte de la alteración de las plagioclasas, a las que pseudomorfa con frecuencia, y se ha formado también en el metamorfismo alpino, junto con anfíboles y plagioclasa sódica.

Prehnita.

Se encuentra en algunas muestras en cristales prismáticos fibroso-radiales de color verde pálido, asociada a epidota y clorita. Rellena pequeñas cavidades entre estos minerales y aunque en parte se puede formar durante la alteración de las plagioclasas cálcicas, corresponde sin duda a la paragénesis hidrotermal tardía.



1



2



3



4



5



6

Foto 1. Afloramiento de metabasitas con varios sistemas de diaclasas rellenas de calcita y óxidos de hierro.

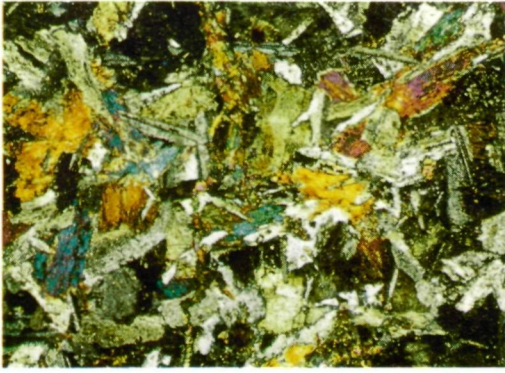
Foto 2. Metabasitas parcialmente alteradas y desagregadas.

Foto 3. Diaclasas horizontales y subverticales mineralizadas por óxidos de hierro.

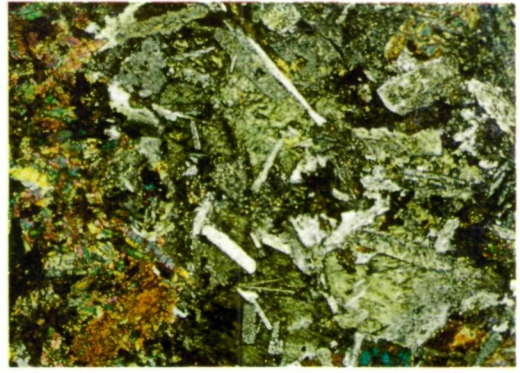
Foto 4. Fracturación muy acusada en uno de los afloramientos de metabasitas.

Foto 5. Superficie de contacto entre metabasitas muy alteradas y conglomerados del Tortonense.

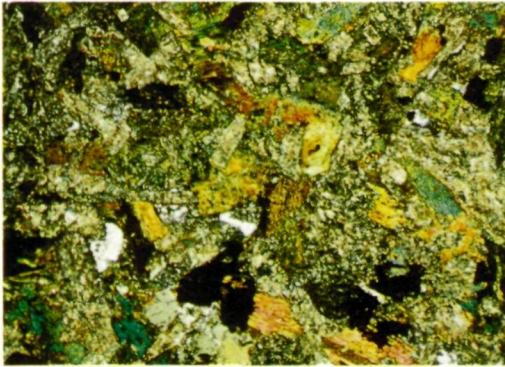
Foto 6. Rellenos mineralizados de sulfuros y óxidos de hierro en metabasitas.



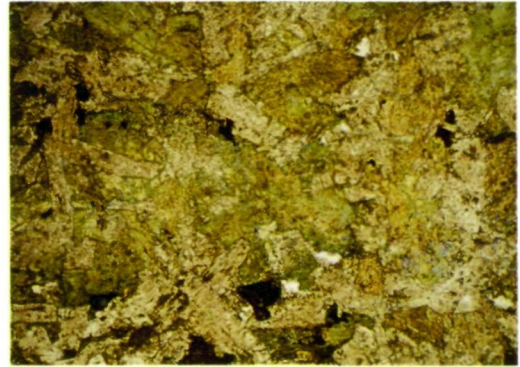
7



8



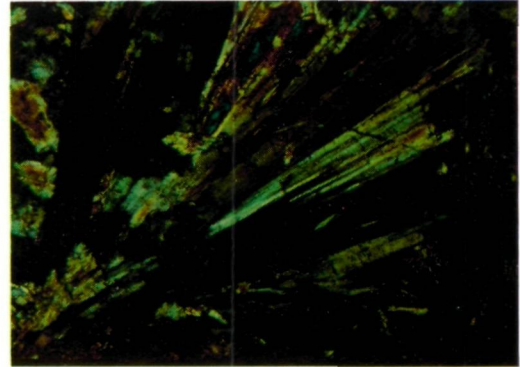
9



10



11



12

Microfotografía 7. Metabasita con textura holocristalina formada por plagioclasa cálcica, anfíbol y epidota. Luz transmitida, polarizadores cruzados, 12X.

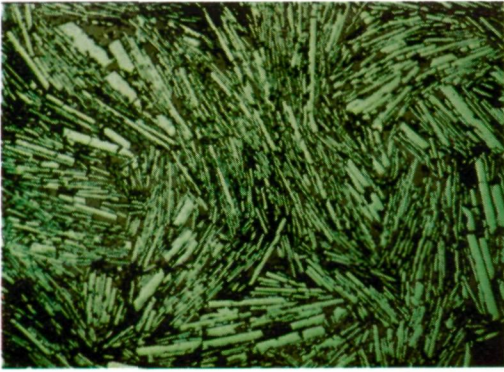
Microfotografía 8. Plagioclasa cálcica alterada, con ortosa y plagioclasa. Luz transmitida, polarizadores cruzados, 12X.

Microfotografía 9. Metabasita con textura porfídica, constituida por plagioclasa cálcica muy alterada, biotita y anfíboles de la serie tremolita-actinolita. Luz transmitida, polarizadores cruzados, 12X.

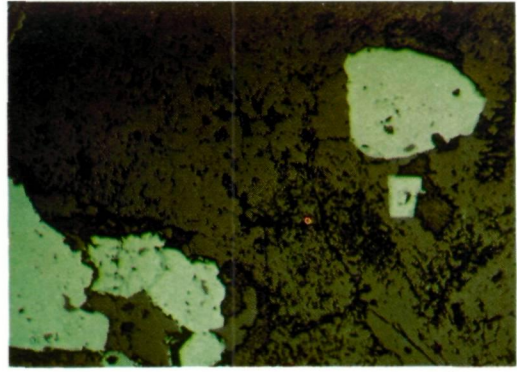
Microfotografía 10. Secciones prismáticas de anfíboles con marcado pleocroísmo en tonos pardo-verdosos. Luz transmitida, un polarizador, 12X.

Microfotografía 11. Intercrecimientos mirmequíticos de cuarzo y feldespato potásico. Luz transmitida, polarizadores cruzados, 12X.

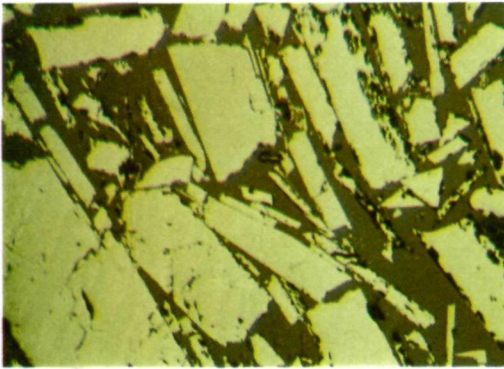
Microfotografía 12. Cristales fibroso-radiados de prehnita. Luz transmitida, polarizadores cruzados, 24X.



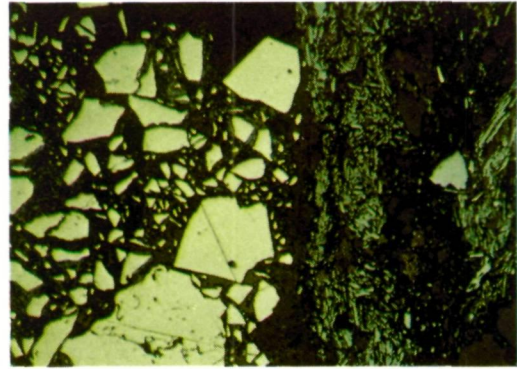
13



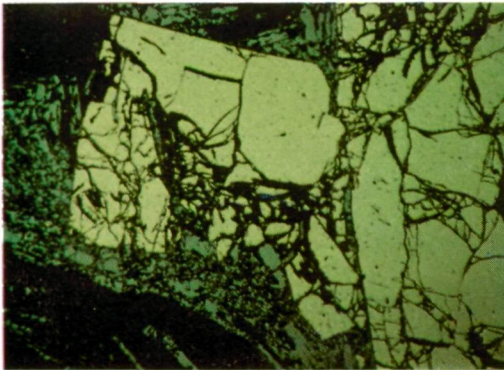
14



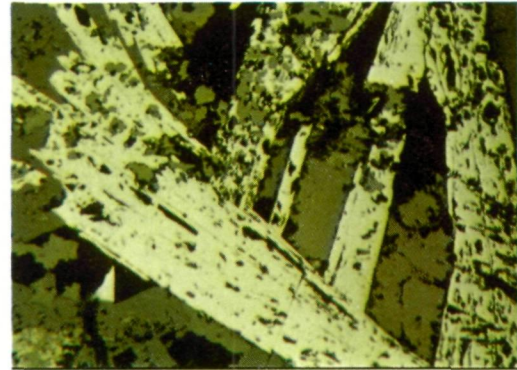
15



16



17



18

Microfotografía 13. Cristales prismáticos de hematites, alargados según el eje c y con diversas orientaciones, dando una trama porosa. Luz reflejada, un polarizador, 30X.

Microfotografía 14. Metabasita mineralizada por pirita y magnetita. Luz reflejada, un polarizador, 60X.

Microfotografía 15. Cristales tabulares de ilmenita y hematites. Luz reflejada, un polarizador, 60X.

Microfotografía 16. Brecha mineralizada por pirita y hematites. Luz reflejada, un polarizador, 30X.

Microfotografía 17. Pirita tectonizada con textura cataclástica y alterada a goethita en la red de microfisuras. Luz reflejada, un polarizador, 30X.

Microfotografía 18. Entrecruzado de cristales prismáticos de hematites, con marcada exfoliación. Luz reflejada, un polarizador, 60X.



Rutilo.

Es un componente minoritario de las metabasitas y presente en casi todas las muestras. En muchos casos aparece intercrecido con hematites en cristales prismáticos con exfoliación perfecta, fuerte relieve y birrefringencia extrema; presenta un débil pleocroísmo en tonos pardo-amarillentos y generalmente aparece alterado a leucoxeno.

Apatito.

Sólo se ha identificado en dos muestras, en pequeños cristales prismáticos, ocupando intersticios o en el seno de plagioclasa alterada.

Calcita.

Es un mineral frecuente en todas las muestras, aunque en pequeña concentración. Se encuentran varias generaciones, bien como producto de alteración de plagioclasas y piroxenos o como mineral tardío en rellenos centimétricos de fisuras y oquedades; en este caso suele ir acompañada de cuarzo o epidota. Forma agregados paralelos de cristales escafoédricos translúcidos y con exfoliación perfecta. A veces va acompañada de dolomita.

IV.2. LUZ REFLEJADA.

El estudio por luz reflejada ha permitido caracterizar los minerales opacos presentes, tanto en las diseminaciones de las metabasitas como en los rellenos mineralizados de las fisuras y diaclasas que las atraviesan. Tras el análisis de las relaciones mutuas de los minerales opacos, se puede establecer una buena correlación entre las paragénesis representadas y los procesos metalogenéticos desarrollados en este área. A continuación se exponen los rasgos característicos de algunas probetas estudiadas.

Muestra CC-10.

Se trata de una metabasita compacta y con escasa alteración a simple vista. La roca presenta una diseminación importante de óxidos, algunos ligados directamente a la paragénesis magmática inicial. Se encuentran transformados a compuestos más oxidados, sobre todo a goethita. Por orden de abundancia se identifican las siguientes especies:

— *Magnetita*, en cristales de bordes irregulares, algunos en formas esqueléticas y parcialmente corroídos. Otros cristales presentan hábito tabular y exfoliación octaédrica perfecta; por esas superficies se inicia la transformación a goethita y otras formas oxidadas de hierro de menor cristalinidad que, en conjunto, se pueden designar como venas limonitizadas. Algunos cristales de magnetita son subidiomorfos, con secciones cubo-octaedro y parcialmente transformados en hematites y goethita. Asimismo, se observan intercrecimientos magnetita-ilmenita, orientados según el plano (0001); posiblemente derivan de una fase primitiva formada por ilmenita y hematites.

— *Ilmenita*, en cristales tabulares y prismáticos de coloración blanco crema y débil anisotropía, más acusada en inmersión.

— *Hematites*, en pequeños cristales tabulares que forman agrupaciones subparalelas con fuerte heterometría de grano. Están muy poco alterados y presentan una reflectividad media con marcada anisotropía en tonos grises. Los cristales de hematites rellenan fisuras de espesor milimétrico y estrechamente ligados a los de ilmenita. También se observan numerosos cristales aislados, con un marcado alargamiento en la dirección del eje *c*, asociados al entramado de haces de microcristales en direcciones diversas, parcialmente replegados y doblados, formando una trama muy porosa.

— *Pirita*, en pequeños cristales idiomorfos diseminados en la roca y con secciones muy variadas, según la orientación del corte. Algunos cristales están pseudomorfizados totalmente por goethita.

— *Calcopirita*, en cristales irregulares, algunos subidiomorfos y transformados parcialmente en hematites y goethita.

— *Rutilo*, en cristales prismáticos y aciculares, con débil pleocroísmo de reflexión, fuerte anisotropía y baja reflectividad.

Muestra CA-7.

Corresponde a las mineralizaciones de sulfuros, óxidos y productos secundarios, que forman rellenos de espesor centimétrico entre las masas de metabasitas. Los principales constituyentes son:

— *Pirita*, en fenocristales idiomorfos a subidiomorfos de hasta 8 mm de tamaño y en secciones variadas según la posición en el corte. Se observa una marcada gradación de tamaño y una tendencia a formar cristales euhédricos hacia el final del proceso mineralizante. Los cristales están parcialmente rotos y microdiaclosados, ofreciendo en conjunto una textura típicamente cataclástica. Las superficies resultantes constituyen una vía óptima de alteración a hematites y goethita. Algunos cristales de pirita

presentan inclusiones de cuarzo y carbonatos, englobados durante su formación y muy abundantes en el medio. En conjunto se observa un carácter brechoide en los rellenos mineralizados, lo que unido a la existencia de una textura cataclástica bien desarrollada, sugiere que los flúidos mineralizantes aprovecharon las superficies de discontinuidad en las rocas (fisuras, diaclasas y pequeñas oquedades) y que la cristalización fue acompañada de una importante removilización local en el medio, seguido de una tectonización final como reajuste de tensiones.

— *Hematites*, diseminada en la trama como haces de cristales prismáticos y tabulares, con una gradación de tamaño desde 0,05 mm a 2 mm. La mineralización de hematites deja una trama porosa, con espacios no ocupados por otros minerales, lo que refleja su carácter tardío y la cristalización en un medio abierto. Asimismo, el marcado predominio de cristales alargados según *c* y la escasez de secciones basales, parece indicar una inyección lateral del flúido mineralizante y la existencia de presiones tangenciales moderadas.

— *Ilmenita*, paragenética con la anterior y menos abundante; presenta un color crema suave en luz paralela y menor reflectividad que hematites.

— *Arsenopirita*, en pequeños cristales idiomorfos con secciones discoidales, en cuña o en pequeños rombos parcialmente alargados en la dirección de flujo. Color blanco brillante en un polarizador, anisotropía suave y alta reflectividad. Se encuentra asociada a pirita, aunque su formación ha sido ligeramente anterior.

— *Calcopirita*, en pequeñas agrupaciones xenomorfas asociadas a pirita. Presenta una suave anisotropía y maclas características, muy evidentes en polarizadores casi cruzados. Es paragenética con pirita y aparece alterada a goethita y carbonatos de cobre.

— *Siderita*, poco abundante y originada por un proceso metasomático local. Presenta una alteración avanzada a goethita y material limonítico en las superficies de exfoliación.

— *Carbonatos de cobre*, representados por azurita y malaquita, formados por alteración de calcopirita y otros sulfuros de cobre. El lavado de estos minerales en un medio con abundancia de iones CO_3^- produce su depósito en las proximidades, aprovechando pequeños huecos y fisuras. Estos minerales son de una gran belleza al microscopio, especialmente entre polarizadores cruzados; aparecen en crecimientos cono-radiales de baja reflectividad, con abundantes reflexiones internas, azules o verdes, según el carbonato.

— *Limonita*, que representa una intensa transformación en condiciones ambientales o próximas a ellas de los minerales primarios de hierro,

sobre todo pirita, hematites, calcopirita y arsenopirita. Esta alteración produce soluciones coloidales que pueden permanecer como metaestables dando compuestos amorfos de hierro (óxidos hidratados con un contenido variable en agua) o cristalizar finalmente como goethita, que es la fase más estable en el proceso de transformación.

Muestra CC-11.

Presenta una mineralogía más variada que las dos anteriores. Como minerales no descritos figuran los siguientes:

— *Covellina*, en pequeños haces de cristales prismáticos y tabulares con fuerte anisotropía y pleocroísmo de reflexión muy acusado en tonos azulados. Aparece como mineral tardío rellenando pequeñas cavidades en la trama. Su origen está relacionado con un débil enriquecimiento supergénico a partir del lavado de calcopirita.

— *Calcosina*, en cristales tabulares con marcada anisotropía y reflectividad media. Está asociada genéticamente con la anterior y es una especie minoritaria en el contexto global de la mineralización.

— *Cobres grises*, en el seno de pirita, por lo que contrastan marcadamente por su color crema verdoso suave y reflectividad más baja. Por su tonalidad deben corresponder a tetraedrita y forman parte de la paragénesis inicial de sulfuros.

En conjunto, tras el estudio de las muestras mineralizadas mediante luz reflejada, se pueden establecer las siguientes paragénesis:

— Paragénesis magmática inicial, constituida esencialmente por magnetita, ilmenita y hematites.

— Paragénesis hidrotermal, formada por arsenopirita, cobres grises, pirita, hematites, ilmenita y rutilo.

— Minerales producidos por enriquecimiento supergénico: calcosina y covellina.

— Minerales relacionados con procesos metasomáticos y de alteración: siderita, goethita, limonita, azurita y malaquita.

V. CONCLUSIONES

1. En el estudio de campo de las metabasitas no se ha observado metamorfismo de contacto en las rocas encajantes, lo que parece estar en consonancia con la hipótesis de que la intrusión del material magmático se debió realizar cuando los sedimentos no habían adquirido una compactación avanzada.

2. Los materiales estudiados han sido afectados por la orogenia y tectonización alpinas, aunque con intensidad moderada. La paragénesis magmática inicial ha sufrido una diferenciación avanzada (ausencia de olivino y piroxenos magnésicos) y sobre ella aparece sobreimpuesta otra de carácter metamórfico. Esta paragénesis revela unas condiciones de metamorfismo epizonal, equivalente a la facies de esquistos verdes.

3. Una paragénesis hidrotermal correspondiente a un episodio generalizado en las metabasitas del sureste de la zona bética, representada por minerales de la arcilla, ripidolita, cuarzo, epidota, prehnita, plagioclasa sódica, calcita y minerales opacos (pirita, calcopirita, arsenopirita, ilmenita y rutilo).

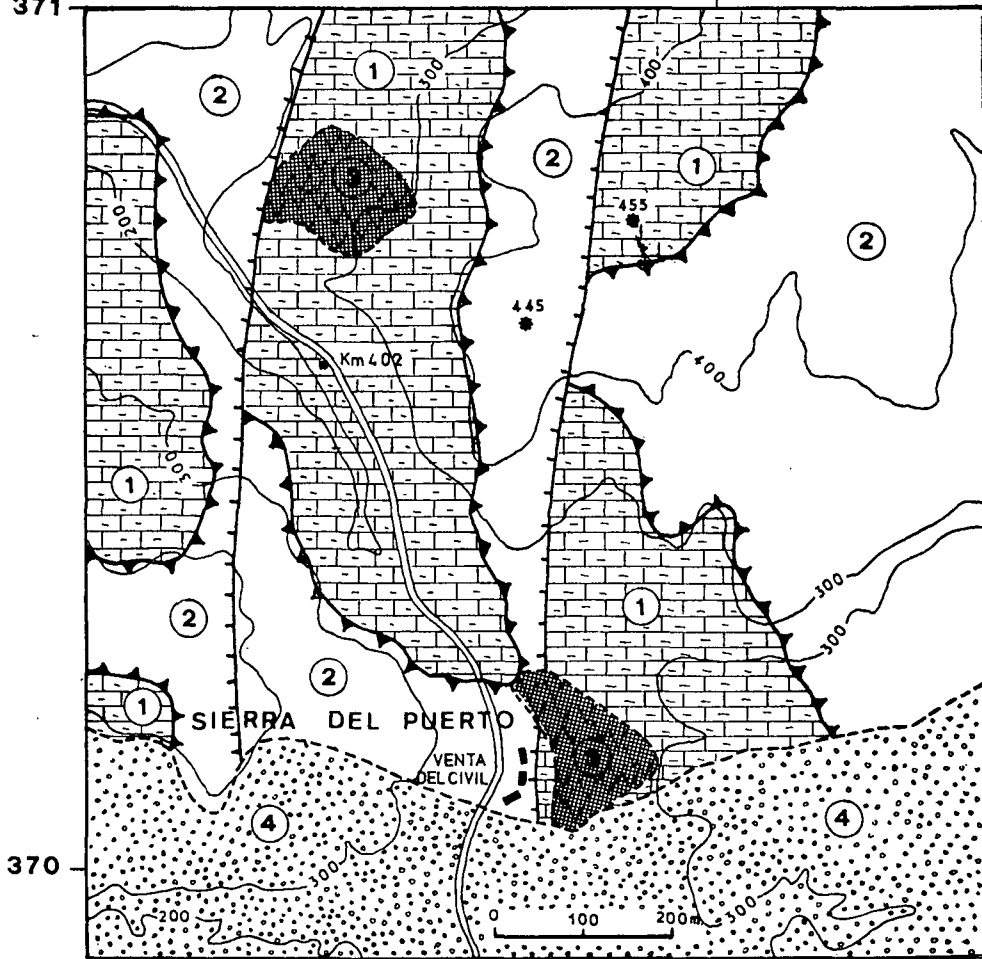
4. La actividad mineralizante en estas rocas ha proseguido en episodios de extensión local, debidos a la acción de soluciones derivadas de la transformación y alteración de minerales previos. Como resultado, se diferencian minerales propios de un proceso metasomático local, como es la formación de siderita a partir de soluciones ricas en hierro sobre calizas y la de minerales resultantes de un enriquecimiento supergénico en sulfuros primarios, como calcosina y covellina.

Asimismo, se encuentran varios minerales secundarios producidos por transformación de sulfuros y óxidos, como goethita, limonita, azurita y malaquita.

En las microfotografías 7 a 18 se ofrecen algunos aspectos característicos de estos minerales.

BIBLIOGRAFIA

- ARANA, R., y ORTIZ, R. (1982), «Mineralizaciones de hierro asociadas a metabasitas en Santomera (Murcia)», *Bol. Soc. Esp. Mineralogía*, 5, 135-147.
- GARCÍA-CERVIGÓN, A. (1973), «Estudio mineralógico y geoquímico de los productos de alteración de rocas ígneas del noroeste de la provincia de Murcia (España)», Tesis, *Secr. Publ. Univ. Granada*, 2 vols., 686 págs.
- JAÉN GARCÍA, M. (1982), «Alteraciones de metabasitas en un sector de la Sierra del Puerto (Murcia)», Tesis licenciatura, Fac. Ciencias, Murcia, 193 págs. (No publicada).
- KAMPSCHUUR, W. (1972), «Geology of the Sierra de Carrascoy (SE Spain) with emphasis on alpine polyphase deformation», *Gua Papers*, vol. 1, núm. 1, 1-114.
- LAGO SAN JOSÉ, M. (1980), «Estudio geológico, petrológico, geoquímico y de aprovechamiento industrial de las rocas ofíticas del norte de España», resumen tesis doctoral, *Secr. Publ. Univ. Zaragoza*, 13 págs.
- NÚÑEZ, A.; MARTÍNEZ, W., y COLODRON, I. (1975), «Mapa Geológico de España E. 1:50.000. Hoja núm. 934 (Murcia)», *Serv. Publ. Min. Industria*, Madrid.
- PUGA, E., y RUIZ CRUZ, M. D. (1980), «Observaciones petrológicas y geoquímicas sobre el magmatismo básico mesozoico del Sector Central de la Cordillera Subbética», *Cuadernos de Geología* (en prensa).
- RUIZ CRUZ, M. D., y LUNAR, R. (1982), «Datos mineralógicos relativos a las "ofitas" triásicas del sector central de la Cordillera Subbética y a los sedimentos arcillosos que las engloban», *Boletín Geológico y Minero*, t. XCIII-II, 172-186.
- VAN DE FLIERT, J. R.; HEBEBA, E. H.; PRIEM, H. N. A.; DE SMET, M. E. M., and VERDURMEN, E. A. TH. (1979), «Pillow lavas and basic intrusives of Early Cretaceous age in the Cantar area (prov. Murcia), Spain», *Estudios Geológicos*, 35, 605-608.



Modificado de Núñez et al., 1975

Explicación de la figura 1

Situación geográfica y geológica de la zona estudiada. Explicación de los símbolos: Complejo Ballabona-Cucharón; 1, Unidad Romero, con argilitas rojas, pardas y niveles de cuarcitas (Pérmico-Trías medio); 2, Unidad Carrascoy, con calizas, dolomías grises y margas amarillentas (Triásico); 3, afloramientos de metabasitas; 4, Terciario, formado aquí por conglomerados de cantos redondeados (Tortonense). Coordenadas Lambert.



(a) $\mu = 0.001$, $\sigma = 0.001$

(b) $\mu = 0.001$, $\sigma = 0.0001$

