

Tesis de Posgrado

Estudio geológico de algunos yacimientos de tungsteno en la Sierra del Morro y la Sierrita de Yulto, Provincia de San Luis, Argentina

Clayton, Rogelio Carlos

1967

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias Geológicas de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

Clayton, Rogelio Carlos. (1967). Estudio geológico de algunos yacimientos de tungsteno en la Sierra del Morro y la Sierrita de Yulto, Provincia de San Luis, Argentina. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_1328_Clayton.pdf

Cita tipo Chicago:

Clayton, Rogelio Carlos. "Estudio geológico de algunos yacimientos de tungsteno en la Sierra del Morro y la Sierrita de Yulto, Provincia de San Luis, Argentina". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1967.

http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_1328_Clayton.pdf

EXACTAS UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



UBA

Universidad de Buenos Aires

1328

Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Departamento de Ciencias Geológicas

RESUMEN DE TESIS DE DOCTORADO

"Estudio geológico de algunos yacimientos de tungsteno en la Sierra del Morio y Sierrita de Yulito, provincia de San Luis, Argentina".

Autor : Regalio C. Clayton
Director : Dr. Amílcar O. Herrera

Año 1967

Tema y objeto del estudio.

En el transcurso de este trabajo se han considerado los resultados del estudio geológico de algunos yacimientos de tungsteno ubicados en la Sierra del Morro y en la Sierrita de Yulto, provincia de San Luis, Argentina.

En la Sierra del Morro se examinaron los yacimientos: "El Morro N° 1" y "La Blanca"; en la Sierrita de Yulto: "La Armandita" y "La Coquita".

Con el objeto de contribuir a la interpretación genética de los yacimientos citados, se realizó un estudio petrológico de estas zonas del basamento cristalino, a través de un análisis mineralógico-petrográfico y mediante la consideración de algunos análisis químicos detallados.

Características de la investigación realizada.

a) El estudio de campo se inició en setiembre de 1963, en esa oportunidad limitado a "El Morro N° 1". Se efectuaron posteriores trabajos de campo en diciembre de 1964 y febrero de 1966, habiéndose ampliado la zona investigada a los restantes yacimientos citados.

b) Durante el estudio de laboratorio, se examinaron alrededor de 400 muestras provenientes de los distintos yacimientos, en su mayoría pertenecientes a perfiles detallados de los mismos. Para su determinación se recurrió a:

(1) El estudio mineralógico y petrográfico mediante cortes delgados (alrededor de cien) y a grano suelto.

(2) Tinción en superficies pulidas de rocas carbonáticas a fin de diferenciar calcita y dolomita, detectar fenómenos de de-dolomitización, etc.

(3) Determinación de plagioclasas mediante el método de Tuboi (variación simple)

(4) Determinación con Platina Universal del ángulo de extinción y de los ejes ópticos en anfíboles de la serie: actinolita-tremolita, y hornblendas, y del ángulo de los ejes ópticos en: epidoto-clinzoisitas.

(5) Determinación cuantitativa de la relación Mg/Fe en micas de la serie: biotita-flogopita, mediante difracción de rayos X.

titativa de Rayos-X.

con difractómetro de Rayos-X.

(6) Identificación de diversos minerales

(7) Análisis químicos (a cargo del Laboratorio de Análisis de Rocas, F.C.E. y N.) de cuatro minerales y cuatro tipos de rocas.

Naturaleza geológica de las zonas examinadas

Las rocas de la región, principalmente esquistos y gneis de composición cuarzoso-oligoclasa-biotítica, forman parte del basamento cristalino característico de las Sierras Pampeanas Australes. La mayoría de los yacimientos considerados están relacionados con algunas fajas de metamorfitas carbonáticas (mármoles calcítico-cleríticos, mármoles dolomíticos, etc.) generalmente asociadas con anfibolitas o rocas similares, e intercaladas concordantemente en el basamento. En estas fajas hay tramos irregulares convertidos en rocas preponderantemente anfíbol-epidóticas, del tipo de las tactitas, que en partes contienen scheelita. En términos generales las características de esta clase de mineralización son similares a las descritas en yacimientos scheelíticos vinculados con contactos ígneos vecinos, vale decir, del tipo metamórfico de contacto. En esta región, sin embargo, como en otras áreas del país, no se observan intrusivos cercanos a los tramos tactizados.

En menor escala, hay fenómenos de mineralización tungstífera relacionados con sportes pegmatíticos locales y, por último, con vetas de cuarzo.

Tipos de mineralización de tungsteno y sus principales características.

En los yacimientos considerados se manifiestan una o más de las siguientes etapas de mineralización, en un orden decreciente de antigüedad:

- (i) Mineralización scheelítica en tactitas.
- (ii) Aporte de scheelita de origen pegmatítico.
- (iii) Vetas de cuarzo con scheelita y/o wolframita.

Las principales características de cada una de esas manifestaciones tungstíferas pueden resumirse como sigue:

(i) Mineralización scheelítica en tactitas. Constituye la más importante desde el punto de vista económico.

La scheelita es el único mineral de tungsteno que se encuentra asociada con franjas o zonas irregulares de tactita desarrolladas en bancos carbonáticos, cerca de sus contactos con las rocas contiguas. La distribución del mineral es sumamente irregular y son relativamente frecuentes los tramos tactizados en los que no aparece scheelita.

La mineralogía de las tactitas es relativamente monótona y entre los componentes más importantes (excluyendo scheelita) pueden citarse: anfíboles de la serie tremolita-actinolita, epidoto o clinocroisita, flogopita, cuarzo, calcita y clorita. Presentan, no obstante, considerables variaciones debido al cambio a veces sumamente brusco en la proporción relativa de los distintos minerales, como así también a diferencias en lo que respecta a su asociación (incluyendo reemplazos y alteraciones) y, en menor grado, a la textura de las rocas resultantes. Por otra parte, atendiendo a factores como éstos, se han diferenciado algunas asociaciones mineralógicas características dentro de las zonas tactizadas. Además, de la comparación de los diversos perfiles estudiados, surge que hay cierta regularidad en la aparición de las mismas a través de los distintos yacimientos examinados.

(ii) Aporte de scheelita de origen pegmatítico. En varios de los yacimientos estudiados se observaron venillas y/o cuerpos pegmatíticos chicos, portadores de scheelita, que originaron enriquecimientos locales, sobre todo al atravesar bancos carbonáticos.

Son generalmente discordantes respecto de la esquistosidad regional y tienen potencias que van desde pocos centímetros hasta un par de metros. Sólo algunos de los cuerpos mayores sobrepasan los cincuenta metros de largo. Constan predominantemente de plagioclasa y cuarzo, observándose frecuentemente cantidades subordinadas de los siguientes minerales: apatita, calcita, epidoto, fluorita y scheelita.

En los casos en que esta clase de aporte alcanza cierta convergadura, la scheelita está generalmente concentrada en franjas micáceas desarrolladas por efectos de contacto de las pegmatitas en rocas vecinas.

(iii) Vetas de cuarzo. Portadoras de wolframita y/o scheelita, se examinaron varias de estas vetas en el extremo sur de "El Morro N° 1", en "Loma Blanca" e inmediaciones, y en "La Arandita".

Constan predominantemente de cuarzo, observándose cantidades subordinadas de mica, feldespato, fluorita y berilo entre otros minerales acompañantes. La mayoría de las vetas tienen salbandas muscovíticas de hasta 1 cm. de potencia en las que se presenta scheelita y, en ciertos casos, wolframita. El estudio de algunas muestras con wolframita indica que este mineral antecedió y fue en parte reemplazado por scheelita.

En general, las vetas consideradas atraviesan discordantemente a esquistos y gneis cuarzo-oligoclasa-biotíticos. En "La Armandita", en cambio, se examinó una pequeña veta con wolframita y algo de scheelita, alojada en un cuerpo de roca granítica. Mineralógicamente similar a las anteriores, aquí también se comprobó la naturaleza algo posterior de la scheelita respecto de la wolframita.

Consideraciones genéticas

El origen de las tactitas y de la mineralización asociada fue considerado, fundamentalmente, en base al estudio de "El Morro N° 1". Para ello, se describieron algunos perfiles geológicos que ejemplifican diversas características de las zonas tactizadas; se encaró un examen detallado de los principales componentes mineralógicos, y se interpretaron los diagramas de variación preparados (mediante la Celda Standard de Barth) en base al análisis químico de algunos tipos litológicos relacionados con los fenómenos de tactización.

Esta primera manifestación del tungsteno está en gran medida vinculada con la evolución metamórfica de la región y, particularmente, con cambios metamórficos ocurridos en los bancos carbonáticos que integran el basamento cristalino.

La composición global de las tactitas puede interpretarse como el resultado de la interacción química entre dichos bancos y las rocas vecinas con la participación, además, de cierto aporte externo. En tal sentido, el esquema genético propuesto es en muchos aspectos similar al correspondiente a los skarn de reacción originados en áreas de metamorfismo regional.

En relación a las tactitas scheeliticas, se ha señalado la existencia de por lo menos dos etapas paragenéticamente diferenciadas. Su desarrollo se inició con la anfibolitización de los bancos carbonáticos y continuó a través del reemplazo por epidoto (elinoclaita), scheelita, cuarzo, flegopita, calcita y escasos sulfuros. Asimismo, en base a las asociaciones mineralógicas observadas, se ha estimado que la mineralización de tungsteno respondió a un aporte de natu-

rales alcalinas.

Con respecto, por último, a los aportes de tungsteno relacionados con pegmatitas y vetas de cuarzo, y sobre todo en base a su estudio en "Loma Blanca" e inmediaciones, se ha considerado que representan distintas etapas de un ciclo de mineralización esencialmente continuo. Dicho ciclo, posterior a la mineralización scheelítica de las tactitas, abarcó desde términos pegmatíticos hasta vetas de origen claramente hidrotermal.

R Clayton

Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Departamento de Ciencias Geológicas

Título: "ESTUDIO GEOLOGICO DE ALGUNOS YACIMIENTOS DE TUNGSTENO EN LA
SIERRA DEL MORRO Y LA SIERRITA DE YULTO, PROVINCIA DE SAN LUIS,
ARGENTINA"

Autor: Rogelio C. Clayton

Tesis presentada para optar al título de:
Doctor de la Universidad de Buenos Aires.

Director: Dr. Amílcar O. Herrera

1328 d
0.2

Año 1967

I N D I C E

Agradecimientos	1
Tema, objeto y características del estudio realizado	2
Rasgos geológicos generales de las zonas examinadas	3
Antecedentes : estudios anteriores	4
Yacimiento "El Morro N° 1"	
Introducción	6
Naturaleza del estudio y presentación de las observaciones	8
Perfiles geológicos en las inmediaciones del Pozo N° 9	10
Principales conclusiones (preliminares)	25
Perfiles y observaciones en las labores relacionadas con los Piques 1, 2 y 3	32
Principales conclusiones (preliminares)	42
Perfil geológico al sur del Pique 5	44
Principales conclusiones (preliminares)	57
Estudio mineralógico	59
Micas ferromagnésicas:	
análisis químico	61
determinación cuantitativa con Rayos-X	65
índice de refracción	69
micas de tactitas	71
micas de esquistos epidotizados	72
micas de esquistos cuarzo-oligoclasa-biotíticos	72
Anfiboles	77
Plagioclasas	80
Estudio químico de la taotización	82
Muestreo	82
Presentación de los análisis químicos	85
Representación gráfica e interpretación de los análisis químicos	87

Relaciones geológicas generales:	103
Resumen de las principales características petrológicas.	103
Consideraciones estructurales	118
Principales conclusiones	122
Yacimiento "Loma Blanca"	
Introducción	132
Rasgos particulares de la tectonización	135
Fenómenos de reacción y aporte scheelítico relacionados con pegmatitas	142
Algunas consideraciones	149
Vetas de cuarzo:	151
Discusión	156
Principales conclusiones	159
Observaciones geológicas en algunos yacimientos de tungsteno en la Sierrita de Yulto	
"La Armandita"	160
Algunas consideraciones	161
"La Coquita"	163
Observaciones generales sobre el yacimiento	164
Observaciones en las inmediaciones del Pozo N° 6	167
Algunas consideraciones finales	170
CONCLUSIONES GENERALES	172
Bibliografía	176

ILUSTRACIONES

Entre págs.

Mapa geológico de "El Morro N° 1": fotocopia del mapa de Smith y González 9-10

Láminas: "El Morro N° 1"

- I - Perfiles geológicos del Pozo N° 9 (1er. nivel) 31-32
- II - Perfiles geológicos del Pozo N° 9 (en superficie) 31-32
- III - Perfil geológico al sur del Pique 5 (en superficie) 58-59

"Loma Blanca"

- IV - Perfil geológico del banco tectizado oriental (en superficie) . 141-142

Figuras (referidas a "El Morro N° 1" exclusivamente)

- 1-4. Perfiles esquemáticos en las labores de los Piques 1, 2 y 3 . . 43-44
- 5. Rangos de índice de refracción de micas ferromagnéticas 69-70
- 6. Valores de $\hat{\gamma}_e$ y $2V_\alpha$ en anfiboles 77-78
- 7. Diagramas ~~de composición~~ ^{comparativos} (Celda Standard de Barth): principales cationes . 102-103
- 8. Diagramas ~~de composición~~ ^{comparativos} (Celda Standard de Barth): cationes menos abundantes . . 102-103
- 9. Diagramas ~~de composición~~ ^{comparativos} (Celda Standard de Barth): figura 7, abreviada 102-103
- 10. Estructura de plegamiento 121-122
- 11. Mineralización de tramos anticlinales 121-122

Tablas: "El Morro N° 1"

- 1. Análisis químicos de 2 anfiboles: datos ópticos y composición iónica . . . 29 y 30
- 2. Características ópticas de epidotos y clinzoisitas: ángulo de los ejes ópticos 31
- 3. Propiedades ópticas de la horblenda en anfibolitas 54
- 4. Análisis químicos de 2 micas ferromagnéticas: composición iónica 62 y 63
- 5. Determinación cuantitativa de micas mediante Rayos-X 67
- 6. Composición de plagioclasas (variación simple: Tsuboi) 80
- 7. Análisis químico de rocas y Celda Standard (Barth): Mármol . . . 96

8. Análisis químico de rocas y Celda Standard (Barth): tactita	97
9. Análisis químico de rocas y Celda Standard (Barth): anfibolita epidotizada	98
10. Análisis químico de rocas y Celda Standard (Barth): anfibolita	99
11. Comparación de composición catiónica: conversión de mármol en tactita	100
12. Comparación de composición catiónica: conversión de anfibolita epidotizada en tactita. . . .	101
13. Comparación de composición catiónica: conversión de anfibolita en anfibolita epidotizada	102

"Loma Blanca"

14. Composición de plagioclasas (variación simple: Tsuboi)	144
----------------------------------------------------------------------	-----

Fotografías

24 fotografías, con breve texto explicativo	182
-------------------------------------------------------	-----

AGRADECIMIENTOS

El autor, quien efectuó este estudio durante el período en que se desempeñaba como Ayudante 1° (D.E.) en la F.C.E. y M. (U.B.A.), desea expresar su agradecimiento a los Dres. A.O. Herrera y F. González Bonorino, por el apoyo prestado durante su realización.

El tema inicial fue propuesto por el Dr. González Bonorino en respuesta al deseo expresado de estudiar un problema geológico que involucrara fenómenos de tipo metasomático. Además, durante dos días del mes de diciembre de 1964, recorrió con el suscripto algunas zonas de "El Morro N° 1", formulándole varias observaciones que resultaron de considerable utilidad en este trabajo.

El Dr. Herrera, quien actuó como Director de tesis, acompañó al autor, durante la primera visita a "El Morro N° 1", en 1963. En base a sus indicaciones se realizaron los primeros muestreos de este yacimiento. Asimismo, a través de posteriores discusiones, contribuyó a la formulación final de este estudio.

También se desea agradecer: la colaboración prestada por el personal de la Dirección de Minas de San Luis, gracias a la cual se contó, entre otros, con los medios de movilidad necesarios;

la amabilidad de los dueños de los yacimientos "El Morro N° 1", "Loma Blanca" y "La Coquita", quienes pusieron diversas comodidades a disposición del autor;

a D. Leiton, minero de "Loma Blanca", por la hospitalidad y ayuda prestada al autor;

a N. Kotelnikov y B. Lafaille, químicos del Laboratorio de Análisis de Rocas (F.C.E. y M.), su empeño al efectuar los análisis químicos detallados de minerales y rocas, citados en el texto;

a la Dra. L.M. de Llambías quien examinó los cortes calcográficos incluidos en este trabajo;

al Dr. J. Quartino quien facilitó los colorantes utilizados en la tinción de rocas carbonáticas;

al Dr. C. Laterre quien facilitó la separación electromagnética de algunos minerales, en la C.M.E.A.;

al Dr. Fernández Lima por autorizar la obtención de algunos mapas del I.N.G. y M., consultados en el transcurso de este estudio;

al Sr. Bertolini (Taller de preparados microscópicos, F.C.E. y M.) por la preparación de los cortes delgados y pulidos utilizados durante el presente trabajo.

TEMA, OBJETO Y CARACTERISTICAS DEL ESTUDIO REALIZADO

En el transcurso de este trabajo se considerarán los resultados del estudio geológico de algunos yacimientos de tungsteno ubicados en la Sierra del Morro y en la Sierrita de Yulto, provincia de San Luis, Argentina.

En la Sierra del Morro, se examinaron los yacimientos: "El Morro N° 1" y "Loma Blanca"; en la Sierrita de Yulte: "La Armandita" y "La Cequita".

Con el objeto de contribuir a la interpretación genética de los yacimientos citados, se realizó un estudio petrológico de estas zonas del basamento cristalino, a través de un análisis mineralógico-petrográfico y mediante la consideración de algunos análisis químicos detallados.

En términos generales, las características de esta investigación pueden resumirse como sigue:

a) de campo: el estudio se inició con la primera recorrida de campo en setiembre de 1963, en esta oportunidad limitada a "El Morro N° 1". Se efectuaron posteriores trabajos de campo en diciembre de 1964 y febrero de 1966, habiéndose ampliado la zona investigada a los yacimientos citados más arriba.

b) de laboratorio: se examinaron alrededor de 400 muestras provenientes de los distintos yacimientos, en su mayoría pertenecientes a perfiles detallados de los mismos. Para su determinación, se recurrió a: (1) El estudio mineralógico y petrográfico mediante cortes delgados (alrededor de cien) y a grano suelto.

(2) Tinción en superficies pulidas de rocas carbonáticas a fin de diferenciar calcita y dolomita, detectar fenómenos de de-dolomitización, etc. (Método de Hogberg).

(3) Determinación de plagioclasas mediante el método de Tsuboi (variación simple).

(4) Determinación con Platina Universal del ángulo de extinción y de los ejes ópticos en anfíboles de la serie: actinolita-tremolita, y hornblendas, y del ángulo de los ejes ópticos en: epidoto-clinosoitas.

(5) Identificación de diversos minerales con difractor de Rayos-X.

(6) Determinación cuantitativa de la relación Mg/Fe en micas de la serie: biotita-flogopita, mediante difracción de Rayos-X (método de Grew).

(7) Análisis químicos (a cargo del Laboratorio de Análisis de Rocas, F.C.M. y N.) de cuatro minerales y cuatro tipos de rocas.

RASGOS GEOLOGICOS GENERALES DE LAS ZONAS EXAMINADAS

+ Los yacimientos aquí considerados forman parte del basamento cristalino de la provincia de San Luis, cuyas características, en términos generales, corresponden a las de las Sierras Pampeanas Australes. (F. González Bonerino, 1950)

+ Las rocas predominantes son esquistos y gneis cuarzo-oligoclasa-biotíticos, de rumbos comprendidos entre NNE - SSW y ENW - SSE, que inclinan al este. La mayoría de los yacimientos están relacionados con algunas fajas de metamorfitas carbonáticas (mármoles calcoítico-cloríticos, mármoles dolomíticos, etc.) que, comúnmente asociadas con anfíbelitas o rocas similares, aparecen intercaladas localmente, en forma concordante, en el citado basamento. En estas fajas carbonáticas hay tramos irregulares convertidos en rocas preponderantemente anfíbol-epidóticas del tipo de las tactitas [†], que en partes contienen scheelita. En líneas generales, las características de este tipo de mineralización son similares a las descritas en yacimientos scheeliticos vinculados con contactos ígneos vecinos, vale decir del tipo metamórfico de contacto. En esta región, sin embargo, como en otras análogas del país, no se observan intrusivos cercanos a los tramos tactizados; en el único lugar donde se comprobó una excepción en este sentido, pero referida a vetas de cuarzo con minerales de tungsteno ("La Armandita"), no se encontraron evidencias para vincular esta mineralización al cuerpo intrusivo local.

+ Otros integrantes típicos de estas zonas del basamento son cuerpos pegmatíticos de composición mineralógica sencilla y monótona, por otra parte estériles en tungsteno; de regular extensión, tienen formas irregulares, aunque algunos constituyen delgados filones prácticamente concordantes con la esquistosidad regional.

+ Como manifestaciones tungstíferas adicionales, posteriores y de marcadamente menor importancia económica que los depósitos en tactitas, hay scheelita relacionada con vetillas y cuerpos pegmatíticos chicos cuya composición, comparada con la de las pegmatitas estériles, es más compleja. Finalmente, y constituyendo la última etapa de mineralización hallada en la región, hay vetas de cuarzo con wolframita y/c scheelita.

[†] El término tactita, en la actualidad suele emplearse incluso cuando no existen indicios de una acción de contacto directa; vale decir, con connotaciones no contempladas en la definición original de Hess, de 1919.

ANTECEDENTES: ESTUDIOS ANTERIORES

Entre los estudios geológicos generales que abarcaron la S^a del Morro y la S^{1ta} de Yulto deben mencionarse:

Pastore, F; R. Huidobro, O.J. (1952)- "Descripción geológica de la Hoja 24 g, Saladillo". D.N.M. Boletín N° 78.

Sosic, M.V.J. (1964)- "Descripción geológica de la Hoja 24 h, Sierra del Morro", D. N.G.M. Boletín N° 95.

En dichos Boletines, por otra parte, puedan encontrarse referencias a otros trabajos anteriores, de tipo regional.

Corresponde destacar que la S^a del Morro, en particular, fue objeto de un estudio geológico-petrográfico por F. Pastore en 1915 (Pastore, 1915).

Con respecto a los yacimientos de tungsteno de esta región, la nómina de trabajos consultados forma parte de la lista bibliográfica incluida al final del presente estudio, en cuyo transcurso además, se efectúan referencias a varias investigaciones anteriores. En este sentido, entre los que resultaron de mayor utilidad al autor, pueden citarse:

a) Para "El Morro N° 1"

(i) Smith, W.C.; González, E.M. (1947)- "Tungsten investigations in the Republic of Argentina, 1942-43". U.S. Geol. Sur., Bull 954-A; p.2-12

(ii) Lepidus, A. (1954)- inédito - "Informe sobre la mina de scheelita El Morro N° 1, Prov. de San Luis". D.N.M., Carp. 285.

b) Para "Loma Blanca"

Kittel, E. (1930)- "El yacimiento de Wolfram de la Mina "Loma Blanca", Prov. de San Luis". Rev. Minera, vol.72 p. 17-30 y 33-56.

Uno de los estudios más recientes de esta zona es el de:

Stoll, W.C. (1963)- "Algunos yacimientos de tungsteno del distrito Cerro El Morro, Prov. de San Luis". Rev.Asoc.Geol.Arg.; t.XVIII N° 3-4; p. 121-128.

Los depósitos investigados por Stoll no son los mismos aquí considerados ya que, con respecto a "El Morro N° 1" (o "Mina Cerro Morro"), cita las observaciones de Smith y González (op.cit.); "Los 2 Negritos", en cambio, que fue estudiado por dicho autor, está próximo al yacimiento de "Loma Blanca".

Por último, como obra de referencia general sobre los depósitos de tungsteno

en esta provincia (de la cual fue expresamente excluido "Loma Blanca"), debe señalarse:

Monchablon, A. (1956)-~~inédito~~- "Yacimientos de Wolframio de la Prov. de San Luis". D.N.M. Carp. 564.

YACIMIENTO "EL MORRO N° 1"

Introducción

Este yacimiento está ubicado en la falda occidental de la S^a del Morro, unos 23 km al S.E. de La Toma por el camino que pasa por la estancia "La Guillermina". Llega al sur, a través de la Quebrada Blanca, con el yacimiento de "Loma Blanca". Junto con "El Peje", ubicado más al norte (aproximadamente 8 km al N.N.E. de la localidad de Loma Blanca), constituyen los yacimientos más importantes de la zona, cuyo volumen de producción en épocas de explotación superó ampliamente la de las restantes propiedades mineras, muy numerosas en este sector de la S^a del Morro.

Según Smith y González (1947), la explotación de "El Morro N° 1" comenzó en 1937, produciendo durante cada uno de los años 1941 y 1942 alrededor de 25 toneladas de concentrado scheelítico con una ley media del 65% WO_3 . No se disponía de datos para los años 1937-1940 aunque la producción fue presumiblemente menor que la de los dos años siguientes. Dichos autores estimaron en 1943 que las reservas de mineral alcanzarían por lo menos para dos años más, al ritmo de producción de 1942.

Según Lapidus (1954) se desconocen los datos correspondientes a años posteriores; entre 1945 y 1950 se interrumpió la explotación, trabajándose desde entonces en forma irregular.

Esta situación, debida fundamentalmente a la baja cotización del mineral, se mantenía esencialmente igual durante el período abarcado por el presente estudio. Recién en ocasión de la última recorrida del yacimiento en febrero 1966, se comprobó una extracción algo mayor coincidiendo con una elevación del precio y cierta demanda del mineral. Aún así, se trataba de intentos aislados, más que nada dirigidos a continuar algunas de las labores existentes, pudiendo mencionarse los siguientes ejemplos: en el pique sobre la Quebrada de los Burros, primero de 3 piques alineados en el lugar marcado A en el plano de Smith y González (actualmente se conoce este pique como Pozo del Agua); en el pozo N° 9, ubicado en el extremo N.E. de la zona mapeada por Lapidus (L. 850), a unos 280 m. norte del área abarcada por Smith y González, lugar examinado con bastante detalle en el transcurso del presente trabajo; en la faja tectizada que sigue a la anterior, algo al S.E. (L. 834 de Lapidus)

Además, se contemplaba la posibilidad de reiniciar la explotación del nivel inferior relacionado con el Pique 1, en la parte sur del yacimiento. Sin embargo, se trataría únicamente del aprovechamiento de zonas expuestas por el laboreo anterior, donde se han conservado pilares mineralizados, bastante potentes. Es de prever que

la reducción de estos últimos, si no va acompañada por trabajos de conservación adecuados, aumentará la posibilidad de derrumbes, de por sí bastante frecuentes como se verá al citar observaciones efectuadas en estas labores.

† El yacimiento "El Morro N° 1", abarca parte de una extensa faja concordante del basamento cristalino caracterizada por la presencia de bancos carbonáticos, portadores por excelencia de scheelita en los tramos tactizados, y rocas relacionadas, de filiación anfibolítica. Inicialmente constaba de 19 pertenencias, cubriendo una extensión N-S de casi 3.000 m., por 200 a 300 m. según el ancho transversal de la franja mineralizada.

El presente estudio abarcó la parte sur del yacimiento, mapeada tanto por Smith y González, como por Lapidus. Constituye la zona de mayor interés dentro de esta propiedad y abarca los trabajos de laboreo más importantes, ubicados hacia el extremo sur del área considerada.

Cronológicamente, el primer mapeo fue el de Smith y González; data de 1943 y fue efectuado con plancheta. Se adjunta una copia a este trabajo.

El relevamiento topográfico-geológico a teodolito-brújula realizado por Lapidus con la colaboración de Víctor Civré, fue efectuado en 1953 y comprende una extensión de aproximadamente 77 hectáreas, área algo mayor que la cubierta por Smith y González. El plano de Lapidus se extiende unos 400 m. más allá del límite norte de la zona relevada por estos últimos. Fuera de dicha diferencia en lo que hace a la extensión septentrional de las respectivas áreas, los dos relevamientos geológicos se refieren a la misma región del yacimiento.

† A los efectos de este estudio resultó más conveniente utilizar el primero de los mapas citados: en líneas generales, es de carácter más detallado y refleja un mayor número de observaciones geológicas. Están más rigurosamente representados los afloramientos de bancos carbonáticos y, además, figuran los "esquistos con epidoto" como unidad litológica separada: la discriminación de estos últimos, no representada en el plano de Lapidus, permite una visión más completa de las relaciones petrológicas en este tipo de yacimiento. Si bien, como se verá, se trata de un conjunto litológico complejo, integrado por anfibelitas y esq. micáceos y no de un único tipo de roca, la presencia de epidoto efectivamente caracteriza buena parte de la misma.

La doble ventaja de: considerable extensión y relativa continuidad de los afloramientos carbonáticos por un lado y, además, la disponibilidad de un mapa como el considerado por el otro, hace de este yacimiento uno de los ejemplos más indicados para una investigación detallada.

+ Debido a las dos primeras características citadas, pueden estudiarse las variaciones composicionales de los bancos carbonáticos a lo largo de distancias bastante apreciables, habiéndose constatado que aún los afloramientos más continuos (como los occidentales del sector norte) constan de una sucesión de fajas lenticulares o bancos que en partes muestran marcados cambios de constitución. Pueden analizarse, asimismo, los numerosos ejemplos de tactización desarrollados, con mayor o menor intensidad en esas rocas.

Además, el hecho de haberse considerado también el yacimiento de "Loma Blanca" permite establecer comparaciones entre una y otra propiedad. Ambos forman parte de la misma faja anteriormente citada que, por otra parte, continúa tanto hacia el norte como al sur. No obstante su proximidad geográfica, evidencian algunas diferencias que surgen de cierta transición en el tipo de mineralización tungstífera a lo largo de esta zona.

Naturaleza del estudio y presentación de las observaciones

En este yacimiento se realizaron varios perfiles destinados a determinar las principales características de zonas mineralizadas, como así también de las rocas asociadas. En una sección anterior se mencionaron brevemente algunos rasgos típicos de esta clase de depósitos: corresponde, ahora, presentar con cierto detalle el resultado de las observaciones efectuadas en el sector sur, dentro del área mapeada, de "El Morro N° 1". Al respecto, el examen se extendió más al norte de la zona cubierta por Smith y González e inclusive, aunque en forma somera, unos pocos cientos de metros más allá del límite norte del relevamiento de Lapidus: el primer mapa, sin embargo, representa adecuadamente el tipo de relaciones encontradas en la parte más septentrional, resultando innecesario incluir, también, el segundo plano mencionado.

Se ha considerado que la forma más conveniente de presentar los datos pertinentes es, en primer término, a través de perfiles representativos de los principales aspectos geológicos encontrados para luego, sobre esta base, encarar una descripción integrada del yacimiento en su conjunto.

De esta manera, mediante el análisis detallado de pocos perfiles puedan formarse algunas relaciones genéticas y ciertas conclusiones preliminares que posteriormente servirán de guía al tratar el resto de la zona, evitando repeticiones. Debido a la naturaleza detallada del estudio mineralógico-petrográfico realizado, resultaría engorroso consignar todos los resultados con igual extensión; por otra parte,

una descripción demasiado generalizada que dejase de lado variaciones locales encontradas, p.ej., en las asociaciones minerales, reemplazos, etc. de tactitas, perdería buena parte de su valor como caracterización de los procesos que las originaron.

De acuerdo con este enfoque, se tratarán a continuación los siguientes perfiles:

a) Pozo N° 9 (L 850 de Lapidus). Constituye uno de los lugares más indicados para analizar fenómenos de tactización: a través de su consideración podrán apreciarse, entre otros, los rasgos texturales y composicionales típicos de esta clase de rocas; sus asociaciones mineralógicas más comunes; tipos de reemplazo y de alteración.

b) Labores de los Piques 1, 2 y 3: Presentan interés, sobre todo, por tratarse de una de las zonas mineralizadas más ricas del yacimiento. Se describen características adicionales de las zonas tactizadas, algo diferentes a las del Pozo N° 9.

c) Al Sur del Pique N° 5: A través de este perfil se analiza la relación entre los bancos carbonáticos y las rocas mapeadas como "esquistos con epidoto" por Smith y González.

A continuación de estos perfiles se incluye una sección dedicada al estudio de los principales minerales que componen las rocas del yacimiento y otra en la que se encaran aspectos químicos de la tactización.

El estudio de "El Morro N° 1" concluye con una descripción generalizada del mismo y con una formulación sucinta de las conclusiones más importantes que resultan de esta parte de la investigación.

PERFILES GEOLOGICOS EN LAS INMEDIACIONES DEL POZO N° 9

(Pique 850 de Lapidus)

Este pequeño grupo de labores está ubicado unos 280 m. al norte del área relevada por Smith y González, en el extremo N.E. de la zona mapeada por Lapidus (Lapidus, 1954), y practicado en un cuerpo de metamorfitas carbonáticas, en su mayor parte tactizadas, que afloran a lo largo de unos 60 m. con una potencia de alrededor de 5 m. El rumbo del afloramiento es aproximadamente N.N.W. y el buzamiento en superficie de unos 60° E, siendo algo menor (alrededor de 50° E) en profundidad. Es concordante en líneas generales con los esquistos que lo rodean y se acuña hacia el Norte y al Sur.

† En superficie se lo observa constituido por una serie de bandas o fajas verdosas, en parte lenticulares, concordantes con la esquistosidad y cuya coloración se debe a la presencia de uno o más de los siguientes silicatos: actinolita-tremolita, epidoto, flogopita y clorita. Se distinguen, asimismo, algunas zonas blanquecinas que corresponden a partes poco tactizadas del cuerpo carbonático.

La presencia de estas fajas está en parte relacionada con variaciones composicionales del banco carbonático original. Pero la delimitación de las mismas es difícil debido a la silicatización producida por los procesos metasomáticos que, en lugares como éste, afectaron la mayor parte de las rocas carbonáticas. Así como se comprueban variaciones transversales en las proporciones relativas de esos minerales, las hay también a lo largo del banco y, en muchos casos, las zonas de diferente composición son de forma muy irregular.

En algunos tramos en que el reemplazo ha sido escaso o nulo, se aprecia el carácter, previo a la tactización, de las metamorfitas carbonáticas: predominan mármoles dolomíticos finos [♦] y esquistosos, con una proporción muy subordinada de minerales micáceos (flogopita, clorita) y reducida proporción de calcita intersticial. También se observan algunas fajas o lentes de mármol calcítico-clorítico que, a diferencia de los anteriores, son generalmente de grano mediano y color algo verdoso por la presencia de clorita en cantidades significativas. Por otra parte, aún en mármoles como los descritos, suelen encontrarse indicios aislados de un reemplazo

♦ La escala granulométrica utilizada es la siguiente: menor de 0,1 mm = muy fino
(0,1 - 1)mm = fino
(1 - 5) mm = mediano
mayor de 5 mm = grueso

incipiente, manifestado por la presencia de agregados tremolíticos finos, dispersos en la roca, o bien concentrados en bandas concordantes o no con la foliación.

Se realizaron tres perfiles transversales en esta parte del yacimiento; dos de ellos corresponden al 1er. nivel, ubicado a unos 10 m. de la superficie y distanciados 6 metros entre sí. El tercero abarca un corte transversal en superficie. El muestreo correspondiente comprendió 25 muestras del 1er. nivel y 26 tomadas en superficie, siendo completado por unas diez más de distintos lugares fuera de los perfiles citados. En particular, y tal como se hizo en muchos otros casos en el transcurso de este estudio, se revisaron las escombreras. Una vez conocidas las asociaciones típicas en base al estudio de perfiles detallados, el examen de escombreras puede proveer excelentes ejemplos de las mismas y frecuentemente sirve para ampliar las observaciones efectuadas.

El aspecto general que presentan estas labores en superficie se aprecia en la foto 1, tomada al sur desde el extremo Norte del cuerpo en cuestión.

La foto 2 abarca una zona poco tectizada del carbonático cerca del contacto oriental. Constituye parte de un puente próximo al muestreo en superficie. Se observa el carácter foliado y algo lenticular en este lugar, realizado por la erosión diferencial de fajas micáceas esquistosas (predominantemente cloríticas) que alternan con bancos de mármol dolomítico-calcítico. Estos últimos tienen superficies rugosas debidas al lavado meteórico preferencial de la calcita; la dolomita, como así también algunas bandas micáceas, son más resistentes al ataque meteórico. Por encima del martillo siguen taquititas anfíbolicas verdes que, tanto en la dirección del rumbo como, especialmente en la del buzamiento, invaden discordantemente la zona poco o nada reemplazada, descrita anteriormente.

Las principales observaciones efectuadas en esta parte del yacimiento están sintetizadas en los perfiles: Lám. I y II, que se describen a continuación:

A). Roca de caja:

Las rocas circundantes (1) son esquistos de tipo migmatítico y composición: cuarzo-oligoclasa-biotítica (muscovita, clorita), de grano generalmente fino y color gris. Evidencian un grado de feldespaticización oligoclásica variable y en ciertos casos tienen aspecto algo gneisico debido a la predominancia de bandas lenticulares más gruesas de composición cuarzo-feldespática. En algunas partes, el feldespate se presenta muy alterado y teñido de color rojizo lo cual, en una observación superficial, podría llevar a confundirlo con feldespato potásico, que no aparece en esta asociación. La biotita de estas rocas ha sufrido de ferrisación variable, fe-

námemo considerado en la sección dedicada al estudio conjunto de las micas ferromagnéticas del yacimiento "El Morro N° 1". (que pesma...)

En las inmediaciones del contacto con el banco carbonático tectizado, los esquistos (2) contienen proporción variable, pero generalmente subordinada, de epidoto. Esto se observa tanto cerca del contacto occidental como del oriental: es debido, fundamentalmente, a un reemplazo epidótico relacionado con la proximidad del banco carbonático. Los esquistos epidóticos, similares en lo demás a los ya descritos, constituyen una franja de 20-35 cm. en potencia. El contacto con (3) es algo gradacional, si bien la transición es bastante abrupta. En algunos tramos, especialmente cerca del carbonático, se observan zonas restringidas intensamente epidotizadas, generalmente originadas por venillas cuarzo-epidóticas, finas y discordantes.

A continuación de la anterior pero únicamente en el contacto W, hay una delgada faja (3) de esquistos epidoto-flogopíticos. Son rocas verdesas de grano fino derivadas de la roca de caja mediante una intensificación del proceso de reemplazo epidótico y correlativo lavado de la biotita.

En rocas de este tipo, la epidotización se realiza sobre todo a expensas de la oligoclasa contenida y se ha comprobado que los esquistos que componen dicha faja presentan escasa proporción de feldespatos asociados a las bandas epidóticas. Con respecto a la mica, la de-ferrización ha dado lugar a la formación de una flogopita pálida que, no obstante, por la presencia de manchas de mayor índice y pleocroísmo no delata su composición biotítica previa. ✓

En algunos tramos del contacto resulta algo difícil separar la asociación (3) de la que le sigue al E, (4), y que forma parte del banco tectizado. La distinción resulta más sencilla en superficie que en el ler. nivel, donde la relativa similitud de composición y los efectos de cierto movimiento en el contacto mismo, la tornan algo imprecisa.

Las señales de movimiento en casos como éste, por otra parte comunes a través del yacimiento, son las esperables de meros reajustes locales entre unidades litológicas de diferente comportamiento mecánico. En estas labores, se observan zonas del esq. epidoto-flogopítico del contacto occidental levemente deformados e inyectados por calcita fina. En el contacto oriental, por otra parte, hay superficies estriadas cubiertas por relleno calcítico deleznable.

Por último, hay algunas venas cuarzosas de color blanco-lechoso y potencias de hasta 20 cm., que atraviesan tanto a la roca de caja como a los bancos vecinos,

con rumbo 45° y buzamiento 50° N W, aproximadamente.

B) Carbonático testizado:

El primer medio metro a partir del contacto occidental se compone de rocas predominantemente cuarzo-epidóticas (4), en parte portadoras de scheelita; son epidotitas esquistosas, verde amarillentas, de grano fino o mediano. Localmente contienen proporciones significativas de flogopita (que, a diferencia de la encontrada anteriormente, no presenta señales de de-ferrización) dispuesta en fajas concordantes o bien constituyendo agregados radiales, aislados, pero también alineados según la esquistosidad.

Presentan, dentro del rango señalado, marcadas variaciones en el tamaño de grano y en la proporción relativa de los componentes principales. Además, son frecuentes venillas irregulares y cortas de composición cuarzosa, asociadas con prismas medianos de epidoto idiomorfo y agregados radiales de flogopita.

La proporción de scheelita es baja; de tamaño mediano, constituye granos disseminados en las epidotitas asociado casi siempre al epidoto de las mismas, aparece esporádicamente en las venillas cuarzosas citadas y, en mayor concentración, como relleno de algunas fracturas discordantes y finas, de poca extensión, junto con cuarzo y flogopita.

La primera forma de presentarse se evidencia mejor en las epidotitas del 2° tramo (1er. nivel), más ricas en cuarzo que las restantes; en corte delgado se observan agregados epidóticos en parte reemplazados por scheelita xenomorfa y englobados por un mosaico de cuarzo granular.

Con respecto a las venillas citadas en segundo término, se trata más bien de concentraciones silíceas locales y algo discordantes en las que, junto con los otros componentes, aparecen escasos granos del mineral.

En el tercer caso, la scheelita suele ser de mayor tamaño, observándose granos de 1 cm. con tendencia a idiomorfismo frente al cuarzo intersticial.

Con respecto al origen de estas rocas, resultan en parte del reemplazo de rocas anteriores, principalmente de zonas marginales de la tectita anfibólica contigua hacia el W con los esquistos, pero también, aunque en menor grado, del reemplazo de estos últimos.

En el perfil de superficie, la epidotita (estéril y de grano fino) contiene relictos de una tectita, ya sean agregados tremolíticos disseminados o bien fajitas discontinuas de la misma composición, englobados por la roca epidótica. En algunos lugares los relictos anfibólicos son oblicuos respecto de la esquistosidad y, a primera vista, parecerían venillas anfibólicas discordantes (y, por ende, posteriores

a la epidosita). En el 1er. nivel, no se observan estas relaciones a simple vista, en parte por los motivos explicados anteriormente. No obstante, el examen microscópico de cortes delgados y a grano suelto comprueba la presencia de agregados trócolíticos finos englobados en secciones cuarsosas de las epidositas correspondientes.

La relación con los esquistos vecinos es indirecta y se basa en la presencia de relictos oligoclásicos asociados a las bandas epidóticas, en muestras cercanas al contacto N. Se trata de inclusiones irregulares de plagioclasa en epidoto que configuran una textura de tipo poiquileblástica debida al reemplazo del primero por el segundo. Debido a su intensa alteración, la naturaleza feldespática de las inclusiones es difícil de apreciar; la mayoría de las veces han sido totalmente reemplazadas por calcita y flogopita o clerita muy fina.

El resto del banco (5) [y, en superficie, parte del (6)] está compuesto predominantemente por tactitas anfibólicas que contienen proporciones muy variables de epidoto (o olinescisita) y cantidades subordinadas de calcita, flogopita, cuarzo, titanita, apatita y algunos sulfuros metálicos. Son, además, las portadoras por excelencia de scheelita.

Resultan, como se señaló anteriormente, del reemplazo metasomático de mármoles que, a juzgar por los tramos poco afectados, eran en gran parte dolomíticos o sea magnesianos. Las tactitas presentan variaciones de composición y tamaño de grano tanto longitudinales como transversales en el interior del banco, en muchos casos sumamente bruscos a través de pocos centímetros o milímetros.

Son en parte bandeadas siguiendo la foliación general pero, más comúnmente, tienen un carácter masivo que contrasta claramente con la esquistosidad de las metamorfitas carbonáticas. La presencia de fajas micáceas concordantes, intercaladas irregularmente en las tactitas y especialmente cerca del contacto oriental, contribuye a dar el aspecto de franjas o fajas verdosas que se observa en los afloramientos superficiales.

El reemplazo evidencia un carácter claramente discordante en algunos lugares, particularmente en zonas poco afectadas. Un ejemplo lo constituye el afloramiento de la foto 2 citada anteriormente. Allí se observa el pasaje, sobre todo en profundidad, de rocas carbonáticas superficiales a tactita anfibólica verdosa. El pasaje, además de discordante, es abrupto.

En escala mucho menor, pueden observarse excelentes ejemplos del desarrollo discordante de zonas tactizadas en muestras de mano, que serán consideradas más

adelante, luego de describirse las principales características de las rocas halladas en estos tramos de los perfiles.

(Con respecto a la preparación de estos últimos, cabe explicar la presencia de algunos claros correspondientes al 1er. nivel: en el primer tramo no fue posible continuar el muestreo más allá de lo señalado, mientras que en el 2º, se ha preferido restringir el área de influencia de las muestras extraídas, debido a la frecuencia de cambios bruscos en la composición, textura, etc. encontrados en este tipo de litología).

Introducción

Antes de considerar las tactitas en detalle, se describirán algunos de sus rasgos principales:

En términos generales, pueden caracterizarse como rocas en su mayor parte constituidas por un agregado inequigranular, fino a grueso, de tremolita o actinolita y con texturas de tipo desordenada; de grano predominantemente fino o mediano según las zonas, se aprecian cambios bruscos en la granulometría.

Microscópicamente, la textura varía entre marcadamente inequigranular a inequigranular seriada: si bien se observan pronunciados contrastes en el tamaño de grano, ya sea entre áreas contiguas o entre algunas secciones mayores y el agregado fino circundante, no pueden considerarse porfireblásticas a las mayores por la presencia de tamaños intermedios.

En estas rocas, la proporción de carbonato intersticial varía según el grado de reemplazo; si bien los extremos hallados en uno y otro sentido delimitan una gama muy amplia en la proporción relativa: silicato (incluidos epidoto, micas, etc.)/carbonato, en la mayoría de los casos el índice de silicización, así definido, es alto para las tactitas de estos perfiles. El carbonato es intersticial y de grano fino; además, es exclusivamente calcita. La dolomita sólo aparece en áreas poco o nada reemplazadas de los mármoles dolomíticos. Esta limitación en la composición del carbonato intersticial de las zonas tactizadas, frente a la evidencia de que buena parte de las metamorfitas carbonáticas eran dolomíticas, implica que el reemplazo anfibólico fue acompañado por extensa dedolomitización.

✓ Hasta aquí se ha considerado únicamente el anfíbol, ^{citado} de las tactitas; si bien constituye el principal componente mineralógico hay otros, especialmente epidoto (elinocinita), que en algunas zonas forman parte sustancial y hasta preponderante de las micas. El epidoto está distribuido en forma irregular y en proporción sumamente variable, mostrando, como el anterior, variaciones bruscas del tamaño de gra

no. En conjunto, pueden señalarse algunas formas típicas de presentarse:

- en forma
diseminada, integrando agregados locales de poca extensión y grano mediano, junto
con cuarzo, calcita II [♦], scheelita y flogopita fina.

- en agrega-
dos continuos formando zonas relativamente extensas, generalmente en asociación con
los minerales anteriores.

- zonas epi-
dotizadas y silicificadas de tactitas, relacionadas con venillas discordantes de
igual composición y que pueden ser portadoras de mena.

Estas manifestaciones, citadas al sólo efecto de ejemplificar algunas asocia-
ciones típicas, están genéticamente relacionadas entre sí lo cual no implica, empe-
ro, que todo el epidoto (o clinzoisita) sea de la misma generación. Al respecto,
pueden adelantarse dos observaciones importantes:

1°) como se verá, existen evidencias para suponer que es paragenéticamente pos-
terior al anfíbel de las tactitas y, 2°) que la scheelita está genéticamente rela-
cionada al epidoto-clinzoisita.

La flogopita es generalmente un componente muy subordinado de las tactitas sal-
vo donde constituye zonas restringidas, desarrolladas por reemplazo (flogopitización
del agregado anfíblico y relacionadas con cierto aporte local de sulfuros. En es-
ta última asociación, representa un tipo de alteración hipogénica, en sentido amplio

Resulta más difícil precisar cierta correlación entre la presencia de scheeli-
ta y flogopita que, no obstante, ha sido observada en varias oportunidades y aún más
claramente en otros lugares del yacimiento.

Aparte de estos ejemplos la mica, junto con clorita, constituye fajas esquis-
tasas, algo lenticulares, de potencias variables y aproximadamente concordantes con
la foliación general. Se relacionan con caracteres composicionales primitivos de los
bancoes carbonáticos, si bien fueron algo modificados durante la tactización ya que
suelen contener epidoto, algo de tremolita, etc.

Entre los restantes minerales hay dos que, pese a su proporción reducida, son
componentes accesorios constantes: apatita y titanita.

El 2° se presenta frecuentemente alterado, con aspecto turbio y pasaje a mate-
rial opaco, y también asociado con leucaxeno.

♦ Se refiere a calcita paragenéticamente posterior a la variedad intersticial, has-
ta aquí considerada.

Tipos de tactitas:

(1) Comenzando por el primer nivel, se considerarán las tactitas tremolíticas encontradas en el primer tramo del perfil. Son de color muy pálido, prácticamente blancas, y abarcan zonas en que se aprecia la naturaleza carbonática de la roca anterior debido a una menor intensidad del reemplazo silicático. La distribución y extensión de estas zonas varía en forma irregular, habiéndoselas representado esquemáticamente en el perfil.

Contienen cantidades variables de clinzoisita; este mineral, presente por lo general en proporción muy subordinada dentro de las rocas, se diferencia del epidoto por su birrefringencia anómala y $2V\gamma$ más chico (algo menor de 90°). *masculino*

La clinzoisita de estas tactitas al igual que el epidoto en otras, forma parte de una asociación característica que, por estar en muchos casos estrechamente relacionada con scheelita, adquiere significación genética. Se trata de agregados locales, de extensión reducida, generalmente de grano mediano y compuestos por cuarzo, clinzoisita, calcita II y scheelita, si bien no siempre aparecen juntos. Microscópicamente, la clinzoisita se presenta en secciones aisladas o agregados de pocas secciones, hipódio a idiomorfos, dentro del agregado anfibólico y asociadas con calcita II o cuarzo intersticiales. Es frecuente observar parches irregulares de cuarzo *de grano mediano* que engloba parte del agregado anfibólico circundante y está en contacto con clinzoisita idiomorfa. Por otra parte la scheelita, que es idiomorfa frente a cuarzo o calcita II, se amolda a los contornos de la clinzoisita. El mayor desarrollo e idiomorfismo de algunos de estos minerales contrasta visiblemente con la textura de las tactitas, particularmente cuando son de grano fino. Hechos como éste, junto con la presencia de agregados anfibólicos englobados por el cuarzo e inclusive como inclusiones en la clinzoisita, indican en primer lugar, que estos agregados locales son posteriores al agregado tremolítico y, segundo, que su emplazamiento se efectuó, fundamentalmente, por procesos de reemplazo.

En estas rocas, además, empieza a insinuarse una relación entre agregados como los considerados y pequeñas cantidades de flogopita; de grano fino a muy fino, reemplaza parcialmente la calcita II asociada intersticialmente a la clinzoisita, formando agregados discontinuos y algo anulares alrededor de esta última.

Si bien la asociación descrita para la scheelita es típica en esta variedad de tactitas, no constituye la única forma de presentarse del mineral. Aquí y aún más en el 2º tramo, también se encuentra scheelita diseminada en el agregado anfibólico, fuera de la asociación citada. Presenta, sin embargo, una diferencia con la anterior: mientras la scheelita integrante de los agregados locales es, término medio,

de grano mediano (raramente superando 4 mm) , la diseminada es casi íntegramente de grano fino.

Corresponde añadir que la clinozoisita, además de formar parte de los agregados descritos, constituye otros continuos de grano fino y mayor extensión, que raramente están asociados con scheelita. Microscópicamente, aunque hipídico a xenomorfos, tienen caracteres texturales similares a los ya citados como, p.ej., la presencia de inclusiones anfibólicas, de calcita intersticial fina asociada con flogopita, que indicarían un emplazamiento similar, también por reemplazo.

(ii) Las tactitas actinolíticas ubicadas a continuación de las anteriores y las que pertenecen al 2º tramo, pueden describirse conjuntamente, como sigue:

Son rocas verde oscuras en las que el anfíbol es actinolita, de una variedad con poca coloración y pleocroísmo, vista al microscopio. Texturalmente, el agregado anfibólico es similar al de las anteriores pero corresponde a un grado de reemplazo mayor, ya que la proporción de carbonato intersticial es escasa. Este hecho, junto con la abundancia local de otros minerales, sobre todo epidoto, determina los más altos índices de silicatización encontrados entre las tactitas. Al respecto, si bien las tremolíticas constan de zonas muy reemplazadas, la presencia de otras en que la proporción de silicatos es menor, indica cierta variación en la intensidad del metasomatismo; en la actinolíticas, en cambio, la silicatización es siempre intensa.

La diferencia composicional reflejada en estas rocas por la presencia de actinolita y no tremolita se manifiesta, también, en el silicato que le sigue en orden de abundancia; el epidoto. No contienen clinozoisita sino términos que, por sus características ópticas (p.ej. birrefringencia elevada, $2V\gamma$ francamente mayor de 90°) corresponden a variedades algo férricas (epidoto).

La distribución del epidoto es irregular y está representada esquemáticamente en los perfiles. En algunos tramos, diseminado en agregados finos, constituye sólo una proporción ínfima de las tactitas. En otros, está concentrado en agregados prácticamente continuos y bastante extensos.

Consideradas en conjunto, el contenido de epidoto en las tactitas actinolíticas es francamente mayor que el de clinozoisita en las tremolíticas. Además, la forma de presentarse en estas rocas es algo diferente. En las zonas epidóticas predominan agregados continuos de grano fino a mediano y los de tipo local, descritos anteriormente, son menos frecuentes. Que en realidad se trata de distintas manifestaciones de un mismo proceso lo demuestran ciertos rasgos texturales y composicionales que, como se verá a continuación, son comunes a ambos.

Cuando se examinan a simple vista o con bajo aumento, suelen diferenciarse zonas epidóticas en que el mineral es predominantemente idiomorfo, de otras en que cae de forma propia.

Las primeras, de grano fino hasta grueso, están asociadas con cantidades generalmente subordinadas de calcita II, cuarzo y, en algunos casos, scheelita. En lugares en que las tactitas son algo foliadas, suelen constituir agregados alargados que le confieren aspecto bandado. También pertenecen a esta variedad los agregados locales de pocos individuos de los mismos minerales y que, como se aclaró, no son frecuentes en estas rocas.

Los agregados del 2º tipo, raramente asociados con scheelita, se caracterizan por su grano fino y aspecto granular. Constituyen, p.ej., la única variedad observada en los tramos escasamente epidóticos, por otra parte estériles, en los que aparece en forma diseminada. En otras zonas constituye agregados irregulares de extensión variable.

Este hábito contrastante en un mineral evidentemente relacionado con la introducción de scheelita plantea un interrogante de importancia genética: a saber, si hay más de una generación de epidoto (y por extensión de clinoclasita) en las tactitas. Inclusive, el hecho apuntado de que los agregados xenomorfos son prácticamente estériles en scheelita, podría interpretarse atribuyéndolos a una etapa de formación anterior al aporte de epidoto, scheelita, etc. y, por ende, prácticamente simultánea con el reemplazo anfibólico de los bancos carbonáticos.

El examen microscópico de varios cortes delgados indica que el epidoto del primer tipo textural, junto con los minerales asociados, es posterior al agregado anfibólico. Además, la presencia de términos transicionales entre el anterior y el 2º tipo indica más bien que una sola generación o etapa de epidotización ha originado ambas variedades. Estas conclusiones surgen, principalmente, del estudio detallado de varios ejemplos de zonas epidóticas del 1er. tipo, como se reseña a continuación.

En cortes delgados se comprueba bastante similitud entre agregados del tipo idiomorfo encontrados en estas tactitas y los de clinoclasita del grupo anterior: presentan el mismo tipo de asociación con cuarzo y calcita II intersticiales, con flogopita fina a muy fina, y caracteres texturales de implicación intragranular (Niggli - 1954) o poiquileblástico respecto del agregado anfibólico.

Hay, sin embargo, ciertas diferencias: en primer lugar se observa moderada a intensa carbonatización del anfíbol próximo a zonas epidotizadas; en segundo término, el epidoto exhibe notables variaciones en el grado de idiomorfismo inclusive en tre lugares muy próximos entre sí; por último, hay ciertas diferencias en el grado

de relación entre epidoto y los minerales asociados.

La carbonatización se manifiesta claramente donde la intensidad de reemplazo epidótico fue mayor: microscópicamente consiste en el reemplazo de anfíbol por calcita fina a muy fina y origina un agregado de aspecto turbio debido a la presencia de finísimas inclusiones opacas, o manchas irregulares, que en algunos casos son atribuibles a óxido de hierro. Donde el reemplazo es incompleto, se observan secciones en las que alternan relictos de anfíbol con áreas carbonáticas, determinando un aspecto parchado del conjunto. El grado de carbonatización varía con el de epidotización, detectándose indicios del mismo aún en zonas de poco reemplazo epidótico.

(Teniendo en cuenta que este tipo de proceso involucra, esencialmente, un reemplazo por calcita y que por otra parte se ha hecho referencia a calcita II en varias oportunidades, resulta apropiado diferenciarlos claramente. La carbonatización es un tipo de alteración que afecta sobre todo al anfíbol de estas rocas; por la asociación de reemplazo (hasta pseudomórfico) y finura del grano, contrasta inequívocamente con los granos de calcita límpida, o bien asociada con flogopita, que acompañan intersticialmente al epidoto, cuarzo o scheelita. Donde la carbonatización ha sido intensa suele apreciarse, a simple vista, un característico brillo graso del anfíbol; la calcita II, en cambio y salvo cuando fina, se presenta con aspecto espático típico).

La diferencia citada en segundo término se refiere a la variación en el grado de idiomorfismo del epidoto. En cortes delgados de zonas muy epidóticas, se observan marcadas variaciones en el tipo de desarrollo que presenta: es idiomorfo en contacto con cuarzo o calcita II, mientras que donde se ha emplazado exclusivamente por reemplazo de la tectita tiene contornos hipidiomorfos a irregulares. Esta variación puede inclusive darse en un mismo individuo de cierta extensión (mediano o grueso) que, p.ej., entre en contacto tanto con un grano o parche de cuarzo como con el agregado anfibólico vecino: la sección no sólo es idiomorfa frente al cuarzo sino continua y libre de inclusiones siendo, en cambio, de carácter poiquiloblástico, con inclusiones carbonatizadas del agregado anfibólico y contornos irregulares, respecto del agregado contiguo. Esta variación brusca en el grado de automorfismo refleja, evidentemente, diferencias muy locales en las condiciones de crecimiento e indica que las diferencias texturales de los agregados epidóticos responden a condicionantes de este tipo y no de orden paragenético: vale decir,

que en base al hábito o más propiamente al grado de idiomorfismo no pueden distinguirse distintas generaciones de epidoto.

Por último, como se ha visto en párrafos anteriores, la epidotización está asociada a la introducción de cantidades variables de cuarzo, calcita II y scheelita. Si bien las relaciones observadas entre éstos son esencialmente las mismas que en el caso de la clinzoisita, puede señalarse que: el cuarzo tiende a aparecer como silicificación intersticial del agregado anfibólico, más que como granos o parches mayores; la scheelita, generalmente idiomorfa frente al cuarzo y calcita II, varía de tamaño según la granulometría del epidoto asociado; la relación con flogopita es más evidente y ésta reemplaza no sólo a la calcita sino también partes contiguas del agregado actinolítico.

Si ahora, en base a las observaciones anteriores, se consideran los agregados monomorfos del 2º tipo, puede añadirse: como se vió, no existe fundamento para diferenciarlos paragenéticamente de la variedad mejor desarrollada. Aún en tactitas escasamente epidóticas como las encontradas al comienzo del 2º tramo el mineral monomorfo está generalmente acompañado por cierta silicificación y flogopitización del anfíbol cercano.

Por consiguiente, no hay evidencias para suponer 2 generaciones de epidoto en estos casos. Es más, aunque de carácter indirecto, la similitud entre las asociaciones de uno y otro tipo textural indica más bien que ambos se originaron durante una misma etapa de epidotización, algo posterior al reemplazo anfibólico de los bancos carbonáticos.

Si bien esta conclusión equivale a descartar la existencia de epidoto-clinzoisita formada junto con el anfíbol, no implica que todo el epidoto-clinzoisita encontrado sea de la misma generación; como se verá, hay ejemplos de epidotización probablemente posteriores a los considerados.

Piritización y fenómenos relacionados

La presencia de reducida cantidad de sulfuros en las tactitas actinolíticas constituye otro carácter que las diferencia de las consideradas anteriormente. Son raros los ejemplos de sulfuros frescos; más comúnmente se presentan totalmente oxidados y a menudo concentrados en algunas zonas alteradas (flogopitizadas) de las tactitas.

En las partes frescas se observa pirita de grano mediano asociada a zonas epidotizadas. Examinada en 2 cortes calcográficos, se comprobó la presencia de muy poca blenda y calcopirita que, aparentemente en ese orden, reemplazaron la pirita.

La blenda es una variedad muy clara que (a nicoles cruzados) presenta reflejos internos verdosos. La calcopirita, también escasamente diseminada a lo largo del clivaje de algunas secciones anfibólicas, está algo reemplazada por un mineral rojizo (idaíta?)

Con mayor frecuencia, se encuentran sólo restos oxidados; pseudomorfos finos o medianos de hematita según pirita, huecos con limonita, manchas ferruginosas en las rocas, etc. Suelen estar asociados a zonas epidóticas pero es común observar ejemplos aislados a través de las tactitas. Además, como se señaló arriba, aparecen en mayor concentración dentro de zonas flogopitizadas. Se trata de áreas irregulares, de extensión reducida, constituidas por flogopita muy fina y numerosos restos derivados de la oxidación de pirita fina. Tienen contactos netos con el agregado anfibólico de las tactitas vecinas y aspecto manchado debido a la impregnación por óxido de hierro. Examinadas en corte delgado, contienen abundantes indicios de la flogopitización de anfíbol, lo cual indica alteración local relacionada con el aporte de sulfuros.

La posterior oxidación de la totalidad de la pirita en condiciones metabólicas, determinó el aspecto actual de estas zonas.

En los perfiles se da una idea aproximada de la distribución de pirita y sus productos de alteración; cabe señalar que en los afloramientos se encuentran, en forma prácticamente contigua, rocas con pirita fresca y otras en las que está totalmente oxidada.

(iii) Los restantes tramos de estos perfiles pueden describirse con referencia a los tipos ya considerados, señalando algunas diferencias observadas e introduciendo algunos rasgos nuevos.

Si bien no aparecen rocas con un mayor grado de silicatización, hay algunas que evidencian un reemplazo bastante menor que el encontrado anteriormente. Se las encuentra en superficie y corresponden, nuevamente, a partes tremolitizadas; pero a diferencia de las halladas en el 1er. tramo y además del menor reemplazo, carecen de epidoto-clinocisita y son estériles en scheelita. También contienen algo de clorita que reemplaza parcialmente al anfíbol. La menor silicatización se manifiesta por la existencia de algunas zonas no tactizadas y probablemente reocrystalizadas de la roca carbonática.

Fuera del caso particular de estos tramos (véase Lám. II) con poco a moderado reemplazo anfibólico, los restantes constan de tipos intermedios entre los descritos. En su mayoría son tactitas tremolíticas pero de coloración más verdosa, con proporciones variables de epidoto y no clinocisita. Presentan las mismas texturas

y asociaciones mineralógicas ya consideradas. La tactita próxima al contacto oriental en el 2° tramo (1er. nivel) se aparta algo de las anteriores por una mayor silicificación intersticial y por ser estéril, pese a contener una proporción significativa de epidoto; este último es de grano fino, disseminado y rodeado por agregados de flogopita fina.

Se han representado algunas de las fajas micáceas intercaladas entre tactitas y que señalan caracteres composicionales propios de los bancos carbonáticos (esto es, anteriores a la tactización). De potencias generalmente menores que 10 cm., constan de flogopita y/o clorita. La presencia de cantidades subordinadas de epidoto, tremolita o pseudomorfos de hematita según pirita evidencian cierto reemplazo posterior. En algunos casos la clorita predomina ampliamente sobre la flogopita; generalmente se encuentran indicios de que es posterior a la 2a. (cloritización). Estas fajas se diferencian claramente de zonas flogopitizadas y piritizadas de las tactitas por su mayor extensión y potencia, carácter esquistoso y grano más grueso, concordancia con la foliación general y ausencia de las texturas microscópicas típicas de flogopitización anfibólica. Presentan contactos netos con las tactitas vecinas lo cual no excluye cierta interrelación textural de las partes contiguas y que puede atribuirse al reemplazo que actuó fundamentalmente sobre partes carbonáticas, con cierto grado de recristalización concomitante en las micáceas.

En superficie hay una zona muy micácea cerca del contacto E. (6). Consta de una serie de lentes carbonáticas tactizadas, rodeadas concordantemente por fajas esquistosas de clorita y calcita. En conjunto, muestra señales de cierta deformación. La presencia de escasas zonas flogopíticas dentro de las fajas micáceas, como así también el aspecto microscópicamente algo anómalo de la clorita, pueden interpretarse como indicios de que aquí también la clorita reemplazó flogopita anterior. Las lentes tactizadas pertenecen a los tipos encontrados a través de los perfiles; la existencia de algunos de sus minerales dentro de las zonas micáceas señala que los afectó el mismo tipo de reemplazo, aunque en grado mucho menor.

Para finalizar, puede añadirse que las observaciones efectuadas confirman la distribución muy irregular de la scheelita. Se la encuentra en los mismos tipos de asociación considerados anteriormente: relacionada generalmente a agregados locales o zonas de epidoto, cuarzo, etc. y, en el caso de las tremolíticas, además disseminada en algunos de sus tramos. Con respecto a esta última modalidad y en lugares en que la roca es algo esquistosa, se observa un carácter bandeado y concordante de la mena; a veces constituye agregados alargados de algunos centímetros.

no representado en el perfil

La naturaleza irregular de su distribución surge de lo expuesto si se tiene en cuenta, p.ej., que la presencia de epidoto (clinoclasita), de por sí muy variable, no implica necesariamente la de scheelita. Las tactitas epidóticas estériles son una prueba de ello. Sin embargo, la frecuente relación entre scheelita y los fenómenos de epidotización constituye una evidencia de su vinculación genética. En casos aislados, esta relación se plantea en forma mucho más directa y sencilla. Es el caso, observado en superficie, de algunas venillas cuarzosas con epidoto y scheelita que atraviesan discordantemente porciones restringidas de las tactitas. Estas venillas son de escasa potencia y contienen contados granos medianos o gruesos (alrededor de 1 cm.) de scheelita idiomorfa, generalmente asociada con epidoto prismático. La tactita vecina, tremolítica y algo bandeada, ha sido localmente reemplazada por epidoto, cuarzo y algo de scheelita, constituyendo verdaderas epidotitas en las que disminuye la proporción de cuarzo (respecto del epidoto) al alejarse de la fuente.

Una relación más indirecta fue observada en el primer nivel con relación a una vena de cuarzo con epidoto y calcita, que atraviesa parte del banco tactizado con una potencia de 2 a 4 cm., rumbo 80° y buzamiento 55° N. La vena es estéril, pero se aprecia cierto enriquecimiento en scheelita, asociado con epidoto y escasa fluorita, en una angosta zona flogopitizada de la tactita contigua. (Es de interés señalar la presencia de fluorita en esta asociación por ser prácticamente la única aparición del mineral en esta zona del yacimiento).

Aún en otros casos, es más evidente una relación entre scheelita y cuarzo u otro acompañante típico de las zonas epidotizadas, antes que con el epidoto mismo. Uno de los ejemplos que pueden citarse, justamente por manifestarse en algunas tactitas muy ricas en scheelita, es el de la flogopita. En muestras de una parte mineralizada de un nivel algo inferior, se observa scheelita diseminada junto con epidoto y flogopita en unas, y diseminada sólo con flogopita en otras. En ambos casos, la mica en parte reemplaza al anfíbol (tremolita), indicando una intensificación de la flogopitización correlativa con el aumento en la proporción de scheelita.

Con las observaciones consignadas anteriormente, queda concluida la descripción de estos perfiles. Antes de continuar con otras zonas del yacimiento, resulta conveniente establecer algunas conclusiones preliminares y ampliar algunas de las observaciones con ejemplos fuera de los perfiles considerados. De esta manera podrán establecerse comparaciones con los resultados obtenidos en otras zonas a

fin de integrar, eventualmente, un cuadro lo más completo posible de las relaciones encontradas en este tipo de yacimiento.

Las principales conclusiones obtenidas pueden resumirse como sigue:

A). con referencia a las tactitas [grupos (5) y (6)] :

(1). El reemplazo metasomático de bancos carbonáticos magnesianos y en menor proporción cálcicos, ha originado rocas predominantemente anfibólicas en las que generalmente pueden diferenciarse 2 etapas de mineralización, algo separadas en el tiempo: (a) desarrollo de anfíbol de la serie tremolita-actinolita y simultánea de-dolomitización de los bancos carbonáticos magnesianos. (b) Epidotización (elines.) irregular relacionada con aporte de cuarzo, sebecilita, calcita II y escasos sulfuros, que se emplaza con fundamentalmente por reemplazo local de las rocas anfibólicas. En zonas donde este reemplazo ha actuado con mayor intensidad, va acompañado por la alteración de los minerales anteriores y sobre todo del anfíbol; predomina la carbonatización (calcita). En proporción mucho menor se observa cierta flogopitización, que sólo adquiere importancia cuantitativa en reducidas áreas muy piritizadas de las tactitas.

(2). Con respecto al reemplazo anfibólico, se han citado ejemplos de carácter discordante y resulta ilustrativo considerar otros, de menor escala, encontrados en tramos carbonáticos fuera de los perfiles. Se observan mármoles dolomíticos finos y esquistosos con poca calcita intersticial (3-5%) y escasa flogopita, atravesados discordantemente por delgadas franjas tremolíticas de grano fino. Estas franjas constituyen "frentes" de tactización con contactos netos y algo sinuosos hacia el mármol. El examen de superficies talladas evidencia una zona de calcita fina (pocos mm. a 1 ó 2 cm. en potencia) entre ambos, derivada de la de-dolomitización del mármol.

En corte delgado, se aprecia una característica adicional referente a la flogopita; prácticamente ausente en la franja tremolítica, se la observa concentrada en la zona calcítica intermedia con grano fino a muy fino. Este hecho, junto con indicios texturales de reemplazo y recristalización encontrados en esa zona, puede atribuirse a un proceso de concentración local de la flogopita contenida en las zonas reemplazadas y de-dolomitizadas del mármol.

Ejemplos de este tipo indican que puede desarrollarse una tactización incipiente a partir de fracturas discordantes.

(3). Consideradas desde un y

te de vista composicional, las tactitas estudiadas quedan comprendidas entre dos términos extremos: las tremolíticas blancas y las actinolíticas. Se diferencian, fundamentalmente, en el contenido de Fe. Las primeras constan de la variedad casi enteramente magnesiaca del anfíbol (véase: Tabla 1) y, cuando aparece, de clinocisita. Además, los indicios de piritización son muy raros. En conjunto, la mineralogía de estas tactitas refleja pobreza en el contenido de hierro.

Las actinolíticas constan de una variedad anfíbólica más ferrosa (Tabla 1), contienen epidoto en proporción bastante mayor y piritización más marcada. Constituyen, por consiguiente, las tactitas con mayor contenido de Fe.

Sin embargo, como evidencian los datos analíticos y también los datos ópticos adjuntos, la variación química entre unas y otras no es grande. ✓

(4) Consideradas en relación al grado de recambio o índice de silicización, las tactitas muestran mayor latitud en la variación. Nuevamente, pueden tomarse como términos de referencia los tipos anteriores. Las tremolíticas muestran el menor grado de recambio, particularmente en algunos tramos superficiales en los que, como se vió, hay porciones poco afectadas del carbonático y ausencia de clinocisita o epidoto. Las actinolíticas, en cambio, presentan en forma constante los mayores índices encontrados.

B). Con referencia a las rocas restantes [grupos: (1) a (4)]: (1) se caracterizan, sobre todo, por la presencia de epidoto. En los esquistos se observa el resultado de epidotización variable en las proximidades del banco carbonático: es, en términos generales, más pronunciada en el contacto mismo. Particularmente, los esquistos epidoto-flogopíticos encontrados en el contacto W, evidencian una mayor intensidad del proceso.

Las epidositas (4), emplazadas sobre todo por recambio de las tactitas marginales, indican un aporte masivo de epidoto-cuarzo canalizado a través de la zona de contacto con esquistos. Las venillas finas y discordantes de composición análoga encontradas en los esquistos contiguos probablemente se originaron al mismo tiempo, canalizadas por diaclasas etc. Puede añadirse que en algunas partes del contacto oriental de las tactitas con esquistos, se han observado fenómenos similares de epidoto-silicificación; no se los representó gráficamente pues no aparecen en las secciones estudiadas. Además, constituyen solamente manifestaciones locales, de poca extensión.

(2). A través de la

anterior enumeración se insinúa cierta secuencia. Si además se tienen en cuenta las manifestaciones encontradas en tramos tactizados se puede esbozar, tentativamente, una secuencia general de los fenómenos de epidotización y aspectos relacionados.

La epidotización de los esquistos próximos al carbonático probablemente constituyó una de las primeras etapas: respondió, fundamentalmente, al gradiente composicional existente entre aquellos tipos litológicos contiguos, debido a su distinta constitución química. En este lugar no se disponen de elementos de juicio para relacionarla con la tactización del carbonático vecino. Podría ser algo anterior o esencialmente simultánea con la anfibolitización; teniendo en cuenta que la tactización fue en parte discordante y que afectó rocas que ya habían alcanzado las condiciones máximas dentro del respectivo grado de metamorfismo, el primer supuesto parece más factible. La epidotización local de los esquistos sería el ajuste composicional, local, durante el metamorfismo regional.

Con la salvedad hecha anteriormente, puede ubicarse seguidamente la epidotización (alines.) de los bancos tactizados, con aparición de agregados diseminados o continuos, acompañados de cuarzo, scheelita, calcita II y pirita.

La formación de epidotas con algo de scheelita, de venillas discordantes y estériles en la caja vecina, y de venillas análogas pero portadoras de mena en las tactitas, corresponderían a la etapa siguiente en que el aporte silíceo-epidótico (algo de scheelita) se canalizó preferentemente a través de los contactos (especialmente el W) y por fracturas locales.

Esta secuencia aproximada se basa en los rasgos mineralógicos, texturales y estructurales consignados en las descripciones anteriores. Es importante destacar que tiene el sentido de señalar cierta sucesión de los fenómenos de epidotización y que no equivale a postular etapas netamente diferenciadas en el tiempo.

(3). El aporte de scheelita está muy relacionado con lo expuesto arriba. Con respecto a su distribución en las tactitas, resulta de interés considerar la diferencia observada entre las actinolíticas y tremolíticas: en las primeras, está asociada a zonas epidotizadas mientras que en las segundas aparece, además, diseminada y en forma independiente del epidoto (clinzoisita).

La ausencia de scheelita diseminada en las actinolíticas puede atribuirse al mayor grado de silicización, con la consiguiente desaparición de calcita intersticial y de su posible reemplazo por la mena. Si se tiene en cuenta la naturaleza muy reactiva del carbonato, la mayor silicización equivale, de cierta manera, a

una reducción de la porosidad potencial de estas rocas.

En las epidotitas, la proporción del mineral es baja; está evidentemente relacionada con un aporte muy silíceo, lo mismo que en las venillas discordantes anteriormente citadas. No obstante, se manifiesta aún así, la afinidad con epidoto ya que suelen aparecer en contacto.

Pese a esta marcada afinidad entre epidoto y scheelita, son contados los casos en que puede afirmarse que muestran relaciones de reemplazo. El carácter predominantemente autómorfo del epidoto, contrasta con el xenomorfo del segundo y, en la gran mayoría de los casos, resultan texturas que no permiten decidir la secuencia (si es que la hay). Únicamente en las epidotitas se han encontrado texturas que indican cierto reemplazo de epidoto por scheelita.

Por último, como se notó en otros lugares, la scheelita es a menudo idiomorfa frente a cuarzo y, en menor grado, frente a calcita II.

T A B L A 1

ANALISIS QUIMICOS DE 2 ANFIBOLES PROCEDENTES DE LAS TACTITAS ABARCADAS
POR LOS PERFILES GEOLOGICOS DEL POZO N° 9 : DATOS OPTICOS Y SU COMPOSI-
CION IONICA CALCULADA A PARTIR DE LOS ANALISIS

Actinolita N° 16		Tremolita N° 21	
(Analista: N. Kotelnikov)		(Analista: N. Kotelnikov)	
SiO ₂	55,94		56,23
TiO ₂	0,04		0,009
Al ₂ O ₃	1,28		1,93
Fe ₂ O ₃	1,02		0,50
Cr ₂ O ₃	0,15		-n.d.-
FeO	5,49		2,70
MnO	0,17		0,44
MgO	21,23		22,28
CaO	12,35		13,01
Na ₂ O	1,05		0,30
K ₂ O	0,12		0,13
H ₂ O ⁺	0,61		1,55
H ₂ O ⁻	0,10		0,14
F	0,79		0,87
♦ P ₂ O ₅	0,06		0,001

<u>DATOS OPTICOS</u>			
(Promedio de valores medidos con Platina Universal)			
γ : e :	16° 30'	γ : e :	18°
2V _γ :	92°	2V _γ :	91°

♦ Se consideró que el % P₂O₅ proviene de pequeñas impurezas de apatita: por tal motivo, se disminuyó en 0,06% CaO el valor de óxido de calcio, cifra que resulta de multiplicar el % P₂O₅ por el factor gravimétrico respectivo p/Apatita.

T A B L A 1

NUMERO DE IONES EN BASE A ; 24(O, OH, F)

Si	7,915	} 8,000	7,745	} 8,000
Al	0,085		0,255	
Al	0,128	} 5,434	0,0620	} 5,1612
Ti	0,004		0,0008	
Fe ³⁺	0,108		0,0521	
Cr	0,017		—	
Mg	4,508		4,6790	
Fe ²⁺	0,649		0,3152	
Mn	0,020		0,0521	
Na	0,287	} 2,168	0,0814	} 2,0580
Ca	1,860		1,9530	
K	0,021		0,0236	
OH	0,575	} 0,928	1,4470	} 1,8314
F	0,353		0,3844	
100 Mg: (Mg + Fe ²⁺ + Fe ³⁺ + Mn) =			100 Mg: (Mg + Fe ²⁺ + Fe ³⁺ + Mn) =	
= <u>85,3</u>			= <u>91,8</u>	

T A B L A 2

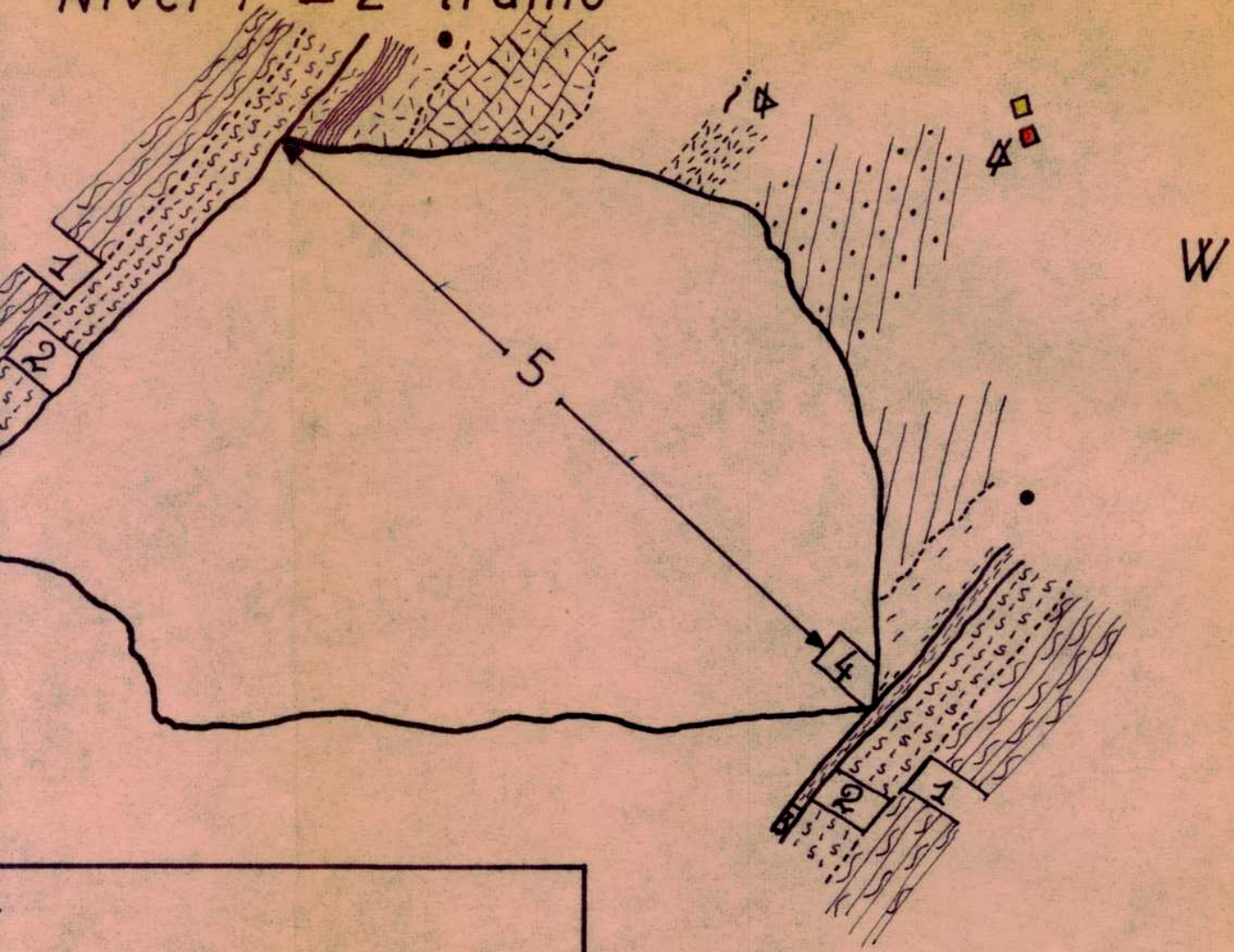
CARACTERISTICAS OPTICAS DE EPIDOTOS Y CLINOZOISITAS DE LAS TACTITAS
ABARCADAS POR LOS PERFILES GEOLOGICOS DEL POZO N° 9 : ANGULO DE LOS
EJES OPTICOS

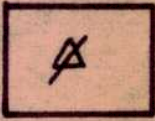
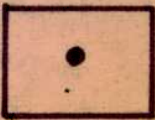
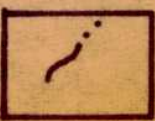
Mineral	N°	$2V_{\gamma}$ ♦
Clinzoisita:	9	86° 86°
Epidoto:	8	94° 94°
22	1	100° 99°
33	12	102° 102°
	16	102° 104°

♦ Valores medidos con Platina Universal

OZO N°9 — EL MORRO N°1

Nivel 1 — 2° tramo

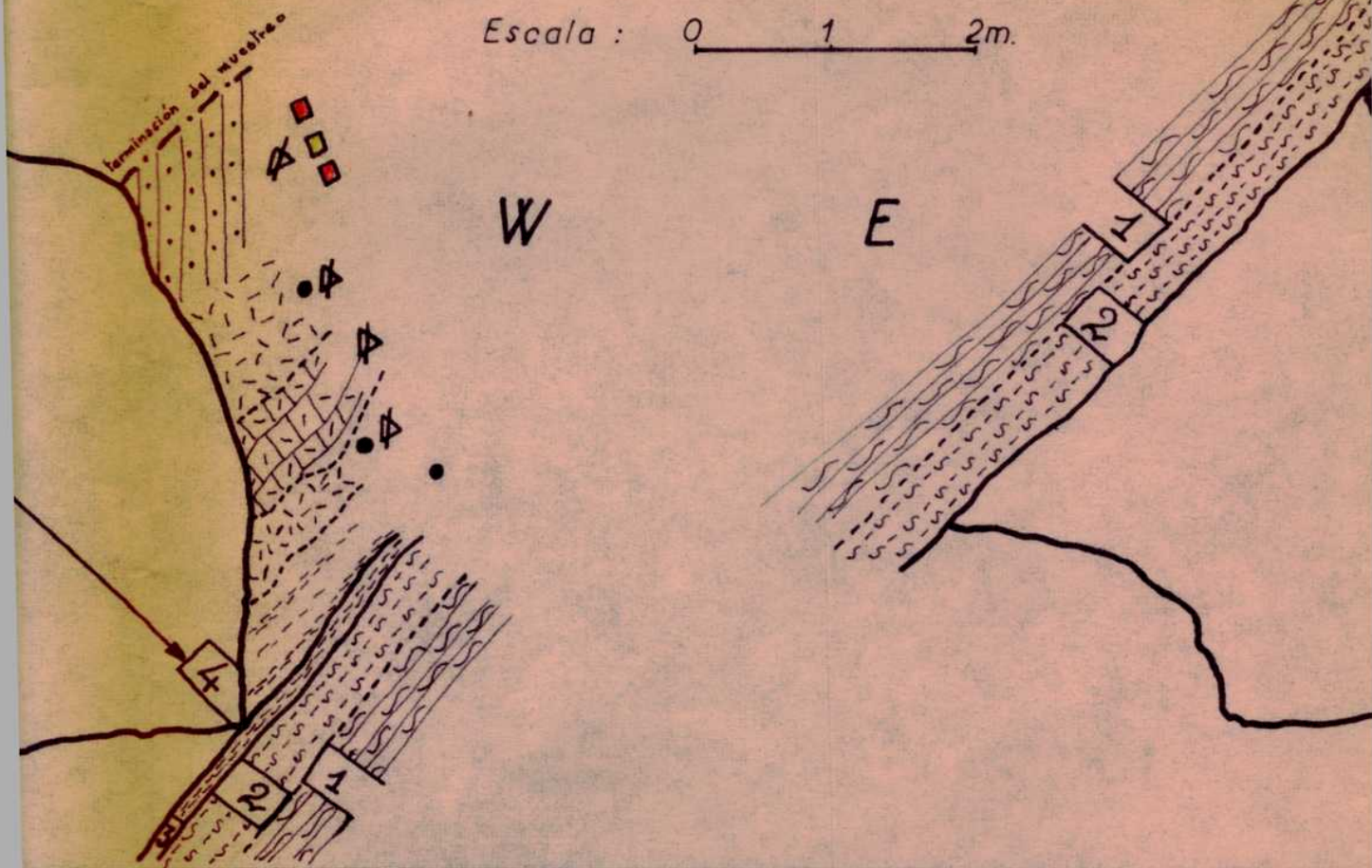


ilitica losa		scheelita asociada con agregados locales o zonas de: epidoto (clinoz)- cuarzo- calcita II
ceas (lorita)		scheelita diseminada
emalifizados		bandas scheelíticas cortas

PERFILES GEOLOGICOS DEL POZO N°9

Nivel 1

Escala : 0 1 2m.



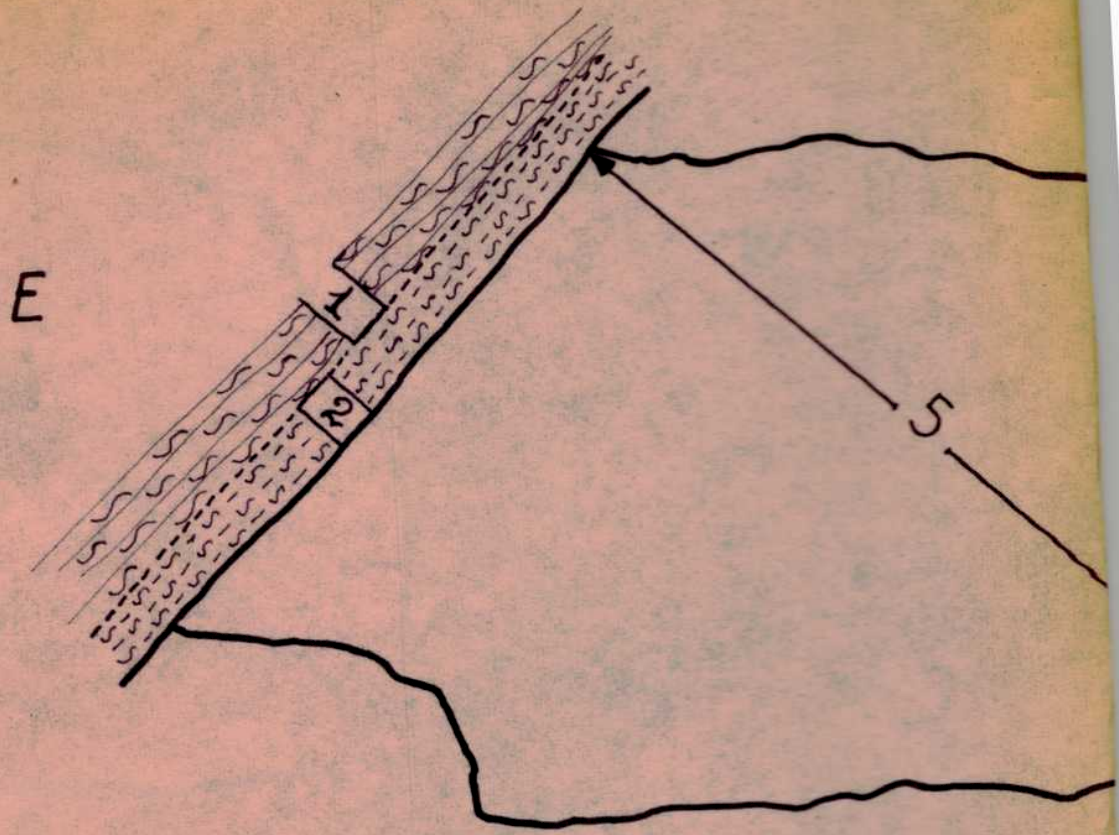
y
CONTACTO W:
sa-biotítico.
epidoto.
opíticos.
algo flogopítica

5. BANCOS CARBONATICOS TACTIZADOS :

	tactita tremolítica con clinozoisita (epidoto)		tactita tremolítica algo esquistosa		sch agi epi
	mármol con moderado reemplazo tremolítico		fajas micáceas (flogopita; clorita)		sc
	tactita actinolítica: a) sin epidoto b) con epidoto		a) pirita b) pseudomorfos hematizados		bai co

LAMINA I - PER

Nivel 1 - 1er tramo



ROCA DE CAJA
EPIDOSITA DEL CONTA

1. esq. cuarzo-oligoclasa-

2. esq. análogos, con

3. esq. epidoto-flogop

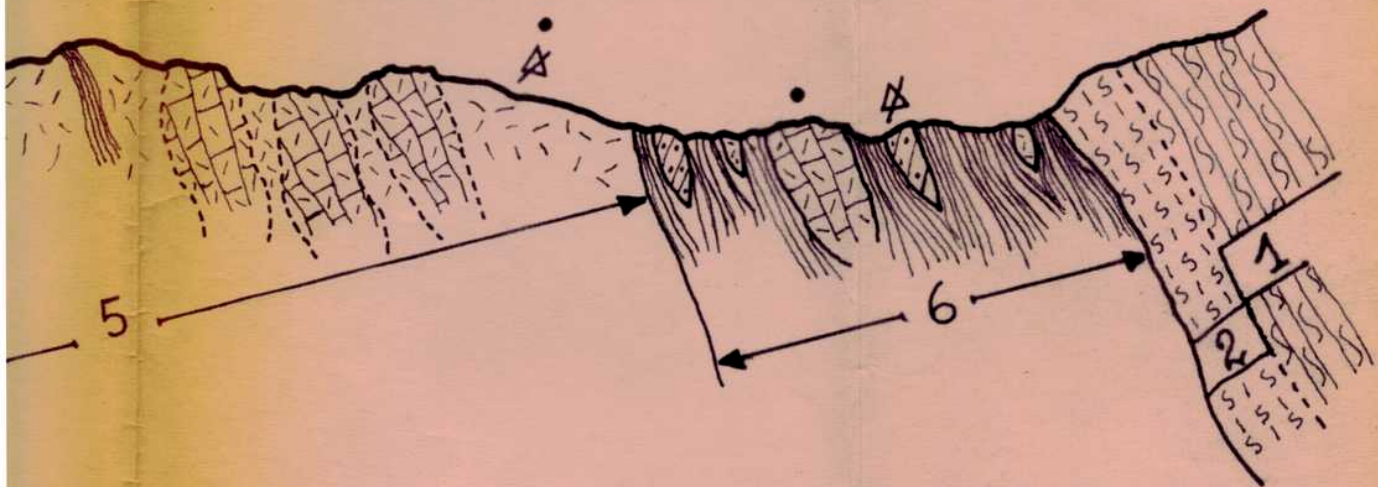
4. epidosita esquistosa, alg

GEOLOGICOS DEL POZO N° 9


superficie


Escala: 1m.


E




Carbonáticos factizados:

actinolítica
epidoto (clinzoisita)  Venas epidoto-cuarzosas
irregulares.

al con poco a
mucho reemplazo.  pseudomorfo de hematita
según pirita.

actinolítica
epidoto.  scheelita asociada con
agreg. locales o zonas de:
epidoto (clinzois)-cuarzo-calc.

micáceas.
epidoto; clorita)  scheelita diseminada.

6. Zona lenticular
esquistosa:

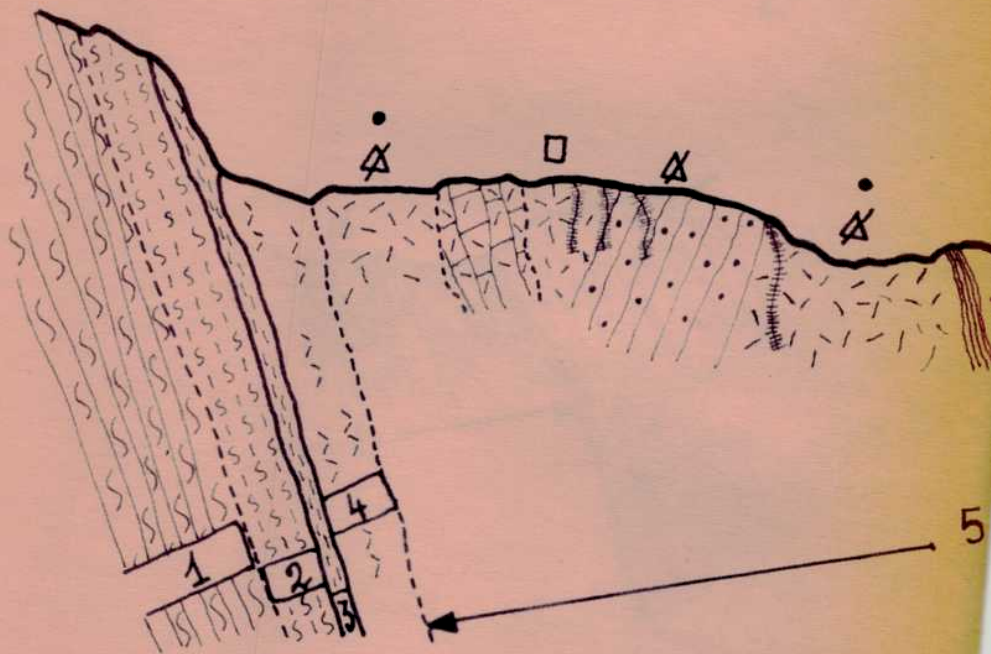
alternancia de lentes
carbonáticas factizadas
y fajas esquistosas de
clorita y calcita.

LAMINA II - PERFILES

En s

Escala

W



Roca de caja y epidosita del contacto W:

1. esq. cuarzo-oligoclasa-biotitas
2. esq. análogos, con epidoto.
3. esq. epidoto-flogopíticos.
4. epidosita esquistosa con relictos de tactita tremolítica.

5. Bancos carbo

-  Tactita tremol. Conepidoto (clino)
-  mármol con poca moderado reemp
-  tactita actinolita con epidoto.
-  fajas micáceas (flogopita; clori)

PERFILES Y OBSERVACIONES EN LAS LABORES RELACIONADAS CON LOS

PIQUES 1, 2 Y 3

El laboreo de mayor envergadura fue practicado en el sector sur del yacimiento; comprende el relacionado con los piques 1, 2 y 3 dentro de la faja mineralizada occidental y, dentro de la oriental, con los piques 4 y 5. A continuación se hará referencia al primero de los conjuntos mencionados o sea al sistema de labores entre los piques 1, 2 y 3.

Constituyen el laboreo de mayor extensión en el yacimiento, con un desarrollo de niveles que totalizan algo más de 300 m.; de los tres piques, el más profundo es el 1° con 17 m. El plano de labores incluido en el mapa de Smith y González resulta, naturalmente, algo incompleto en la actualidad; sin embargo, da idea de los niveles existentes ya que sufrieron pocos cambios con posterioridad a dicho estudio. El relevamiento de Lapidus, más reciente, fue efectuado en escala 1: 250 y con mayor detalle, indicándose la distribución aproximada de scheelita, etc.

Las observaciones efectuadas en este sistema de labores pueden sintetizarse en algunos perfiles que ejemplifican los principales rangos encontrados. Interesa, sobre todo, consignar las diferencias respecto de lo observado en otros lugares, máxime teniendo en cuenta que éste es uno de los sectores más ricos del yacimiento; en este sentido, merece particular atención el tipo de relaciones que presenta la scheelita dentro de las zonas mineralizadas.

Una característica no consignada en el mapa de Smith y González es la evidencia de brechamiento en algunos tramos a lo largo del banco carbonático oriental de esta faja. Si bien no representa un fenómeno de magnitud y en tal sentido constituye una omisión justificable teniendo en cuenta la escala del mapeo, su existencia explica el aspecto meteorizado de muchas de las rocas allí examinadas y la aparición de un tipo de alteración característica en las tactitas brechadas. La trituración se manifiesta claramente en una zona de esquistos brechados y alterados de color rojizo que, con potencia del orden de 1,50 m. está localizada sobre el contacto E del carbonático próximo al pique 2, donde evidencia una inflexión hacia el N.W. Indicios análogos pero de menor intensidad son encontrados, p.ej., unos 30 m. al sur donde hay otro pique mapeado, lugar en el que se efectuaron los primeros 2 perfiles descritos a continuación. Resulta claro que el brechamiento está relacionado con cierto movimiento en este contacto oriental y localizado en lugares don-

de, el carbonático describe inflexiones más o menos pronunciadas.

En la fig. 1 se representa esquemáticamente el aspecto del banco tectizado oriental, tal como se lo observa en un pequeño destape superficial. Está ubicado a la altura de una entrada menor a las labores consideradas, prácticamente contigua al pique intermedio mapeado por Smith y González.

Se trata de un mármol dolomítico-calcítico foliado, con algunas fajas micáceas (flogopita y/o clorita), que está tectizado cerca de ambos contactos y, en menor grado, en el interior del banco. Las zonas reemplazadas constan de tremolita fina, con poca scheelita que en parte está asociada con agregados locales de clinocristita y cuarzo. En algunos casos, son rocas de color algo más verdoso y contienen escasa epidoto y flogopita.

Los esquistos de la caja E. son los de la región: esq. Cuarzo-oligoclase-biotíticos de grano fino, aquí escasamente turmalínicos. La franja próxima al contacto se caracteriza no sólo por la epidotización variable sino, también, por su composición muy oligoclásica; contiene poco cuarzo. Un reducido brechamiento evidencia cierto movimiento en la zona de contacto que prácticamente no se manifiesta en la franja tectizada contigua. En los esquistos se observan superficies alteradas, a menudo teñidas por óxido de hierro, con dendritas, etc., que indican lavado meteorico relacionado con la percolación de aguas a través de zonas fracturadas; este aspecto meteorizado, por otra parte, es típico de las rocas próximas al contacto oriental.

Al W., se halla expuesta parte de la faja de esquistos anfibólicos comprendida entre este banco carbonático y el que le sigue al oeste. Estas rocas, del tipo de las anfibolitas, serán consideradas en el perfil geológico al sur del Pique 5. Tienen las mismas características generales observadas en otros lugares y, cerca del mármol, son marcadamente epidóticas.

Hay indicios de plegamiento mesosepico tanto en la caja oriental como occidental; además, algo al sur, se observa la presencia anómala de una delgada faja de esq. anfibólicos en el contacto E del carbonático, de poca extensión.

El perfil siguiente, fig. 2, abarca el mismo conjunto anterior, unos metros más al E y en el interior del ler. nivel.

Los esquistos del techo próximos al banco carbonático son similares a los encontrados en superficie; puede añadirse que aquí contienen 20-25% epidoto concen-

trado en bandas generalmente asociadas a la mica, una flogopita originada por deferrización de biotita y que constituye un porcentaje similar de la roca, siendo el resto casi todo oligoclasa. La menor proporción de mica con relación a los esquistos normales determina una esquistosidad menos marcada. En este lugar, como en otros dentro de estas labores, se observa cierta mineralización scheelítica de los esquistos contiguos a la tactita. Si bien es bastante frecuente, constituyen solamente fenómenos muy locales, casi siempre relacionados con venillas cortas; en conjunto, la proporción de scheelita así encontrada es muy reducida. Pueden citarse: venillas finas y discordantes originadas por relleno de fracturas locales y compuestas por fluorita, berilo, oligoclasa ácida, escasos pseudomorfos hematíticos según pirita, y algo de scheelita fina; venillas cuarzosas bastante ricas en scheelita; agregados aislados de scheelita asociada con fluorita, etc.

Las principales características de una de las venillas cuarzosas citadas en segundo término pueden resumirse como sigue: levemente discordante y de potencia no mayor de 1 cm., consta de un agregado medio a grueso de cuarzo con granos scheelíticos de $h/5$ mm., prismas de epidoto idiomorfo y fluorita. La scheelita, blanco amarillenta, aparece en agregados alargados de varios cm. y como granos aislados; el epidoto está preferentemente asociado a la misma. En corte delgado, tanto el cuarzo como la scheelita muestran extinción ondulada, el primero con bandas de extinción paralelas (eje c) a las paredes de la venilla. La scheelita se emplazó por relleno y en parte por reemplazo del esquisto; algunas secciones medianas, de contactos idiomorfos frente al mismo, contienen inclusiones relicticas del agregado plagioclásico; por otra parte, también se observa penetración intersticial entre granos feldespáticos. La fluorita, por su distribución y carácter intersticial probablemente cristalizó última. En el esquisto contiguo, se aprecia cierta clorización de la mica, alteración algo más pronunciada de la plagioclasa y escasos pseudomorfos finos de hematita según pirita.

El tramo siguiente corresponde al banco carbonático, tactizado cerca de ambos contactos y que en este lugar manifiesta claramente el resultado de cierto movimiento relacionado con el contacto superior. La deformación afectó esencialmente ambas fajas tactizadas y, en grado mucho menor, a los esq. anfibólicos adyacentes.

Las zonas tactizadas se presentan brechadas y alteradas, muy deleznable y en parte bandeadas por la presencia de venillas calcíticas finas, paralelas a los contactos. Contienen scheelita fina que sigue el bandaje general.

La parte central del banco es un mármol dolomítico blanco, esquistoso, de grano fino, con muy poca calcita intersticial. La tinción de muestras señala la presencia de algunas venillas discordantes, algo lenticulares, de calcita espática de mayor grano: originadas probablemente por fenómenos locales de recristalización, no guardan relación con los fenómenos de brechamiento considerados. El mármol es consistente y, a diferencia de las partes tactisadas del mismo, no evidencia señales de la deformación. Este comportamiento mecánico contrastante refleja, para las condiciones en que se produjo la deformación, la mayor competencia del primero y su posición respecto de los contactos.

La presencia de algunas características no observadas anteriormente, justifica considerar a las tactitas brechadas con más detalle:

Tactitas brechadas: son de color blanco amarillento, caracter delesnable y bandeadas con venillas calcíticas. Entre estas últimas, muchas son meros tabiques menores de 1 mm. en espesor y otras corresponden a planos de deslizamiento con superficies estriadas, tapizadas por montmorillonita [♦]. Las del segundo tipo constan de un agregado calcítico fino marginado, en ambos contactos, por agregados captaños de montmorillonita macroscópicamente fibrosa y que están alineados según las estrías: se han observado ejemplos análogos en otras tactitas de estas labores, incluso en ausencia de indicios manifiestos de brechamiento.

Teniendo en cuenta la naturaleza frágil de estas zonas, como así también su ubicación respecto de los contactos con otros tipos litológicos, la susceptibilidad frente a cualquier deformación resulta evidente. Por esta razón, no pueden inferirse movimientos de ninguna envergadura en base a indicios como los descritos. Con todo, las evidencias de deformación en este perfil son mayores que las generalmente encontradas y, aunque de carácter local (pues como se vió, a pocos metros en el afloramiento de superficie prácticamente no se manifiestan) están relacionadas con el desplazamiento en el contacto oriental del carbonático, que originó la trituración de esquistos cerca del pique 2.

[♦] Aquí se ha utilizado el nombre montmorillonita en sentido un poco más amplio que el correspondiente a aquella especie mineralógica (S.S.): se trata, en base a las características a Rayos-X, de un término dioctáedrico del grupo de la montmorillonita o smectita que, a juzgar por sus propiedades ópticas (p.ej. índice algo menor de 1,55), correspondería a la serie montmorillonita-beidellita. La cantidad de arcilla presente es reducida y su separación en estos casos resulta difícil. Si bien las distintas muestras dan la reflexión basal en 17,7 Å al ser glicoladas, el carácter dioctáedrico sólo pudo apreciarse en la arcilla asociada con los planos de deslizamiento, donde la concentración es bastante mayor: no obstante, el examen microscópico muestra que toda la arcilla encontrada pertenece al mismo tipo.

Estas tactitas muestran, además, marcada alteración, siendo de interés describirla por su relación con el brechamiento.

En lugares donde se conservan partes más frescas se observan fragmentos de una tactita anfíbol-epidótica algo esquistosa de color verde que, por alteración, es convertida en un fino agregado castaño-amarillento de calcita y montmorillonita.

En corte delgado, las porciones inalteradas constan de un agregado inequigranular fino a grueso de tremolita o, en ciertos casos, actinolita muy pálida, y epidoto en parte asociado con scheelita. Igual que otras veces, la scheelita está relacionada con fenómenos de epidotización. Aquí se presenta asociada con agregados de tipo local, de pocas secciones epidóticas medianas, menor proporción de fluorita intersticial y escaso cuarzo; es xenomorfa y no aparece junto a los agregados finos de epidoto granular. En casos como éste, en que la alteración es escasa o nula se observan, no obstante, texturas de tipo cataclástico incipiente: los agregados locales suelen estar fracturados y, en ciertas oportunidades, atravesados por venillas calcíticas microscópicas. En cuanto a las zonas alteradas se aprecia (microscópicamente) anfíbol y epidoto reemplazados por un agregado fino de calcita con menor proporción de montmorillonita amarillenta, de hábito micáceo muy fino o bien de aspecto fibroso. Donde ha sido reemplazado el epidoto, suele encontrarse material relíctico muy finamente dividido de aspecto turbio, en parte por la alteración de la titanita fina asociada. Al considerar el perfil siguiente se darán algunas características adicionales del tipo de alteración descrito.

Complementando lo anterior, puede agregarse que la scheelita no siempre está relacionada con epidoto aunque en las partes más brechadas y alteradas resulta, de todos modos, muy difícil encontrar relaciones de ningún tipo. Cabe consignar que la scheelita se presenta siempre fresca, debido a su mayor estabilidad química.

A continuación e igual que en superficie, siguen esquistos anfibólicos de varios metros en potencia. Aproximadamente el primer metro presenta señales de cierta alteración y escasa deformación.

La alteración es similar a la descrita e involucra, esencialmente, una carbonatización sobre todo del anfíbol (actinolita u horblenda). Se manifiesta como zonas irregulares de color castaño dentro de los esquistos. Examinadas microscópicamente, se observan algunas venillas calcíticas discordantes y la presencia de

cierta cloritización asociada al reemplazo carbonático del anfíbol; la coloración de estas zonas es debida a la impregnación de partes del agregado carbonático por material ferruginoso amarillento, posiblemente relacionado con pequeñas cantidades de montmorillonita intersticial. Debido a la deformación marcadamente menor, la alteración de estas rocas se aproxima más a una carbonatización (y menor cloritización) pseudomórfica texturalmente algo análoga a la encontrada en las tactitas de los perfiles del Pozo N° 9, que a la descrita para las tactitas brechadas: de menor extensión, no se observa la misma intensidad de reemplazo y afecta casi exclusivamente al anfíbol de estos esquistos.

La vena pegmatítica representada en el perfil atraviesa discordantemente los esquistos con rumbo aproximado de 45°, buzamiento 40° NW. y tiene una potencia media de 2,5 cm. Presenta varios caracteres de interés siendo uno de los principales la presencia de scheelita en asociación con minerales típicamente pegmatíticos como berilo y relacionada, evidentemente, con un aporte posterior al que originó la mena de las tactitas. Constituidas principalmente por oligoclasa (23-25% Anortita) algo rosada, contienen los siguientes minerales adicionales:

fluorita: en agregados incoloros o violáceos de grano mediano, observándose ejemplos transicionales entre ambas variedades.

berilo: cristales prismáticos medianos de color verde pálido y agregados entrelazados de agujas finas, reemplazando feldespato.

cuarzo: agregados medianos algo alargados en la dirección de la vena y, en partes, como venillas finas, anastomosadas, atravesando el feldespato próximo a los contactos con la caja y paralelamente a los mismos.

scheelita: fina a mediana, en parte idiomorfa, que reemplaza preferentemente al feldespato próximo a los contactos.

La inyección de la venilla originó una delgada franja de reacción en la roca de caja: de pocos cm. de espesor, consta predominantemente de flogopita y epidoto fino con cantidades menores de los minerales encontrados en la vena. La presencia de anfíbol relictico señala que se originó por reemplazo de los esquistos vecinos. Análogamente, cierta epidotización del feldespato marginal de la venilla puede atribuirse a un fenómeno recíproco, de reacción - contaminación con la caja.

En base al examen microscópico puede afirmarse que tanto el berilo como la scheelita reemplazaron preferentemente la plagioclasa y que la fluorita se depositó última.

En la fig. 3 se ha representado esquemáticamente la secuencia encontrada en una pequeña excavación sobre la pared sur del chiflón que une el nivel anterior

(1048 de Smith y González) con el que le sigue a 5 m. de profundidad (1043 idem). Resulta de interés considerarlo brevemente debido a la intensa alteración que afectó a la tactita scheelítica y que, en este lugar, no está complicada por marcado brechamiento como en el caso anterior.

El carbonático es un mármol calcítico-dolomítico foliado con clorita concentrada preferentemente en fajas lenticulares hacia el centro del banco. Entre los esquistos del techo y la tactita alterada, hay una zona angosta compuesta por una alternancia de bandas anfibólicas y epidoto-flogopíticas que probablemente derivaron del reemplazo epidótico de la parte marginal de la tactita: corresponderían a las epidositas de otros perfiles.

La franja de tactita alterada tiene una potencia media de unos 20 cm. y es rica en scheelita bandada de grano fino. La intensa alteración ha dado lugar a una roca fina de color blanco amarillento, compuesta casi íntegramente por calcita, en la que además de scheelita hay relictos anfibólicos de aspecto sedoso y algo de epidoto. Está irregularmente atravesada por numerosas venillas calcíticas finas (décimas de mm.) y presenta algunas manchas de óxido de hierro. No evidencia brechamiento; sin embargo, la existencia de pequeñas superficies de deslizamiento tapizadas por arcilla como en el perfil anterior, aunque menos manifiestas, señala que aquí también la alteración se relaciona con cierto movimiento de la tactita.

En corte delgado, se observa un reemplazo muy avanzado de los anteriores minerales por calcita fina y algo de montmorillonita: la textura relictica es la de una tactita similar a otras descritas, con agregados hipidiomorfos de epidoto asociados a cuarzo y poca flogopita. La scheelita tiende a aparecer diseminada y en parte asociada con epidoto o parches de cuarzo. En algunas secciones de este último, la scheelita es idiomorfa y se observan, además, relictos inalterados del agregado tremolítico conservados en el cuarzo. El aspecto típico de las zonas alteradas es el de un agregado turbio de calcita fina a muy fina asociada con poca montmorillonita, y manchada localmente por óxido de hierro. Por otra parte, la leve fracturación de los agregados epidóticos confirma lo expuesto en el párrafo anterior, referente a la incipiente deformación que afectó esta zona.

Una recorrida por las restantes labores en este sector del yacimiento permite comprobar la presencia de zonas tactizadas ricas en scheelita con características que, por ser algo diferentes a las observadas en otros lugares, merecen con-

signarse.

Durante el período abarcado por este estudio no pudo recorrerse parte del nivel inferior o 3ero. (ubicado unos 13 m. por debajo del 1er. nivel) debido a un anterior desmoronamiento. A principios de 1966, durante la última visita al yacimiento y coincidiendo con un aumento en la cotización del mineral, los actuales explotadores de Loma Blanca contemplaban la posibilidad de reiniciar la extracción en este sector.

Antes de considerar el último de los perfiles, pueden citarse algunas observaciones de interés general:

En primer lugar, se encontraron otros ejemplos de venas pegmatíticas portadoras de scheelita que, a diferencia de la anteriormente considerada, están generalmente expuestas donde atraviesan los bancos carbonáticos: en estos lugares originaron un enriquecimiento local. Resulta evidente cierto aporte scheelítico de corto alcance relacionado con la presencia de franjas de reacción, desarrolladas en la tactita o carbonático contiguo. Dichas franjas son similares a las descritas más arriba y sólo difieren por su espesor algo mayor, del orden de 10 - 15 cm. En cuanto a las venillas en sí, se observaron potencias de hasta 10 cm., rumbos próximos a E - W y buzamientos del orden de 45° N.

En segundo lugar, hay frecuentes indicios de la percolación de aguas meteóricas: a las ya anotadas deben añadirse evidencias de disolución en las rocas carbonáticas, dando grietas y huecos de diversos tamaños. Las cavidades mayores superan el metro. Están limitadas por superficies lixiviadas y teñidas de color ocre castaño, en las que sobresalen fajas micáceas por lavado diferencial de la parte carbonática. Fenómenos de esta clase se desarrollaron a partir de cualquier fractura o diaclasa capaz de canalizar la circulación de aguas meteóricas, configurando zonas de debilidad que explican los desmoronamientos bastante comunes en estas labores.

Considerando, ahora, las zonas mineralizadas, puede decirse que son bastante continuas y que están localizadas preferentemente en las franjas tactizadas adyacentes al techo (o sea en el contacto este del banco carbonático). La mayor potencia observada fue de 30 cm.: al respecto, Smith y González citan una potencia algo mayor (40 cm.) para una zona que se explotaba en esa época cerca del pique 2 y para la cual estimaron una ley media del 1% WO_3 . Debe tenerse presente que estimaciones de este tipo dejan a un lado fenómenos locales como el enriquecimiento debido a venillas pegmatíticas, ya que de lo contrario podrían inferirse inco

rectamente mayores espesores de las partes mineralizadas.

En el extremo S. del 2º nivel próximo al pique y en la intersección con dos labores laterales (no figura en el plano de labores) hay una zona mineralizada, descrita a continuación (fig. 4):

(i) La faja de esq. epidóticos del techo muestra mayor epidotización y silicificación que en los casos anteriores: son rocas de grano fino compuestas en su mayor parte por epidoto y flogopita. Están atravesadas por fracturas muy finas por las que parten fácilmente, mostrando superficies lavadas, con dendritas, etc.

(ii) Las rocas de la franja siguiente son, a primera vista, difíciles de interpretar: de color gris oscuro, esquistosas, constan de flogopita fina a muy fina que alterna con bandas epidóticas algo lenticulares, asociadas con poca scheelita. Además, contienen cantidades menores de cuarzo.

Examinadas microscópicamente a grano suelto, hay partes que presentan caracteres relicticos de una tactita anfibólica. Los granos de cuarzo contienen inclusiones tremolíticas y, sobre todo, la forma de agregación de la flogopita es similar a la encontrada en rocas anfibólicas flogopitizadas: en este sentido, es característica la asociación de laminillas micáceas muy finas dando agregados alargados y algo pseudomórficos según un mineral de hábito prismático.

Tales indicios tomados conjuntamente con la posición de estas rocas dentro del perfil y con, como se verá, la evidencia de flogopitización en la zona mineralizada adyacente, señalan que las mismas se originaron, al menos en parte, mediante el reemplazo marginal del tramo tactizado. Resultan de la flogopitización y menor epidotización-silicificación de parte de las tactitas anteriores: en cierta forma, podrían considerarse como un caso particular de la formación de epidotitas marginales.

La proporción de scheelita es reducida en esta franja, observándose pequeños enriquecimientos locales relacionados con venillas discordantes, portadoras del mineral; de estructura bandeada y pocos mm. en potencia, la composición mineralógica de estas venillas (cuarzo, plagioclasa, fluorita, scheelita) indica su filiación pegmatítica.

(iii) La zona siguiente, de carácter deleznable, contiene abundante scheelita fina asociada a tactitas foliadas, observándose una distribución bandeada de la mena. Se trata de una franja de tactitas anfíbol-epidóticas con áreas muy flogopitizadas. Presentan, por otra parte, indicios de cierta lixiviación por aguas meteóricas: son en parte porosas debido a oquedades finas teñidas de color castaño amarillento, producidas por el lavado de calcita intersticial y en las que sue-

len encontrarse pequeñas cantidades de montmorillonita asociada al anfíbol circundante.

Recordando algunas de las observaciones efectuadas en los perfiles del Pozo N° 9, en este caso resulta de particular interés determinar si existe una relación entre la mayor concentración de scheelita y las abundantes evidencias de flogopitización.

En general, las tactitas de esta zona contienen proporciones significativas de flogopita. Si se consideran, en primer término, las más "normales" o de menor contenido micáceo puede decirse que tanto del punto de vista textural como de las asociaciones mineralógicas que presentan, son similares a otras ya descritas: la scheelita, p.ej., suele estar vinculada a los agregados epidóticos finos o medianos que, en proporción subordinada, están alineadas paralelamente a la foliación. En corte delgado se encuentra cierta silicificación intersticial de los agregados epidóticos o bien diseminada en el agregado tremolítico circundante; generalmente está relacionada con la aparición de flogopita. Donde la concentración micácea es mayor, hay zonas irregulares de flogopita muy fina asociada con cuarzo que reemplazaron partes del agregado anfibólico.

Con respecto a las porciones muy flogopitizadas dentro de esta faja de tactitas, pueden caracterizarse (megascópicamente) como sigue: son de grano muy fino y aspecto sacaroides debido al agregado blanquecino de laminillas muy pálidas o incoloras de flogopita [†] que constituye la casi totalidad de la roca. Contienen, además, cantidades menores de cuarzo y examinadas a grano suelto presentan caracteres similares a las halladas en la faja anterior; granos de cuarzo con inclusiones tremolíticas, forma alargada de los agregados micáceos, etc.

En resumen, la mineralización scheelítica en este tramo se relaciona, sobre todo, con la flogopitización variable y silicificación diseminada de las tactitas tremolíticas. Teniendo en cuenta que la scheelita también está asociada al epidoto en la mayoría de los casos, se estaría en presencia de una variante de los procesos de epidotización (tal como fueron caracterizados en los perfiles del Pozo N° 9) en la que jugaron un papel preponderante el reemplazo flogopítico y, en me-

[†] En este caso parece justificado señalar que se verificó el tipo de alteración mediante Kayce-X. El aspecto de estas rocas, como así también el carácter levemente untuoso al tacto y, hasta cierto punto las características ópticas, podrían atribuirse a la presencia de talco. Mineral que, por otra parte, no fue encontrado en ninguna de las asociaciones examinadas.

por grado, silíceo.

Si se considera, por una parte, que en las tactitas menos micáceas se ha observado (microscópicamente) cierta silicificación intersticial del agregado anfibólico y que, por la otra, en zonas muy flogopitizadas hay cuarzo con inclusiones tremolíticas, surge no sólo una relación muy estrecha entre estos dos procesos sino, también, cierto orden en la secuencia; el reemplazo micáceo puede haber sido simultáneo con el aporte de cuarzo o levemente posterior al mismo, pero no anterior. De lo contrario no se encontraría anfíbol conservado en granos de cuarzo en aquellos lugares donde ha habido intenso reemplazo micáceo.

En comparación con ésta, la zona anterior (ii) también evidencia el resultado de reemplazos análogos; pero es más esquistosa, contiene proporción marcadamente mayor de epidoto y la proporción de scheelita es baja. No puede descartarse, además, que en alguna medida también haya derivado de los esquistos adyacentes.

En conclusión, los principales rasgos hallados en estas labores pueden resumirse como sigue:

✓ a) Se evidencia cierto aporte scheelítico de tipo pegmatítico a través de venillas discordantes cuyas potencias varían entre escasos milímetros y alrededor de 10 cm. Producen enriquecimientos locales de la roca de caja especialmente al cortar los bancos carbonáticos.

La fluorita es un componente prácticamente constante de las mismas y la presencia de pequeñas cantidades en varias de las rocas estudiadas está seguramente relacionada con dicho aporte; además, la disposición intersticial y, en algunos casos, emplazamiento en grietas y fracturas, o bien por reemplazo preferencial de calcita en tactitas, indican su ubicación paragenética tardía.

b) El brechamiento de las zonas tactizadas fue acompañado por intensa alteración: consiste en un reemplazo por calcita y montmorillonita. De carácter similar, la alteración parcial de los esq. anfibólicos involucra, además, el desarrollo de poca cloritización: está probablemente relacionada con cierta disponibilidad de Fe durante el reemplazo, debida a la composición más ferrosa del anfíbol.

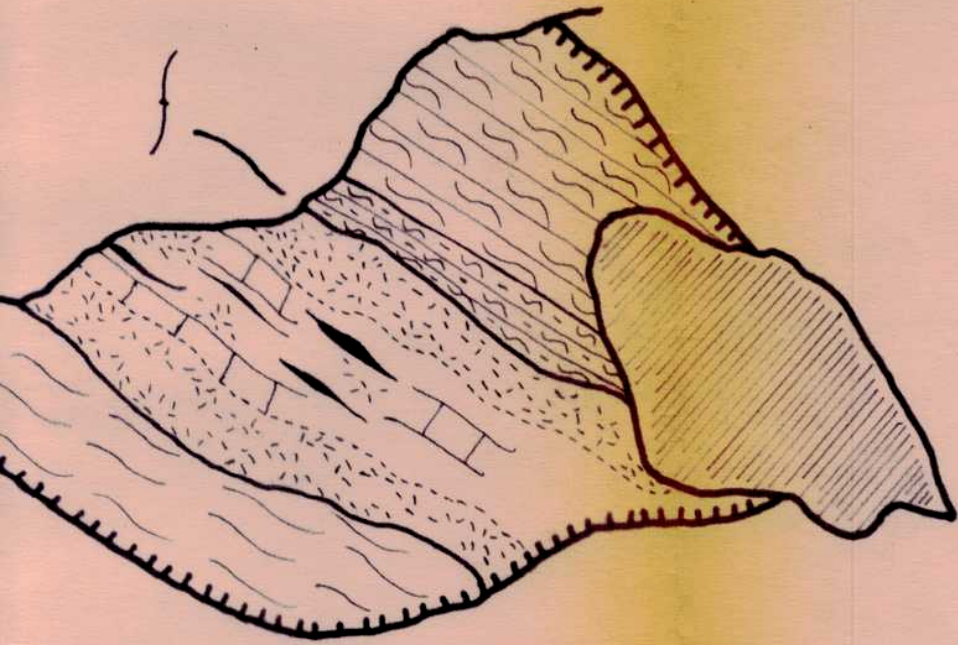
En ambos casos, el tipo de alteración está vinculado con la deformación de estas rocas y refleja la resultante inestabilidad mineralógica.

Con respecto a la montmorillonita, por otra parte, la presencia de pequeñas cantidades en huecos de disolución asociada con otras señales de percolación de

aguas superficiales, también indica un origen por alteración en condiciones metabólicas.

e) En las zonas mineralizadas se evidencia marcada flogopitización y silicificación subordinada, pero constante: pueden considerarse como fenómenos de alteración hipogénica, en sentido amplio, relacionados con la etapa de epidotización y consiguiente introducción de scheelita.

El aporte pegmatítico es claramente posterior a dicha etapa.



E

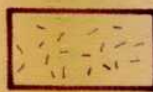
1m



esq. cuarzo - oligoclasa - biotítico



esq. análogo, con epidoto



tactita



mármol dolomítico - calcítico
con fajitas micáceas



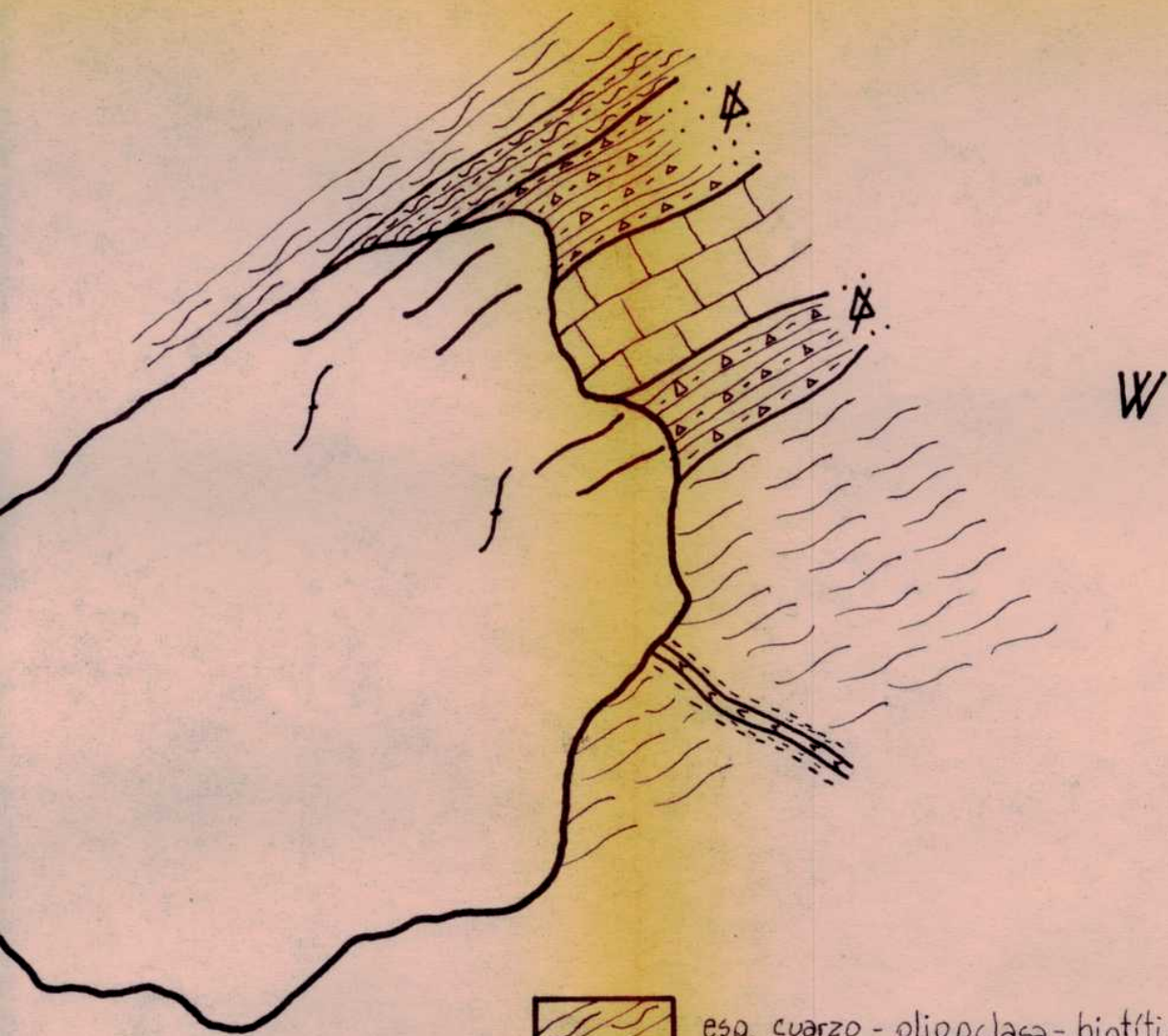
esq. anfibólico

Fig. 1

W



1m







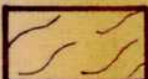
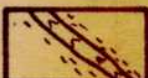
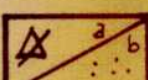
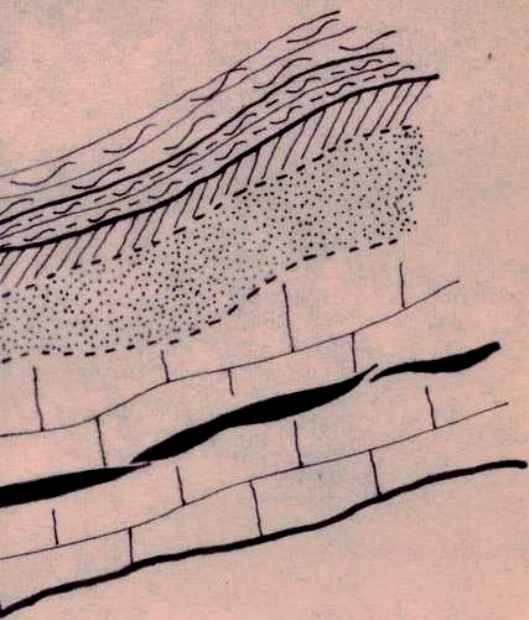
- | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|  | esq. cuarzo - oligoclasa - biotíticos |
|  | esq. análogo con epidoto |
|  | tactita brechada |
|  | mármol dolomítico |
|  | esq. anfibólico |
|  | vena pegmatítica con scheelita,
berilo, fluorita |
|  | scheelita: a) asociada con epidoto
b) diseminada |

Fig. 2

E



1m.



W

1m.



esq. cuarzo - oligoclasa - biotítico



esq. analogo, con epidoto



alternancia de bandas: anfibólicas y epidoto - flogopíticas



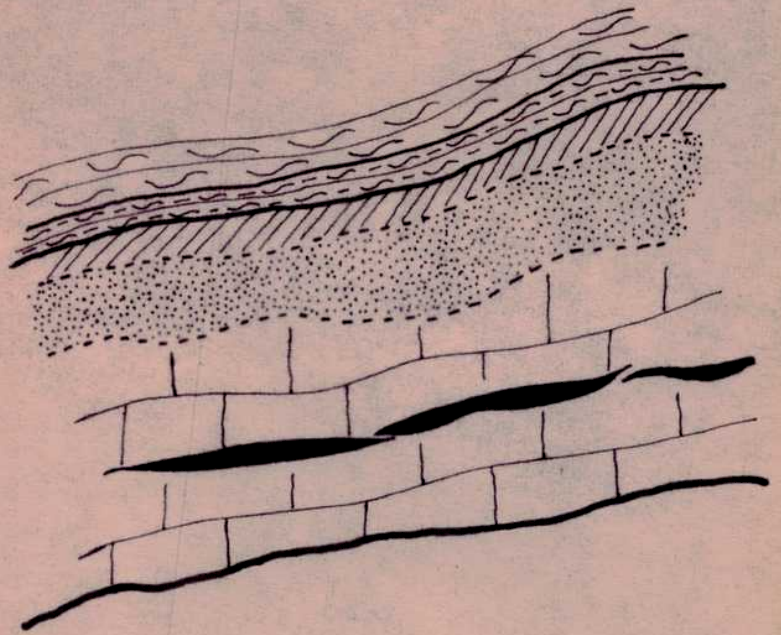
tactita muy alterada, con bandeado de scheelita fina



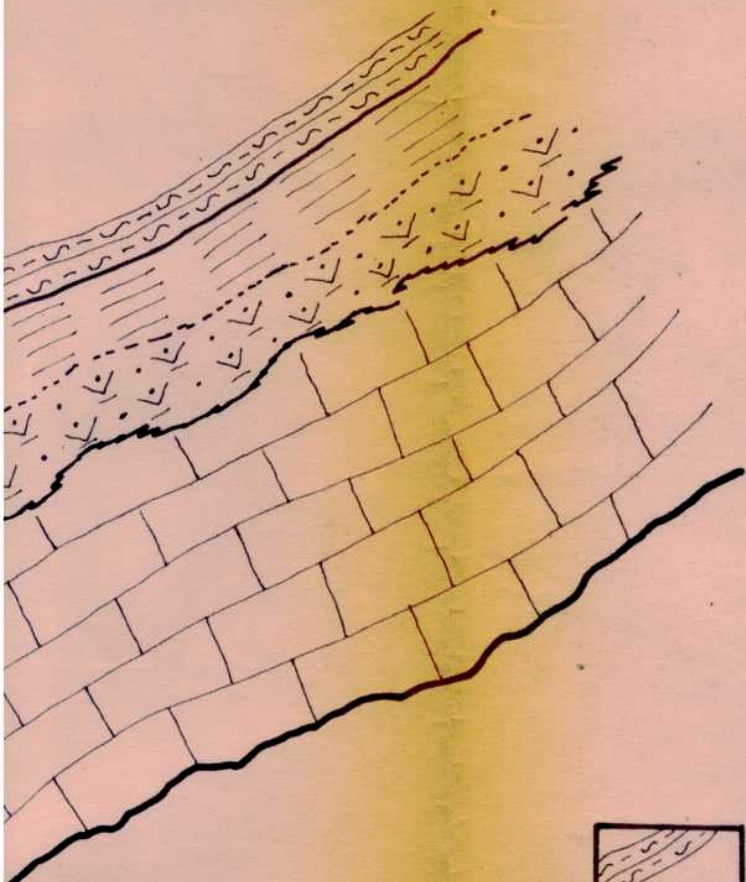
mármol calcítico - dolomítico con fajas micáceas

Fig. 3

E

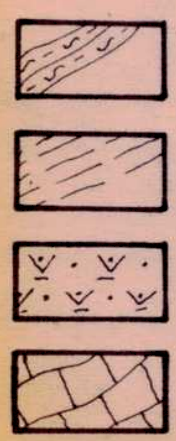


1m.



W

1m.



esq. con epidoto

zona de reemplazo
flogopítico - epidótico

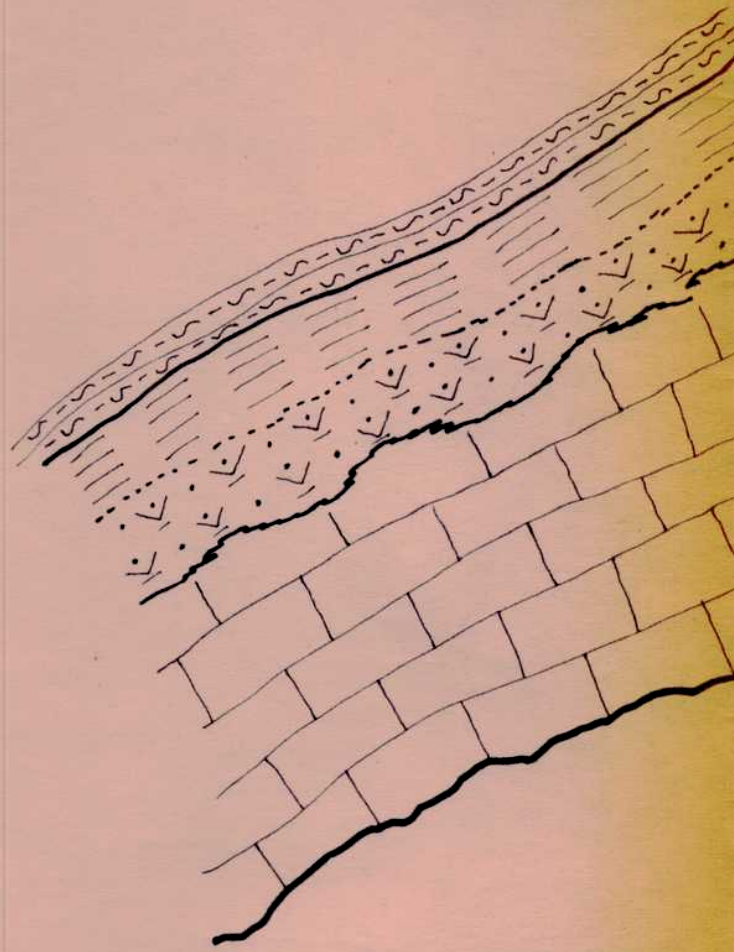
zona mineralizada:
tactita en parte flogopitizada

mármol calcítico-clorítico foliado

tactita
reemplazada

Fig. 4

E



1m.

PERFIL GEOLOGICO AL SUR DEL PIQUE 5

El Pique 5 Nuevo [†] está ubicado en el sector Sur del yacimiento y es el más importante del mismo. El laboreo relacionado con este pique, si bien no tan extenso como el que comunica los Piques 1, 2 y 3, es el más profundo. Según el relevamiento 1: 250 efectuado por Lapidus, el mayor desnivel entre las labores es de unos 50 m., la extensión total de las mismas es de aproximadamente 150 m. y cita una profundidad de 75 m. para el pique mismo.

Considerada aisladamente, la extracción en esta parte probablemente ha sido la más productiva del yacimiento: las zonas mineralizadas tienen potencias que generalmente varían entre 20 y 60 cm., citándose leyes algo menores del 1% WO_3 . La presencia de vetas discordantes de cuarzo con salbandas de muscovita y scheelita (cuyas características generales son consideradas en otro lugar ^{††}) producen enriquecimientos locales de cierta envergadura; contienen granos y "ojos" medianos a gruesos de scheelita que elevan apreciablemente el tenor de WO_3 . Para las labores inferiores, Lapidus cita franjas mineralizadas de hasta 1,70 m. en las que la scheelita está preferentemente concentrada hacia el techo.

La facilidad con que se inunda la parte más profunda encarece la extracción considerablemente. Hace pocos años, los intentos de continuar la explotación en forma algo precaria debieron ser abandonados por este motivo; por otra parte, el rendimiento económico, teniendo en cuenta la cotización del mineral, no justificaba una instalación apropiada.

En lo que respecta al presente estudio, se consideró de interés examinar las relaciones entre el banco carbonático contiguo al Pique 5 y las rocas adyacentes, particularmente las comprendidas entre ese banco y el que le sigue al este, com-

[†] El llamado Pique 5 Viejo está ubicado algo más de 100 m. al Norte de la zona marcada por Smith y González; figura como L 31 en el mapa geológico-topográfico, escala 1:1.000, de Lapidus. De 80 m. de profundidad, fue practicado por la American Mining Company en 1938. Según Smith y González, pese a comprobarse la presencia de zonas mineralizadas a esa profundidad la compañía dejó la concesión al poco tiempo; posteriormente, fue arruinada por la explotación de un nivel a 12 m. de la superficie.

^{††} Parte (6), de "Relaciones geológicas generales: resumen de las características petrológicas y estructurales".

junto que ha sido mapeado por Smith y González como esquistos con epidoto. Con este objeto se realizó un perfil E - W algo al Sur del Pique 5 que, con una extensión de aproximadamente 20 m. abarca una sección a través de los 2 bancos y el conjunto litológico intermedio. El perfil, representado en la Lám. III, está ubicado en superficie unos 19 m. al sur del Pique 5 y 3 m. al sur del pique austral siguiente, mapeado por Smith y González.

En algunos casos, debido a la naturaleza tapada de los afloramientos, se tomaron muestras algo al norte de este lugar: hay abundante relleno que proviene del laboreo efectuado en la zona.

Para la preparación del perfil se tomaron 40 muestras.

El examen detallado de las rocas encontradas permite añadir algunas características a las ya vistas en otros tramos tectonizados y, además, confirma la relación entre bancos carbonáticos y anfibolitas, frecuentemente observada a través del yacimiento.

A continuación se describen los principales rasgos mineralógicos y petrográficos de las unidades litológicas abarcadas por este perfil:

1) Esq. cuarzo - oligoclasa - biotíticos: afloran a uno y otro lado del conjunto considerado, es decir al oeste del banco carbonático occidental y al este del oriental. Son análogos a los encontrados en otros lugares e integrantes característicos del basamento cristalino de la región. La biotita presenta deferrización variable, citándose ejemplos en la sección dedicada a las micas ferromagnéticas. Constituyen, además, algunas intercalaciones entre las anfibolitas, que serán descritas junto con éstas, ya que se apartan composicionalmente de los esquistos típicos de la región.

En contacto con las rocas carbonáticas presentan epidotización y silicificación, como se verá en el párrafo siguiente:

2) La potencia de las franjas epidotizadas es algo variable aunque generalmente no sobrepasa los 10 cm. Son similares a las descritas en los perfiles del Pozo N° 9; de las dos franjas, presenta mayor interés la occidental por estar relacionada con la epidotización-silicificación que afectó al tramo tectonizado contiguo. Con respecto a dicha franja, se aprecia el pasaje lateral, relativamente abrupto, entre esquisto normal, y epidotizado con venillas de cuarzo algo lenticulares, levemente discordantes y que aumentan en potencia hacia el banco siguiente.

El examen del correspondiente corte delgado indica que aquí también la epidotización se desarrolló preferentemente a expensas de la oligoclasa y que la silicificación, a través de venillas, fue acompañada por corrosión del feldespato. Dicha corrosión aumenta hacia la tactita, junto con la proporción y grado de idiomorfismo del epidoto; también en el mismo sentido, disminuye la proporción de mica a la vez que se vuelve progresivamente más pálida.

En las venillas silíceas contiguas a la tactita oeste, se observan inclusiones tremolíticas finas, en parte englobadas por epidoto, que marcan el comienzo de la zona siguiente.

3) Tactita epidotizada y silicificada o facie epidoto-cuarzosa, del contacto oeste.

Se observa en superficie que el banco carbonático occidental ha sido casi enteramente tactizado. A su vez, la porción en contacto con la franja anterior (2) fue reemplazada con intensidad variable por epidoto y cuarzo; las rocas resultantes son similares en composición a las epidositas encontradas cerca del Pozo N° 9 y, además, también están preferentemente desarrolladas en uno de los contactos. Sin embargo, presentan algunas diferencias con aquellas epidonitas, más que nada de grado, habiéndose preferido considerarlas simplemente como una facie o asociación mineralógica posterior, dentro de las tactitas.

De carácter algo discordante respecto del banco, esta zona no es continua, faltando en algunos tramos y alcanzando una potencia máxima de 40 cm.: se diferencia de las epidositas no sólo por su menor extensión y regularidad sino, sobre todo, por la presencia de abundantes relictos anfibólicos de la tactita reemplazada. Estas constituyen bandas y fragmentos irregulares de cierta dimensión englobados por el agregado de epidoto y cuarzo; las rocas resultantes se caracterizan por su heterogeneidad y contrastan con la composición más homogénea, naturaleza esquitosa y relativa escasez de relictos anfibólicos de las epidositas del Pozo N° 9. Como se aclaró arriba, la diferencia se refiere al grado de desarrollo evidenciado por esta zona: se ha originado esencialmente por reemplazo y si bien responde a una canalización preferencial del mismo a lo largo del contacto vecino no se observa, como en aquellas epidositas, la evidencia de un aporte masivo respondiendo a espacios abiertos, reales o virtuales, en la zona de contacto. En definitiva, una diferencia de tipo estructural.

De color amarillo verdoso, esta franja tiene aspecto algo bandeado paralela-

mente a los contactos debido a venillas cuarzosas, fajas relictoas de la tactita anfibólica, agregados alargados de epidoto y cuarzo gruesos, etc. La composición es variable observándose marcadas diferencias locales en la proporción relativa de epidoto y cuarzo. Pueden ejemplificarse considerando dos casos diferentes: una zona donde predominó el reemplazo silíceo y otra, muy epidotizada.

La primera corresponde a una tactita tremolítica fina muy silicificada, en parte mediante venillas y, en menor grado, con reemplazo epidótico. Examinado en corte delgado consta de agregados dispersos de tremolita y epidoto englobados en un mosaico granular de cuarzo grueso. Los dos primeros están comunmente asociados, con rasgos texturales que indican reemplazo parcial del anfíbol por epidoto. En términos generales pueden diferenciarse dos variedades texturales del epidoto:

(i) de hábito prismático alargado, distinguidos por su idiomorfismo y carácter continuo; se presentan aislados o agrupados dentro de cuarzo.

(ii) individuos mayores de naturaleza discontinua, con parches desarrollados (sobrepuestos) sobre secciones anfibólicas; constituyen los ejemplos del mencionado reemplazo. Al discutir, en otro lugar, la variación textural del epidoto, se vió que respondía a variaciones muy locales en las condiciones de cristalización. Aquí, el problema es similar y el idiomorfismo del 1er. tipo indica mayor libertad de crecimiento probablemente atribuible a su desarrollo durante el aporte silíceo. Esta interpretación parece apoyada por el aumento de idiomorfismo del epidoto en la unidad litológica anterior (2) al aproximarse a la tactita y que, como se vió fue acompañado por un aumento en la silicificación del esquisto. En cambio, la variedad citada en 2º término (ii) puede haberse originado simultáneamente con la primera y diferir texturalmente al haberse localizado sobre anfíbol preexistente, o bien ser algo anterior: es decir, corresponder a una etapa de epidotización diseminada de la tactita, previa a la irrupción silíceo-epidótica.

Con respecto a las zonas muy epidotizadas, presentan cierto bandeo de reemplazo epidoto-cuarzoso alternando con fragmentos relictoas de la tactita. En los lugares donde se manifiestan más claramente, unos 4 m. al norte, la tactita es tremolítica o actinolítica pálida y de grano mediano a grueso; las porciones más epidóticas constan de un agregado prácticamente continuo, con cantidades subordinadas de cuarzo intersticial. En corte delgado se observa que el reemplazo está relacionado con alteración del anfíbol; hay relictoas del mineral intensamente car-

bonatizados y algo cloritizados. El tipo de alteración, junto con la marcada variación en el grado de idiomorfismo del epidoto, resulta muy similar a lo encontrado en áreas epidotizadas de las tactitas del Pozo N° 9. Por otra parte, análogamente a lo que ocurre en otros lugares, las fibras de tremolita conservadas como inclusiones en cuarzo no están alteradas.

Considerada en conjunto, esta facie muestra marcadas variaciones de composición, tanto longitudinales como transversales, características de rocas metasomáticas.

4) Tactita: continuando en primer término con el banco occidental, puede decirse que es una faja algo lenticular con pronunciados cambios de potencia y que se acuña unos 20 m. al Sur del 2° pique, coincidiendo con una leve deflexión de los esquistos. Como se aclaró anteriormente, el reemplazo ha sido prácticamente total: la tactita tremolítica resultante es foliada, con poco epidoto y fajitas delgadas, negras, de flogopita fina. En superficie se observa poca scheelita, generalmente diseminada y en algunos casos asociada con epidoto: contienen escasa fluorita y están atravesadas discordantemente por venillas epidoto - calcíticas, de rumbo aproximadamente E - W e inclinación al norte.

Algunos tramos contiguos con la facie anterior (3) muestran indicios del mismo tipo de reemplazo. Así, p.ej., la tactita adyacente a la zona muy silicificada descrita más arriba está atravesada por algunas venillas cuarzosas y presenta restringida silicificación diseminada. Microscópicamente, se trata de una roca tremolítica fina con calcita intersticial, localmente reemplazada por parches finos a medianos de cuarzo. Se observa cierta epidotización relacionada con el aporte silíceo y acompañada por carbonatización de la tremolita vecina: estos rasgos constituyen una extensión de los fenómenos de reemplazo que afectaron la zona anterior. El epidoto pertenece a la variedad idiomorfa (o hipidiomorfa), evidentemente posterior a la etapa de tactización anfibólica del banco carbonático y, probablemente, posterior aún al epidoto diseminado a través del resto de la tactita, que no guarda relación con cuarzo.

El tipo de carbonático anterior al reemplazo puede inferirse del examen de escombreras: predomina un mármol calcítico-clorítico esquistoso, gris blanquecino, compuesto por una alternancia de bandas calcíticas de grano mediano con otras algo cloríticas y algunas fajas de clorita muy fina. Suelen contener, además, escasa flogopita diseminada. Se observa el pasaje a zonas dolomíticas de grano fino

con escasa mica; en algunos lugares, los agregados cloríticos están asociados con calcita de grano algo mayor originados por la dedolomitización del mármol. Por otra parte, las fajas cloríticas están asociadas con escasos relietos de tremolita y granos de ilmenita alterados a leucoceno.

El banco tactizado oriental está expuesto en un pequeño destape superficial. Alcanza potencias de 1 m. pero es discontinuo. El carácter foliado es más marcado que en el anterior; alternan fajas flogopíticas o actinolíticas oscuras con bandas tremolíticas verde claras de mayor potencia. En partes presentan un bandeo de epidoto grueso y están atravesadas por venillas epidóticas discordantes. En algunos tramos del contacto oriental con los esquistos epidotizados tienen una franja de actinolita gruesa, o actinolita fina intercrecida con flogopita. En general contienen reducida proporción de saheelita; aparece diseminada en las bandas tremolíticas, en parte asociada con agregados locales de epidoto o clinocisita y calcita II.

5) El conjunto litológico comprendido entre los bancos carbonáticos y que Smith y González sapearon como esquistos con epidoto puede caracterizarse, en líneas generales, como una alternancia de anfibolitas y esq. micáceos, con zonas que muestran un grado variable de epidotización.

El reemplazo epidótico es más intenso cerca de las rocas carbonáticas o sus equivalentes tactizados pero se manifiesta, también, en fajas locales dentro del resto de la secuencia considerada.

Se trata, esencialmente, de un conjunto metamórfico que refleja las características composicionales de la primitiva serie sedimentaria, genéticamente relacionada con los bancos carbonáticos limitantes; las anfibolitas, que constituyen la mayor parte de este conjunto, señalan la participación de material calcáreo o dolomítico en el sedimento original. Las fajas de esq. micáceo intercaladas concordantemente también responden, en último término, a variaciones composicionales primarias.

✓ De este a este, las características de mayor interés encontradas en estas rocas pueden resumirse como sigue:

El primer metro y medio, expuesto sobre la ladera E. de la trinchera, está integrado por esquistos muy epidotizados: se trata de un banco verdoso en el que predomina una alternancia de bandas flogopita - epidóticas y epidoto - cuarzosas, de potencias comprendidas entre 10 y 15 cm. Cerca del carbonático es de composición anfibólica, con anfibolitas epidotizadas que, en menor proporción, también

aparecen intercaladas en el resto del banco. Por otra parte, se observan algunas fajas tremolíticas verde claras, de potencia similares, que corresponden a pequeñas intercalaciones carbonáticas tactizadas.

Examinado con cierto detalle, pueden hallarse algunas porciones poco afectadas por reemplazo epidótico en las que se reconoce la anterior naturaleza de estas rocas; su estudio permite caracterizar los procesos de epidotización que no sólo actuaron aquí sino también a través del restante tramo del conjunto. Antes de analizar este aspecto con más detalle, se considerarán brevemente los demás tipos litológicos encontrados.

A continuación del banco anterior, hay un paquete de esquistos de aproximadamente 1,80 m. en potencia y aspecto muy alterado. Similares a los esquistos de la región, difieren no obstante, por su composición preponderantemente plagioclase - biotítica y por la naturaleza más cálcica de la primera (41% Anortita). De color gris y grano fino, están manchados por óxido de hierro derivado de pequeñas cantidades de magnetita y de algunos pseudomorfos hematíticos según pirita, estos últimos alineados a lo largo de fracturas discordantes. Examinados microscópicamente, contienen una variedad de biotita verde-oliva análoga a la encontrada en muchos de los esq. cuarzo-oligoclase-biotíticos comunes, escaso epidoto, y magnetita fina a muy fina, a menudo asociada con la mica y generalmente rodeada por titanita. La orientación oblicua de la mica respecto de la esquistosidad probablemente resulta de cierta recristalización postectónica.

El resto del perfil está integrado por rocas esencialmente similares a las ya consideradas: las más frecuentes son anfibolitas o anfibolitas micáceas que, por epidotización local, pasan a bandas poco potentes de color más claro. Alternando con éstas hay fajas de esq. micáceo, algunos del tipo descrito en el párrafo anterior y otras, más frecuentes, de mayor contenido epidótico. Estas últimas son verde oscuras, de grano fino y esquistosidad menos marcada debido a la disposición algo desordenada de la mica, incluso con secciones medianas casi transversales a la foliación. Algunas contienen clorita y todas se caracterizan por la presencia de epidoto fino, generalmente asociado a la plagioclase; por otra parte el hecho, comprobado a grano suelto, que contienen anfíbol pleocroico del tipo encontrado en las anfibolitas vecinas, comprueba su vinculación genética y, de cierta manera, naturaleza transicional con las mismas.

Se observó un filoncito pegmatítico estéril de 0,30 m., prácticamente concordante con la esquistosidad y, cerca del pique austral, una veta discordante

→ admitt

de cuarzo con salbandas muscovíticas.

En la proximidad del banco carbonático oriental se repiten los tipos hallados en el contacto occidental, aunque con menor epidotización. Están atravesadas por algunas venillas de rumbos cercanos a 250° y buzamientos de 60° N: de filiación pegmatítica, tienen tramos cuarzo-feldespáticos con escaso berilo y, en su mayor parte, han sido reemplazadas por epidoto. En estas rocas, sobre todo en los bancos anfibolíticos, hay indicios de plegamiento mesoscópico; describen algunos pliegues irregulares, concordantes, que miden alrededor de 1 decímetro y buzan unos 50° N.

Para terminar, se considerarían en mayor detalle las zonas de este sector del perfil donde hubo reemplazo epidótico.

Características de la epidotización

Se ha visto que la misma se manifiesta, sobre todo, en las inmediaciones de los bancos carbonáticos. Constituye un fenómeno análogo al observado en los esq. cuarzo-oligoclase-biotíticos que marginan rocas carbonáticas en éste y otros lugares ya considerados; en ambos casos, resultan de un metasomatismo local relacionado con la proximidad de los bancos carbonáticos y, por ende, de una fuente proveedora de calcio.

La distinta litología en uno y otro caso, sin embargo, determina ciertas diferencias entre las respectivas zonas marginales epidotizadas: por su composición química, las anfibolitas y rocas asociadas son más susceptibles al reemplazo, afectándolas con mayor intensidad y a través de distancias transversales mayores.

Por otra parte, como surge de las descripciones anteriores, el epidoto es un componente frecuente de las rocas que integran todo este sector (5) del perfil, ya sea en proporciones subordinadas, como accesorio, o bien concentrado localmente en fajas.

La presencia en cantidades subordinadas es común en este tipo de asociación litológica y, junto con pequeñas cantidades de hornblenda en las fajas de esq. micáceo, señala un carácter algo transicional entre los términos que la componen. En estos casos, el epidoto no sería más que un componente accesorio derivado de la composición inicial del sedimento, mediante su posterior transformación durante el metamorfismo regional. En cambio, la concentración desarrollada cerca del carbonático, como así también en las fajas locales mencionadas indican que durante el metamorfismo hubo, además, aporte metasomático del mineral o sea epidotización. Teniendo en cuenta la complejidad y amplia gama de reacciones esperables en

un conjunto como éste que, como todo el basamento de la región, pasó por una etapa de metamorfismo bastante intensa, podría parecer innecesario y hasta cierto punto redundante, señalar tales diferencias dentro de lo que seguramente fue un proceso básicamente continuo a través del tiempo. Sin embargo, aunque en casos como éstos resulta muy problemático deslindar uno y otro aspecto de los procesos actuantes, el estudio de algunas zonas indudablemente epidotizadas permitirá determinar la naturaleza de este reemplazo en las anfibolitas y complementar, así, las observaciones efectuadas con relación a su desarrollo en los esq. cuarzo-oligoclasa-biotíticos.

Las anfibolitas de tramos poco epidóticos son de color verde oscuro, esquistas y de grano generalmente fino; de composición horblenda-plagioclásica, contienen cantidades variables de biotita y cuarzo. La plagioclasa, igual que en las rocas asociadas, es más básica que la encontrada para los esquistos de la región y corresponde a andesina con 41% Anortita. La horblenda, vista al microscopio, es una variedad verde azulada, cuyas características ópticas se dan más abajo, junto con las de la horblenda lavada, típica de las anfibolitas epidotizadas (Tabla 3). Los minerales accesorios más comunes son epidoto, titanita (generalmente asociada con opacos) y apatita.

Donde evidencian epidotización parcial, las anfibolitas tienen zonas más claras, con epidoto concentrado preferentemente en las bandas plagioclásicas, que alternan concordantemente con otras de carácter normal y color verde oscuro; en muchos casos el pasaje entre unas y otras es abrupto. La coloración más clara no sólo se debe a la presencia de epidoto verde-amarillento sino, además, al palideamiento de la horblenda contigua. Los ejemplos más típicos de esta etapa del reemplazo pueden abarcarse en muestras de mano; en general, zonas de mayor potencia, del orden de varios decímetros, corresponden a un grado más avanzado de epidotización. La naturaleza selectiva de este proceso no sólo se manifiesta a través de su asociación con feldespato sino, también, por estar más desarrollada donde las bandas plagioclásicas son más potentes. Se ha comprobado que la epidotización parcial involucra algunos cambios locales de composición: hay una correlativa acidificación de la plagioclasa, marcada decoloración de la horblenda y sistemática aparición de cuarzo. En base al examen de varios cortes delgados, puede formularse la siguiente descripción general de los fenómenos observados:

Los primeros indicios suelen apreciarse en las inmediaciones de bandas epidotizadas, por el aspecto manchado de la horblenda. En estos lugares, se encuentran secciones horbléndicas con áreas irregulares de color más pálido e inclusive to-

talmente desteñidas, que contienen inclusiones de cuarzo fino; a veces hay una disposición de tipo zonal en la que sólo la parte central de un individuo conserva el anterior carácter bien pleocroico. Estos cambios están frecuentemente vinculados a la aparición de bordes epidóticos localizados entre granos contiguos de plagioclasa y anfíbol manchado; constituyen un tipo de borde de reacción desarrollado por reemplazo marginal de la plagioclasa y el epidoto de las mismas está intercrecido con cuarzo vermicular fino (textura diablastica).

Donde el reemplazo fue más pronunciado, hay una intensificación de los rasgos señalados: la mayor epidotización va acompañada de mayor silicificación y simultánea corrosión del feldespato englobado, con formación de venillas (microscópicas) de cuarzo. La decoloración del anfíbol es más intensa y presenta la misma relación con inclusiones silíceas. El epidoto integra agregados prácticamente continuos por reemplazo del feldespato, observándose algunas secciones de tipo poiquiloblastico. A diferencia del caso anterior, se trata de agregados granulares; en general conservan, no obstante, la misma relación diablastica con cuarzo. Además hay cierto reemplazo epidótico del anfíbol vecino.

La plagioclasa en estas zonas es marcadamente más ácida que en el resto de las anfibolitas, pudiendo citarse determinaciones del orden de 23% Anortita.

Con respecto a la horblenda, por otra parte, se ha encontrado que el pasaje a la variedad clara o bien incolora está acompañada por una marcada disminución de los índices de refracción; en la Tabla 3, antes citada, están consignados diversos parámetros ópticos del anfíbol de uno y otro tipo. De la comparación surge que, fuera del índice de refracción, las demás características no acusan variación sensible; la diferencia de $\frac{1}{2}^\circ$ en el ángulo de extinción y de 4° en el ángulo $2V_\alpha$ está comprendida dentro del error del método.

Por consiguiente, esta variación del anfíbol puede atribuirse a un lavado más o menos intenso que acompañó a los otros cambios mineralógicos apuntados. La asociación entre porciones desteñidas e inclusiones silíceas es semejante al intercrecimiento presentado por el epidoto: se trata, también, de una textura de tipo diablastica, aunque menos pronunciada. El número de inclusiones es bastante menor y su forma algo diferente.

Resulta de interés señalar que en muchas de las anfibolitas normales hay pequeñas cantidades de cuarzo, ya sea en forma intersticial dentro del agregado horbléndico o bien asociado a las bandas feldespáticas; sin embargo, en estos casos y a diferencia de los anteriores, no se observan los restantes rasgos involucrados en la epidotización.

T A B L A 3

(Propiedades ópticas de la horblenda en anfibolitas)

Variedad	Pleocroísmo	N_{γ}	$2V_{\alpha}$ ♦	$\hat{\gamma}^{\circ}$ ♦	Observaciones
Horblenda	α amarillo pálido β verde γ verde azulado	1,6658	75°	19°	bien pleocroí- ca.
Horblenda lavada	—	1,6385	79°	18° 30'	zonas destañi- das con inclu- siones finas de cuarzo.

♦ (Promedios de valores medidos con Platina Universal)

Los mejores ejemplos de epidotización intensa provienen de las rocas en con-
tacto con el banco carbonático occidental, citadas al comienzo de la descripción
general de este sector (5) del perfil.

La presencia de algunas bandas anfibolíticas poco reemplazadas y fajitas de
esq. plagioclasa-biotíticos indican que la litología original del paquete consis-
tía en una alternancia de anfibolitas y esq. micáceos. A juzgar por el aspecto ac-
tual, las primeras integraban la parte próxima al carbonático, aunque también apa-
recen intercaladas en el resto de este paquete. Además, hay evidencias locales de
silicificación discordante: venillas de 1 cm. en potencia que buzan al sur, relleno
de diaclasas, etc.

En muchos casos, sin embargo, resulta difícil precisar qué partes correspon-
den a anfibolitas y cuáles a esq. micáceos. No sólo ha habido extenso reemplazo
epidótico y recristalización del conjunto sino, también, transformación de bandas
anfíbolicas en micáceas; en parte, este tipo de variación puede atribuirse al ca-
racter transicional de las rocas. En este lugar, en cambio, hay indudables ejem-
plos de flogopitización, con pasajes laterales entre bandas horbléndicas y micá-
ceas.

Donde se las reconoce, las anfibolitas fueron convertidas en rocas esquistó-

sas verde amarillentas, en las que alternan bandas anfibólicas verde claras y epidoto-cuarzosas de grano fino. A simple vista, las primeras parecen constituidas por actinolita pálida debido al color y hábito algo fibroso. El grano generalmente más fino del epidoto y su interpenetración con las bandas anteriores, determinan el aspecto típico de rocas muy epidotizadas; suelen observarse agregados anfibólicos totalmente rodeados e invadidos por epidoto. En algunos lugares donde el anfíbol es de grano mediano y oblicuo a la esquistosidad, está atravesado por bandas epidóticas concordantes con la foliación. En estas rocas no se encuentra feldespato a simple vista siendo bastante comunes, en cambio, venillas cuarzosas levemente discordantes, que alternan con el bandeo anterior. Generalmente hay flogopita asociada al anfíbol, en proporciones que varían bruscamente a través de distancias cortas.

El examen microscópico permite señalar algunos rasgos adicionales, como ejemplo representativo puede considerarse un corte delgado que abarca bandas epidóticas asociadas con anfíbol, flogopita y cuarzo intersticial, separadas por venillas o bien agregados alargados de cuarzo fino concordantes con la foliación; vale decir, una anfíbolita epidotizada y silicificada, con cierta flogopitización.

En las bandas del 1er. tipo hay relictos de plagioclasa como inclusiones en epidoto (textura poiquiloblástica de reemplazo). El anfíbol, íntimamente asociado al epidoto y con los mismos indicios de lavado anteriormente descritos presenta reemplazo flogopítico variable; además, varias de las secciones y especialmente las mayores, generalmente oblicuas a la foliación, acusan penetración y reemplazo parcial por cuarzo. El reemplazo epidótico del anfíbol está evidenciado mediante varios rasgos texturales: entre otros, el carácter sobrepuesto del primero respecto del segundo y, en algunos lugares, la disposición a lo largo del olivaje anfibólico. Por otra parte, las venillas cuarzosas contienen fragmentos de las bandas contiguas y relictos de plagioclasa, lo cual, junto con la modalidad algo discordante, indica su emplazamiento por penetración y no segregación o diferenciación metamórfica; la presencia, mencionada más arriba, de venas discordantes de cuarzo, si bien no necesariamente sincrónicas con las consideradas, es una evidencia más de la silicificación que afectó a todo este banco. Los relictos feldespáticos son escasos, con bordes de reacción frente al cuarzo circundante que configuran texturas de implicación intergranular, originadas por corrosión.

Para concluir, merece destacarse una cualidad general del anfíbol en los tramos epidotizados: presenta aspecto francamente fibroso que contrasta con el há

bito prismático de la horblenda en anfibolitas inalteradas. Se manifiesta, sobre todo, en lugares donde hubo reemplazo intenso; se aprecia tanto a simple vista, como al microscopio.

Es importante aclarar que una y otra variedad, fuera de la diferencia de hábito, no son ópticamente diferenciables; las características ópticas del anfíbol fibroso coinciden con las tabuladas anteriormente.

Además, muestran los mismos fenómenos de decoloración, inclusiones cuarzosas finas en áreas lavadas, etc.

Esta dualidad resulta de interés por su posible significado genético; en efecto, podrían formularse dos interpretaciones extremas:

a) con anterioridad a la epidotización había una sola variedad, la de horblenda prismática; los cambios involucrados durante el reemplazo indujeron cierta modificación de hábito.

b) ambos términos coexistían en equilibrio, siendo esencialmente equivalentes en composición y difiriendo únicamente en el hábito: horblenda prismática y fibrosa (o actinolita).

El aspecto más importante de la segunda alternativa es que lleva implícita cierta diferencia inicial entre las anfibolitas, que favoreció la epidotización preferencial de algunas zonas respecto de otras; podría tratarse, p.ej., de partes algo más carbonáticas del sedimento original, especialmente cerca de los bancos de esa composición.

Al respecto, en otras partes del yacimiento los esquistos anfibólicos próximos al carbonático constan de una variedad claramente fibrosa, más cercana a actinolita que a horblenda; allí, además, las bandas correspondientes son más gruesas y de textura algo radial.

Por otra parte, el hecho que en la actualidad se acepte que entre la serie: tremolita-actinolita-ferroactinolita y el grupo de la horblenda exista una gradación composicional continua, explica la dificultad, cuando no imposibilidad, de diferenciar términos cercanos de uno y otro grupo.

Para los casos considerados aquí, resulta más probable la primera alternati-

Estos ejemplos serán analizados junto con un perfil ubicado en el extremo N.W. de la zona mapeada por Lapidus, unos 300 m. al norte del área abarcada por Smith y González. Son considerados en la sección: "Estudio químico de la taotización".

va sugerida: la horblenda adquiere hábito fibroso sobre todo como resultado del lavado y penetración con reemplazo silíceo a lo largo de sus planos de clivaje. Esta interpretación es confirmada por la observación (en corte delgado) de algunas bandas anfibólicas poco reemplazadas; se constata, en una misma sección, el pasaje de horblenda prismática a una porción desteñida, con fibras incolores englobadas por cuarzo

En base al estudio precedente y teniendo en cuenta las observaciones formuladas con respecto a perfiles anteriores, pueden resumirse las principales conclusiones para este sector como sigue:

√ a) El perfil permite familiarizarse con el tipo de litología que integra las extensas franjas concordantes mapeadas como esquistos con epidoto por Smith y González. Generalmente marginadas por una sucesión de bancos carbonáticos, estas zonas constituyen, en conjunto, el rasgo más característico del basamento local, dentro del área del yacimiento.

En este lugar, se ha comprobado la relación genética entre los bancos carbonáticos y la secuencia comprendida de anfibolitas y esq. micáceos; dicha relación refleja la composición de la primitiva serie sedimentaria. Además, en menor escala, la presencia de algunas fajas tremolíticas intercaladas entre los esquistos y anfibolitas cerca del banco carbonático occidental indica, nuevamente, la composición algo transicional de este conjunto.

b) La tactización no difiere mayormente de la descrita en perfiles anteriores. Hay, sí, una evidente relación entre la silicificación de la franja occidental de esq. epidotizados y la facie epidoto-cuarzosa contigua.

c) La epidotización, sobre todo de anfibolitas, fue considerada con bastante extensión; puede añadirse una observación respecto de la silicificación acompañante.

Donde apenas se insinúa aquel reemplazo, las pequeñas cantidades asociadas de cuarzo podrían atribuirse ya sea a un aporte restringido del mismo, o bien a la formación local, como resultado de alguna de las transformaciones mineralógicas involucradas y que, p.ej., dejase libre un excedente de esa composición.

En las zonas de mayor reemplazo, en cambio, resulta evidente un aporte silíceo: éste no sólo se manifiesta texturalmente en corte delgado sino, además, megascópicamente como venillas cuarzosas, prácticamente concordantes con la foliación.

Se desprende, por consiguiente, que el aporte metasomático de epidoto est

vo relacionado con silicificación concomitante.

d) En el transcurso de la descripción del perfil se citaron algunos rasgos estructurales, sintetizados a continuación:

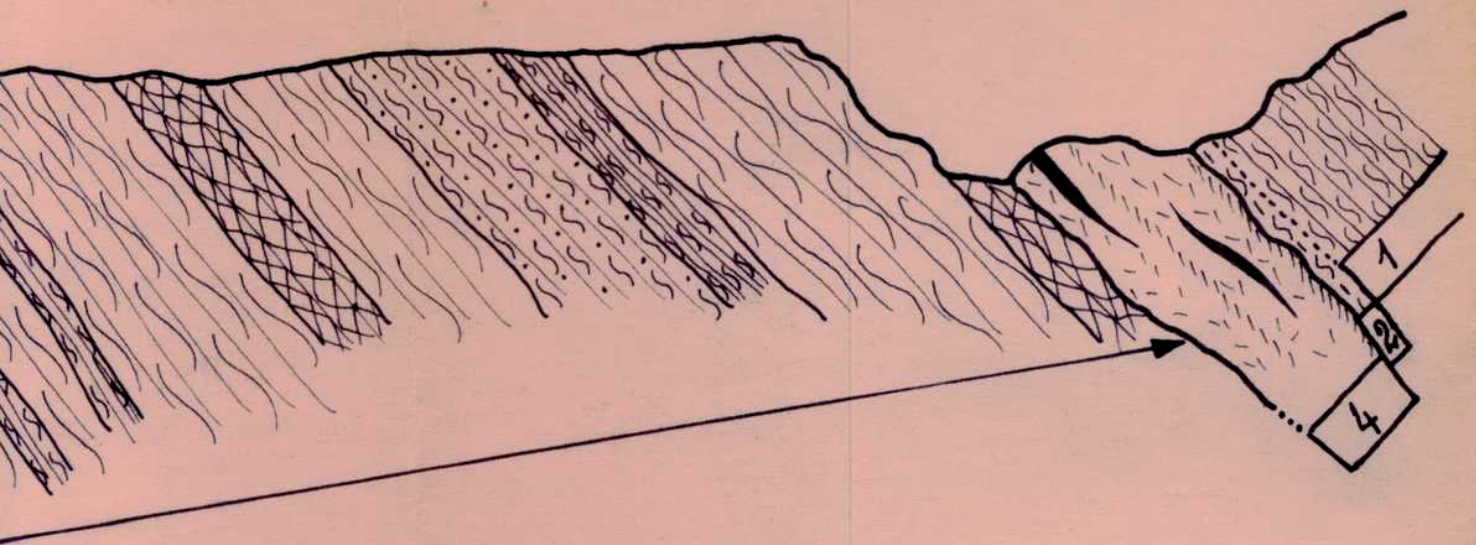
La naturaleza discontinua de los afloramientos carbonáticos se debe, en gran parte, al acúñamiento estructural de los bancos; por otra parte, los bruscos cambios de potencia encontrados responden al mismo tipo de control. En forma menos directa, el menor desarrollo del reemplazo epidoto-cuarzoso (3) en este lugar comparado con el de las epidotitas del Pozo N° 9, podría atribuirse al carácter más "cerrado" del contacto W; ésta es, no obstante, una consideración muy secundaria, ya que dicha facie sólo se manifiesta claramente en forma esporádica a lo largo de los bancos tactizados, a través del yacimiento.

Se mencionaron evidencias de plegamiento mesozoico en las anfibolitas sobre el contacto oriental, pudiendo añadirse la forma algo lenticular de varias de las fajas epidotizadas, intercaladas a través del tramo (5); hay, indudablemente, repetición tectónica de los tipos litológicos, pero en escala reducida.



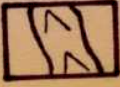
Por último, aunque en este lugar se carece de elementos que permitan un análisis estructural de la secuencia general encontrada: carbonático-anfibolitas y esq. micáceo-carbonático, es probable, por analogía con otras regiones del yacimiento donde se lo ha comprobado, que resulte de una estructura general de plegamiento. ✓

PLAN DEL PIQUE 5

3 4 5m.



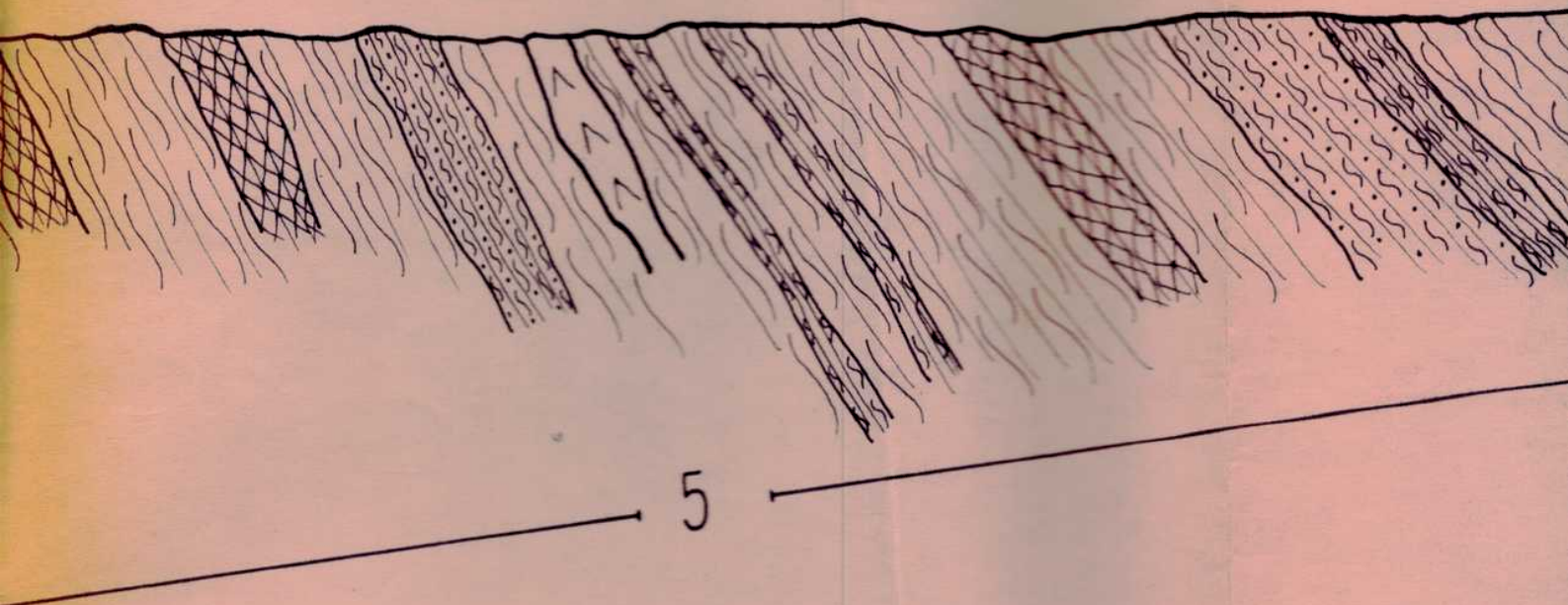
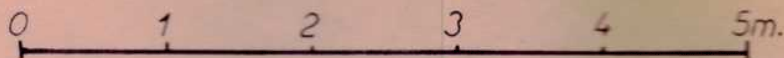
LITAS Y ESQ MICACEOS, EN PARTE EPIDOTIZADOS :

- | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| }
Rocas
muy
epidotizadas
}
epidoto-
cito-cuar-
}
riticos con |  | esq. micáceo-epidóticos |
| |  | anfibolitas |
| |  | filoncito pegmatítico
(estéril) |

FIL GEOLOGICO AL SUR DEL PIQUE 5

En superficie

Escala:



oclasa-biotíticos

ado
(ta silicificación)

cuarzosa del
relictos de tactita

áticos tactizados:
pópitas, bandas actinolíticas
etc.

5 CONJUNTO DE ANFIBOLITAS Y ESQ MICACEOS, EN PARTE EPIDOTIZADO



anfibolita muy
epidotizada



esq. bandeados: epidoto-
floqopíticos y epidoto-cuar-
zosos

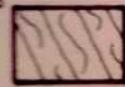


esq. andesina-biotíticos con
poco epidoto

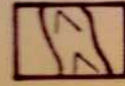
Rocas
muy
epidotizadas



esq. micáceo-epidótico

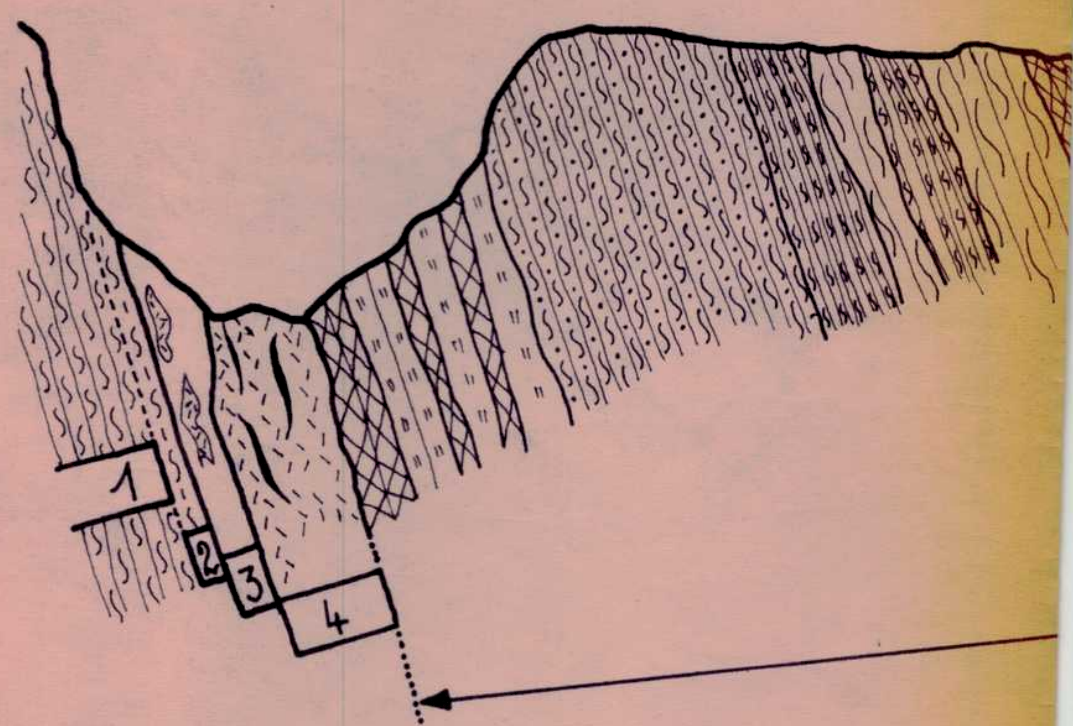


anfibolitas



filoncito pegmatítico
(estéril)

W



- 1. esq. cuarzo-ol
- 2. esq. epidotiz
(la franja W prese
- 3. facie epidoto-
contacto W, con
- 4. bancos carbon.
foliados, fajitas flo

ESTUDIO MINERALOGICO DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DE LAS ROCAS DEL
YACIMIENTO "EL MORRO N° 1"

A través de la consideración de los perfiles precedentes, se han introducido algunos de los rasgos mineralógicos y petrográficos más importantes de las rocas encontradas en este yacimiento. Antes de encarar una descripción generalizada del mismo, que permitirá ampliar dichas observaciones mediante el tratamiento en conjunto de los distintos tipos litológicos, resulta conveniente considerar algunos aspectos mineralógicos, en parte implícitos en las descripciones anteriores. Resulta necesario precisar algunos de los términos utilizados y, asimismo, fundamentar la clasificación mineralógica hasta aquí empleada. En este sentido, se resumirán las determinaciones efectuadas en micas de la serie biotita-flogopita; anfíboles de la serie tremolita-actinolita, y hornblenda; plagioclasas. La adecuada caracterización de estos minerales no sólo se requiere para el yacimiento en cuestión sino para el posterior tratamiento de los restantes depósitos abarcados en el estudio.

De los minerales arriba citados, el grupo de las micas es probablemente el de mayor interés; como se verá, presenta variaciones composicionales bastante marcadas a través de las distintas asociaciones en que aparece. Será considerado a continuación:

Micas ferromagnésicas de la serie biotita-flogopita

El primer indicio de la variación composicional de estos minerales surgió al examinar diversas muestras a grano suelto: se observaron, sobre todo, diferencias en el color y grado de relieve de las micas. Además, tales diferencias no sólo se evidenciaban al considerar tipos litológicos disímiles como, p.ej., al comparar la mica de mármoles con la de los esquistos circundantes sino, también, entre tipos estrechamente relacionados como los esq. cuarzo-oligoclasa-biotíticos y las porciones epidotizadas de los mismos. Las variaciones del primer tipo son las esperables teniendo en cuenta la muy diferente composición de una y otra clase de roca; en estos casos, la mica simplemente refleja el distinto quimismo del medio en que se desarrolló (es conocido, al respecto, el gráfico triangular de Heinrich -1946-, que representa las micas típicas de pegmatitas, esquistos, mármoles, etc., en función de su composición). En cambio, tal como se vió al describir los perfiles del Pozo N° 9, la mica de los esquistos epidotizados es una variedad de biotita de fe-

rrisada; ello indica la actuación de procesos locales que modificaron la composición de los esquistos y que, en este caso, están vinculados con la epidotización.

A fin de investigar variaciones como las mencionadas, se efectuó una medición expeditiva de los índices de refracción en numerosas muestras correspondientes a distintos tipos de rocas. Los resultados están sintetizados en el gráfico correspondiente (fig. 5), e indican la existencia de diferencias sistemáticas en la composición de micas ferromagnésicas que integran los distintos tipos litológicos del basamento local. Si bien estos resultados serán analizados más abajo, puedan adelantarse dos características de esta faz del estudio.

En primer término, fue necesaria una medición expeditiva, cuya precisión no supera la tercera cifra decimal, debido al número de determinaciones efectuadas (en el gráfico, solamente se han representado los valores de mayor interés y representatividad); se ha considerado más ilustrativo un mayor número de determinaciones antes que pocas, de mayor precisión. En este sentido, tomado en conjunto, el gráfico refleja claramente las tendencias encontradas.

En segundo lugar y tal como se observa en la mencionada figura, se trata de rangos de índices medidos, claro está, en secciones basales (o sea n_{γ} esencialmente igual a n_{β}) y no de valores únicos; vale decir que, aún teniendo en cuenta la aproximación del método, resulta evidente cierta variación en las micas de una misma roca. En este sentido, debe aclararse que los rangos consignados son los que median, en cada caso, entre el límite más bajo y el más alto hallado para las micas de una misma muestra; como se verá, los mayores rangos corresponden a biotitas de-ferrizadas en las que aún se conservan porciones de mayor índice.

Una vez evidenciada esta variación en el comportamiento óptico de las micas estudiadas, resultó necesario correlacionarla adecuadamente con los correspondientes cambios en su composición. Es sabido que la determinación de índices de refracción por sí sola y por precisa que fuere, no basta para determinar la composición química de minerales complejos como éstos, en los que son varios los factores que inciden en la característica óptica a medir (así, no sólo la relación Fe/Mg , sino $\%Ti$, etc.) No obstante, en términos generales, contribuyen a simplificar el problema, el área relativamente reducida que abarca el yacimiento y la naturaleza predominantemente metamórfica del conjunto analizado; puede considerarse suficiente la caracterización química de pocas micas típicas, que sirvan de patrón para establecer una correlación composicional con los índices medidos. De

esta manera, una vez "calibrados" los parámetros ópticos dentro de la zona considerada, los índices constituyen una medida bastante acertada del quimismo de estos minerales.

En este caso se contó con el análisis químico completo de 2 micas (una de ellas procedente de "Loma Blanca") y, además, se efectuaron mediciones de la relación: $Fe/Fe + Mg$ mediante difracción cuantitativa de Rayos-X.

En general, la correspondencia observada entre los valores obtenidos para una misma mica mediante estos dos procedimientos (o sea análisis químico y difracción) es satisfactoria; tanto más teniendo en cuenta que además de ser más preciso el primero, el segundo se basa (método de Gower) en la relación parcial existente entre Fe y Mg, y no toma en cuenta otros cationes que, como éstos, ocupan posiciones en la coordinación octaédrica de estos minerales. De ello se desprende que la determinación difraccionométrica de las micas resulta adecuada en estos casos: de más está decir que la ventaja que presenta ostenta en su rapidez, enormemente mayor respecto del análisis químico cuantitativo.

En síntesis, por consiguiente, mediante la combinación (de análisis químicos, Rayos-X y medición expeditiva de índices de refracción en secciones basales, puede formularse una clasificación ajustada de las variedades de micas ferromagnéticas encontradas en esta zona del basamento cristalino.

Se resumirán, a continuación, los métodos empleados:

1) Análisis químico: dado que los mismos fueron realizados por químicos del Laboratorio de Análisis de Rocas (F.C.E. y N.), sólo serán considerados los resultados obtenidos y su reformulación sobre la base de: $24(O, OH, F)$.

Se trata de dos micas y en la tabla 4 están consignados los datos correspondientes. Ambas, además, fueron determinadas mediante Rayos-X e incluidos en la medición expeditiva de índices, como consta en el gráfico antes citado (fig. 5).

La N° 108 proviene de las delgadas fajas micáceas encontradas en la tacita occidental del perfil al sur del Pique 5. La correspondiente muestra fue molida y tamizada; la separación de la mica respecto de los demás componentes (fundamentalmente epidoto) fue lograda por decantación usando tetrabromoetano. En estas condiciones, la mica constituye la fracción liviana.

Los datos analíticos indican que se trata de una mica muy magnesiana.

Con respecto a la clasificación de micas ferromagnéticas seguida en este estudio, se ha adoptado la usada por: Deer, Howie y Zussman - "Rock forming minerals", tomo 3. Así, la divisoria entre biotita y flogopita se toma (arbitrariamente) en base a una determinada relación Mg/Fe ; cuando la misma sobrepasa la relación 2:1, la mica es considerada flogopita. Para valores menores, se trata de

T A B L A 4

ANALISIS QUIMICOS DE MICAS FERROMAGNESICAS

Flogopita N° 108 (Analista: Lafaille)			Biotita N° 273 (Analista: Lafaille)		
		♦			♦
SiO ₂	40,50	40,50	38,78	38,78	
TiO ₂	0,64	0,64	1,03	1,03	
Al ₂ O ₃	17,95	17,95	15,43	15,43	
Fe ₂ O ₃	2,16	2,16	2,68	2,68	
FeO	4,67	4,67	11,54	11,54	
MnO	0,34	0,34	0,25	0,25	
MgO	21,02	21,02	16,32	16,32	
CaO	1,10	1,04	0,66	0,60	
Na ₂ O	0,11	0,11	0,07	0,07	
K ₂ O	8,82	8,82	9,93	9,93	
Rb ₂ O	n.d.	n.d.	0,20	0,20	
H ₂ O ⁺	0,76	0,76	1,65	1,65	
H ₂ O ⁻	0,28	0,28	0,02	0,02	
F	2,40	2,40	1,99	1,99	
P ₂ O ₅	0,05	—	0,05	—	
	<u>100,80</u>		<u>100,60</u>		
O ≡ F	<u>1,01</u>		<u>0,84</u>		
	99,79		99,76		

♦ Las cifras de las 2as. columnas son las mismas que para las primeras, salvo para CaO y P₂O₅; se atribuyó este último a apatita, restándose el equivalente de CaO (0,06).

T A B L A 4

Número de iones en base a: 24 (O, OH, F)			Número de iones en base a: 24 (O, OH, F)		
Si	5,895	} 8,000	5,8450	} 8,0000	
Al	2,105		2,1550		
Al	0,965	} 6,465	0,5783	} 6,1641	
Ti	0,070		0,1166		
Fe ³	0,236		0,3026		
Fe ²	0,567		1,4490		
Mn	0,042		0,0316		
Mg	4,585		3,6860		
Ca	0,162		0,0968		
Na	0,031	} 1,835	0,0198	} 2,0456	
K	1,642		1,9100		
Rb	—		0,0190		
F	1,103	} 1,839	0,9480	} 2,6080	
OH	0,736		1,6600		
%Fe en posición octaédrica: $\frac{100 (\text{Fe})}{\text{Fe} + \text{Mg}} = 14,9$			%Fe en posición octaédrica: 32,2%		
$\frac{\text{Mg}}{\text{Fe}^2 + \text{Fe}^3 + \text{Ti} + \text{Al} + \text{Mn}} = 2,43$			$\frac{\text{Mg}}{\text{Fe}^2 + \text{Fe}^3 + \text{Ti} + \text{Al} + \text{Mn}} = 1,49$		

biotita.

De acuerdo con esta clasificación, por consiguiente, la mica 108 es una flogopita. En la tabla correspondiente también se consigna el %Fe en coordinación octaédrica tomando en cuenta únicamente los cationes Fe y Mg; este valor resulta de interés pues, como se verá, la determinación a Rayos-X se basa exclusivamente en dicha relación catiónica.

Por otra parte, la reformulación del análisis químico en base a 24 (O, OH, F) también permite hallar la relación completa entre Mg y los restantes cationes en coordinación octaédrica. Se obtiene así, para la relación: $\nabla \text{Mg} / (\text{Fe}^2 + \text{Fe}^3 + \text{Ti} + \text{Al} + \text{Mn}) = 2,43$ valor que, como se vió más arriba, corresponde a una flogopita.

La segunda mica analizada, N° 273, no proviene del yacimiento considerado al no de "Loma Blanca", algo al sur de "El Morro N°1". Se la ha incluido ya que procede, prácticamente, de la misma zona y permite dar una visión más completa de la gama composicional evidenciada por este grupo de minerales. Si bien será considerada con más detalle al referirse a dicho yacimiento, puede adelantarse que integra un tipo de asociación apenas insinuado en "El Morro N° 1": forma la mayor parte de las franjas de reacción desarrolladas a partir de tactitas o esq. anfibólicos por efecto de las pegmatitas que, mineralizadas o no, son comunes en "Loma Blanca".

La mayor densidad de esta mica impidió su separación mediante el procedimiento anteriormente empleado, ya que se aproxima bastante a la densidad del epidoto, nuevamente la principal impureza acompañante. Por tal motivo, se recurrió a una separación magnética (Frans).

Por los datos consignados en la tabla adjunta, la mica N° 273 es una variedad casi tres veces más rica en Fe^2 que la 108. En este caso el % Fe en coordinación octaédrica es de prácticamente 32% calculado únicamente, como en el ejemplo anterior, sobre la base de Fe y Mg.

[∇] El papel del titanio en la estructura de las micas no reúne consenso unánime; generalmente se estima que participa en la coordinación octaédrica de las micas, pero hay autores que lo consideran reemplazando en pequeña escala al silicio.

Además, hay quienes también atribuyen a una coordinación tetraédrica otros cationes como Al y Fe, además de Ti. Al respecto, como señalan Deer, Howie y Zussman (op. cit.) no hay razones para suponer que las deficiencias que de ese modo resultarían en la coordinación octaédrica sean más aceptables que las supuestas por otros dentro de la trama tetraédrica, o sea Si - O.

Precisamente, con respecto a este valor, cabe formular una aclaración: teniendo en cuenta la clasificación adoptada, en términos de la relación antedicha, el límite entre flogopita y biotita correspondería aproximadamente a 33% Fe ($Fe / Fe + Mg = 1/3$, o sea prácticamente 33%). Así entendido, la mica N° 273 también sería flogopítica, si bien muy próxima a las biotitas pobres en Fe. Sin embargo, esa relación es de carácter parcial pues deja de lado los restantes cationes que, junto con Fe y Mg, ocupan posiciones octaédricas en el mineral.

Si, por ende, se recurre a la relación entre Mg y los restantes cationes involucrados o sea, como en el caso de la flogopita N° 108, a la relación: $Mg / (Fe^{2+} + Fe^{3+} + Al + Ti + Mn)$, se obtiene 1,49 para la mica N° 273, valor que la define claramente como una biotita.

Puede apreciarse en el gráfico de índices de refracción que los rangos correspondientes a ambas micas son relativamente reducidos: este hecho señala la homogeneidad de las mismas, por lo que el análisis químico es realmente representativo de su composición y no de una composición media, como sería el caso para micas más heterogéneas, con amplios rangos de variación de índices.

En parte debido a su mayor heterogeneidad, pero en mayor grado por la dificultad de obtener muestras de biotita sin impurezas a partir de los esquistos cuarzo-oligoclase-biotíticos, no se efectuaron análisis químicos ni rentgenográficos de las micas típicas de esas rocas. La asociación con muscovita y sobre todo con clorita torna muy difícil, sino imposible, la preparación de muestras puras de la biotita de los esquistos.

Por último, puede señalarse que las muestras entregadas para análisis químico fueron controladas microscópicamente para asegurar un grado de pureza aceptable. Además, también se utilizó el difractómetro de Rayos-X a fin de verificar, dentro de la sensibilidad del método, la ausencia de impurezas, sobre todo de clorita.

2) Determinación cuantitativa con Rayos-X: El método de Gower (1957) se basa en la relación entre intensidades de dos reflexiones basales de las micas ferromagnéticas: con ese valor y el gráfico preparado por dicho autor, puede estimarse el porcentaje de Fe en coordinación octaédrica o sea: $Fe / Fe + Mg$. Se estima, en condiciones favorables, que puede lograrse una aproximación del orden del 5%. La aproximación lograda en el presente estudio, respecto de los datos químicos anteriores, es de ese orden para la flogopita N° 108 (2,3%) y algo menor para la biotita N° 273 (8,5%).

Los fundamentos del método están expuestos en el artículo citado; aquí sólo será considerada su aplicación, como así también una ligera modificación introducida, y los resultados obtenidos en la determinación de algunas micas de la zona.

Los picos diagnósticos son (004) y (005), debiendo determinarse la relación entre sus intensidades mediante la medición precisa de sus respectivas áreas. De las características del método, aparte de la rapidez, surge una de sus principales ventajas: siempre que no produzcan interferencias con dichos picos, no influye la presencia de otros componentes o impurezas mineralógicas. Esta ventaja se manifiesta de inmediato si se tienen presentes las frecuentes inclusiones de otros minerales asociados con las micas y cuya separación es a veces sumamente difícil. Se resume, a continuación, el procedimiento seguido.

La fracción micácea, separada ya sea por decantación en tetrabromoetano o por separación magnética, fue molida hasta un grano menor de 52 micrones.

A fin de prevenir posibles interferencias, se consideraron los espaciados de minerales acompañantes de las micas en las diversas rocas; de acuerdo con este examen, y aparte de otras micas (ej. muscovita o clorita) ello solamente ocurriría en el caso del epidoto, dos de cuyos picos son próximos a los medidos. Se trata de dos líneas débiles ubicadas, aproximadamente, en $d = 2,52 \text{ \AA}$ y $d = 2,003 \text{ \AA}$, y cuyas intensidades, respectivamente, son 10 y 1. La posible incidencia de los mismos, si bien reducida, surge de su distinta intensidad, que originaría un leve aumento en la intensidad del pico (004) de las micas. El método de separación utilizado y la posterior verificación de pureza, permite asegurar que esta interferencia fue obviada en cada caso.

Las primeras mediciones se realizaron con una muestra no orientada y montada en porta-muestras metálico; en estas condiciones, se observó un aumento en la radiación de fondo registrada cerca del pico (005), que introduce cierto error en la medición del área correspondiente. Por dicho motivo y estimándose que proveniría de un pico muy débil distinto del buscado, se repitió la experiencia con una muestra iso-orientada. En estas condiciones, no se produjo la interferencia apuntada.

Por consiguiente, el procedimiento seguido en cada caso comprendió la preparación de muestras orientadas por decantación y centrifugación, depositadas sobre porta-objetos de vidrio. (Al respecto, se calculó el espesor mínimo que debía reunir la capa de material a analizar).

Con referencia a los factores instrumentales empleados (difractor Philips).

resultaron adecuadas las velocidades: 1/8 grado/min. (barrido) y 400 mm. p. hora (rollo).

Las áreas de los picos fueron medidas con planímetro. Los resultados obtenidos para 4 micas, incluyendo las 2 analizadas químicamente, se consignan a continuación.

T A B L A 5

DETERMINACION CUANTITATIVA DE MICAS MEDIANTE RAYOS-X

Muestra	Preparado (orientado)	Area 004 det. promedio		Area 005 det. promedio		Area 004 / Area 005	% Fe (Octaédrico)	Procedencia y observaciones		
2	Nº 1	182	178	336	335	0,531	23,5	Mica de-ferrizada de los esq. epidoto-flogopíticos; Pozo Nº 9		
		177		335						
		175		335						
idem	Repetición	190	189	343	343	0,550	25,5			
		188		346						
		190		341						
idem	Nº 2	145	146	266	265	0,550	25,5			
		148		269						
		145		261						
189	Nº 1	109	106	229	229	0,463	17	Flogopita de tactita; Pozo Nº 9		
		106		230						
		105		230						
idem	Repetición	110	111	232	233	0,476	18			
		110		236						
		114		231						
108	Nº 1	120	118	255	256	0,461	16,5		Flogopita de tactita; Pí que Nº 5.	
		117		255						
		118		259						
idem	Repetición	116	118	249	250	0,472	18	Según A.Q: %Fe = 14,9		
		118		251						
		121		252						
273	Nº 1	87	87	119	120	0,725	41			Biotita de franja de reacción "Loma Blanca"
		88		120						
		86		120						
idem	Repetición	85	86	119	121	0,711	40		Según A.Q: %Fe = 32,2 (véase texto)	
		85		125						
		88		120						

En cada caso, la medición de áreas fue repetida tres veces, tomándose los promedios correspondientes.

Para la primera muestra analizada (2), se usaron dos preparados distintos a fin de estimar, rápidamente, la reproducibilidad del método. Como se aprecia en el cuadro anterior, no se justifica recurrir a más de un preparado sino, más bien, repetir las determinaciones con el mismo.

La correspondencia entre los valores así obtenidos para las micas Nos. 108-273 y los calculados en base a análisis químicos es, en general, satisfactoria. La mayor divergencia evidenciada para la biotita N° 273 quizá se deba a la mayor proporción de Ti en la coordinación octaédrica si bien, como explica Gower, la relación de intensidad de los picos (004) y (005) es fuertemente influenciada por la relación Fe/Mg y poco afectada por los restantes cationes presentes. A este respecto, es llamativa la coincidencia entre el valor para N° 273 obtenido mediante Rayos-X y el que resulta del correspondiente análisis químico si, en vez de calcular la relación $Fe/Fe + Mg$, se toma en cuenta la totalidad de cationes que sustituyen al magnesio en posiciones octaédricas, o sea:

$$\frac{100 (Fe^{2+} + Fe^{3+} + Al + Ti + Mn)}{Mg + Fe^{2+} + Fe^{3+} + Al + Ti + Mn}$$

= 40,2%; en esta forma, la coincidencia entre los dos tipos de determinación es prácticamente total.

Por otra parte, las mediciones difractivas indican la composición flogopítica de la mica N° 189, integrante de las tactitas del Pozo N° 9 (véase también el gráfico de índices de refracción), y el carácter magnesiano de la biotita de-ferrizada N° 2, procedente de los esquistos epidoto-flogopíticos (unidad (3)) contiguos al banco carbonático tactizado del Pozo N° 9.

Por consiguiente, se dispone ahora de los datos de composición necesarios para interpretar adecuadamente las determinaciones expeditivas de índices de refracción. En la sección anterior se dieron los motivos por los cuales no se pudo comprobar, en forma directa, la constitución química de las biotitas de esq. cuarzo-oligoclasa-biotíticos.

En resumen, puede considerarse que el método difractivo de Gower dió resultados satisfactorios en el presente estudio; no obstante, también surge claramente la conveniencia de contar con algún análisis químico completo, para fines comparativos.

Por último, cada determinación fue precedida por un diagrama completo (velocidad 1 grado/min.) para constatar la ausencia de otras micas, especialmente clorita, cuyos picos, al igual que los considerados, se verían considerablemente real-

sados por la naturaleza orientada de la muestra.

3) Índice de refracción: Se ha hecho referencia anteriormente a la fig. 5 en la que están representados los valores de índices de refracción medidos en diversas micas. Se resumirán, ahora, las principales características del procedimiento seguido y los resultados obtenidos: ^{con refractómetro.}

a) Medición por inmersión a 20°C, (~~o bien introduciendo una corrección por temperatura en los casos en que el valor de la misma, durante la determinación, difiere de 0.4 unidades de una temperatura~~)

b) En el gráfico, la abscisa corresponde a índices de refracción en secciones basales y la ordenada fue utilizada, simplemente, para agrupar las distintas muestras según afinidad geológica y procedencia.

c) Para cada muestra (con su correspondiente N° en el gráfico), se examinaron 2 ó 3 preparados diferentes, determinándose el menor y mayor índice de las laminillas presentes; o sea que se aproximó hasta la 3a. cifra decimal el valor de, por un lado, las laminillas de más bajo índice basal y, por el otro, el de aquéllas con mayor refringencia. Los dos valores extremos así obtenidos fueron representados gráficamente: definen, por lo tanto, el rango de índices basales presente en las micas de cada roca considerada.

d) Los valores consignados representan valores límites de $n(\gamma - \beta)$ para cada muestra; por lo tanto no dan idea del índice más frecuente o representativo, ni de la proporción relativa en que se encuentran las laminillas de distintos índices ni, tampoco, deben tomarse como indicio de que existen términos transicionales a lo largo de toda la gama representada. Para cada muestra, el o los valores más frecuentes de n son, naturalmente, intermedios respecto del intervalo determinado. Los valores extremos son siempre menos comunes e inclusive (p.ej. en las micas de los esq. cuarzo-oligoclasa-biotíticos que presentan los mayores rangos) poco frecuentes; por este motivo se revisaron 2 ó más granos sueltos por muestra.

e) En casos aislados en que solamente interesa el límite superior, no fue acotado el inferior ya que puede estimárselo aproximadamente en base a las otras determinaciones del grupo: es el caso de biotitas que conservan porciones de mayor índice, graficadas en el grupo de esq. cuarzo-oligoclasa-biotíticos. Vale decir que en vez de determinar, como hasta aquí, los intervalos: $a \leq n \leq b$ (donde a y b son los valores límites encontrados) se determinó: $a < n \leq b$. Ello está representado en el gráfico mediante trazo punteado y signo de interrogación.

DE INDICES DE REFRACCION ($n_{\alpha, \beta}$) DE MICAS FERROMAGNESICAS (20 °C)

indican determinaciones mediante análisis químico y/o difracción (en μ por D.H.Z.)

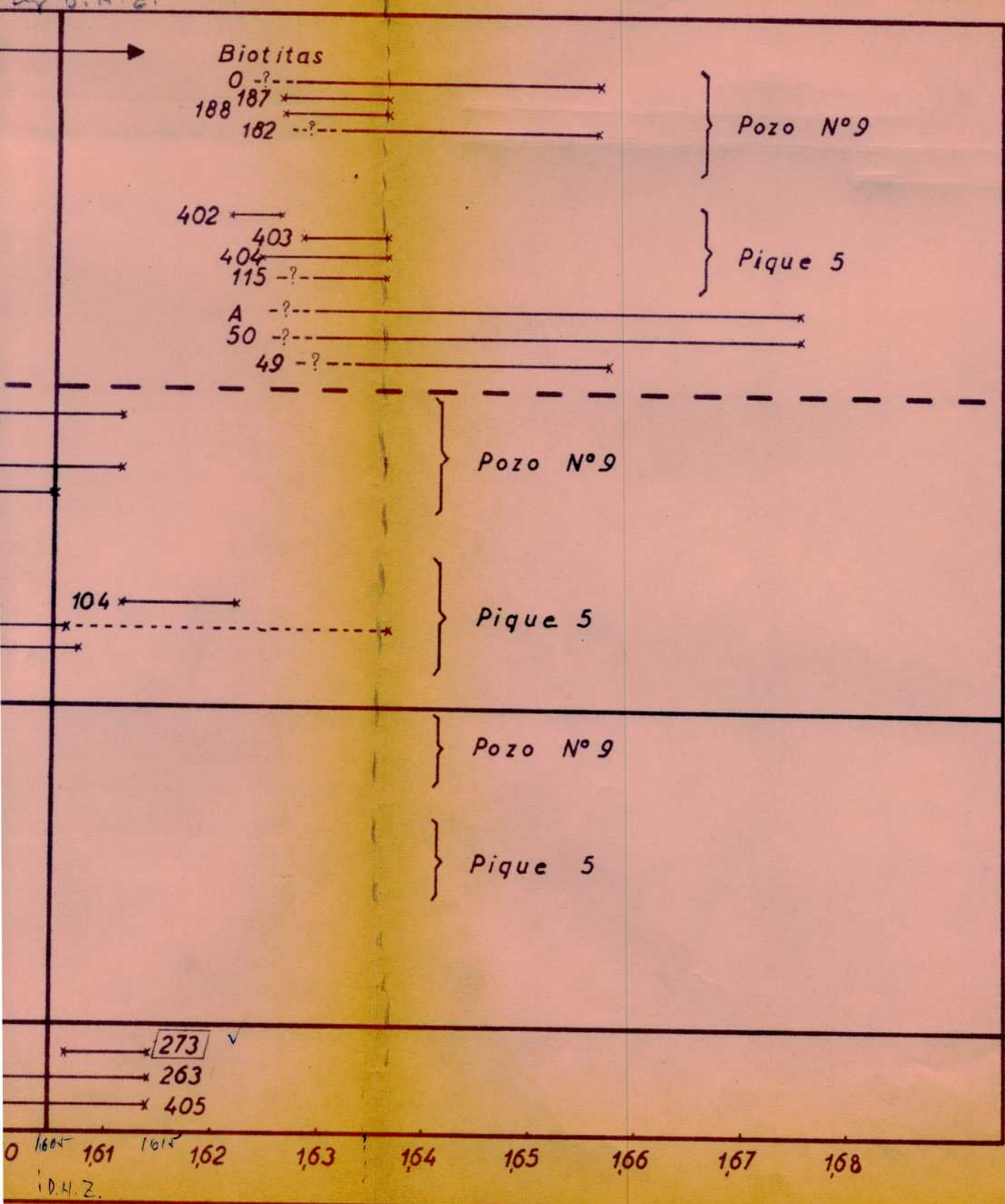


Fig. 5 — RANGOS DE INDICES DE REFRACCION

*Nota m. 2
 en pag. 67
 1/4 pas 72
 no 4/5 pas 72
 se reprobó*

(Los números en recuadro indican determinaciones mediante
 lente superior para Flogopita
 by D.H.Z.)

Esquistos
 cuarzo-oligoclasa-
 biotíticos

Flogopitas

Biotitas

0 -? -
 188 187 *
 182 -? -

402 *
 403 *
 404 *
 115 -? -
 A -? -
 50 -? -
 49 -? -

Esquistos
 epidotizados

183 *
 206 *
 207 *

120 *
 131 *
 104 *

Tactitas

197 *
 189 *
 205 *
 108 *
 106 *

Franjas
 de reacción

273 *
 263 *
 -? -
 405 *

1,57 1,58 1,59 1,60 1,61 1,62 1,63

D.H.Z.

Distinto es el caso de la mica del esq. epidotizado N° 120, correspondiente al perfil sur del Pique 5; allí el trazo punteado prolongado hasta el límite superior alude a la presencia de escasos remanentes de biotita del índice superior indicado. Se ha representado de esta manera por ser el único ejemplo de este tipo dentro del grupo de esq. epidotizados y, por otra parte, por ser raras dichas porciones de mayor índice.

f) La presencia de finas películas de óxido de hierro castaño a castaño amarillentas, que en ciertos casos recubren las laminillas micáceas, puede inducir a error en la medida de índices. Resulta una aparente elevación del mismo, especialmente engañosa cuando se trata de biotitas de-ferrizadas. El tratamiento por un lapso moderado con ácido elerhídrico diluido permite diferenciar claramente este fenómeno del originado por la presencia de relictos biotíticos de mayor índice.

g) Pueden formularse las siguientes observaciones respecto del método utilizado. Probablemente son tres las fuentes de error:

(i) orientación de las secciones: este error es prácticamente nulo debido a la morfología de las micas. Resulta más probable tratándose de agregados finos a muy finos como en el caso de algunas flogopitas procedentes de tactitas; sin embargo, aún así, es pequeña su influencia a juzgar por los reducidos rangos de variación de índice que caracterizan esas variedades (véase gráfico).

(ii) apreciación experimental: vale decir errores en la medición del índice y que en este caso, debido a la aproximación del método son fundamentalmente atribuibles a factores personales (apreciación de igualdad entre índice del mineral y medio, etc.) Tiende a disminuirlos la realización de mediciones en serie, bajo condiciones uniformes.

(iii) representatividad de las secciones elegidas: posiblemente la principal fuente de error se relacione con este aspecto. No puede asegurarse, mediante el examen de 2 ó 3 preparados, que los rangos determinados sean los representativos para el mineral de cada roca considerada. En cambio, los resultados sí indican claramente las tendencias composicionales involucradas.

h) Resultados y conclusiones.

Los resultados señalan la existencia de variaciones de distinto orden para los índices de refracción medidos, a saber:

- variaciones entre micas de distintas unidades litológicas.
- variaciones correspondientes a rocas de una misma unidad. ✓

-variaciones entre micas de una misma roca.

Entre éstas, las citadas en primer término o más propiamente: las diferencias entre rangos correspondientes a rocas de distintas unidades litológicas, son las más importantes cuantitativamente y de un punto de vista petrológico.

A fin de simplificar la clasificación, se ha representado gráficamente una divisoria entre flogopitas y biotitas: para ello, se ha tomado como límite $n = 1,605$. Dicho valor corresponde, aproximadamente, a la convención composicional en base a la cual se definieron unas y otras. Sin embargo, como se aclaró anteriormente, no puede establecerse, en general, un valor determinado por no existir una correspondencia unívoca entre la relación Mg/Fe y los índices de refracción: juega un papel importante, entre otros, la proporción de Ti. Deer, Howie y Zussman (op. cit.) proveen, al respecto, cierta superposición de índices entre uno y otro tipo. Así, mientras por un lado toman $n(\text{gamma}, \text{beta}) = 1,637$ como límite superior para flogopita, por el otro estiman en 1,605 el límite inferior para biotita.

En este caso, se ha elegido el valor señalado en segundo término ya que se ajusta a las composiciones determinadas mediante análisis químico y difracción; la mica N° 273 cuya composición es claramente biotítica, queda de esta manera correctamente ubicada respecto del límite establecido.

Considerada en conjunto, la fig. 5 refleja la existencia de 2 grupos netamente diferenciados: las flogopitas de tactitas y las biotitas de los esq. cuarzo-oligoclasa-biotíticos circundantes. Las micas de los esq. epidotizados, contiguos a los bancos carbonáticos, son de carácter intermedio: en el gráfico, están separadas de las biotitas por una línea de trazo discontinuo a fin de subrayar su derivación de estas últimas. Por otra parte, las micas de las franjas de reacción serán consideradas más adelante, con relación al yacimiento de "Loma Blanca"; su inclusión en la figura considerada, particularmente N° 273, está justificada si se tiene en cuenta que ha permitido definir mejor la composición de las micas e inclusive ubicar la divisoria entre los dos grupos.

Se completará esta sección mediante la consideración de los distintos tipos hallados:

(1) Micas de tactitas: generalmente de grano fino a muy fino; son de color verde pálido a amarillento, observadas al microscopio. Se ha visto que tanto el análisis químico, como la determinación difracción y medición de índices indican una composición flogopítica. Presentan los menores rangos de variación de

índices de refracción.

(ii) Micas de esq. epidotizados: son de grano fino, de color más oscuro que los anteriores pero a menudo de aspecto manchado: predomina un color verde a ver de oliva pálido, aunque variable para una misma muestra.

La N° 120, citada anteriormente (véase: e), contiene escasas secciones verde de oliva oscuras de índice próximo a 1,636.

Por su asociación y características ópticas, provienen de la de-ferrización de biotitas.

Se comprobó anteriormente que para la mica N° 2, no representada ^{¡porque!} gráficamente, la determinación mediante Rayos-X indica una flogopita, aunque más rica en Fe que las de las tactitas. Esta mica constituye un buen ejemplo de los términos más de-ferrizados pues proviene de la delgada faja de esq. epidoto-flogopíticos (3) del perfil del Pozo N° 9; lo indica, también, su índice promedio $n = 1,597$.

Por consiguiente, se trata de micas de-ferrizadas, de composición variable pero próximas al límite biotita-flogopita. La N° 104 (Pique 5) presenta interés, a juzgar por el rango de índices, por su lavado aparentemente menor; proviene, justamente, de una porción más "fresca" dentro de los esq. epidotizados.

Estas características están evidentemente vinculadas con la epidotización de los esquistos considerados a continuación y reflejan un grado variable de lavado relacionado con el metasomatismo epidótico.

(iii) Micas de esq. cuarzo-oligoclasa-biotíticas: los rangos representados corresponden a micas de los esq. cuarzo-oligoclasa-biotíticas provenientes de la zona de los perfiles del Pozo N° 9 y al sur del Pique 5, como así también de algunos otros lugares dentro del área del yacimiento.

Se trata, en conjunto, de biotitas; sin embargo, como se aprecia en el gráfico, algunas presentan valores muy dispares que reflejan, a su vez, una composición bastante heterogénea.

Examinadas al microscopio, se observa que predomina una variedad verde oliva cuyo índice es próximo a 1,636 (es decir $n_{\text{gamma, beta}} \leq 1,636$) y que comprende un menor número de secciones de índice más bajo el menor de los cuales, en cada caso, sirvió para acotar el respectivo rango en su extremo inferior.

Prácticamente sin excepción, esta variedad está presente en todas las muestras estudiadas. Hay, en cambio, una variedad de color castaño oscuro o café, de mayor índice, que sólo se encuentra en algunos de los esquistos y casi siempre en

proporción muy subordinada. El índice más alto registrado para esta variedad es de 1,675 y corresponde a dos muestras distantes algunos kilómetros entre sí (muestra A y N° 50). Otros ejemplos, pero de menor índice, son los que aparecen en el esquistos N° 49 y en dos muestras de los esquistos próximos al Pozo N° 9 (N° 0 y 182).

En los casos en que aparece esta variedad de mayor índice, también se observan términos intermedios, generalmente de aspecto manchado; no se han encontrado ejemplos de una transición continua entre la biotita castaña y la verde oliva sino, más bien, algunos términos intermedios.

En un corte delgado que comprende ambos tipos y en proporciones casi equivalentes, se los observa asociados o bien predominando uno u otro según la zona del corte; se aprecia, en este caso, una coloración algo rojiza de la mica castaña y la presencia de material opaco, fino, (ilmenita leucocrenizada) alojado en los clivajes y probablemente debido a exsolución.

Más comúnmente, la variedad de mayor índice sólo constituye parte reducida de la mica biotítica; son bastante frecuentes laminillas verde oliva o castaño claras, con porciones restringidas de color café y mayor índice. [▼]

Surge de lo anteriormente expuesto que algunas biotitas muestran marcadas variaciones de color e índice de refracción. Tanto una característica como la otra dependen de su constitución; en primer término, será considerado el color de las mismas.

Se estima que los factores que más influyen en la coloración son el porcentaje de TiO_2 y la relación: $Fe_2O_3 / (Fe_2O_3 + FeO)$; altos valores del primero dan una coloración castaño rojiza, mientras que una proporción elevada de hierro férrico origina color verde. Además, más que el valor absoluto de estos factores, lo que determina la coloración es la relación entre los mismos.

Según este criterio y únicamente de manera cualitativa, podría atribuirse la diferencia entre la mica color café y verde oliva, a la preponderancia del primer

▼ Como hecho aparte, se observan halos pleocroicos alrededor de inclusiones de alto índice (ej. sircón); este fenómeno, caracterizado por la presencia de reducidas zonas de mayor índice y coloración más oscura, es común en biotitas y no debe confundirse con los cambios descritos. Estos halos pleocroicos se conservan, también, en las biotitas de-ferrizadas de los esq. epidotizados. !)

factor respecto del segundo en el caso de las biotitas castaño-pardas, y a la re ópreca para las de color verde. En este sentido, la presencia de ilmenita, cita- da más arriba, resultaría de la exsolución de titanio durante el pasaje de bioti- ta café a verde.

Ya han sido formuladas varias observaciones con respecto a la correlación entre índices de refracción y composición química de biotitas. A fin de estable- cer, en forma aproximada, la composición de las principales variedades biotíticas descritas, se utilizó un gráfico elaborado por Heinrich (1946, op. cit.). Dicho autor estableció una relación prácticamente lineal entre n (γ) y el porcenta- je en peso de: $FeO + 2(Fe_2O_3 + TiO_2)$

En primer término, a fin de determinar el grado de correspondencia entre los valores establecidos en dicho gráfico y los obtenidos para la flogopita 108 y bio- tita 273, cuyas composiciones son conocidas, se cotejaron los índices medidos con los que, según el gráfico, corresponden a dichas composiciones. Se comprobó, to- mando el valor medio de los rangos de índices determinados para 108 y 273, que la correspondencia es aceptable. [♦]

Considerando, ahora, los índices medidos para algunas de las biotitas, se ob- tiene:

Nº 402 - Pique 5 (tomando el valor medio de n): aprox. 22% $FeO + 2(Fe_2O_3 + TiO_2)$

Variedad verde oliva	($n = 1,636$)	:	"	24%	"
Variedad castaña	($n = 1,656$)	:	"	31%	"
Variedad castaño oscura	($n = 1,675$)	:	"	40%	"

Estos valores que, salvo el primero, corresponden a índices tepes medidos, in- dican la existencia de diversos términos composicionales dentro de las biotitas: algunos de los cuales aparecen juntos, en las micas con mayores rangos de n .

Como se aclaró anteriormente, la variedad verde oliva es de aparición constan- te; no sólo casi siempre predomina sobre la variedad castaña sino que a menudo cong

[♦] Para flog. 108 : $FeO + 2(Fe_2O_3 + TiO_2) = 10,27\%$. Según el gráfico de Heinrich, este valor corresponde a $n = 1,59$. El valor medio determinado es: $n = 1,594$.

Para biotita 273 : $FeO + 2(Fe_2O_3 + TiO_2) = 18,96\%$; $n = 1,62$ y $n = 1,61$ respec- tivamente.

Si se tiene en cuenta que la curva de Heinrich es una interpolación y que, en mu- chos casos los índices para muestras de igual composición difieren en 2 ó más centésimas (hasta aproximadamente 4 centésimas), la aproximación lograda (o sea 1 centésima) es aceptable, e inclusive justifica aproximar el índice tomando el valor medio del rango medido.

tituye el único tipo hallado en los esquistos de la zona. Además, también se indicó que el índice de la mayor parte de la misma corresponde, prácticamente, a 1,636. Todo ello señala que se trata de una mica de composición definida y de un término estable dentro de las biotitas. Al respecto, un hecho no citado anteriormente y que reviste bastante interés desde un punto de vista genético, es que la biotita integrante de anfibolitas y rocas de filiación anfibólica pertenece a esta variedad, no encontrándose evidencias del tipo de mayor índice.

Se ha visto, al tratar las micas de esq. epidotizados, que resultaban de la de-ferrización de biotitas. Cabe considerar, ahora, si este fenómeno también explica el carácter heterogéneo de las micas integrantes de los esq. cuarzo-oligoclase-biotíticos.

En general, teniendo en cuenta el carácter geológico del problema, podría recurrirse a tres explicaciones para este tipo de fenómeno:

- a) diferencias en el grado de metamorfismo regional.
- b) diferencias composicionales locales, con coexistencia de distintas variedades.
- c) de-ferrización.

La primera explicación debe ser descartada de inmediato: no sólo es muy reducida el área en consideración, sino que la presencia simultánea de 2 o más variedades en la misma roca, la torna insostenible.

La segunda merece mayor atención. Por lo pronto, hechos como la composición más cálcica de la plagioclase en anfibolitas (andesina) respecto de la que integra los esquistos comunes (oligoclase), señalan que existen diferencias locales en la composición de ciertos minerales, respondiendo a condiciones locales de equilibrio. La presencia de biotita verde, únicamente, en las rocas que integran conjuntos litológicos de filiación anfibólica, como la estudiada en el perfil del Pique 5, y la ausencia de micas de color castaño e índice mayor, responde al mismo tipo de razones.

Sin embargo, considerando los esq. cuarzo-oligoclase-biotíticos circundantes, se tropieza con un inconveniente señalado más arriba: no puede explicarse, por este camino, la presencia de distintas variedades en una misma muestra, o sea como resultado de condiciones locales de equilibrio relacionados con diferencias en la composición inicial, p.ej., del sedimento. Por otra parte, tampoco puede plantearse la coexistencia local de micas de composición determinada pues, como se ha visto, existen diversos términos intermedios.

Hecha la salvedad respecto de la mica de anfíbolitas y rocas asociadas, que probablemente sí refleja el resultado de diferencias composicionales locales, debe recurrirse a la tercera alternativa para la biotita de los esquistos comunes.

Esta interpretación (c) no sólo constituye una extensión lógica de la encontrada para los esq. epidotizados, sino que explica el carácter predominantemente relictivo de la biotita de mayor índice.

Además, si bien no se han encontrado todos los términos intermedios, explica la existencia de laminillas manchadas, que muestran diversos grados del pasaje biotita castaña a verde, y la presencia de laminillas con distintos índices. Las composiciones anteriormente citadas dan idea de la variación involucrada.

Según esta explicación las biotitas originales, de mayor índice, han pasado a la variedad verde oliva mediante de-ferrización y probable exsolución de titanio; la variedad verde oliva configura un término relativamente estable y definido. A su vez, en el caso particular de los esq. epidotizados, una mayor intensidad del lavado ha originado aún mayor de-ferrización, aproximándolas a una composición flogopítica.

De acuerdo con la naturaleza metamórfica de la zona considerada, el probable origen de estos cambios estaría relacionado con fenómenos de tipo diaforético; al respecto, algunos ejemplos de cloritización citados al describir los perfiles anteriores, también indican la presencia de cambios mineralógicos, operados en esas condiciones.

Por otra parte, con relación a las distintas características apuntadas, existe bastante similitud con las descritas por Schwartz (1958) al estudiar la alteración hidrotermal de biotitas. El problema encarado por dicho autor es, naturalmente, distinto al considerado: se refería, sobre todo, a los cambios observados en las biotitas de rocas monzoníticas asociadas con depósitos cupríferos del tipo diseminado.

Sin embargo, la transformación de biotita castaña parda en verde, que corresponde a una de las primeras manifestaciones de dicha alteración, es bastante similar a lo observado en las biotitas de los esquistos considerados. Además, aquel cambio también respondía a una progresiva de-ferrización, en ciertos casos acompañada por la exsolución de titanio, citándose (op. cit.) ejemplos de una transición prácticamente continua entre una y otra variedad de mica. Inclusive, con relación a las biotitas de "El Morro N° 1", se ha observado otro fenómeno mencionado por Schwartz: el pasaje de la variedad verde a clorita y, en algunas oportunidades,

hasta en una misma sección.

Estas similitudes no implican que la de-ferrización aquí estudiada responda a una alteración de tipo hidrotermal, más bien tienden a demostrar cierta uniformidad en la progresiva modificación de composición de las micas frente a condiciones de temperatura, presión y composición que no fueron las de equilibrio. El medio más adecuado para promover estas transformaciones es aquel en el que intervienen fluidos, probablemente soluciones acuosas tenues; lo cual es comúnmente aceptado para ambientes metamórficos regionales. La presencia de micas manchadas, con porciones de distinto índice, indica que la permeabilidad y consiguiente extensión de los cambios operados no fue uniforme a través de los esq. cuarzo-oligoclasa-biotíticos.

Anfiboles

Algunas de sus características fueron consignadas anteriormente: así, dos anfíboles de la serie tremolita-actinolita, con sus respectivos análisis químicos (Tabla 1; perfiles del Pozo N° 9) y el comportamiento óptico de horblendas y horblendas lavadas (Tabla 3; perfil al sur del pique 5).

Aquí se considerarán, en conjunto, los anfíboles provenientes de diversos lugares del yacimiento.

Los resultados de la medición del ángulo de extinción y de los ejes ópticos con platina universal, están representados en la fig. 6; corresponden a 12 muestras distintas, con un total de alrededor de 50 mediciones.

Se trata de tres gráficos en cada uno de los cuales los valores de la abscisa representan el ángulo ($2V_{\alpha}$) de los ejes ópticos y la ordenada, los respectivos ángulos de extinción ($\hat{\gamma}$'s).

El grupo I comprende las mediciones individuales efectuadas en anfíboles de las tactitas o sea: tremolitas y actinolitas (poco coloreadas al microscopio).

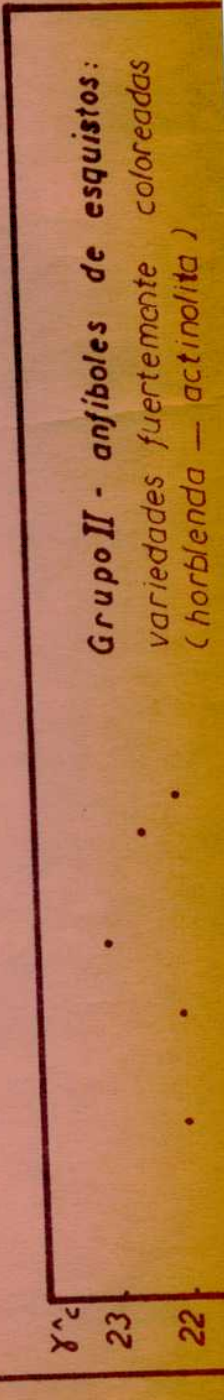
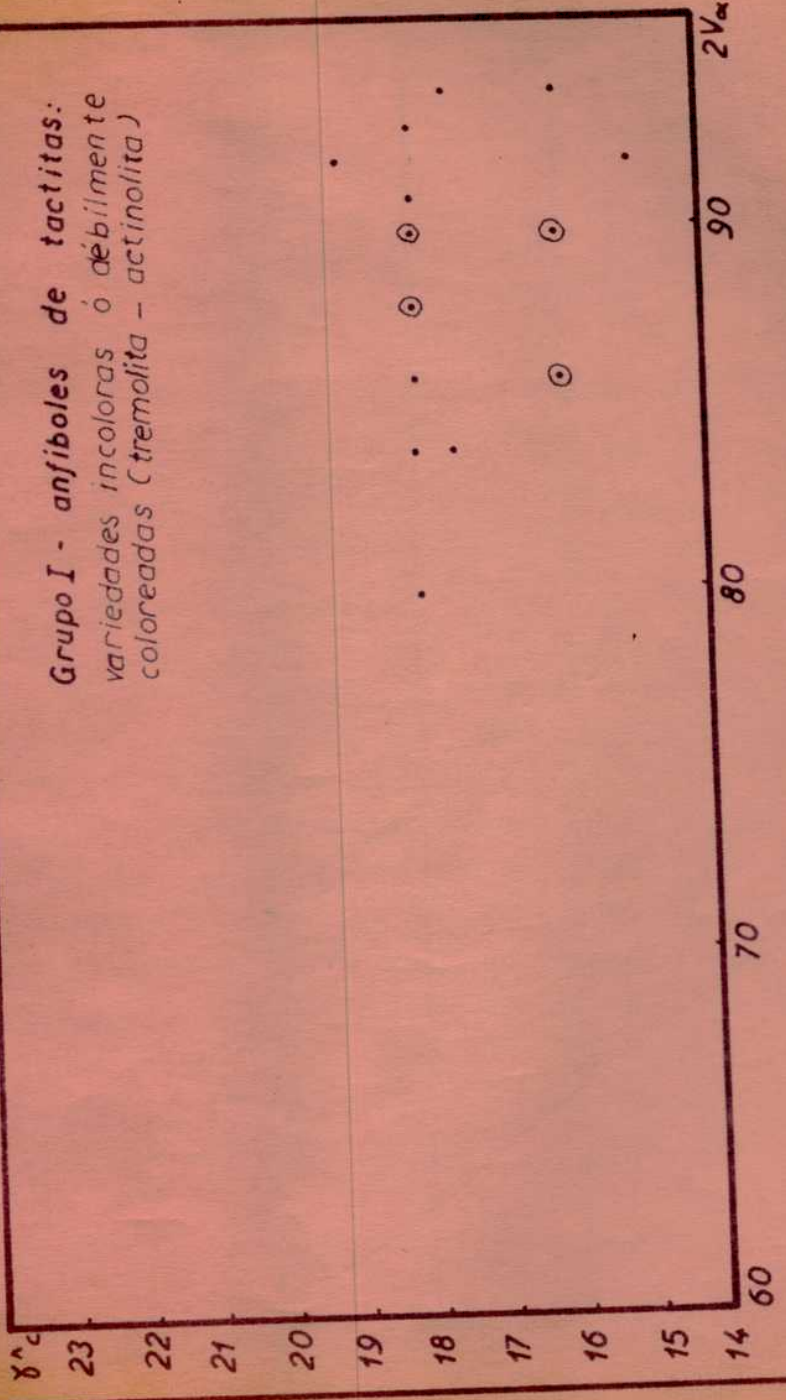
En el grupo II, en cambio, constan los valores individuales obtenidos en anfíbolitas y rocas relacionadas.

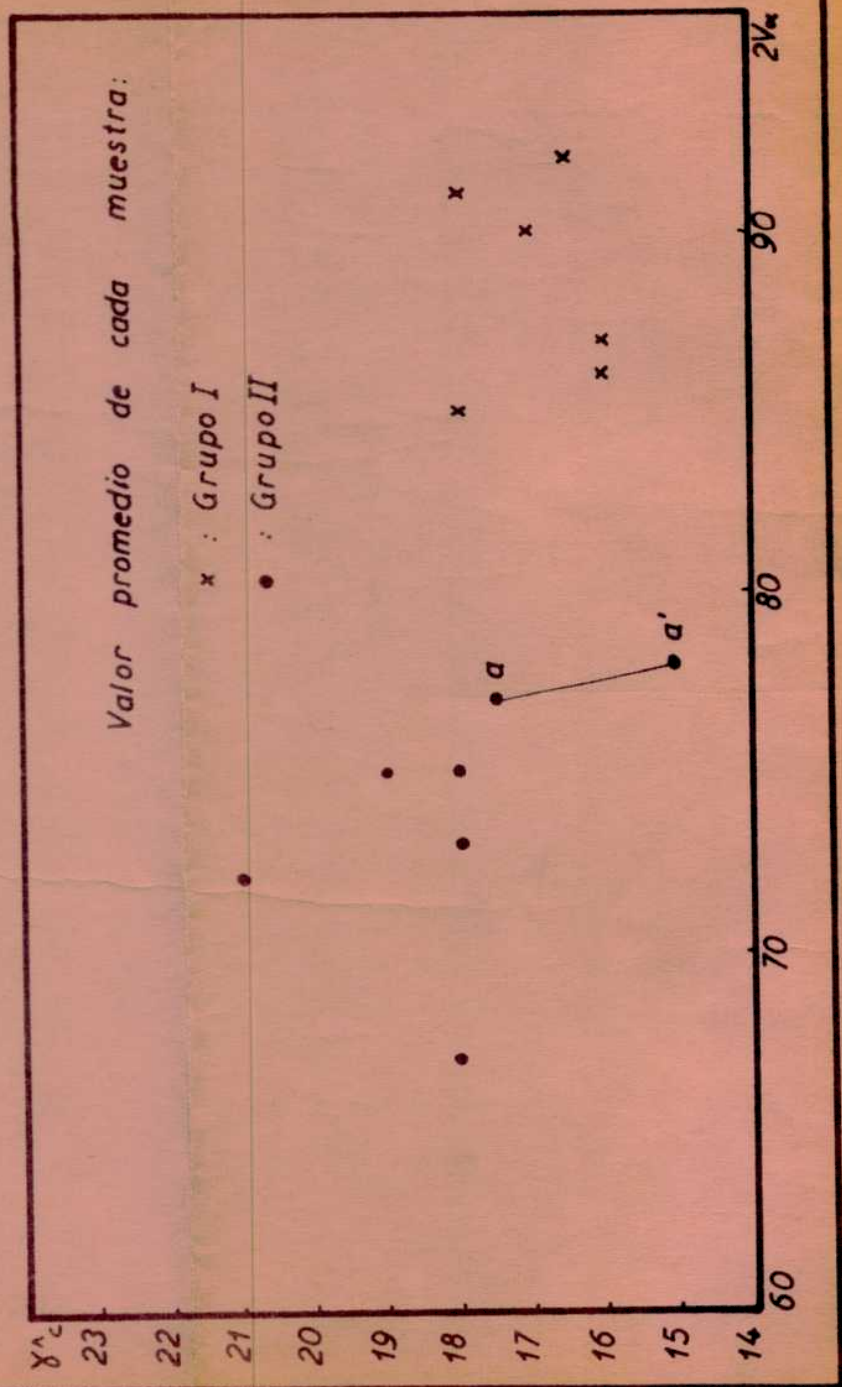
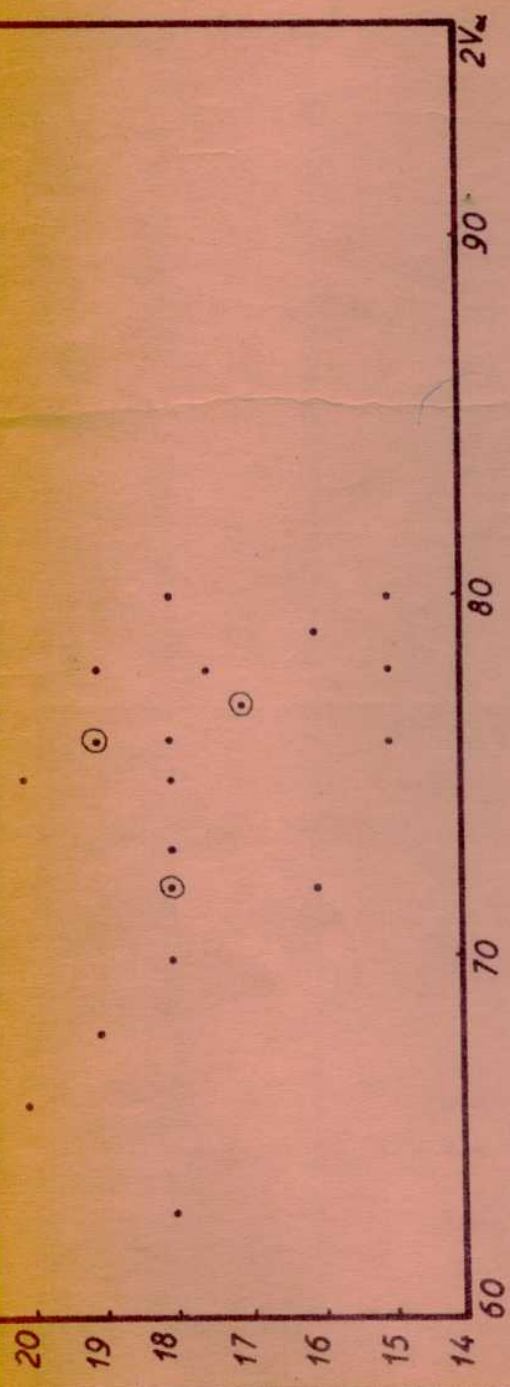
Por último, el tercer gráfico sintetiza los dos anteriores, habiéndose representado el valor promedio para cada una de las doce muestras.

El método seguido en la determinación de estos parámetros con platina universal, mediante proyecciones estereográficas, es el descrito por González Bonorino (1957)

Fig. 6 — VALORES DE $\delta^{\circ}C$ Y $2V_{\alpha}$ EN ANFIBOLES DE "EL MORRO N° 1"

⊙ indica 2 ó más determinaciones coincidentes





Como se observa en la fig. 6, los resultados reflejan la distinta naturaleza de los dos grupos mencionados. A continuación se resumen sus principales propiedades:

Grupo I: constituyen la mayor parte de las tactitas del yacimiento. En este grupo de anfíboles, se obtuvieron los valores más altos para el ángulo de los ejes ópticos; por otra parte, aunque de manera menos definida, los ángulos de extinción tienden a ser menores que los del grupo II.

Los análisis químicos de la tremolita N° 21 y actinolita N° 16 indican una composición muy magnésiana, lo cual concuerda con su procedencia geológica: los valores para 100 Kg : $(Mg + Fe^{2+} + Fe^{3+} + Mn)$ son 91,8% y 85,3% respectivamente (Tabla 1).

A este respecto, los anfíboles de la serie tremolita-actinolita-ferroactinolita, han sido clasificados de distintas maneras. Según la nomenclatura aceptada, p.ej., por: Deer, Howie y Zussman ("Rock forming minerals", tomo 2), tremolita, actinolita y ferro-actinolita corresponden, respectivamente, a los siguientes rangos composicionales en % molar de $(OH)_2 Ca_2 Fe_5 Si_8 O_{22}$: 0-20% ; 20-30% y 80-100%. De esta manera, los dos anfíboles analizados (Nos. 21 y 16) serían tremolitas. Sin embargo, para otros autores y tal como se ha considerado en este trabajo, la N° 16 corresponde a actinolita. A. Winchell, p.ej., restringe el término tremolita a aquellas composiciones comprendidas entre: 0-10% mol. $(OH)_2 Ca_2 Fe_5 Si_8 O_{22}$, únicamente. Un rango algo mayor, 0-15%, fue propuesto por N. Sundius.

En el presente estudio se ha preferido diferenciar los anfíboles de las tactitas en base a su comportamiento óptico; así, por su débil pero perceptible pleocroísmo azul-verdoso, el anfíbol N° 16 fue clasificado como actinolita. Desde un punto de vista composicional, esto implica adoptar una clasificación más restringida, como la de Winchell.

En base a esta convención, un rápido examen óptico de las tactitas permite establecer ciertas diferencias en su composición y clasificarlas como tremolíticas o actinolíticas.

También merece destacarse el contenido de fluor en los anfíboles analizados (tremolita 21 : 0,87%; actinolita 16 : 0,79%). En general, como indica una revisión de la bibliografía sobre el tema, los análisis químicos publicados no contemplan este aspecto: p.ej., sobre 15 análisis de tremolitas, actinolitas y ferroactinolitas recopilados por Deer, Howie y Zussman (op. cit), sólo 4 consignan el % F.

Uno de los trabajos más completos sobre el tema es el de Geijer (1960), quien estudió el porcentaje de F y Cl en anfíboles de skarns, en Suecia. Las cantidades determinadas para la tremolita y actinolita de "El Morro N° 1" comparan con los ma yores valores citados por Geijer, si bien no igualan los porcentajes más altos: su peran, sí, el % promedio de las tremolitas (0,71%) y actinolitas (0,63%) suecas.

Por último, existen indicios de cierta heterogeneidad en la composición del anfíbol de las tactitas; en las actinolitas, se manifiesta como variaciones muy leves en el grado y uniformidad del pleocroismo, en una misma muestra. Apenas per ceptible en corte delgado, se manifestó más claramente durante la separación mag nética: para un mismo intervalo granulométrico, se separan granos de distinto gra do de pleocroismo respondiendo a la mayor o menor intensidad del campo electromag net ico. Estas variaciones son muy reducidas pero tienden a demostrar cierta hete ro geneidad en cuanto a la composición del anfíbol.

Grupo II: comprende los términos fuertemente coloreados y pleocroicos que in tegrar las anfíbolitas y rocas asociadas. Ópticamente, aparte del color, se dife ren cian del grupo anterior por sus menores ángulos de los ejes ópticos y, en co ju nto, ángulos de extinción algo mayores.

Los valores representados corresponden a la variedad francamente horbléndica encontrada en anfíbolitas, como así también a otra más fibrosa que aparece en al gun os lugares, sobre todo en esq. anfibólicos muy epidóticos, estrechamente rela cion adas con las anfíbolitas y casi siempre contiguas a los bancos carbonáticos. Uno y otro tipo no son ópticamente diferenciables: atendiendo a la diferencia de há bito, el mineral fibroso correspondería más a una variedad actinolítica que a una horblenda típica.

Al tratar los fenómenos de epidotización en anfíbolitas del perfil al sur del Pique 5, se describió el lavado acompañante de la horblenda. Involucra una fuerte decoloración y marcada reducción de los índices de refracción: en cambio, no se reflejaba en la medida del ángulo de extinción ni de los ejes ópticos. Sin embar go, en otros lugares, se ha observado cierta variación en el primero de dichos pa rámetros ópticos. En el gráfico, a y a' representan los valores medidos en una misma sección, en parte desteñida (a = parte pleocroica; a' = zona decolorada). Se manifiesta así, cierta disminución en el ángulo de extinción como resultado del lavado aludido.

Por último, a fin de estimar, aproximadamente, la composición química de la horblenda típica de anfíbolitas, se utilizó un gráfico preparado por Deer, Howie y Zussman (op. cit.) relacionando composición con índices de refracción y con el ángulo de los ejes ópticos. Tomando como representativos los valores $n(\gamma) =$

= 1,6658; $2 V_{\alpha} = 75^{\circ}$, incluidos en la Tabla 3, se obtiene la siguiente relación:
 $100 \text{ Mg: (Mg + Fe}^2 + \text{Fe}^3 + \text{Mn)} = 72\%$

Plagioclasas

En la Tabla 6, se resumen las determinaciones efectuadas en plagioclasas de diversos tipos litológicos.

T A B L A 6

COMPOSICION DE PLAGIOCLASAS DE "EL MORRO N° 1"

(Determinación mediante variación simple ; método de Tsuboi)

Nuestra N°	% An.	Observaciones	Valor promedio
46	26	esq. cuarzo-oligoclasa-biotítico	
49	26	Idem	
51	28	Idem	
59 a	27	Idem	
59 b	26	Idem (con venillas plagioclásicas)	
59 c	27	Idem (o/plagioclase rosada)	
60 a	27	Idem (algo epidótico)	
60 b	29	Idem (o/venilla cuarzo-scheelítica)	<u>27 % An.</u>
112	41	anfíbrolita	
128	41	Idem	
H	41	Idem	
115	41	esq. andesina-biotítico (intercalación)	<u>41 % An.</u>
48 ₂	36	anfíbrolita epidotizada	
393	23	Idem	—
64	24	venilla pegmatítica con scheelita.	
102	14	filón pegmatítico (estéril)	
380	18	venilla pegmatítica muy epidótica	—

Para ello, se utilizó el método ideado por Tsuboi (1934), de variación simple, basado en el empleo del monocromador.

Cada valor consignado resulta de promediar tres determinaciones.

Con respecto a los líquidos de inmersión utilizados, las dispersiones fueron determinadas con prisma hueco y periódicamente verificadas con refractómetro de Abbé.

Como se aprecia en la tabla de valores, la composición de las plagioclasas es diferente para los esquistos y anfibolitas: el promedio de las primeras es de 27% Anortita (oligoclaza) y el de las segundas: 41% Anortita (andesina).

En cambio, la epidotización de anfibolitas da lugar a una acidificación variable de la plagioclaza: en este sentido, los valores citados ejemplifican la tendencia general, pero no son necesariamente representativos en cuanto a su magnitud.

Con respecto a las mediciones en pegmatitas, también se observa cierta variación. La N° 64 proviene de la venilla pegmatítica descrita con relación a la fig. 2 (Perfiles de los Piques 1, 2 y 3). La N° 102 y 380, en cambio, corresponden a pegmatitas estériles que integran el basamento de la zona y que no guardan relación alguna con los fenómenos de mineralización scheelítica.

ESTUDIO QUÍMICO DE LA TACTIZACIÓN ; SU RELACION CON LA COMPOSICION DE

ALGUNAS ROCAS VECINAS

En esta sección se estudiarán los resultados del análisis químico de algunos tipos litológicos típicamente relacionados con los fenómenos de tactización, a saber: mármol, mármol tactizado o tactita, anfibolita epidotizada y anfibolita.

El lugar elegido para el muestreo está ubicado unos 300 m. al norte del área mapeada por Smith y González, sobre la sucesión continua de afloramientos carbonáticos que constituyen el ala occidental de este sector del yacimiento. Está, además, a unos 160 m. algo al S.W. de las labores del Pozo N° 9. (Corresponde a L.24 en el mapa de Lapidus).

Constituye un buen ejemplo de parte de la secuencia general encontrada en el yacimiento, siendo muy clara la relación entre bancos carbonáticos y anfibolitas. En esta zona, por otra parte, la continuidad de los afloramientos carbonáticos como así también la potencia del conjunto anfibolítico, alcanzan algunos de sus mayores valores.

Por último, la presencia de un potente banco de anfibolitas epidotizadas cerca del carbonático, permite abarcar ejemplos representativos de todos los tipos involucrados.

Muestreo: tratándose, en este caso, de caracterizar la composición química de diversas rocas, algunas de las cuales integran potencias apreciables, se recurrió a un muestreo compuesto. Se intentó, por consiguiente, que cada una de las cuatro muestras tomadas, correspondientes a otros tantos tipos litológicos, comprendiera ejemplos de las principales variaciones presentes en una misma unidad litológica. En la práctica, cada muestra se integró con varios fragmentos de tamaño equivalente extraídos a lo largo de un recorrido transversal al rumbo (NNW; inclinación aproximadamente 60° E) del conjunto. El largo total de este recorrido, medido en superficie, fue de aproximadamente 50 m. De W a E comprendió:

- a) Banco carbonático, tactizado cerca de los contactos. Potencia total (incluyendo la franja tactizada) : 2 m.
- b) Franja tactizada oriental; potencia variable entre 0,35 y 0,80 m.
- c) Anfibolitas muy epidotizadas: potencia 4,50 m.

d) Anfibolitas : potencia aproximada 36 m.

Las cuatro muestras así obtenidas, de 1 ó más kg. cada una fueron posteriormente reducidas por los procedimientos habituales, a fin de realizar su análisis químico.

De la anterior enumeración de los tipos muestreados, surge que no se incluyen los esq. cuarzo-oligoclase-biotíticos que marginan el banco carbonático del lado oeste. Ello se debió a la presencia, allí, de uno de los filones pegmatíticos estériles (potencia 2 m.) que corren en forma casi concordante, y prácticamente en contacto, con el banco carbonático; no guarda relación con la tactización ni con la mineralización scheelítica del lugar. Además, por los fenómenos de inyección local que presentan, los esquistos no pueden considerarse representativos de esa clase de roca.

Con respecto a la tactita y en el lugar del muestreo, está predominantemente desarrollada en el contacto oriental del mármol.

En otros lugares cercanos, en cambio, se manifiesta mejor en el contacto opuesto; en todos los casos, sin embargo, la composición mineralógica, tipos de asociación, etc., es la misma.

A continuación se describen los principales rasgos petrográficos de las rocas muestreadas:

Mármol: Se trata de un mármol calcítico-dolomítico foliado con apreciable proporción de clorita, poca flogopita y escasa tremolita diseminada. Predomina un mármol calcítico-clerítico, observándose pasajes a escuas dolomíticas de grano más fino, algo flogopíticas.

Tactita: Similar, en términos generales, a las descritas para el Pozo N° 9. Algo foliada y predominantemente tremolítica, presenta agregados locales de epidoto, cuarzo y calcita II asociados con poca scheelita fina, como así también delgadas fajas lenticulares, concordantes, de flogopita fina a muy fina.

Anfibolitas y anfibolitas epidotizadas:

(1) anfibolitas: rocas esquistosas de composición relativamente uniforme en las que varía, sobre todo, la relación entre los minerales máficos (casi exclusivamente hornblenda) y félsicos (andesina; poco cuarzo). Dicha relación varía, aproximadamente, entre los extremos 4: 1 y 1: 4. Algunas contienen cantidades subordinadas de biotita y, en ciertos casos, clorita.

Son similares a las anfibolitas encontradas al sur del Pique 5 y, como aque-

llas, pueden contener pequeñas cantidades de epidoto fino.

Además, también se observan algunas delgadas fajas muy epidotizadas, como así también tabiques de esquistos más micáceos; sin embargo, considerados en conjunto, representan una proporción baja del total, francamente menor que la hallada en aquel perfil del Pique 5.

(ii) anfibilitas epidotizadas: constituyen los primeros 4,50 m. al este del banco carbonático. Se caracterizan por la abundancia de epidoto y constan, típicamente, de una alternancia de bandas anfibólicas y epidóticas. Su relación con las anfibilitas es evidente y el examen microscópico muestra los mismos fenómenos de decoloración del anfíbol, epidotización de plagioclasa, etc., descritos anteriormente.

Sin embargo, presentan algunos rasgos más, que en parte los diferencian de tipos ya considerados. Aún cuando surge claramente su similitud con las anfibilitas típicas, la foliación mineralógica de estas rocas suele ser más gruesa e irregular. El anfíbol es francamente fibroso y a menudo de textura algo radial; corresponde a una variedad actinolítica, fuertemente pleocroica y que, como se vió al considerar la mineralogía del anfíbol, no es ópticamente diferenciable de la hornblenda.

Otro hecho de interés, sobre todo por su significado genético, es la presencia de algunos cuerpos chicos, lenticulares, de tactita que aparecen intercalados en esta parte de la secuencia. Así, p.ej., 3 m. al este del comienzo de este banco epidotizado se observa una intercalación carbonática, totalmente tactizada, de unos 3 m. de largo y 0,40 m. de ancho; hay, además, algunos otros de menor dimensión en las cercanías. Indican la naturaleza algo gradacional del banco considerado, respecto del carbonático: ello contribuye a explicar, también, su carácter algo distinto frente a las anfibilitas típicas, aún dejando de lado la marcada epidotización que evidencian.

Por otra parte, la tactización de estas lentes indica que los procesos responsables de la misma actuaron a través del conjunto considerado, aún a cierta distancia del contacto con el banco carbonático vecino: es probable, por consiguiente, que las anfibilitas epidotizadas también reflejen, en cierto grado, el resultado de dicho metamorfismo.

Por último, hay abundantes indicios de epidotización en estas rocas. A los ya señalados deben añadirse: zonas irregulares, verde-amarillentas, de intensa epidoti-

sación local, y la existencia de venillas epidóticas finas y discordantes que atraviesan, sobre todo, las porciones próximas al carbonático.

Presentación de los análisis químicos: se ha considerado que la forma más conveniente para presentar los resultados de estos 4 análisis químicos consiste en reformularlos en base a la celda standard de Barth (1948). Este procedimiento constituye uno de los métodos más versátiles de cálculo petrológico, permitiendo extraer conclusiones a partir de los datos analíticos que habitualmente no surgen de la mera inspección de los mismos.

Teniendo en cuenta el papel preponderante del oxígeno en la mayoría de las rocas, como así también la conveniencia de establecer comparaciones entre distintas litologías sobre la base de iguales volúmenes, Barth definió la celda standard de una roca como aquella unidad de la misma que contiene 160 oxígenos.

Dado que el oxígeno, en promedio, constituye alrededor del 94% en volumen de la mayoría de las rocas, con lo cual la suma de todos los cationes (incluyendo Si) es de aproximadamente 6%, el tomar como unidad de comparación un cierto número de oxígenos equivale a fijar un determinado volumen constante de una roca. Por otra parte, Barth eligió 160 oxígenos pues en general van asociados a 100 cationes, con lo que la enumeración de los mismos corresponde, prácticamente, con los porcentajes atómicos de los elementos presentes en la roca (salvo oxígeno). La cifra citada de 100 cationes representa un valor promedio para diferentes clases de rocas; al respecto, los valores extremos en cada sentido son del orden de 80 cationes para rocas sedimentarias meteorizadas y 120 para rocas de ambientes metamórficos profundos. (Barth op. cit.)

Mediante este procedimiento, los análisis químicos de rocas pueden expresarse con una "fórmula" en la que constan las relaciones catiónicas calculadas en base a 160 oxígenos. Además, por corresponder a volúmenes iguales, la comparación de las mismas permite determinar cambios de quimismo fácilmente.

En el presente estudio, teniendo en cuenta la presencia de flúor, se han reformulado los análisis químicos en base a: 160 (O, OH, F) lo cual permite, a la vez, una comparación rápida y sencilla con los minerales analizados del yacimiento [como se recordará, expresados para: 24 (O, OH, F)].

Con relación a la validez del método en el presente caso, son dos los aspectos a tenerse en cuenta:

(1) La diferencia señalada en el número de cationes asociados con 100 O y que se evidencia más claramente al considerar rocas de ambientes geológicos muy dispares (p.ej. productos de meteorización y de metamorfismo profundo). En la práctica, esto equivale a establecer una limitación para la aplicación del método: deben compararse las celdas correspondientes a rocas de un mismo tipo de ambiente geológico o, en sentido amplio y en lo que hace a los principales parámetros físicos (temperatura, presión), de una misma facies mineralógica.

Esta condición se cumple para las rocas de "El Morro N° 1" debido a su carácter metamórfico, no obstante la evidencia de fenómenos, como los diafórficos, que señalan ciertas variaciones en las condiciones que rigieron durante su formación.

(2) La constancia de volumen, que constituye una característica del método ideado por Barth, a la vez que una de sus principales ventajas.

A este respecto, surge un problema al considerar la tectización del mármol. En general, se estima que la silicatización de cuerpos carbonáticos va acompañada de una marcada disminución de volumen debido, fundamentalmente, a la pérdida de CO_2 (g). Sin embargo, el monto de dicha contracción dependerá de varios factores relacionados, en última instancia, con las condiciones físico-químicas imperantes durante la transformación. Los valores más altos citados corresponden a los cambios operados en sedimentos carbonáticos impuros durante el metamorfismo de contacto. Así, p.ej., Edwards, Baker y Callew (1956) estimaron contracciones de volumen del orden de 11 a 22%.

Para el caso considerado, el posible cambio de volumen en las partes tectizadas sería mucho menos pronunciado. En primer lugar, la de-carbonatización se produciría como resultado del metasomatismo actuante y no de la interacción del material carbonático con impurezas presentes en el banco original; de hecho, ello implica que la pérdida de ciertos componentes fue total o parcialmente compensada por el aporte de otros. En segundo lugar, suponiendo que la silicatización fue se acompañada por la pérdida de CO_2 (g), tales transformaciones, de alguna manera relacionadas con el metamorfismo regional que imperó en la zona, tuvieron lugar a cierta profundidad y bajo condiciones que en parte limitaron el escape de volátiles como CO_2 .

De más está decir que, por sus rasgos petrológicos, no existen en la zona indicios para determinar posibles cambios de volumen como los señalados.

Por lo expuesto, sin embargo, se estima que la tectización puede considerar-

se, esencialmente, como un proceso verificado bajo volumen constante, con lo cual resulta factible el empleo del método propuesto.

Por último, y para terminar con estas consideraciones previas, debe señalarse que el procedimiento de la celda standard de Barth ha sido criticado por diversos autores. Puedan citarse, a título de ejemplo, los reparos formulados por Yegorov (1962).

Este autor ha señalado que, al no tomar en cuenta la densidad de empaquetamiento del oxígeno en los diversos minerales se introducen ciertos errores en los cálculos correspondientes: vale decir que el volumen de la celda standard para distintos minerales no es el mismo. Por ello, basándose en determinaciones mediante Rayon-X, toma en cuenta el volumen de la celda unitaria de cada uno de los minerales involucrados a fin de considerar la correspondiente densidad de empaquetamiento iónico.

En la práctica, al compararse los resultados obtenidos con el método de Barth y el de Yegorov, para un mismo análisis litológico, se aprecia que son casi coincidentes.

Por consiguiente, aún aceptando la precisión algo mayor del 2º método, el empleo de la celda standard de Barth está plenamente justificado para casos como los contemplados, máxime teniendo en cuenta el carácter compuesto del muestreo involucrado y el limitado número de análisis químicos efectuados.

Representación gráfica e interpretación de los análisis químicos: en las tablas adjuntas figuran los análisis químicos efectuados en el Laboratorio de Análisis de Rocas (F.C.E. y N.); además, constan los números de cationes calculados para una celda standard de 160 (O, OH, F), como así también las respectivas "fórmulas" de cada roca (Tablas 7 - 10).

A continuación de éstas, se han incluido tablas en las que se compara, de a dos, la composición de las distintas rocas: se trata, en definitiva, de determinar el aporte y sustracción de material necesario para la supuesta conversión de ciertos tipos litológicos en otros (Tablas 11 - 13).

A fin de facilitar el tratamiento de los datos, se han representado gráficamente los números de cationes contenidos en la celda standard de cada roca: se obtienen, así, diagramas de variación para el conjunto muestreado.

El primero, fig. 7, se refiere a los cationes más abundantes incluyendo Fe total (o sea: $Fe^2 + Fe^3$). En la fig. 8 se representan los cationes menos abundan-

tes, con la escala de ordenadas aumentada 10 veces respecto del gráfico anterior.

El 3er. gráfico, fig. 9, es útil para fines comparativos y reproduce el primero (fig. 7), con la exclusión de los datos correspondientes a la tactita.

En cada caso, las abscisas no cumplen otra función que la de separar los valores para distintas rocas; la magnitud de esta separación es constante y, por lo dicho, enteramente convencional.

Mediante la consideración de estos gráficos puedan extraerse varias conclusiones de interés relacionadas, sobre todo, con los siguientes tres aspectos:

- a) rasgos químicos de la tactización.
- b) relación composicional que existe entre los tres tipos litológicos predominantes del perfil, vale decir: rocas carbonáticas - anfibolitas epidotizadas - anfibolitas.
- c) origen de la tactización, explicada en función de los dos aspectos anteriores (a y b).

Con relación a los mismos puede observarse:

a) El primer análisis (Tabla 7) refleja la composición carbonática y cálcico - magnésica del mármol. Los restantes cationes provienen de cantidades subordinadas de otros minerales: clorita y en menor grado, flogopita y tremolita diseminadas, accesorios como titanita, apatita, etc. La proporción relativamente elevada de H^+ (correspondiente a OH^-) proviene, principalmente, de la clorita. Sin embargo, un cálculo aproximado en base a las relaciones catiónicas de ese tipo de mineral permite comprobar que el H^+ determinado no resultaría suficiente, si la clorita fuese el único silicato presente; de la misma manera, tampoco habría suficiente Al. De hecho, esto se explica por la presencia de otros minerales, cuyas respectivas relaciones estequiométricas son muy diferentes a las de la clorita.

Por otra parte la presencia, en pequeñas cantidades de otros minerales como tremolita, indica un reducido aporte metasomático del tipo operado en la tactita: ello explica, también, que la proporción de F encontrada sea demasiado elevada, con relación al K, para ser únicamente atribuida a la flogopita presente en el mármol.

Los cambios operados durante la tactización pueden resumirse como sigue (fig. 7):

- Se manifiesta claramente la variación antitética de Si y C: corresponde a la simultánea silicatisación y de-carbonatización operada durante el metasomatismo que afectó el banco carbonático.

- La disminución en la proporción catiónica del Mg es sensiblemente menor que la del Ca. Refleja la incorporación preferencial del primero en la tremolita, el silicato dominante en la tactita. Con respecto al Ca, en cambio, la parte retenida en dicho silicato es menor; por otra parte, la calcita intersticial que en la tactita resulta de la de-dolomitización de porciones magnesianas del mármol o bien de la recristalización de calcita preexistente, como así también la cantidad del catión incorporado p.ej. en el epidoto (cuya proporción es variable pero siempre menor que la del anfibol), no alcanzan a dar cuenta del calcio disponible. Se opera, así, una pérdida aproximadamente 4 veces mayor de este catión respecto del Mg. Esta diferencia de comportamiento es común para casos como el considerado; frecuentemente, se encuentran referencias a la mayor movilidad del Ca respecto de Mg (p.ej.: Marakushev, 1958; pág. 203)

- El aumento del Al es, con relación al Si, mucho menor; nuevamente, la principal razón radica en la composición del anfibol, que requiere sólo reducidas proporciones de dicho componente. Inclusive, la proporción de Al en la tactita es mayor que la atribuible a ese mineral [▼]: el excedente está incorporado en aluminio silicatos como flogopita y epidoto. Consideraciones análogas valen para el comportamiento de Fe total; resulta más indicativo, al respecto, tomar Fe² como referencia (fig. 8).

- El aumento de H⁺ (o sea OH⁻) refleja la intensa silicatización por minerales hidroxilados, sobre todo tremolita. Al respecto, la cantidad de H⁺ encontra-

[▼] Esto se manifiesta de inmediato calculando, en forma aproximada, la relación catiónica Si : Al para los principales minerales de la tactita y comparándolas con el valor determinado para la tactita en sí:

flogopita (tomando N° 108)	:	Si/Al = 5,89/3,07 = 4,92
tremolita (" N° 21)	:	" = 24,20
actinolita (" N° 16)	:	" = 39,50
epidoto (relación teórica):	:	" = 1,50

Relación Si/Al en la tactita analizada: 38,7/10,05 = 3,85

La presencia de cantidades significativas, aún cuando subordinadas, de flogopita y epidoto explican el valor de Al hallado.

(Además, no se tuvieron en cuenta pequeñas cantidades de cuarzo que, naturalmente, elevan la proporción de Si sin afectar la de Al en la roca).

da es suficiente para hidroxilar toda la tremolita y flogopita presentes en la tactita [†].

Resulta llamativo, sin embargo, el reducido incremento de H^+ respecto del contenido en el mármol, si se tiene en cuenta que su índice de silicización es mucho menor que el de la tactita. No obstante, ello resulta de la mayor proporción de OH en la clorita, frente a flogopita o tremolita (más de 4 y 8 veces mayor, respectivamente).

- En cuanto a los cationes menos abundantes (fig. 8) todos muestran, en grado variable, un aumento al pasar del mármol a la tactita. Al Fe se ha hecho referencia anteriormente. Entre los restantes, el K muestra el mayor incremento, comportamiento que contrasta notablemente con el del Na y que se relaciona con la formación de flogopita. Surge del gráfico, asimismo, que el aumento de F está en gran parte relacionado con el de K; la explicación es la misma.

b) La relación de composición que existe entre el mármol y las rocas vecinas puede apreciarse más claramente dejando de lado la franja tactizada: en la fig. 9 p.ej., se han representado los datos de la fig. 7, a excepción de los correspondientes a la tactita. De esta manera, a partir del mármol se manifiesta:

(i) la disminución casi lineal de Ca y Mg, notándose una disminución más pronunciada del C, que resulta de su carácter sumamente móvil [p.ej. $CO_2(g)$].

(ii) el correlativo aumento de Si y Al.

(iii) un leve aumento de H^+ (o sea OH^-) para el grupo intermedio debido, probablemente, a la epidotización.

Las variaciones (i) y (ii) constituyen las de mayor interés; reflejan, en gran parte, el resultado de diferencias en la composición del sedimento original. Esta explicación concuerda no sólo con el carácter geológico general de la secuencia: mármol - anfibolitas epidotizadas - anfibolitas, sino que resulta confirmada por la presencia de algunas lentes carbonáticas (luego tactizadas) intercaladas entre las anfibolitas epidotizadas.

[†] Los cálculos se excluyen para no tornar tediosa la lectura. En este caso, p.ej., basta calcular el H^+ requerido por el K presente, en base a la fórmula de la flogopita (p.ej. según la mica N° 108). El excedente de H^+ satisface, ampliamente, la cantidad requerida para tremolita. Como se aclaró anteriormente, se trata sólo de cálculos aproximados adecuados, sin embargo, para evidenciar marcadas anomalías, si existieran.

El examen de la fig. 8 permite añadir algunas observaciones complementarias, con respecto a los cationes menos abundantes; su comportamiento en la tactita ya fue considerado anteriormente:

- se evidencia un marcado contraste en la variación de los dos elementos alcalinos. A diferencia del K, el Na es más abundante en las anfibolitas epidotizadas y, sobre todo, en las anfibelitas. Ello refleja su relación con la plagioclasa de estas rocas; además, el mayor contenido sódico de las anfibolitas no proviene de que su plagioclasa sea más ácida que la de las anfibolitas epidotizadas. Por el contrario, como se ha visto al considerar las plagioclasas de unas y otras, la epidotización de las anfibolitas es acompañada por acidificación variable de la andesina original. El aumento de sodio se debe, en cambio, a la mayor proporción de feldespato en las anfibolitas y no obstante su mayor % de Anortita.

- el desdoblamiento de Fe total en Fe² y Fe³ permite comprobar el aumento de Fe³ relacionado con la epidotización de anfibolitas; equivale, prácticamente, a un cambio en el estado de oxidación de dicho elemento.

- se evidencia una variación francamente menor en el contenido de algunos componentes, p.ej. Mn y P.

c) El origen de la tactización es probablemente el aspecto más importante por su relación con la mineralización scheelítica. Constituye, asimismo, el de más difícil dilucidación. Puede encararse en base a las consideraciones anteriores con referencia, nuevamente, a las fig. 7 y 8.

En tal sentido y en lo que respecta a la composición de esta tactita, se observan tres tendencias principales en el comportamiento de los diversos cationes:

- aquéllos cuya proporción en la tactita es intermedia respecto de rocas contiguas; fundamentalmente: Mg, Al, Fe total (y particularmente Fe²).

- cationes cuyas proporciones en la tactita y anfibolitas adyacentes (epidotizadas) son esencialmente equivalentes; Si, Ca y Ti.

- elementos relativamente concentrados en la tactita; constituyen ejemplos de tales máximos: H⁺, F y K.

Toda interpretación genética de la tactización debe contemplar estos hechos.

Resulta evidente, en primer término, que no pueden atribuirse a rasgos composicionales de los bancos carbonáticos; por el contrario, todas las evidencias de campo citadas para este y otros lugares del yacimiento, señalan el origen metasomático de estas rocas.

aj

En este sentido, conviene tener presente dos características fundamentales de las tactitas, referentes a su emplazamiento geológico: están siempre desarrolladas en rocas químicamente muy reactivas (cuerpos carbonáticos, a menudo magnesianos) y prácticamente siempre localizadas cerca de contactos con rocas vecinas, sean esquistos o anfibolitas.

Se estima, en base a sus relaciones geológicas y a los diagramas ^{comparativos} (comparativos) que las tactitas son el resultado, en gran parte, de la interacción química entre los bancos carbonáticos y las rocas circundantes.

En efecto, la explicación más sencilla para las dos primeras tendencias composicionales más arriba citadas, consiste en atribuirles al intercambio de material entre mármol y anfibolitas; la constitución catiónica de la roca resultante (tactita) es, por esa razón, intermedia respecto de dichos extremos en algunos casos o prácticamente equivalente al de las anfibolitas epidotizadas (Si, Ca) en otros.

La tactita considerada representaría, fundamentalmente, el producto de reacción entre dos litologías disímiles: mármoles y anfibolitas. Vale decir, entonces, que el papel primordial de los agentes metasomatizantes fue el de promover cambios de composición tendientes a reducir, o anular, los gradientes composicionales existentes. Ello equivale a considerar que la mayor parte de los componentes o cationes añadidos al mármol en la zona tactizada, provienen de las rocas circundantes y, particularmente en este caso, de las anfibolitas. Pertencerían, por consiguiente, al tipo de los llamados "skarn de reacción", lo cual resulta muy factible teniendo en cuenta el carácter metamórfico de la zona.

Así encarada, la tactización correspondería en gran parte a una nivelación química del gradiente entre rocas contiguas, de composición contrastante.

Sin embargo, es discutible que este tipo de proceso origine la concentración de ciertos componentes evidenciada por la tercera tendencia de los gráficos ^{comparativos} ~~comparativos~~; es el caso de: H⁺, K y F.

Debe tenerse presente, al respecto, que estos elementos tienen una importante característica en común: son (como por otra parte lo es el C) componentes muy móviles. Como tales (componentes perfectamente móviles de: Korzhinskii, 1959 - pág. 71 y 137), su concentración para una asociación mineralógica dada fue determinada por las condiciones externas. Así, en una roca metamórfica y a diferencia de los componentes inertes cuya proporción corresponde aproximadamente al de la roca pre-

via, el contenido de los componentes muy móviles no refleja tal vinculación; dependen, únicamente, para una determinada relación de componentes inertes en la *roca metamórfica*, de las condiciones externas imperantes durante la transformación.

Atendiendo a esta característica y a la presencia de los tres cationes en las rocas circundantes se podría, como primera hipótesis, atribuir dicha tendencia a un proceso de concentración operado durante el metasomatismo, similar a la llamada "culminación geoquímica" de otros autores.

Cabría, sin embargo, una segunda hipótesis, contrapuesta con la anterior: tales concentraciones señalan el resultado de un aporte externo.

Por consiguiente, las dos alternativas respecto de la tactización serían:

(i) reordenamiento interno del conjunto litológico respondiendo a gradientes composicionales fuertes, sin aporte externo al "sistema".

(ii) distinto grado de aporte externo.

Así como se ha considerado que la composición general de la tactita responde a procesos de intercambio o reacción entre rocas contiguas [vale decir (i)], existe un elemento de juicio, de considerable peso, a favor de cierto aporte externo. Se refiere a la presencia de scheelita que, si bien restringida en el perfil muestreado (0,11% WO_3), es un mineral típicamente asociado a las tactitas.

La presencia de este mineral es un claro indicio de aporte externo y no mera reformulación de componentes presentes en las rocas vecinas. Planteado en estos términos, se desprende que las rocas consideradas son, en distinta medida, el resultado de la superposición de (i) y (ii); también, que en principio podrían atribuirse el W, F, H⁺ y K a una fuente exterior. ↓

Resulta a todas luces imposible fijar, aún aproximadamente, la importancia relativa de los dos procesos (i y ii). Sin embargo y por lo expuesto, se estima que la composición global de la tactita responde, esencialmente, a un proceso de interacción química determinado por gradientes composicionales, impulsado por las condiciones térmicas imperantes durante el metamorfismo regional y facilitado por la participación de agentes metasomatizantes o, genéricamente, fluidos en los que intervinieron agua, flúor y potasio entre otros.

Una cuestión relacionada con los aspectos anteriores y que no ha sido aún considerada, atañe a la posible incidencia de los cambios metasomáticos en las fibrolitas epidotizadas, contiguas a la tactita. Esta posibilidad fue mencionada al describir los rasgos petrográficos del grupo en cuestión (véase: muestreo).

Evidentemente, la silicización de las pequeñas lentes carbonáticas intercaladas en este tramo responden al mismo origen que las tactitas propiamente dichas.

Se ha visto que la secuencia: carbonático -anfíbolitas epidotizadas- anfíbolitas refleja, fundamentalmente, diferencias en la composición inicial del material sedimentario o pre-metamórfico; sin embargo, tanto por algunas de sus características actuales (p.ej. la marcada epidotización), como por su posición en la secuencia y presencia de lentes tactizadas, pueden inferirse ciertos cambios de tipo metasomático en esa variedad de anfíbolitas.

Al respecto, merece citarse el comportamiento del Ca (fig. 7): se ha visto, como resultado de la tactización del mármol, que la correspondiente disminución de Ca era más pronunciada que la de Mg. En tal sentido, llama la atención que el contenido de Ca en la tactita y anfíbolitas epidotizadas sea prácticamente el mismo. El comportamiento de este catión resulta, por comparación con el Mg, algo anómalo. Ello se explica, no obstante, por el carácter más móvil del primero: vale decir, mientras el Mg refleja, básicamente, la tendencia composicional inicial a través del sedimento (disminución del "material dolomítico" entremezclado, a partir del banco carbonático), el comportamiento del Ca refleja el posterior aporte de dicho banco a las anfíbolitas contiguas, en parte como calcita en fracturas, grietas, etc. pero preponderantemente como epidotización intensa.

En definitiva, aunque en grado mucho menor, las anfíbolitas epidotizadas también reflejan el resultado de procesos metasomáticos actuantes durante la formación de las tactitas.

En consecuencia, puede formularse la siguiente imagen esquemática para los cambios metasomáticos que, conjuntamente con las diferencias de composición inicial en esta secuencia, determinaron la constitución final de estos tipos litológicos:

El banco carbonático por un lado y las anfíbolitas normales (no epidotizadas) por el otro, configuraron los "polos" de un gradiente composicional que, durante el metamorfismo regional y mediante el concurso de fluidos o soluciones que actuaron, más que nada como agentes de transporte, determinó un intercambio de material particularmente favorecido por la naturaleza reactiva de las rocas carbonáticas. /

Si bien no resulta posible determinar las características de los agentes citados, a juzgar por la preeminencia de minerales hidroxilados en los productos de reacción, el agua constituyó uno de los componentes principales; se han dado razones para sugerir la participación de otros componentes muy móviles como: K y F, contemplándose también la posibilidad de que procedan, junto con W de alguna fuente externa.

Complementando lo anterior, puede mencionarse un hecho que surge de los cálculos de aporte y sustracción de material realizados para diversas rocas conti-

guas (véanse tablas: 11, 12 y 13. "Comparación de la composición catiónica de rocas en base a las Celdas Standard"). Se refiere a las cifras de migración neta involucradas en las diversas "conversiones" y transcriptas a continuación:

mármol a tactita:	0,4504	catiónes
anfíbolita epidotizada a tactita:	1,8773	"
anfíbolita a anfíbolita epidotizada:	6,4840	"

A través de estas cifras se evidencia una tendencia cuya interpretación física es, sin duda, discutible pero que puede relacionarse con el problema en discusión de la siguiente manera: se comprueba que donde el metasomatismo seguramente fue el proceso más importante (para la conversión de mármol en tactita) la migración neta o sea aporte no compensado fue menor. En cambio, en el extremo opuesto, la conversión teórica de anfíbolita en anfíbolita epidotizada requiere un aporte no compensado mucho mayor; al respecto, se ha visto que la relación entre los dos tipos fue en parte atribuida a metasomatismo pero, básicamente, a diferencias de composición inicial.

Se sugiere, por consiguiente, que dicha tendencia puede aquí relacionarse con la ingerencia relativa de los procesos de tipo metamórfico en los correspondientes cambios de composición considerados.

Esencialmente, ello equivale a suponer, dado que las distintas conversiones se basan en volúmenes iguales, que solamente hay compensación casi total entre aporte y sustracción cuando predominaron los cambios metamórficos, registrándose divergencias al comparar tipos litológicos donde ello no aconteció.

Según esta interpretación, la cifra correspondiente a la comparación entre anfíbolitas epidotizadas y tactita, se relacionaría con la superposición de diferencias composicionales iniciales y de importantes cambios de tipo metamórfico.

Por último, cabe formular una advertencia general con respecto a toda la discusión anterior: como se desprende del origen de los datos (análisis químicos), las tendencias señaladas en base a diagramas ^{comparativos} de ~~comparación~~, tablas de adición y sustracción, etc. se refieren a cambios globales de composición en las rocas. Vale decir, no permiten analizar distintas etapas de los cambios de quimismo, como sería de desear en base a consideraciones de tipo paragenético. Sin embargo, es la composición global de las tactitas la que determina su origen, ya que la proporción de minerales como epidoto, cuarzo y scheelita frente a la del anfíbol es, casi siempre, francamente menor.

Al considerar las conclusiones finales para este yacimiento, se intentará relacionar estos dos aspectos químicos del problema.

T A B L A 7

ANALISIS QUIMICO DE ROCAS : MARMOL

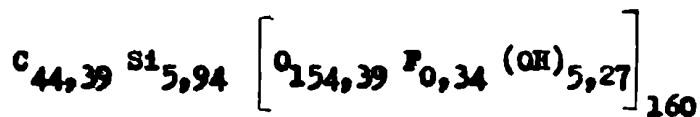
(Analista: Lafaille)

(Cálculos en base a la Celda Standard de Barth)

		N ^o caciones p/160 (O, OH, F)
SiO ₂	6,98 ✓	5,9400
TiO ₂	0,27	0,1700
Al ₂ O ₃	2,31	2,3093
Fe ₂ O ₃	0,43	0,2753
FeO	1,20	0,8515
MnO	0,10	0,0714
MgO	17,19	21,9546
CaO	31,95	29,1625
Na ₂ O	0,01	0,0152
K ₂ O	0,06	0,0662
H ₂ O ⁺	0,93	5,2700
H ₂ O ⁻	0,07	—
F	0,13	0,3474
P ₂ O ₅	0,12	0,0866
CO ₂	<u>38,33</u>	44,3919
	100,08	
O ≡ F	<u>0,05</u>	
	100,03	

1,1268

"Fórmula" del mármol:



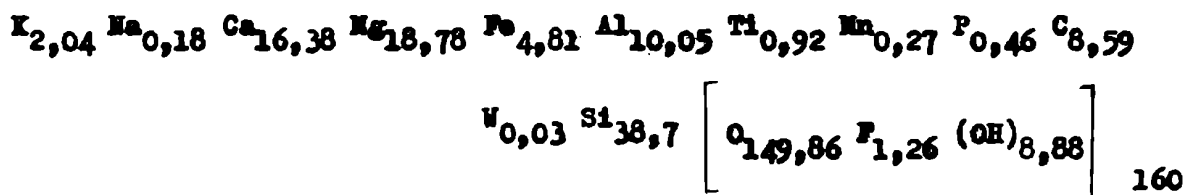
T A B L A 8

ANALISIS QUIMICO DE ROCAS : TACTITA (Analista: Lafaille)

(Cálculos en base a la Celda Standard de Barth)

		N ^o cationes p/160 (O, OH, F)	
SiO ₂	41,55	38,7000	
TiO ₂	1,33	0,9265	
Al ₂ O ₃	9,18	10,0533	
Fe ₂ O ₃	2,45	1,7106	} 4,8116
FeO	3,99	3,1010	
MnO	0,34	0,2680	
MgO	13,44	18,7800	
CaO	16,40	16,3800	
Na ₂ O	0,10	0,1790	
K ₂ O	1,72	2,0460	
H ₂ O ⁺	1,43	8,8800	
H ₂ O ⁻	0,37	—	
F	0,43	1,2620	
P ₂ O ₅	0,58	0,4580	
CO ₂	6,76	8,5900	
WO ₃	0,11	0,0279	
	100,18		
O ≡ F	0,18		
	100,00		

"Fórmula" de la tactita:



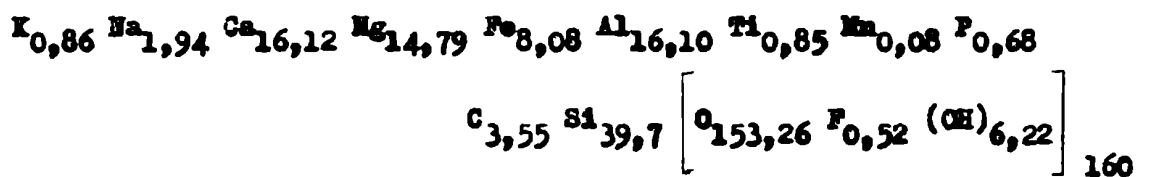
T A B L A 2

ANALISIS QUIMICO DE ROCAS : ANFIBOLITA EPIDOTIZADA (Analista ^{Κατ' αιξιν} ~~Κατ' αιξιν~~)

(Cálculo en base a la Celda Standard de Barth)

		N ^o cationes p/160 (O, OH, F)	
SiO ₂	41,15	39,7000	
TiO ₂	1,18	0,8500	
Al ₂ O ₃	14,20	16,1000	
Fe ₂ O ₃	5,98	4,3300	} 8,0780
FeO	4,66	3,7480	
MnO	0,10	0,0810	
MgO	10,23	14,7900	
CaO	15,60	16,1200	
Na ₂ O	1,04	1,9400	
K ₂ O	0,70	0,8620	
H ₂ O ⁺	0,97	6,2160	
H ₂ O ⁻	0,63	—	
F	0,17	0,5160	
P ₂ O ₅	0,83	0,6770	
CO ₂	2,70	3,5550	
	<u>100,14</u>		
O ≡ F	<u>0,07</u>		
	100,07		

"Fórmula" anfibolita epidotizada:



T A B L A 10

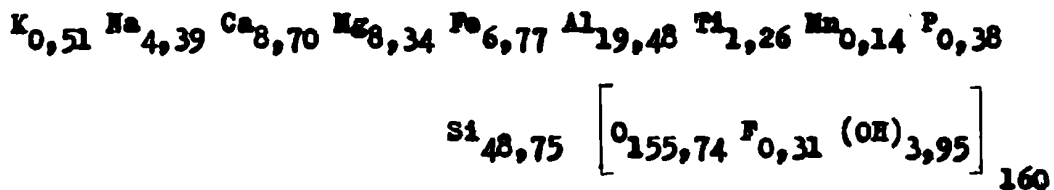
ANALISIS QUIMICO DE ROCAS : ANFIBOLITA (Analista: Kotelnikov)

(Cálculos en base a la Celda Standard de Barth)

		N ^o cationes p/160 (O, OH, F)
SiO ₂	50,13	48,7500
TiO ₂	1,74	1,2660
Al ₂ O ₃	17,03	19,4800
Fe ₂ O ₃	7,80	2,5240
FeO	5,26	4,2500
MnO	0,17	0,1400
MgO	5,72	8,3450
CaO	8,35	8,7000
Na ₂ O	2,33	4,3900
K ₂ O	0,41	0,5070
H ₂ O ⁺	0,61	3,9540
H ₂ O ⁻	0,19	—
F	0,10	0,3100
P ₂ O ₅	<u>0,47</u>	0,3850
	100,31	
O = F	<u>0,04</u>	
	100,27	

} 6,7740

"Fórmula" anfibolita:



T A B L A 11

COMPARACION DE LA COMPOSICION CATIONICA DE ROCAS EN BASE A

LAS CELDAS STANDARD

Caso I: adición y sustracción de cationes para la conversión de:
mármol en tactita.

Adición				Sustracción			
cación	mármol	tactita	△	cación	mármol	tactita	△
K	0,0662	→ 2,0460	1,9798	Ca	29,1625	← 16,3800	12,7825
Na	0,0152	→ 0,1790	0,1638	Mg	21,9546	← 18,7800	3,1746
Fe	1,1268	→ 4,8116	3,6848	C	44,3919	← 8,5900	<u>35,8019</u>
							51,7590
Al	2,3093	→ 10,0533	7,7440				
Ti	0,1700	→ 0,9265	0,7565				
Mn	0,0714	→ 0,2680	0,1966				
P	0,0866	→ 0,4580	0,3714				
W	—	0,0279	0,0279				
Si	5,9400	→ 30,7000	32,7600				
F	0,3474	→ 1,2620	0,9146				
H ⁺	5,2700	→ 8,8800	<u>3,6100</u>				
			52,2094				

(Control de valencias: equivalencia para 175,1 valencias)
Migración neta de cationes (mármol a tactita): 52,2094 - 51,7590 = 0,4504

42

T A B L A 12

COMPARACION DE LA COMPOSICION CATIONICA DE ROCAS EN BASE A
LAS CELDAS STANDARD

Caso II: adición y sustracción de cationes para la conversión de:
anfíbolita epidotizada en tactita.

Adición				Sustracción			
cación	anfíb.ep.	tactita	△	cación	anfíb.ep.	tactita	△
K	0,8620	→+ 2,0460	1,1840	Fe	1,9400	← 0,1790	1,7610
Ca	16,1200	→+ 16,3800	0,2600	Al	16,1000	← 10,0533	6,0467
Mg	14,7900	→+ 18,7800	3,9900	P	0,6770	← 0,4580	0,2190
Ti	0,8500	→+ 0,9265	0,0765	Si	39,7000	← 38,7000	1,0000
Mn	0,0810	→+ 0,2680	0,1870	Fe	8,0780	← 4,8116	<u>3,2664</u>
C	3,5550	→+ 8,5900	5,0350				12,2931
N	—	+ 0,0279	0,0279				
F	0,5160	→+ 1,2620	0,7460				
H ⁺	6,2160	→+ 8,8800	<u>2,6640</u>				
			14,1704				

(Control de valencias: equivalencia para 34,1 valencias)

Migración neta de cationes (anfíbolita epidotizada a tactita):

$$14,1704 - 12,2931 = \underline{1,8773}$$

T A B L A 13

COMPARACION DE LA COMPOSICION CATIONICA DE ROCAS EN BASE A

LAS CELDAS STANDARD

Caso III: adición y sustracción de cationes para la conversión de:
anfíbolita en anfíbolita epidotizada.

Adición				Sustracción			
cación	anfíb.	anfíb.ep.	△	cación	anfíb.	anfíb.ep.	△
K	0,507	0,862	+ 0,355	Na	4,390	← 1,940	2,450
Ca	8,700	16,120	+ 7,420	Al	19,480	← 16,100	3,380
Mg	8,345	14,790	+ 6,445	Ti	1,266	← 0,850	0,416
Fe	6,774	8,078	+ 1,304	Mn	0,140	← 0,081	0,059
P	0,385	0,677	+ 0,292	Si	48,750	← 39,700	<u>9,050</u>
C	—	3,555	+ 3,555				15,355
F	0,310	0,516	+ 0,206				
H ⁺	3,954	6,216	+ 2,262				
			<u>21,839</u>				

(Control de valencias: equivalencia para 50,6 valencias)
Migración neta de cationes (anfíbolita a anfíbolita epidotizada)

$21,839 - 15,355 = \underline{6,484}$ ✓

S COMPARATIVOS (CELDA STANDARD DE BARTH) - "EL MORRO N° 1"

s cationes de : mármol - tactita - anfibolita epidotizada - anfibolita

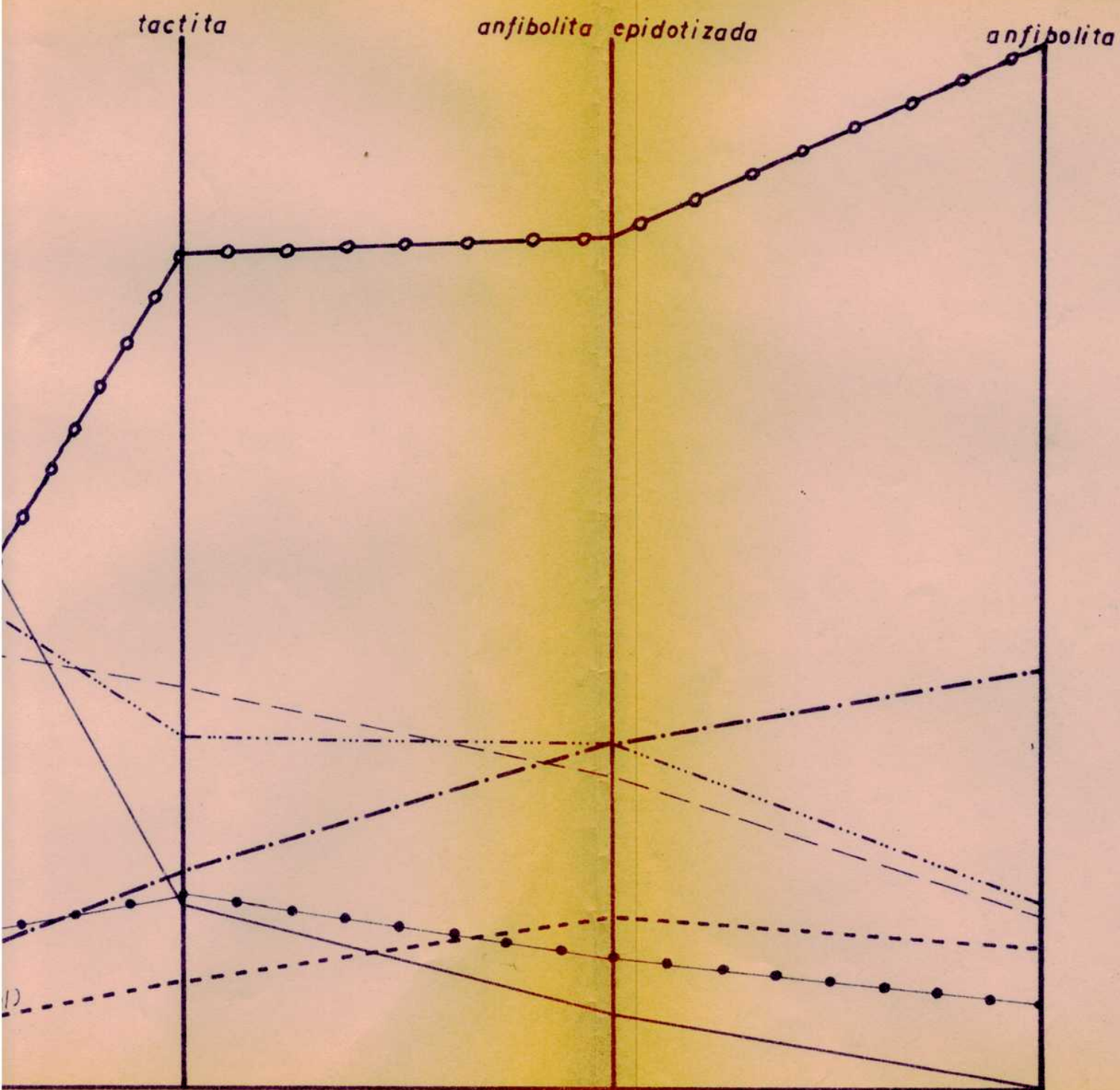
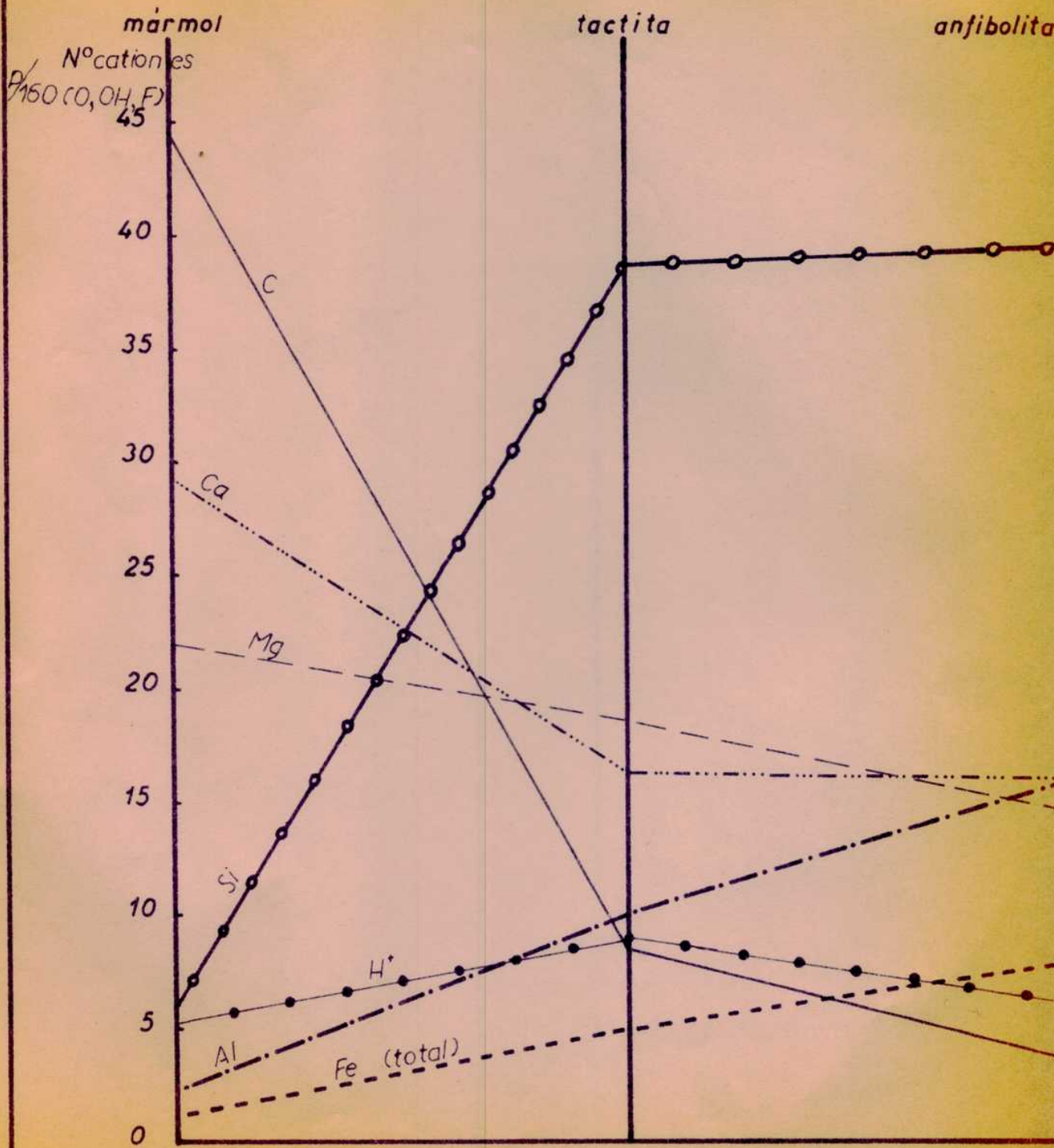


Fig. 7— DIAGRAMAS COMPARATIVOS (CELDA STANDARD

Principales cationes de : mármol - tactita - anfibolita



ANALISIS QUIMICOS (CELDA STANDARD DE BARTH) — "EL MORRO N° 1"

Mineralizantes de: mármol — tactita — anfibolita epidotizada — anfibolita

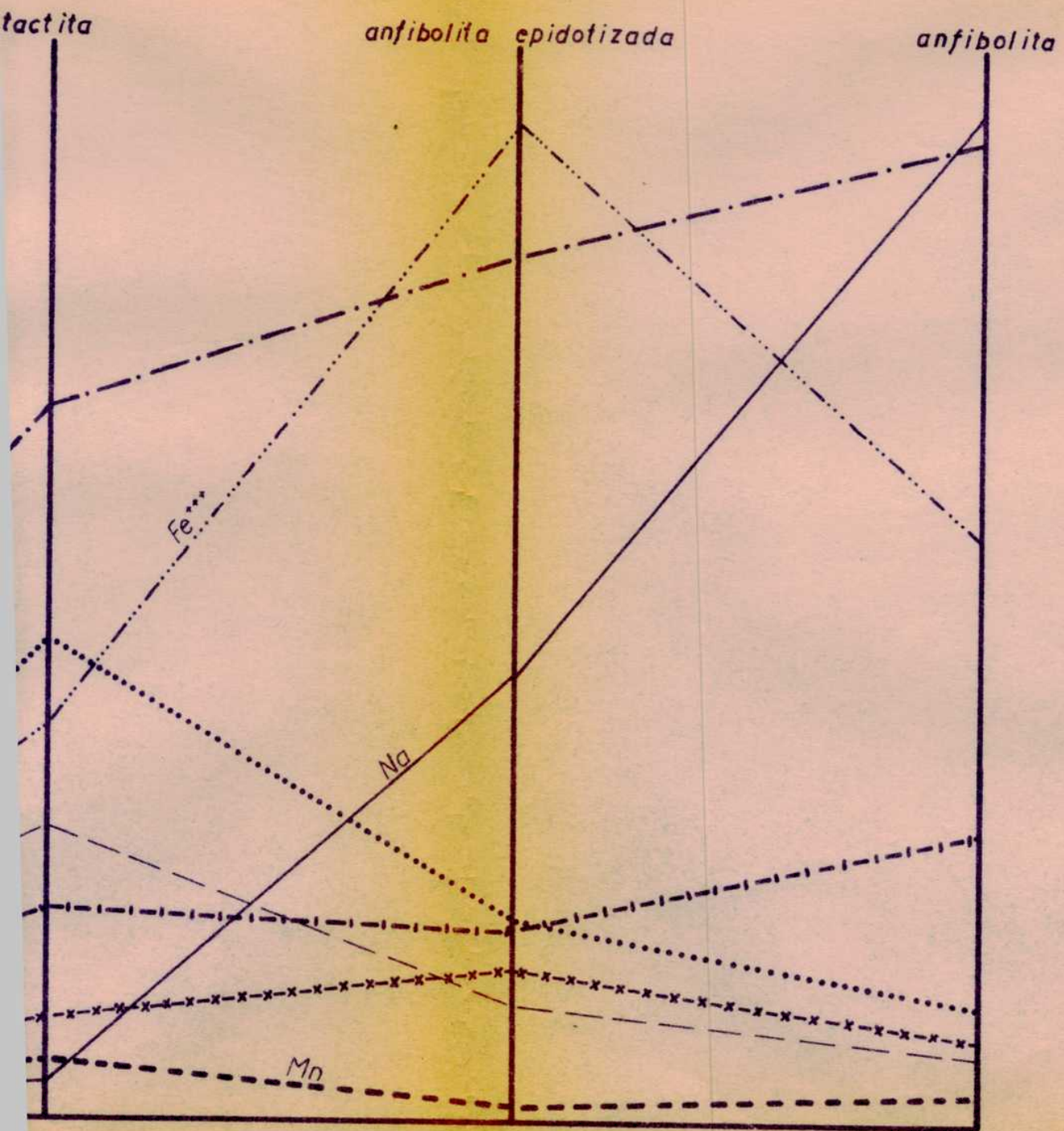


Fig. 8 — DIAGRAMAS COMPARATIVOS (CELDA STANDARD DE
 Cationes menos abundantes de: mármol — tactita —

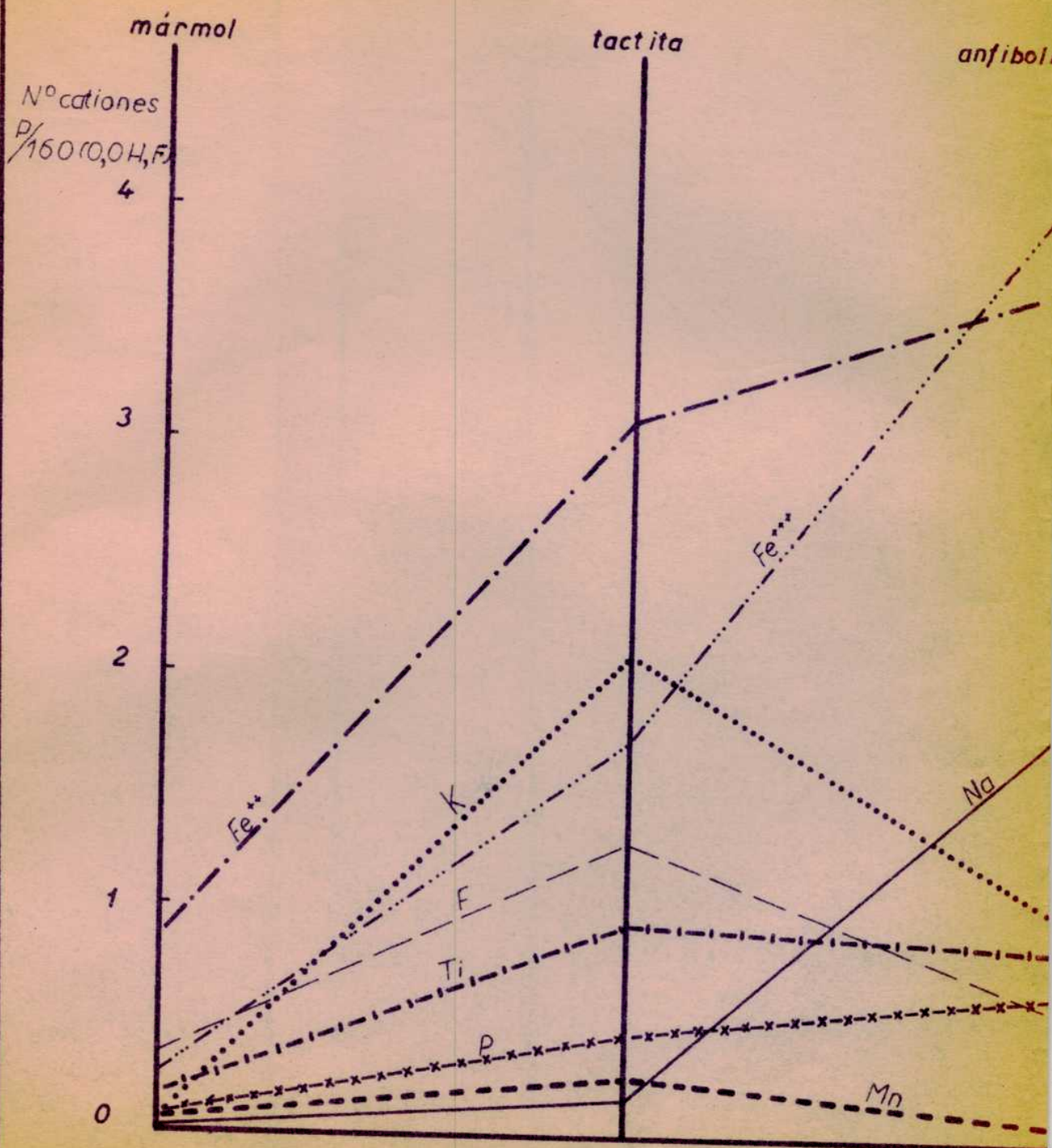
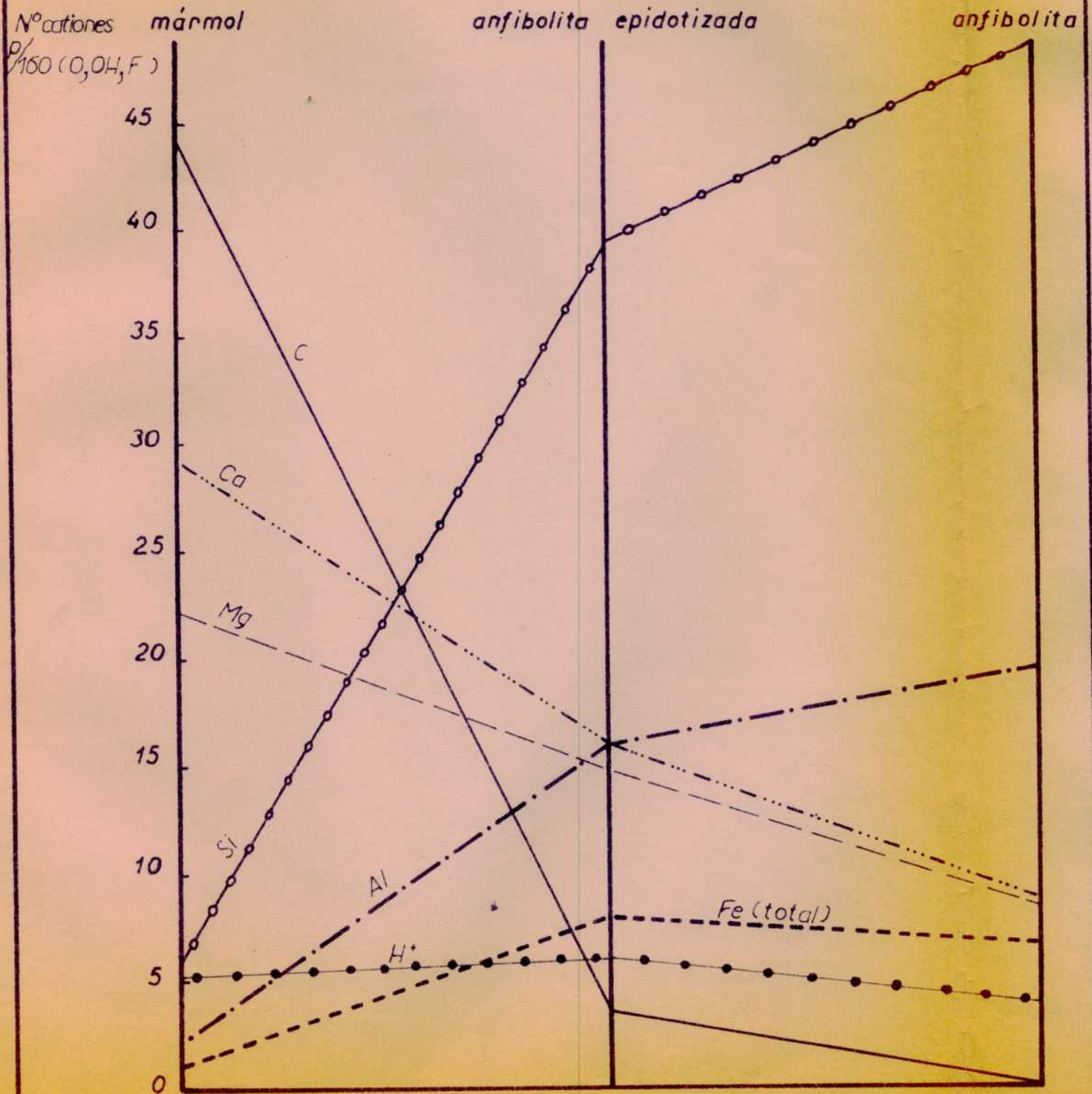


Fig. 9 — DIAGRAMAS COMPARATIVOS (CELDA STANDARD DE BARTH)

Principales cationes de: mármol — anfibolita epidotizada — anfibolita

"EL MORRO N° 1"



RELACIONES GEOLOGICAS GENERALES : RESUMEN DE LAS PRINCIPALES CARACTERISTICAS PETROLOGICAS Y ESTRUCTURALES DE "EL MORRO N° 1"

A través de las secciones anteriores, se consideró el estudio detallado de varios perfiles que ejemplifican los rasgos geológicos más importantes del yacimiento. Asimismo, mediante el examen mineralógico y la consideración de algunos análisis químicos se caracterizó la composición de los principales minerales y de varios tipos litológicos importantes.

Se darán, a continuación, algunos elementos de juicio adicionales mediante la descripción geológica general del yacimiento. Para ello se resumirán, en primer término, las observaciones correspondientes a las distintas unidades litológicas considerándose, luego, algunos aspectos estructurales de interés.

1 a) Esquisto y gneis cuarzo-oligoclasa-biotítico. Es poco lo que debe añadirse a las descripciones anteriores.

Presentan distinto grado de migmatización oligoclásica (cuarzo); donde ésta predomina, suelen tener aspecto algo gneisico y son frecuentes las zonas con pliegues desordenados de flujo plástico, pliegues ptigmáticos, etc. Las fotos 3 y 4 ejemplifican algunos de estos rasgos: en la segunda, p.ej., puede apreciarse el diferente comportamiento mecánico de porciones muy y poco migmatizadas. Los pliegues de flujo en la parte superior contrastan con el carácter más competente del banco situado algo por debajo y que muestra fracturación transversal e incipiente boudinage.

El feldespato potásico no formó parte de la migmatización; es más, salvo en reducidas zonas de inyección contiguas a pegmatitas, donde puede encontrarse microclino derivado de las mismas, no aparece en los demás integrantes del basamento.

En cuanto a las micas, ya se ha considerado el fenómeno de la de-ferrización de biotitas; por otra parte, suelen observarse cantidades subordinadas de muscovita coexistiendo con la biotita, y cloritización variable de esta última.

Por último, se ha visto que hay intercalaciones de esquistos grises, megascópicamente similares a los aquí tratados, en los conjuntos litológicos de filiación anfibolítica (esq. con epidoto de Smith y González). De potencias muy variables, entre pocos cm. y bancos de varios metros, generalmente presentan aspecto

alterado. En los casos en que se estudiaron muestras de los mismos, se ha comprobado la exigua proporción de cuarzo y la naturaleza más básica del feldespato (andesina), por lo que se apartan composicionalmente de los esquistos típicos de la región.

1 b) Esquistos epidotizados. se manifiesta, en forma constante, la presencia de una franja epidotizada en los esq. cuarzo-oligoclasa-biotíticos contiguos a los bancos carbonáticos: con potencias de 10 a 40 cm., sólo se observó una faja de potencia marcadamente mayor al oeste del perfil del Pique 5.

Se la observa, incluso, en aquellos lugares donde corren filones pegmatíticos contiguos a los bancos carbonáticos (p.ej., donde se efectuó el muestreo compuesto para análisis químico: en estos casos, las relaciones observadas indican que el emplazamiento de las pegmatitas fue posterior a la epidotización de los esquistos.

Estas franjas se distinguen por un reemplazo epidótico de intensidad variable, acompañado por marcada de-ferrización de la biotita y, en muchos lugares, variable silicificación.

La epidotización de los esquistos es más regular y constante que la tactización de los mármoles contiguos: se manifiesta igualmente donde ésta apenas se insinúa.

En cuanto al origen, la brusca variación en la proporción de epidoto, tanto longitudinal como transversal, es propia de un origen metasomático y no un resultado de la composición inicial. La pronunciada de-ferrización de la biotita indica lo mismo, ya que su composición más flogopítica en estas franjas no es un rasgo primario u original de las rocas (como lo es, p.ej., la presencia de flogopita en los bancos carbonáticos). Si bien no puede descartarse, en forma absoluta, la participación de cierta componente carbonática en esta porción de los esquistos, ha sido el posterior reemplazo epidótico el que determinó su composición actual.

2) Bancos carbonáticos. El reconocimiento de los distintos tipos de mármoles fue facilitado mediante reacciones de teñido que permiten diferenciar calcita y dolomita (Hogberg, 1950). A través del examen de numerosas muestras cortadas a sierra, se determinaron no sólo las proporciones relativas de los dos carbonatos, sino la presencia de fenómenos de de-dolomitización en las porciones magnesianas.

En este sentido, p.ej., se comprobó que esta filitina no solo resulta de la tactionación sino, también, de la posterior cloritización de los mármoles. En el campo, las superficies meteorizadas de los afloramientos generalmente brindan indicio acerca de su composición, debido al lavado preferencial de la calcita; además, los mármoles dolomíticos son de grano más fino que los calcíticos.

Los afloramientos carbonáticos fueron cuidadosamente mapeados por Smith y González por lo que puede apreciarse claramente su distribución, mayor o menor continuidad, como así también marcados cambios de potencia, etc. en el plano correspondiente. Al respecto, como señalaron dichos autores, aún los afloramientos más continuos no corresponden a un mismo banco ya que están integrados por una sucesión de fajas o cuerpos, a menudo lenticulares, de diferente composición. Las actuales características de estos bancos dependen no sólo de la composición inicial y posterior incidencia de procesos metamórficos y metasonmáticos sino, también, de factores estructurales: éstos afectaron, sobre todo, la continuidad de los afloramientos. Sin embargo, a diferencia de otros yacimientos cercanos (como "El Peje"), donde los bancos reflejan considerables complicaciones tectónicas, el estilo estructural de "El Morro N° 1" es relativamente sencillo; lo refleja, ante todo, la extensión y continuidad de las fajas de tipo anfíbolítico (en el mapa: esquistos con epidoto). Tomados en conjunto, los bancos carbonáticos del yacimiento muestran considerable latitud en la composición. En términos generales, pueden describirse con referencia a dos tipos básicos, a menudo asociados, pero que también constituyen tramos separados o sea afloramientos distintos:

- (i) mármoles calcítico-cloríticos.
- (ii) mármoles dolomíticos.

Tanto unos como otros contienen cantidades reducidas de tremolita y flogopita. En los primeros, como relietos asociados con clorita. En los segundos, en cambio, la cloritización es escasa y la flogopita es un constituyente común si bien subordinado.

El examen de cortes delgados indica que la proporción de clorita en los mármoles calcíticos (i) supera ampliamente la que derivaría del mero reemplazo de anteriores silicatos de mayor temperatura; éste, por otra parte, es un rango general de las variedades cloríticas. De suponerse que la cloritización comenzó a partir de la flogopita y tremolita preexistentes, el volumen de la misma sobrepasó esa medida en forma marcada.

En cuanto a los mármoles dolomíticos (ii), revisten interés algunos detalles

texturales, evidenciados por el teñido de los correspondientes cortes delgados. Son rocas que contienen agregados o nidos diseminados de tremolita fina, algo reemplazados por flogopita muy fina. Con respecto a las relaciones entre carbonatos, puede mencionarse: la poca calcita presente es intersticial y si bien la dolomita no presenta desarrollo idiomorfo, los contactos intergranulares entre uno y otro carbonato son manifiestamente más regulares que los hallados entre granos de dolomita. Por lo tanto, como suele suceder en estos casos, la dolomita manifiesta mayor tendencia idioblástica que la calcita. Otro rasgo común a este tipo de rocas es la naturaleza turbia de la calcita y límpida de la dolomita; la primera se debe a numerosas inclusiones opacas muy finas y constituye un fenómeno bastante común en este tipo de asociación (p.ej. Tilley, 1920). En las áreas tremolíticas hay, en promedio, mayor cantidad de calcita que en el mármol circundante y las relaciones intergranulares de los carbonatos son más complejas, observándose secciones muy irregulares de calcita diversamente implicadas con dolomita; estos rasgos reflejan cambios texturales y composicionales debidos a la de-dolomitización local del mármol.

Las fotos 5 y 6 dan idea del aspecto general encontrado en afloramientos del tipo (i) y (ii), respectivamente. En la primera, se distinguen fajas más oscuras de composición micácea. La segunda abarca parte de un banco dolomítico blanco, cuya potencia varía entre 0,80 y 2 m.; a la derecha del mismo (indicado por el martillo) se observa el engrosamiento lenticular, concordante, de un delgado filón pegmatítico estéril.

En varios lugares, se encuentra el pasaje entre uno y otro tipo carbonático ya que, en general, la cloritización y de-dolomitización de mármoles dolomíticos da lugar al tipo (i). Ello se evidencia con distinto grado de claridad según los lugares considerados; en bancos dolomíticos, p.ej., es común observar la presencia de zonas marginales cloritizadas, relacionadas con el desarrollo más o menos pronunciado de fajas tactizadas. En otros casos, la relación es indirecta; así, p.ej., de la alternancia de bandas dolomíticas y calcítico-cloríticas en algunos mármoles, puede inferirse, por analogía, un origen similar.

Entre mármoles calcítico-cloríticos con poca dolomita y aquellos de composición dolomítica (con menos de 10% calcita), existen numerosos tipos intermedios. Por otra parte, no todos los mármoles calcíticos derivaron de dolomías. Por el contrario, la abundancia de esta clase indica, más bien, que buena parte de los

bancos iniciales eran de composición calcárea.

Si bien muchos de los mármoles del yacimiento puedan definirse en base a los dos extremos considerados, hay otros que se apartan composicionalmente de los mismos.

Un ejemplo lo constituyen las variedades muy micáceas (más de 50% de mica). Se han citado fajas micáceas esquistosas en los perfiles del Pozo N° 9; constituidas predominantemente por clorita, ya se mencionaron indicios de que derivaban de anteriores fajas flogopíticas habiéndose señalado, también, que corresponden a caracteres propios de los bancos carbonáticos.

En otros lugares se encontraron mármoles muy flogopíticos, en los que la cloritización es sólo incipiente: un buen ejemplo lo constituye el mármol lenticular foliado de composición flogopítico-calcítica del lugar A en la Quebrada de los Burros (llamado Pozo del Agua). Consta de una alternancia de bandas flogopíticas lenticulares (poco aloritizadas) y calcíticas, de grano fino. En este banco, además, pueden encontrarse evidencias de que la tactización fue posterior a la naturaleza flogopítica del mismo: vale decir que esta variedad constituye un tipo composicional dentro de los bancos carbonáticos y no el resultado del metasomatismo que originó la tactita. Se observan, así, muestras en las que la tactización es discordante respecto de la foliación, si bien penetra concordantemente en el mármol vecino a través de tramos cortos: consta de un agregado tremolítico inequigranular verde, con zonas de epidotización fina. Aparte del desarrollo discordante, la textura radial entrecruzada del anfíbol y detalles texturales como la penetración de agregados flogopíticos por agujas de tremolita, avalan la secuencia indicada. Resulta oportuno fundamentar dicha secuencia general pues, como se verá a continuación al tratar las tactitas, hay lugares donde resulta difícil separar los efectos de dicho metasomatismo de aquellos caracteres composicionales propios de los bancos carbonáticos.

Por último, debe destacarse un hecho interesante evidenciado a través de las descripciones anteriores: la ausencia de epidoto, salvo en aquellos lugares donde hubo tactización manifiesta. Cobra interés adicional, cuando se tiene en cuenta que pequeñas cantidades de tremolita son comunes a todos los tipos de mármol. El epidoto, nuevamente, revela su estrecha vinculación con los procesos metasomáticos de mineralización scheelítica. De hecho, esto plantea un interrogante acerca de

la tremolita diseminada en el interior de muchos de los bancos carbonáticos ya que puede atribuirse: a fenómenos de reacción producidos durante el metamorfismo regional como consecuencia de pequeñas impurezas dispersas, o bien al metasomatismo que originó la tactización anfibólica en las porciones marginales de dichos bancos.

Por su proporción reducida y distribución irregular, generalmente como individuos aislados o nidos de tremolita fina, como por cierta flogopitización muy fina observada en algunos casos, parece más probable la segunda alternativa. Por otra parte, al analizar las tactitas paragenéticamente se vio que el epidoto, entre otros, es algo posterior a la anfibolitización: se sugiere, por lo tanto, que los hechos mencionados responden, a la vez que confirman, ese pequeño desfase del anfíbol y epidoto respecto del tiempo.

3) Tactitas: Relacionadas en todos los casos con bancos carbonáticos, se caracterizan, sobre todo, por su desarrollo muy irregular. En cuanto a la composición, exhiben bruscas variaciones determinadas más por las rápidas variaciones en la proporción relativa de los pocos minerales componentes, que por la amplitud misma de la gama composicional.

Al considerar las tactitas, anteriormente, sobre todo con relación a los perfiles del Pozo N° 9 y de los Piques 1, 2 y 3, se describieron con cierto detalle los rasgos principales: en los resúmenes respectivos se expusieron algunas conclusiones preliminares que servirán de guía para la siguiente síntesis.

Puede afirmarse que la tactización, sobre todo anfibólica, es un rasgo acompañante de casi todos los bancos carbonáticos: típicamente, se manifiesta como franjas anfibólicas, de pocos hasta 30 cm, desarrolladas en las zonas de contacto con rocas vecinas. En este sentido, pueden analogarse con la epidotización de esquistos y anfibolitas contiguas. Sin embargo, en comparación con las franjas epidotizadas de esq. cuarzo-oligoclasa-biotíticos, cuya regularidad y constancia se han resaltado anteriormente, las zonas de tactización son sumamente irregulares: no sólo por las variaciones mineralógicas sino por los bruscos cambios de potencia. Es común comprobar el pasaje de delgadas franjas marginales a zonas irregulares que abarcan todo el ancho de un banco. Por otra parte, en muchos casos la silicatización no se manifiesta a primera vista: consta de delgadas bandas de tremolita incolora y fina que integran franjas continuas o bien alternan con otras de mármol no reemplazado, dentro de las zonas marginales. La textura de estas ro-

cas está generalmente dada por el anfíbol, variando entre descruzada y esquistosa. Donde alcanzan mayores potencias, suele evidenciarse una tendencia a la foliación mineralógica, manifestada más claramente cuando participan fajas concordantes y generalmente lenticulares de flogopita [♦]; véase, p.ej., el aspecto foliado de la tactita representada en la foto 7. Es común, además, observar indicios de pequeños movimientos en la zona de contacto, a través de un ligero brechamiento y esquistosidad de las porciones tactizadas marginales; donde el brechamiento alcanzó mayor envergadura, fue generalmente acompañado por alteración intensa (carbonatización y formación de montmorillonita).

La presencia casi constante de fenómenos de tactización en las zonas de contacto con rocas vecinas, tiende a confirmar la interpretación de su origen como productos de reacción entre litologías disímiles. Además, retomando la analogía con los esquistos epidotizados, su desarrollo mucho más irregular resulta de la naturaleza sumamente reactiva de las rocas carbonáticas y de la mayor complejidad de los cambios metasomáticos involucrados.

Hasta aquí, a través de esta breve revisión general, se han contemplado las tactitas más simples: la mineralización scheelítica es casi siempre reducida y raramente constituyen mena. Se las observa en pequeños destapes superficiales, hecho que confirma su escaso valor como portadoras de scheelita.

En algunos casos, tal como se adelantó con respecto a los mármoles de la zona, resulta difícil separar los efectos de la tactización de los que resultan de características composicionales propias de las rocas carbonáticas. Ello ocurre, en general, cuando se trata de bancos muy impuros, con elevadas proporciones de silicatos como flogopita y/o clorita.

En rocas de este tipo, es común observar una alternancia de bandas lenticulares carbonáticas, más o menos tactizadas, y fajas micáceas. A diferencia de lo ha-

[♦] Al describir las tactitas, se han mencionado ejemplos de flogopitización asociada con la introducción de scheelita o pirita. Por otra parte se ha visto que la flogopita también es un integrante común de esas rocas, constituyendo fajas concordantes de grano fino, que aparentemente no se relacionan directamente con esas etapas de mineralización. En estos casos, se trata de un componente mineralógico esencialmente simultáneo con el anfíbol; en algunos lugares parece derivar, por procesos de transporte o recristalización, de la flogopita inicialmente contenida en los bancos carbonáticos.

llado en bancos más puros, la tactización aparece distribuida irregularmente a través de todo el conjunto y no restringida a zonas marginales. Las rocas resultantes son marcadamente foliadas, tienen colores oscuros y, por lo general, son estériles o muy pobres en scheelita. Ejemplos de esta variedad pueden observarse en algunas laborcitas practicadas en el extremo sur de los afloramientos occidentales, algo al norte de la Quebrada del Tala.

Es en la ladera opuesta (sur) de dicha quebrada, sin embargo, donde mejor se aprecia la naturaleza compuesta que resulta de la superposición de caracteres metasomáticos y de composición inicial de los bancos carbonáticos.

Se trata de los potentes bancos que, junto con anfibolitas y rocas de filiación similar, integran la estructura sinclinal mapeada por Smith y González. No sólo se destacan por su composición y considerable potencia, sino por la relativa uniformidad de la primera a través de los diversos bancos y a lo largo de los afloramientos de esta ladera. Son de color verde oscuro y caracter lenticular foliado; constan de una alternancia de bandas y lentes horbléndicas casi negras, con otras de mármol micáceo (flogopita, clorita) variablemente tactizado, y rodeadas concordantemente por fajas micáceas esquistosas. Las lentes tienen potencias de pocos milímetros a varios centímetros y las fajas micáceas presentan pequeños corrugamientos y flexuras irregulares aproximadamente concordantes con la foliación y caracter lenticular general de los bancos.

Las lentes horbléndicas son de indudable filiación anfibelítica, a menudo epidotizadas, hasta con cristales epidóticos gruesos.

La tactización de las lentes carbonáticas involucra tremolita o actinolita pálida y epidoto, generalmente finos. Por otra parte, también afecta las fajas micáceas circundantes, aunque con menor intensidad. El examen microscópico de las lentes de mármol indica que la anfibolitización es de grano variable y en parte discordante respecto de la foliación; que el epidoto tiene hábito algo anular respecto de los granos de carbonato, indicando desarrollo a partir de contactos intergranulares del mismo, y que la clorita es posterior a todos los silicatos.

Por los rasgos descritos y las relaciones de campo, puede considerarse que este tipo de bancos resulta de un sedimento carbonático muy impuro, con partes composicionalmente afines a las anfibolitas circundantes. Por su caracter gradacional y por la tactización que modificó su composición representan, de cierta manera, una síntesis de tipos litológicos afines.

También puede mencionarse una variedad de tactita foliada hallada en las inmediaciones de los Piques 2 y 3 que presenta cierta potencia, consta de los minerales típicos de esta clase de roca, pero es totalmente estéril. De naturaleza bandeada, evidencia cierta deformación y consta de una alternancia de fajas tremolíticas y lentes epidóticas.

Pasando, ahora, a las zonas mineralizadas con scheelita puede señalarse, si bien hay excepciones, que las tactitas presentan mayor complejidad desde un punto de vista mineralógico y paragenético: esto quedó claramente evidenciado a través de las descripciones de los perfiles geológicos anteriores. Por otra parte, debe tenerse presente que la aparición de fenómenos como los allí tratados (flogopitización, silicificación, etc.) no implican, necesariamente, la presencia de cantidades explotables de scheelita. Si puede afirmarse que la relación entre scheelita y fenómenos de epidotización (incluyendo los otros acompañantes: cuarzo, flogopita, calcita II) es general y está ampliamente representada a través del yacimiento.

Por último, con relación al contenido de scheelita en las tactitas, surgen dos aspectos de fundamental importancia: la distribución de zonas mineralizadas y las leyes medias (en % WO_3) del yacimiento.

Como señalaron Smith y González, la dimensión y distribución aproximada de las zonas mineralizadas pueden apreciarse en base al laboro representado en el mapa y en el plano de labores: las más importantes corresponden a la parte sur del yacimiento donde se explotaron zonas lenticulares de hasta: 30 m. por 20 m. (según rumbo e inclinación de los bancos, respectivamente). Asimismo, en base a las proyecciones longitudinales preparadas por estos autores, se obtiene una idea de la distribución y profundidad de dichas zonas, a lo largo de los bancos carbonáticos.

Las leyes del yacimiento fueron estimadas por Smith y González en base a datos de explotación, por carecer de los resultados de un muestreo sistemático. En tal sentido, estimaron que la ley media del yacimiento es de aproximadamente 0,5% WO_3 teniendo en cuenta una potencia mínima de explotación. Consideradas aisladamente, hay zonas de mayor ley (particularmente en el sector sur), pero la potencia de las mismas generalmente no sobrepasa los 0,50 m.

En general, el cálculo de reservas para esta clase de yacimiento resulta bastante difícil por la distribución irregular del mineral de mena; si, por otra par-

te, se carece de un muestreo sistemático, dicha evaluación resulta prácticamente imposible.

4) Anfibolitas y rocas de filiación anfibolítica ("esquistos con epidoto"): Como puede apreciarse en el mapa de Smith y González, existe una relación constante entre los bancos carbonáticos y la unidad mapeada como esquistos con epidoto: se evidencia, además, la mayor regularidad y continuidad de esta última respecto de los primeros. Por otra parte, se ha comprobado que la composición relativamente heterogénea que presenta dicha unidad al sur del Pique 5 e bien en el lugar del muestreo compuesto, es general para todo el yacimiento. Varían de lugar en lugar las proporciones relativas de los tipos litológicos intervinientes, vale decir: de anfibolitas, esquistos micáceos, fajas y bancos epidotizados, etc.

Se ha considerado, por la presencia casi constante de anfibolitas (ya sean epidotizadas o no) en estas extensas franjas del basamento, que el agrupamiento como rocas de filiación anfibolítica es más conveniente que el de esquistos con epidoto. Si bien suelen contener epidoto como mineral integrante, su proporción es sumamente variable, observándose bancos enteros en los que es un componente muy subordinado o en los que está prácticamente ausente.

En general, tratándose de zonas en las que este conjunto está limitado a ambos lados por bancos carbonáticos, ya sean continuos o aflorando en forma esporádica a lo largo del contacto con los esq. cuarzo-oligoclase-biotíticos circundantes, la clasificación de campo seguida por Smith y González equivale, en la práctica, a la aquí propuesta. En estos casos, las porciones próximas a los mármoles (taotizados o no) presentan marcada epidotización, que afecta franjas cuya potencia, por lo general, es de uno o más metros. Además, como se vió anteriormente, se observan fajas análogas aunque de menor potencia intercaladas a través del conjunto. Para estos casos, la principal ventaja de la rotulación empleada por dichos autores radica en destacar una característica común a buena parte de los conjuntos considerados sin necesidad de discriminar entre las distintas variedades litológicas que los componen.

Sin embargo, para fines interpretativos, resulta más esclarecedor destacar la filiación anfibolítica de estas rocas porque ellas reflejan, básicamente, los rasgos composicionales iniciales de estas partes del basamento. En este sentido, si bien el epidoto está muy relacionado con la evolución petrológica de las rocas y es un accesorio común, p.ej., en anfibolitas, las zonas en que predomina son cla-

ramente de origen metasomático y, particularmente, vinculadas con la migración de calcio a partir de los bancos carbonáticos cercanos. La epidotización constituye, por consiguiente, un fenómeno hasta cierto punto secundario, aunque particularmente favorecido por la composición de estas rocas.

Según el criterio seguido en el presente estudio, tendiente a separar este conjunto litológico de los esquistos de la región en base a su composición, resulta importante delimitar las áreas integradas por rocas de filiación anfibolítica. En la mayoría de los casos coinciden con las zonas de esq. con epidoto representadas en el mapa. ^{cual} Donde ello no ocurre, sin embargo, sólo puede apreciarse dicha distribución en forma parcial. Afortunadamente, esto ocurre en pocos lugares.

El ejemplo más significativo en este sentido lo constituye la secuencia representada hacia el extremo N.W. del mapa, donde la característica más evidente es no sólo la total ausencia de afloramientos carbonáticos que limiten el conjunto del lado este, sino el carácter algo indefinido del contacto oriental de los esq. con epidoto: allí, la faja mapeada como esq. con epidoto corresponde a rocas anfibolíticas epidotizadas, continuando hacia el este rocas análogas pero con epidotización irregular y no esquistos y gneis cuarzo-oligoclasa-biotíticos como se desprende del mapa. En esta zona, resulta difícil definir el contacto oriental de las rocas anfibolíticas por la naturaleza tapada de los afloramientos. Sin embargo, pudo precisarse claramente más al norte.

Al considerar el muestreo litológico compuesto para análisis químico, que abarcó esta misma secuencia pero unos 300 m. al norte de la zona mapeada, se consignó una potencia total para los bancos de anfibolitas y anfibolitas epidotizadas de aproximadamente 40 m. Desde ese lugar y hasta unos 200 m. al sur pudo seguirse sin dificultad el contacto oriental del conjunto anfibolítico con los esquistos de la región: dicho contacto tiene un ^{Azimuth} rumbo aproximado de 350°, es neto y evidencia pequeñas interpenetraciones con los esquistos vecinos debido al plegamiento mesocóptico sub-vertical, manifestado sobre todo en estos últimos. A lo largo del tramo citado, la potencia total del conjunto es bastante uniforme: constituye, por lo tanto, una faja concordante con los bancos carbonáticos occidentales e integrada por rocas como las descritas en relación a aquel perfil muestreado. Al respecto, puede señalarse que la composición del tramo próximo al carbonático es variable y que en muchos lugares no se observa el tipo de anfibolitas epidotizadas allí descritas: consta, en cambio, de esquistos anfíbol y epidoto-micáceos bandeados, similares a otros descritos en el perfil al sur del Pique 5.

En resumen, puede estimarse que el ancho del conjunto anfibolítico en el ángulo N.W. de la zona mapeada es por lo menos el doble de la indicada para los esquistos con epidoto constituyendo, de esa manera, la continuación norte de la franja más potente representada por dichos autores algo al sur.

Exceptuando casos como el considerado, en que surge una evidente discrepancia debido al distinto criterio empleado en éste y aquel estudio, el mapa de Smith y González refleja claramente las zonas de filiación anfibólica dentro del basamento local. Se obtiene así, en conjunto, una imagen mucho más completa de la relación entre éstas y las rocas carbonáticas, como asimismo de la verdadera extensión de estas fajas, aspectos que no surgen con la misma claridad si se mapean, únicamente, los bancos carbonáticos.

Puede añadirse que las fajas anfibolíticas continúan tanto al norte como al sur del área relevada. Al norte fueron recorridas hasta aproximadamente 400 m. más allá del lugar del muestreo compuesto para análisis químico (o sea 700 m. al N. del área relevada por Smith y González) comprobándose una sensible disminución en la continuidad de los afloramientos carbonáticos; correlativamente, la epidotización de las anfibolitas y rocas relacionadas es marcadamente menor y la presencia de pequeños destapes abandonados señala que las respectivas zonas tactizadas carecen de valor económico. Las características halladas al sur del yacimiento serán consideradas con relación a "Loma Blanca".

Son contados los lugares en que se observan rocas carbonáticas sin las anfibolíticas acompañantes: p.ej., no fueron citadas al tratar los perfiles del Pozo N° 9. No obstante, aún en este caso, aparecen delgadas fajas discontinuas de ese tipo en el contacto oriental de la tactita: están plegadas y su discontinuidad responde, probablemente, a causas tectónicas y a su reducido desarrollo inicial.

Un rasgo interesante, relacionado con la estructura primaria o deposicional de las rocas de la zona, lo constituyen las intercalaciones e interdigitaciones carbonáticas en esquistos, casi siempre de filiación anfibolítica. Ya se mencionaron ejemplos de las primeras; con respecto a las segundas, uno de los casos más claros fue observado en la delgada faja de bancos carbonáticos y/o anfibolíticos que corre entre los dos conjuntos principales del sector intermedio del yacimiento, o sea el comprendido entre la Quebrada del Tala y la de los Burros. El lugar considerado está ubicado en el primer afloramiento carbonático, hacia el extremo norte de la faja citada: allí se aprecia, de E. a W., el pasaje de un banco dolomítico (potencia 1,80 m.) a tres bancos menores (en el mismo sentido: 0,80 - 0,40

y 0,35 m., respectivamente) entre los cuales hay intercaladas rocas anfíbolíticas o fajas micáceas esquistosas. El aspecto general de esta alternancia puede verse en la foto 8, tomada hacia el sur.

Por último, entre las tactitas y las rocas aquí consideradas se observa, casi siempre, un contacto neto; puede haber cierta complicación estructural debida al plegamiento de los esquistos anfíbolíticos. Además, en el contacto mismo, suele encontrarse una franja actinolítica de uno o más centímetros de espesor. Sólo en casos aislados, sobre todo en el extremo sur del yacimiento, se evidencia un carácter algo transicional entre ambas: cierta similitud entre las tactitas foliadas y esquistos vecinos, su bandeo grueso como así también la presencia de abundante epidoto en común, determinan dicho parecido.

5) Pegmatitas: Los cuerpos pegmatíticos representados en el mapa considerado pertenecen a la variedad mineralógicamente sencilla, monótona, común en zonas de basamento cristalino. Constan de plagioclasa (generalmente oligoclasa de composición variable, pero más ácida que la de los esquistos de la región), microclino, cuarzo y micas; el feldespato potásico es posterior a la oligoclasa y la reemplaza. Contienen turmalina que, más comúnmente, aparece en venas cuarzo-feldespáticas chicas y muy irregulares, de filiación pegmatítica. No presentan estructura zonal, siendo relativamente frecuentes las estructuras gráficas entre cuarzo y feldespato (sobre todo microclino).

Por otra parte, no guardan relación con los fenómenos de tactización y mineralización scheelítica ni, tampoco, con las venillas pegmatíticas que originaron pequeños enriquecimientos locales en el sector sur de "El Morro N° 1".

Se trata de cuerpos filónicos casi concordantes con la esquistosidad general, o bien irregulares y discordantes. Con respecto a los primeros, probablemente reflejan el control estructural ejercido por la foliación regional. En algunos lugares, por ejemplo en la sucesión de pegmatitas (no representadas) que corren a lo largo de los bancos carbonáticos occidentales en la parte N.W. de la zona relevada, el carácter concordante y a veces lenticular de las mismas podría atribuirse a un emplazamiento tardío-tectónico (leptotectónico: González Bonarino, 1950). Resulta más factible, no obstante, la primera alternativa señalada y, en este caso particular, el emplazamiento en la zona de contacto entre unidades litológicas distintas.

Relacionadas con este tipo de pegmatitas, hay pequeñas venas feldespáticas

discordantes, localizadas mediante fracturas a través de los esquistos vecinos; presentan cierto interés donde atraviesan anfibolitas próximas a los bancos carbonáticos pues suelen estar muy epidotizadas. Aún más, pueden estar vinculadas con zonas restringidas de mayor epidotización desarrolladas en dichas rocas, frente a las cuales actuaron como "canales de epidotización" por su composición proclive a aquel reemplazo.

Por otra parte, con respecto a las venillas pegmatíticas mineralizadas que aparecen en el sector sur del yacimiento, pueden añadirse las siguientes observaciones efectuadas, sobre todo, en algunas labores cerca del contacto E de la faja mineralizada oriental, comprendida entre el Pique 4 y la Quebrada de los Burros

De potencias variables entre 2 y 15 cm., las más regulares tienen rumbos y buzamientos de aproximadamente 290° y 30° N, respectivamente. Constan de albita fina, algo lamelar y suelen presentar salbandas (hasta 1 cm.) muscovíticas en las que la mica es prácticamente perpendicular a los contactos y está asociada con fluorita violácea o blanca, scheelita y berilo, este último también normal a los contactos. Los esquistos contiguos están algo muscovitizados y suelen contener poca scheelita diseminada y pseudomorfos hematíticos según pirita.

Son similares, por lo tanto, a las descritas en las labores de los Piques 1, 2 y 3; se diferencian de aquellas por las salbandas muscovíticas, cierta muscovitización de la roca de caja y la composición albitica del feldespato.

Por último, son claramente posteriores al grupo pegmatítico estéril considerado anteriormente. Están relacionadas con el tipo de deporte pegmatítico hallado en "Loma Blanca", aunque también presentan alguna afinidad con las vetas de cuarzo descritas a continuación.

6) Vetas de cuarzo: Encontradas hacia el extremo sur del yacimiento, son prácticamente normales a la esquistosidad y buzan al norte, alcanzando potencias máximas de 0,40 m. Típicamente, están constituidas casi íntegramente por cuarzo y presentan salbandas muscovíticas de hasta 1 cm. en potencia, asociadas con granos scheelíticos finos a gruesos. Al atravesar los bancos carbonáticos producen enriquecimientos locales de interés económico.

Son similares a las vetas de "Loma Blanca" y como éstas, algunas contienen wolframita, generalmente reemplazada por scheelita (p.ej. en la labor sobre la terminación sur y en la Quebrada Blanca, de la faja mineralizada más occidental).

Las vetas de cuarzo representan la última fase de la mineralización de tungsteno en la región. Si bien, como se ha comprobado en "Loma Blanca", cortan discordantemente los cuerpos pegmatíticos mineralizados del lugar, la similitud con algunas de las venillas feldespáticas más arriba citadas, el emplazamiento a través de fracturas casi E - W como así también la presencia de minerales comunes a ambas como fluorita y berilo, sugieren cierta relación transicional entre las vetas de cuarzo y aquellas venillas de filiación pegmatítica. Debe señalarse que en "El Morro N° 1" las vetas de cuarzo son siempre más extensas, regulares y continuas que las venillas pegmatíticas mencionadas.

Consideraciones estructurales

Los principales lineamientos estructurales de la zona, especialmente con referencia a los conjuntos integrados por bancos carbonáticos y rocas de filiación anfibolítica, pueden apreciarse en el mapa de Smith y González, como así también en sus perfiles geológicos (no incluidos en el presente estudio); responden, básicamente, a una estructura general de plegamiento. Ello se evidencia claramente en algunos lugares en los que, incluso, puede determinarse el carácter sinclinal o anticlinal de la estructura; en muchos otros casos, sin embargo, se carece de los elementos de juicio necesarios para ello, pudiendo recurrirse, únicamente, a analogías generales con lo observado en aquellos lugares. Procedimiento que, por otra parte, parece justificado por la extensión y continuidad de los conjuntos mencionados.

En contraste con el carácter relativamente sencillo de las estructuras principales, las meso-estructuras revisten bastante complejidad. En los conjuntos anfibolíticos, ello se debe al plegamiento mesocóptico que acompañó la deformación de los bancos carbonáticos limitantes y se evidencia más claramente donde alternan litologías diferentes; las fajas o bancos de esquistos gris intercaladas entre anfibolitas, p.ej., a menudo presentan acunamientos estructurales a lo largo del rumbo; asimismo, la naturaleza lenticular de algunas fajas epidotizadas dentro de las anfibolitas se debe, en parte, a la misma razón. También es común el plegamiento de bancos anfibolíticos: de tipo disarmónico, refleja deformaciones en condiciones de relativa plasticidad. Con respecto a los esquistos y gneis cuarzo-oligoclasa-biotíticos, exhiben estructuras similares aunque menos frecuentemente y, también más difíciles de detectar, por su carácter marcadamente más esquistoso y composición más uniforme. Presentan, por otra parte, estructuras irregulares de flujo plástico, relacionadas con la migmatización regional.

Uno de los mejores ejemplos de la estructura general de plegamiento en bancos carbonáticos y rocas asociadas, lo constituye el sinclinal ubicado algo al oeste del Alto de los Metales y que se extiende hasta la Quebrada del Tala. Cabe señalar, sin embargo, que presenta algunas complicaciones locales no representadas en el mapa mencionado. La más importante se refiere al afloramiento carbonático intermedio (o sea el ubicado aproximadamente entre 10 y 15 m. al E del más occidental de estos bancos) y se evidencia en pequeños destapes relativamente recientes. Se ha comprobado que dicho afloramiento es, en realidad, un banco plega-

do en forma anticlinal, prácticamente isoclinal y volcado hacia el oeste. Ello sólo se observa en algunos destapes en los que está expuesto el núcleo del anticlinal. Por otra parte, este núcleo también aflora hacia el extremo sur, unos 10 m. antes de la pegmatita discordante del Alto de los Metales y está representado en el plano como una pequeña intercalación de esquistos con epidoto: en general, está constituido por un banco gris oscuro de esquistos cuarzo-oligoclasa-biotíticos, cuya potencia varía entre 1 y 2 metros y que presenta evidentes señales de deformación (por otra parte confirmados microscópicamente).

La foto 9 tomada hacia el S.W. en la dirección del eje del anticlinal, muestra parte del limbo oriental (mármol dolomítico blanco que más al este pasa a la variedad lenticular foliada, descrita en el resumen de tactitas) y buena parte del núcleo (color gris en la foto).

La foto 10 amplía un pequeño pliegue tactizado en la charnela del núcleo y que también puede observarse en la foto anterior, cerca del ángulo superior derecho de la misma. Como se aprecia en esta segunda foto, la esquistosidad del núcleo cerca de la charnela es concordante con el plieguecito tactizado y presenta, algo por debajo, pequeños corrugamientos que reflejan olivaje de transposición incipiente. Por otra parte, el esquistito está epidotizado cerca de la tactita.

Puede añadirse que en este lugar el rumbo general del afloramiento es de 30° y la inclinación 44° E; respecto del plieguecito tactizado, el rumbo del plano axial es 35° con buzamiento del eje 23° E.

A través de lo expuesto, se desprende que la estructura sinclinal considerada presenta no sólo un estilo de plegamiento relativamente abierto como el indicado en el mapa sino, también, ejemplos de plegamiento isoclinal muy apretado.

Otro ejemplo, pero de tipo indirecto ya que sólo puede inferirse un cierre estructural de los bancos carbonáticos, se relaciona con el conjunto oriental, unos 45 m. al sur de la Quebrada del Tala, sobre el camino indicado en el mapa. El aspecto general de la secuencia allí expuesta está representado en el perfil E - W de la fig. 10: en este caso, el mapa no refleja adecuadamente la estructura observada \blacklozenge .

\blacklozenge En el plano de Lapidus (1954) en cambio, está indicado el carácter plegado de la secuencia; asimismo, dicho autor adelantó la posibilidad de que las rocas carbonáticas limitantes pertenezcan al mismo banco, aunque sin abrir juicio sobre la naturaleza anticlinal o sinclinal de esa estructura.

En este lugar no aparece el banco carbonático oriental, aunque aflora escasos metros al NE; por otra parte, en un pequeño destape sobre esta misma corrida carbonática oriental, unos 15 m. al SW del camino, el banco describe un sinclinal concéntrico [♦] chico cuyo eje buza 25° NE y que, proyectado sobre el perfil del camino, pasaría algo por encima del sinclinal A en dicha figura. En base a estos elementos y a la prolongación de ese banco hacia el W en concordancia con la disposición de las anfibolitas - esq. micáceos, puede inferirse una estructura general de plegamiento anticlinal. Al respecto si bien, en conjunto, no se trataría de una estructura simétrica, el estilo predominante en las rocas anfibolíticas epidotizadas es de plegamiento concéntrico, estilo que, junto con éstas, desaparece a poca profundidad, como pudo observarse en otro corte de camino algo al norte (y más abajo) del anterior. En este segundo lugar predominan anfibolitas y esquistos micáceos como los que integran la parte occidental del perfil representado; junto con este cambio, se acentuó el tipo de plegamiento disarmónico, de flujo, propio de las zonas anfibolíticas deformadas, habiéndose observado un pliegue acostado de unos 5 m. de largo que ejemplifica el carácter irregular de esas estructuras.

A través de casos como éstos puede apreciarse una relación de plegamiento entre los bancos carbonáticos que limitan las fajas de filiación anfibolítica. Como se aclaró al principio, en muchos lugares no resulta posible verificar una correlación de este tipo. Además, las estructuras resultantes exhiben distinto grado de complejidad, como en parte quedó evidenciado a través de las descripciones anteriores.

Por otra parte, si bien puede plantearse como hipótesis de trabajo que estas franjas del basamento resultan, fundamentalmente, de estructuras de plegamiento se carece, en cambio, de elementos que permitan relacionar entre sí las diversas franjas, sobre todo los dos conjuntos principales que corren a lo largo de la zona del yacimiento.

Dicha relación no sólo es difícil de apreciar por la compleja estructura mesoscópica de los esquistos circundantes, sino por la probable existencia de fallas relativamente extensas, como las indicadas en el mapa, y que presumiblemente fueron inferidas en base a marcados cambios de rumbo y/o buzamiento de la esquistosi-

♦ Indicado por Lapidus en el destape 309.

dad.

Con respecto a fallas menores, ya se han citado algunos ejemplos a través de la consideración de los perfiles geológicos, como así también evidencias de meros reajustes entre bancos carbonáticos y las rocas vecinas. Son relativamente frecuentes pequeñas fallas que cortan los bancos carbonáticos, originando rechazos reducidos. Son, en todos los casos, posteriores a la tectonización y mineralización scheelítica relacionada.

Por último debe señalarse, con relación a lugares en los que pudieron estudiarse zonas tectonizadas de cuerpos carbonáticos plegados, que la mineralización no respondió a un control estructural de este tipo; se observaron bancos plegados, en algunos casos tectonizados y en otros no.

Tampoco se evidenció una localización preferencial en sinclinales o anticlinales, ya que se encontraron ejemplos mineralizados de uno y otro tipo. Al respecto, puede considerarse la estructura hallada en la entrada de las labores del extremo sur de la faja anfíbolítico-carbonática occidental, en la Quebrada Blanca: se la ha representado esquemáticamente en la fig. 11. A la vez que constituye un ejemplo de las estructuras menores de plegamiento en bancos carbonáticos ilustra, para este caso particular, la mineralización preferencial de tramos anticlinales.

IRA DE PLEGAMIENTO (representación muy esquemática)

Escala vertical algo exagerada

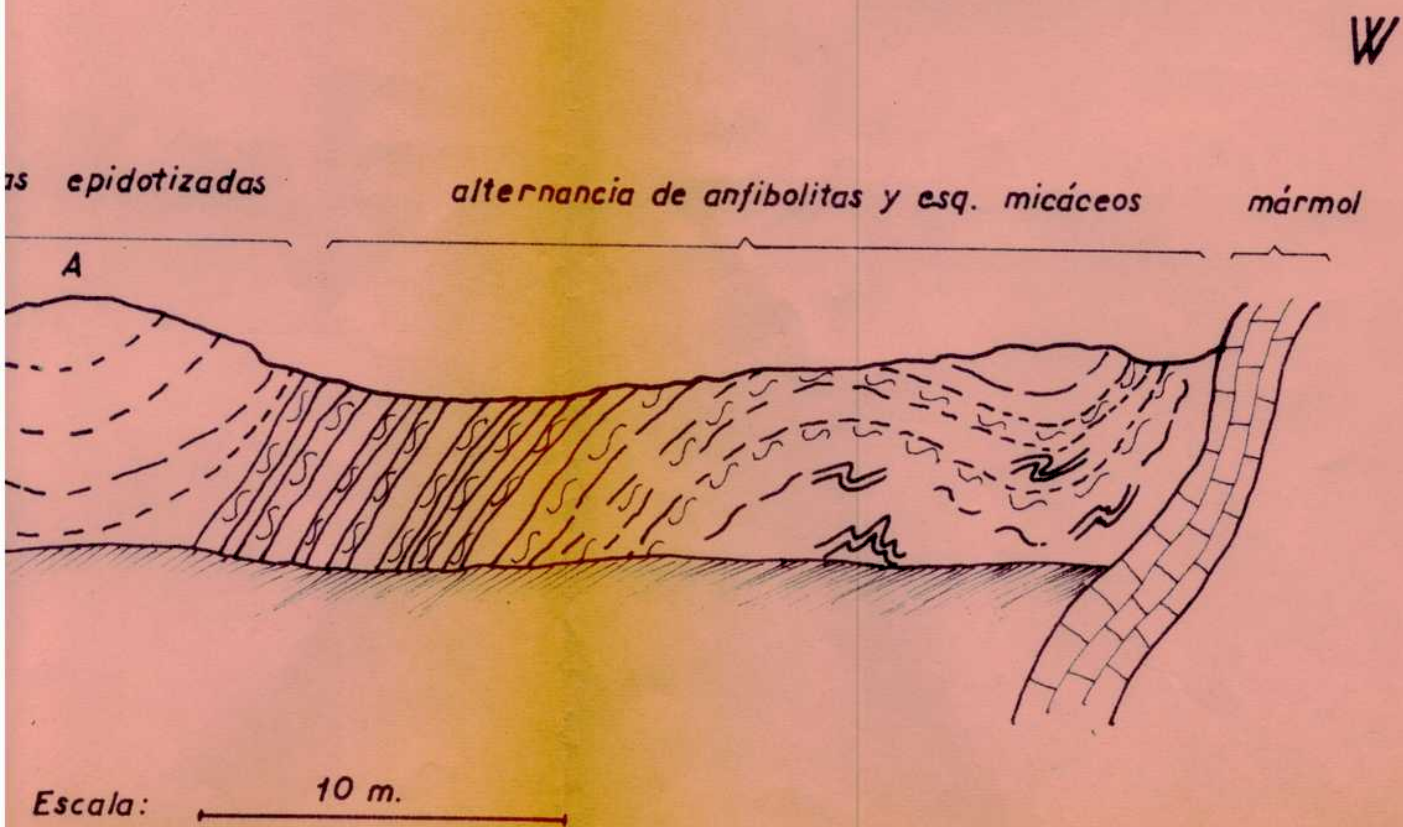


Fig. 10 — ESTRUCTURA DE PLEGAMIENTO

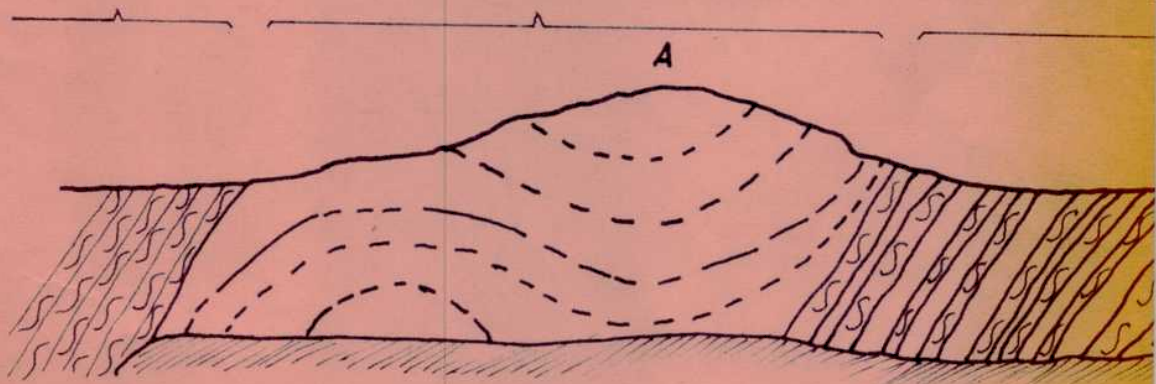
Escala vertical

E

esq. cuarzo-oligo-
clasa-biotíticos

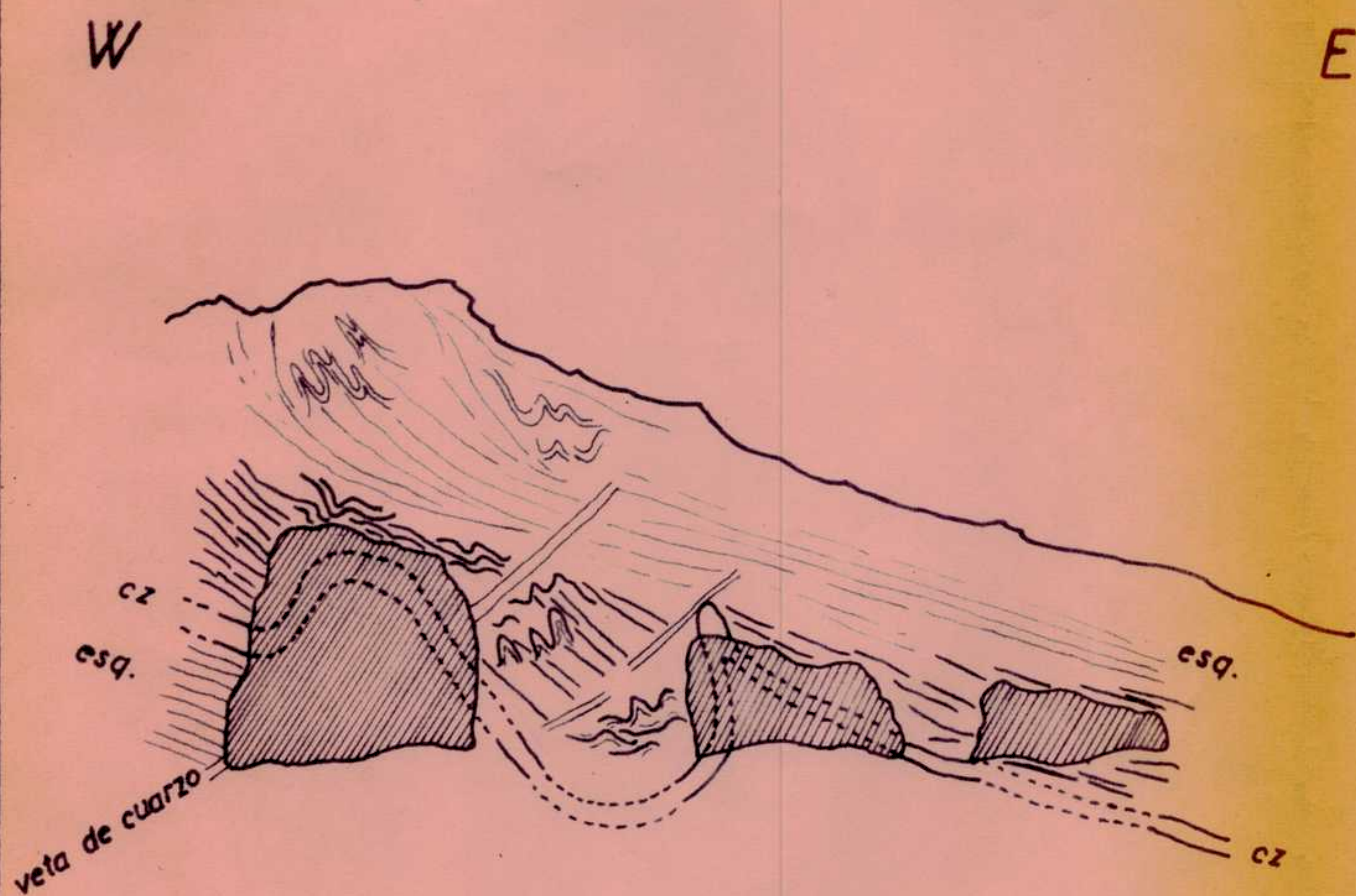
rocas anfibolíticas epidotizadas

altern



Escala: 10 m.

Fig.11 — MINERALIZACION DE TRAMOS ANTICLINALES
(Representación esquemática)



Escala : 4 m.

PRINCIPALES CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE "EL MORRO N° 1"

Las conclusiones más importantes de este estudio pueden resumirse en torno al origen de las tactitas que, como se ha visto, está muy relacionado con la evolución petrológica general de la zona. Por consiguiente, se encararán los siguientes aspectos:

- I) Naturaleza geológica de la zona.
- II) Tipos de mineralización de tungsteno.
- III) Génesis de las tactitas y de la mineralización scheelítica asociada:
 - (i) Esquema genético general.
 - (ii) Relación entre la tactización y el metamorfismo regional.
 - (iii) Discusión de algunos aspectos químicos de la tactización y del transporte de tungsteno.
 - (iv) Procedencia del tungsteno.

I) Naturaleza geológica de la zona

La zona estudiada forma parte del ambiente geológico de las Sierras Pampeanas. En general, petrológica y estructuralmente considerada, es similar a otras regiones circundantes del basamento cristalino. Se manifiesta, sobre todo, la compleja evolución geológica común al ámbito de las Sierras Pampeanas Australes.

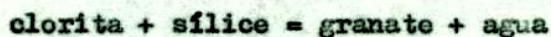
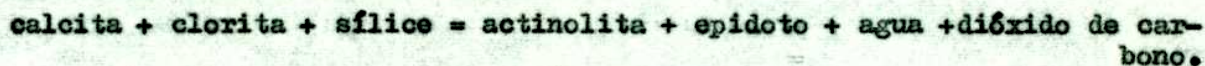
No afloran cuerpos intrusivos en las inmediaciones del yacimiento, citándose como el más cercano el granito de San José del Morro, ubicado unos 6 km. más al sur de "El Morro N° 1"

Si bien no puede precisarse el grado de metamorfismo regional en base a zonas relativamente tan restringidas como la examinada puede, no obstante, estimárselo en forma aproximada. En tal sentido, la presencia difundida de oligoclasa (de composición próxima a: 30% Anortita) en los esquistos y gneis, como así también de la asociación hornblenda-plagioclasa (andesítica) típicamente desarrollada en las anfibolitas, puede correlacionarse con la facies anfibolita de metamorfismo regional. Según la clasificación adoptada por Fyfe, Turner y Verhoogen (1958), se trataría de la facies almandino-anfibolita.

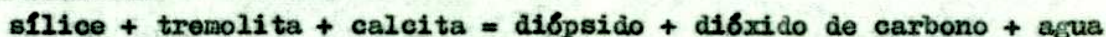
Según Ramberg (1952), en cambio, tales asociaciones mineralógicas pueden corresponder tanto a la facies epidoto-anfibolita como a la facies anfibolita. Dicho autor, además, señaló que en muchos casos resulta problemática la decisión entre una y otra facies.

♦ Resulta de interés consignar que este autor, cuya clasificación es muy similar a la propuesta por P. Eskola, introdujo una modificación en la facies epidoto-anfibolita. Al incluir plagioclasas de hasta 30% Anortita como integrantes de las diversas asociaciones propias de esa facies, Ramberg amplió la definición original dada por Eskola (para quien la asociación característica era: epidoto (zoisita) y albita casi pura). La facies epidoto-anfibolita estaría comprendida, para Ramberg, entre las siguientes reacciones límites:

límite inferior (con facies de esquistos verde)



límite superior (con facies anfibolita)



II) Tipos de mineralización de tungsteno

En "El Morro N° 1", la mineralización de tungsteno se manifiesta a través de tres etapas diferentes, como ya sugirieron Smith y González (1947) siendo la secuencia, en orden decreciente de antigüedad:

- a) Mineralización scheelítica relacionada con la tactización de los bancos carbonáticos.
- b) Aporte scheelítico relacionado con venas pegmatíticas chicas.
- c) Vetas de cuarzo con scheelita y algo de wolframita.

Los depósitos de valor económico pertenecen al primer tipo; los aportes posteriores (b, c), sin embargo, adquieren importancia donde originaron enriquecimientos locales, sobre todo en la parte sur del yacimiento y al entrar en contacto con los bancos carbonáticos.

Los tipos b y c de mineralización no serán considerados en lo que sigue de las conclusiones: están mejor desarrollados en "Loma Blanca", yacimiento que será descrito a continuación de "El Morro N° 1".

Corresponde señalar que no es acertada la alusión efectuada por dichos autores (op. cit., pág. 9) al estudio de Kittl en "Loma Blanca" (Kittl, 1930) Según Smith y González la secuencia propuesta coincide con la hallada por Kittl en "Loma Blanca". En cambio, según se desprende de la lectura de su trabajo, Kittl no tomó en cuenta la scheelita asociada con tactitas. La confusión probablemente se originó al interpretar que la "impregnación" de scheelita en la roca de caja próxima a algunas vetas de cuarzo y señalada por dicho autor, era equivalente a la scheelita "diseminada" de las tactitas.

III) Génesis de las tactitas y de la mineralización scheelítica asociada.

(1) Esquema genético general.

La primera manifestación del tungsteno está en gran medida vinculada con la evolución metamórfica de la región. Particularmente, con cambios metasomáticos operados en los bancos carbonáticos que, generalmente relacionados con anfibolitas y rocas análogas, integran el basamento local. Dichos cambios originaron zonas tactizadas en los cuerpos carbonáticos, en las que fueron introducidas cantidades importantes de scheelita. Las rocas contiguas, por otra parte, sufrieron epidotización de intensidad variable (con concomitante silicificación y lavado de sus minerales ferromagnésicos: micas y anfíboles).

En conjunto, las diversas modificaciones citadas probablemente se verificaron durante un lapso relativamente prolongado de la historia metamórfica de la zona. Pueden atribuirse, en gran parte, a las marcadas diferencias de composición que existían entre las rocas carbonáticas y unidades litológicas vecinas.

En particular, para la tactización de los bancos carbonáticos fue necesario el concurso de fluidos (s.l.) que, canalizados preferentemente a lo largo de sus contactos con las rocas contiguas, promovieron: en primer término, la anfibolitización actinolítica o tremolítica de los mármoles y, presumiblemente inmediatamente después, su reemplazo variable por algunos o todos los minerales siguientes: epidoto (clinozoisita), scheelita, cuarzo, flogopita, calcita y escasos sulfuros. Esta fase de epidotización inicial diseminada, relacionada con scheelita, culminó en algunos lugares como aporte cada vez más silíceo, canalizado masivamente a lo largo de los contactos con la roca de caja y a través de venillas discordantes dentro de los bancos tactizados.

Por consiguiente, considerada globalmente, esta etapa de la mineralización tungstífera resulta de pronunciados cambios metasomáticos locales, dentro del marco metamórfico general que imperó en la región.

Sin embargo, la presencia de scheelita en las tactitas indica que la composición de los fluidos responsables era distinta de la que resultaría, exclusivamente, de la interacción y consiguiente reformulación de componentes presentes en los bancos carbonáticos y rocas vecinas.

En cuanto a las condiciones, fundamentalmente la temperatura, en que se

efectuó la mineralización de scheelita diseminada, no se dispone de otros datos que los muy amplios sugeridos por el grado de metamorfismo alcanzado en la región. No sólo existen discrepancias entre los rangos de temperatura propuestos por distintos autores para las diversas facies metamórficas sino que, como se verá a continuación, la tactización probablemente fue algo posterior al máximo metamórfico regional. Por consiguiente, al solo efecto de indicar los posibles rangos de temperatura involucrados, se transcriben las siguientes estimaciones generales:

Turner y Verhoogen (1960):	facies almandino-anfibolita	550-750° C
Ramberg (op. cit.)	: facies epidoto-anfibolita	200-450° C
	facies anfibolita	450-600° C

En términos generales, las temperaturas propuestas por Turner y Verhoogen son elevadas y presumiblemente demasiado altas para el caso considerado. En cambio, seguramente fue superado en forma marcada el límite inferior de la facies epidoto-anfibolita de Ramberg: lo indica, entre otros, la migmatización regional asociada al metamorfismo.

La evolución hacia un aporte progresivamente más silíceo encontrada en algunas zonas tactizadas puede atribuirse a la creciente participación de soluciones de esa composición (junto con epidoto y scheelita): en tal sentido, señalan condiciones menos intensas y más afines, en sentido amplio, a una fase de tipo hidrotermal.

Por otra parte y cerrando el ciclo metamórfico general, las rocas de la zona sufrieron metamorfismo retrógrado o diaforesis. Sus efectos se evidencian a través de la de-ferrización de biotitas en los esquistos de la región, como así también por la presencia de clorita (cloritización) en las diversas rocas.

(ii) Relación entre la tactización y el metamorfismo regional.

Podrían intentarse dos procedimientos para ubicar, dentro del marco metamórfico regional, a los fenómenos metasomáticos que dieron lugar a la tactización de los bancos carbonáticos: uno, en base a la mineralogía resultante y el otro tomando en cuenta los rasgos texturales y estructurales que presentan las tactitas.

En cierta medida, las asociaciones mineralógicas de las tactitas podrían reflejar condiciones algo menos intensas que las que caracterizaron al metamor-

fismo regional. (Por lo pronto, no se observó piroxeno en ningún caso). De ser válida esta apreciación, podría inferirse que la tactización tuvo lugar algo después que la zona alcanzara su grado más alto de metamorfismo. Sin embargo, es sabido que tratándose de rocas químicamente muy reactivas resulta riesgoso basar este tipo de consideraciones en las asociaciones desarrolladas en mármoles; aún más si, como en este caso, derivan de fenómenos metasonáticos. No sólo son comunes los desequilibrios de tipo local, sino que revisten particular importancia aquellos parámetros adicionales como la presión parcial de anhídrido carbónico (p_{CO_2}) y, debido a la preponderancia de minerales hidroxilados, la presión parcial de vapor de agua (p_{H_2O}).

De ello se desprende que el enfoque puramente mineralógico no aporta, en este caso, ningún criterio diagnóstico para resolver el interrogante planteado.

Los rasgos texturales y estructurales de las tactitas, en cambio, indican con mayor fundamento un desarrollo algo tardío dentro de la secuencia metamórfica general: los primeros por su naturaleza generalmente no esquistosa y los segundos por la evidencia de su discordancia en muchos de los bancos afectados.

Cuando, además, se tiene presente: la evidente relación entre zonas tactizadas y los contactos del carbonático con rocas vecinas, como así también el desarrollo sumamente variable de los tramos afectados, se desprende que la localización de las tactitas es la resultante de: el control químico (o litológico) debido a las rocas carbonáticas y el control de tipo estructural ejercido por los contactos vecinos. Mientras el primer factor determinó su aparición únicamente dentro de los bancos citados, no explica el distinto grado de desarrollo alcanzado: no puede correlacionarse, p.ej., con las diferencias composicionales que existían entre las diversas clases de mármoles. De hecho, entonces, este segundo aspecto respondería a la disponibilidad local de fluidos metasonatizantes, cuyo aporte fue controlado por condicionantes de tipo estructural, aparentemente muy variables a lo largo de los contactos entre los bancos carbonáticos y rocas contiguas.

Al evaluar este tipo de consideraciones, sin embargo, también debe tenerse presente la gran facilidad de recristalización propia de las rocas carbonáticas por lo que, presumiblemente, fueron de los primeros integrantes del basamento en adoptar una estructura interna acorde con las deformaciones de tipo regional.

(iii) Discusión de algunos aspectos químicos de la tactización y del transporte de tungsteno.

En este trabajo se han considerado diversos aspectos químicos de la tactización en relación a la composición de los bancos carbonáticos y anfíbolitas vecinas. Dicha evaluación, por estar referida a un sólo lugar del yacimiento y, además, al abarcar solamente parte de la secuencia litológica involucrada, no puede considerarse definitiva en cuanto a la caracterización química de la tactización. Se estima, no obstante, que constituye un paso importante hacia la dilucidación de su origen.

Básicamente, la composición global de las tactitas pueda interpretarse como el resultado de la interacción química entre los bancos carbonáticos y rocas vecinas con la participación, además, de cierto aporte externo.

Por lo tanto, el esquema genético propuesto es en muchos aspectos análogo al que se invoca para explicar la formación de los skarn de reacción en áreas de metamorfismo regional. Por otra parte, señalar la existencia de gradientes composicionales locales no implica proponer una interacción lateral o difusión directa entre los respectivos tipos litológicos. Antes bien, los cambios metasomáticos ocurridos en los mármoles serían el resultado de la canalización preferencial de fluidos a lo largo de sus contactos con rocas vecinas. En tal sentido, no se abre juicio acerca del modo, lugar, etc. en que tales agentes adquirieron la composición requerida; se estima, no obstante, que la misma fue en gran medida el resultado de la incorporación de componentes ya presentes en las rocas de la zona.

Estas observaciones, basadas en los cambios globales de composición indicados por el análisis químico de algunas rocas, puedan complementarse considerando ciertos aspectos químicos involucrados en las dos principales etapas paragenéticas de la tactización:

a) La anfíbolitización de los bancos carbonáticos constituye, paragenéticamente, la primera fase de la tactización y, en muchos lugares, prácticamente la única desarrollada.

Los anfíboles originados en esta etapa muestran ciertas variaciones de composición pero se distinguen, sobre todo, por ser términos muy magnesianos de la serie: tremolita-actinolita. Su quimismo refleja, en gran medida, la naturaleza

magnesiaca de los bancos; por otra parte, donde ésta era pronunciada, suelen observarse indicios de de-dolomitización.

El porcentaje relativamente alto de flúor señalado por los análisis químicos correspondientes a dos de estos anfíboles indica que dicho elemento formaba parte significativa de los fluidos actuantes durante esta fase del reemplazo. Generalmente, la presencia de este elemento se ha interpretado como indicio prácticamente indiscutible de la participación manifiesta de volátiles o sea de una fase gaseosa. Sin embargo, en una reciente discusión sobre el tema, Ingerson (1965) ha puesto seriamente en duda la validez de este tipo de inferencia, señalando que resultados análogos pueden derivar del transporte de flúor en compuestos solubles de sodio, calcio, etc.

La naturaleza hidroxilada del anfíbol (y no sólo de éste sino de varios de los otros minerales integrantes de las tactitas, p.ej.: flogopita y epidoto) indica que el metasomatismo fue de tipo "húmedo" rasgo que, por otra parte, concuerda con la clase de minerales que integran las rocas metamórficas de la región (en lo referente a micas, hornblenda, etc.)

De todos modos, sea cual fuese el estado físico de los agentes metasomatizantes que actuaron en esta etapa del proceso, es indudable que, fundamentalmente el agua y en menor proporción elementos como el flúor, participaron activamente de la misma. Este aspecto del problema adquiere mayor importancia cuando se encara la etapa de mineralización scheelítica la cual, como se vió, fue desarrollada en porciones previamente anfíbolizadas de los mármoles.

b) La introducción de la scheelita dando lugar a una mineralización diseminada dentro de las tactitas estuvo estrechamente relacionada con fenómenos de epidotización. Los mismos comprendieron no sólo la aparición de epidoto (o clinozoisita) y scheelita sino de cuarzo, calcita, flogopita y sulfuros (pirita, escasa calcopirita y blenda) acompañantes. La proporción relativa de los diversos minerales citados exhibe variaciones locales, predominando uno o más según las zonas consideradas; los sulfuros son los menos abundantes.

Tanto por el tipo de asociaciones encontradas, como por el desarrollo particular que presentan algunos de estos minerales en ciertos casos como la flogopitización, silicificación o carbonatización (más similares a un tipo de alteración hipogénica), se evidencian los efectos de un medio alcalino de transporte del tungsteno.

Bryzgalin (1958) ha señalado que la clásica teoría del transporte de tungsteno como haluro volátil en una fase gaseosa ácida, no concuerda con lo observado en depósitos del tipo de los skarn. Probablemente el hecho de que los yacimientos mundialmente más explotados hace unos años eran del tipo de los greisen, con abundantes indicios de la participación de emanaciones gaseosas ricas en flúor, etc., explicaría la tendencia a adjudicar ese tipo de origen a yacimientos como el aquí considerado. Dicho autor ha señalado que las características de los depósitos de scheelita en skarns concuerdan con un aporte de tungsteno en soluciones levemente alcalinas, citando diversas experiencias de laboratorio tendientes a demostrarlo. Si bien el modelo específicamente considerado por Bryzgalin (mineralización scheelitica en skarns plagioclásicos) no corresponde con el aquí tratado, las relaciones geológicas generales citadas por aquel autor concuerdan con las observadas en "El Morro N° 1": fundamentalmente, como se indicó más arriba, la relación entre la introducción de scheelita y fenómenos como la silicificación o flogopitización de los agregados preexistentes, que sugieren el carácter alcalino del aporte.

Se estima que esta interpretación explica dos hechos adicionales señalados en relación a "El Morro N° 1".

En primer término, como se vió a través de las diversas descripciones, no se encontró scheelita emplazada en rocas carbonáticas en ausencia de la tactización anfibólica. Si el tungsteno fue transportado en un medio ácido (vapores o soluciones), sería de presumir que precipitaría de preferencia en partes carbonáticas de los bancos, ya que éstas determinarían la inmediata neutralización de ese medio. Incluso, aún teniendo en cuenta que la anfibolitización fue algo anterior y que afectó porciones próximas a los contactos a través de los cuales también tuvo acceso el tungsteno, resulta llamativo que la scheelita esté siempre comprendida dentro de las zonas tactizadas, sin aparecer en el mármol vecino.

En segundo término, el continuado aporte de tipo progresivamente más silíceo que en algunos lugares originó la silicificación y epidotización (con scheelita) de porciones marginales de las tactitas, o bien venillas locales de composición análoga, concuerda con esta explicación. Representaría un aporte local, más masivo, del mismo tipo de soluciones alcalinas que dieron lugar a la scheelita diseminada y de las que diferiría, en todo caso, por su menor temperatura.

A la luz de estas consideraciones, por último, podría suponerse que el flúor

presente en el anfibol y que fue discutido más arriba (a) también provino de soluciones alcalinas y no de una fase gaseosa.

(IV) Procedencia del tungsteno.

Es muy conocida la vinculación espacial y genética existente en muchos distritos mineros del mundo entre la mineralización de tungsteno e intrusivos de composición mesosilícica a ácida.

Sin embargo, para el yacimiento considerado, no ha podido establecerse ninguna relación plausible de ese tipo. Algunos autores han hecho referencia al único intrusivo aflorante en la región (en San José del Morro), mientras que otros han supuesto un foco magnético aún no expuesto en la zona.

La interpretación genética dada en este estudio no es incompatible con un aporte de ese tipo: se presume que al menos el tungsteno y fluor (quizás el potasio y hasta el agua misma) proceden de una fuente externa.

Por otra parte, se estima que el esquema genético propuesto constituye, teniendo en cuenta la naturaleza geológica del problema estudiado, un ejemplo más de la aplicación del llamado "Principio de Simplicidad". (Anderson, 1963)

YACIMIENTO "LOMA BLANCA"

Introducción

El yacimiento de "Loma Blanca" está ubicado al sur de "El Morro N° 1" y separado topográficamente del mismo por la Quebrada Blanca (que corre aproximadamente: NW - SE). De menor extensión que aquel yacimiento constituía, sin embargo, prácticamente el único que se explotaba en la región durante el período abarcado por el presente estudio. Es, además, uno de los yacimientos más conocidos de la zona sobre todo por la presencia de vetas de cuarzo con wolframita (y scheelita), consideradas en algunos de los primeros estudios geológicos realizados sobre el tungsteno en la Argentina; entre otros, el estudio de Beder (1913) y el de Kittl (1930) se refieren, específicamente, a dichas vetas. Puede señalarse, además, que fueron explotadas durante los años de la Primera Guerra Mundial y algo después entre 1921-23; en este último período, según Kittl (op. cit.), se extrajeron 70 toneladas de concentrado. Aparentemente no han vuelto a ser trabajadas desde entonces.

La diferencia de más de treinta años que medió entre la explotación de la wolframita y la iniciación de la extracción de scheelita diseminada en zonas tectizadas de los bancos carbonáticos (p.ej. en 1937 para "El Morro N° 1"), configura un rasgo general con respecto a la minería de tungsteno en nuestro país (Angelini, 1942): el reconocimiento del valor económico del segundo tipo de depósito es relativamente reciente en Argentina. Ello se debió, fundamentalmente, a una menor familiarización con sus características mineralógicas; probablemente también influyó, en este sentido, la naturaleza diseminada y el grano fino de la scheelita.

La zona del yacimiento que actualmente reviste interés económico es relativamente restringida ya que se reduce a la que comprende los cuerpos carbonáticos, variablemente tectizados, del mismo: éstos afloran dentro de un área de aproximadamente 200 m. por 300 m. en dirección E-W y N-S, respectivamente. Dicha zona forma parte, en líneas generales, de la prolongación austral de los conjuntos mapeados por Smith y González en "El Morro N° 1": la disposición general es análoga, concordante con la esquistosidad aproximadamente N-S y buzamiento E del basamento. No existe continuidad entre los afloramientos de uno y otro yacimiento,

sin embargo, debido a la presencia de relleno moderno que cubre el extremo septentrional de "Loma Blanca".

A grandes rasgos hay cuatro sistemas principales de bancos carbonáticos y algunos otros de menor extensión y carácter generalmente lenticular: muestran inflexiones y marcados cambios de potencia (potencia máxima: 5 m.), similares a los observados más al norte.

De este a oeste, los cuatro sistemas principales son:

(i) "Veta 1" o carbonático más oriental, cuya longitud total es próxima a los cien metros.

(ii) Cuerpo intermedio (¿"veta 2"?) ubicado unos 40 m. al oeste del anterior y cuya extensión resulta difícil de determinar; uno de los pocos lugares donde se lo observa es en la pared sur de la trinchera o rajo a cielo abierto que se extiende, prácticamente, desde la "veta 1" hasta algo al oeste del cuerpo considerado (en la foto 11, que abarca parte de la pared citada, de unos 10 m. de alto, se observan las entradas a dos labores practicadas en dicho cuerpo).

(iii) "Veta 3", con una longitud total próxima a los 150 m. exhibe, de norte a sur, un cambio gradual de rumbo que pasa de NW a prácticamente NS. Corre aproximadamente 60 m. al oeste de la "veta 1".

(iv) El cuerpo más occidental tiene una extensión algo mayor que el anterior (iii) y corre unos 70 m. al oeste del mismo. Denominado "San José" por los mineros de la zona es, en términos generales, similar a los anteriores y no fue incluido en el presente estudio.

En conjunto, estos cuerpos son similares a los de "El Morro N° 1" y constan de una sucesión de bancos y lentes, evidenciando cambios de composición tanto en un sentido longitudinal como transversal. Predominan mármoles calcítico-cloriticos de color gris y naturaleza marcadamente foliada, carácter que se manifiesta claramente debido a proporciones significativas de clorita. Son relativamente frecuentes acunamientos lenticulares primarios de los bancos (vale decir de origen deposicional), con aparición de intercalaciones epidotizadas de esquistos cuarzo-oligoclasa-biotíticos o, menos frecuentemente, de filiación anfíbolítica. Puede afirmarse que este carácter lenticular de los bancos es más común que en "El Morro N° 1" y que, junto con los cambios locales de potencia y disposición estructural debidos a causas tectónicas, sobre todo por flexuras y pliegues chi-

ces, ha dificultado la explotación de algunos tramos tactizados.

Con respecto a los restantes tipos litológicos que integran el basamento local, como así también en lo referente a los rasgos geológicos generales del yacimiento son, con algunas excepciones, muy similares a los hallados más al norte. Básicamente, las rocas comprendidas entre las "vetas" 1 y 3 son anfibolites y rocas de filiación similar: entre la "veta 3" y el afloramiento más occidental (IV), en cambio, predominan esquistos y gneis de composición cuarzo-oligoclasa-biotítica.

Durante el lapso comprendido por este estudio, la explotación en "Loma Blanca" estaba concentrada en el banco carbonático oriental ("veta 1") donde un significativo aporte scheelítico de origen pegmatítico determinó enriquecimientos locales de importancia. Por otra parte, la extracción indiscriminada en labores subterráneas en su mayor parte ubicadas entre éste y el banco que le sigue al oeste (11) [labores que fueron relevadas en escala 1:250 por Sister y Baumann [♦], 1953] había ocasionado el derrumbe de la mayor parte de las mismas, con la aparición de zonas de colapso en superficie. Estas últimas se manifiestan, sobre todo, en la parte oeste de la citada trinchera abierta, algo a la derecha de la parte abarcada en la foto 11.

En relación al presente estudio y teniendo en cuenta las similitudes que presentan "Loma Blanca" y "El Morro N° 1", se ha optado por considerar con cierto detalle únicamente aquellos aspectos que ilustran hechos nuevos o bien diferencias, generalmente de grado, respecto del yacimiento citado en segundo término. Esencialmente, dichos aspectos atañen a las tres cuestiones siguientes:

A) Rasgos particulares de la tactización en "Loma Blanca", debidos a la relación de tipo transicional entre algunos bancos carbonáticos y las rocas de filiación anfibolítica.

B) Fenómenos de reacción y aporte scheelítico relacionados con pegmatitas.

C) Vetas de cuarzo.

A continuación se analizarán, por consiguiente, cada una de estas cuestiones.

[♦] Estos autores también prepararon un plano topográfico-geológico en escala 1:1000 de la mina "Loma Blanca", en el que indicaron tanto las vetas de cuarzo como algunas de las pegmatitas y, asimismo, la ubicación de los tres afloramientos carbonáticos principales, aunque sin discriminar la naturaleza litológica de las rocas circundantes.

A) RASGOS PARTICULARES DE LA TACTIZACION EN "LOMA BLANCA"

Pueden ilustrarse mediante un perfil en superficie que abarque, de E a W, a la "veta 1" o banco oriental y parte del conjunto anfibolítico subyacente. En la lámina IV se ha representado un perfil practicado algo al NW de la entrada al chiflón inclinado de la "veta 1", en el pilar más austral de este banco y donde tiene 325° de rumbo e inclinación de 46° E. En este lugar se extrajeron 20 muestras. Se resumen, a continuación, las principales observaciones efectuadas en las distintas unidades que componen dicha sección transversal:

1- Esquistos y gneis cuarzo-oligoclasa-biotíticos: en parte migmatíticos y similares a los descritos en "El Morro N° 1"; están atravesados por varias venas pegmatíticas tortuosas y discordantes, cuya composición es preponderantemente silíceas. Cerca del contacto inferior, una de estas venas originó un pequeño bolsón de unos 40 cm. por 18 cm.; consta de cuarzo localmente asociado con epidoto prismático grueso, berilo verde azulado y escasa scheelita fina. Presenta, además, una delgada franja albitica (2% Anortita) marginal en contacto con los esquistos circundantes, penetrándolos concordantemente a lo largo de algunos centímetros. Este tipo de inyección concordante, local, se diferencia claramente del carácter migmatítico de los esquistos no sólo por su escasa extensión, mayor potencia de las bandas feldespáticas de origen pegmatítico sino, como en este caso, por la composición marcadamente más ácida de la plagioclasa.

2- Esquistos epidotizados: no se diferencian de las franjas análogas estudiadas anteriormente.

3 a 5- Banco tactizado (potencia total 1,80 m.) en el que pueden señalarse tres partes algo diferenciadas entre sí, a saber:

3. De carácter lenticular foliado consta de una alternancia de fajas o lentes de tactita tremolítica (o actinolítica muy pálida) y delgadas fajas flogopíticas esquistosas. Las primeras, con potencias de pocos milímetros a varios centímetros, son las únicas que contienen scheelita; este mineral está generalmente asociado con agregados finos de epidoto y cuarzo, alineados paralelamente a la foliación. Cerca del contacto superior hay pequeñas cantidades de fluorita y berilo, minerales indudablemente relacionados con venas pegmatíticas como las descritas más arriba, en 1.

Por otra parte, tanto en el contacto superior como inferior de esta parte (3.) del banco, hay indicios de pequeños movimientos.

4. Pequeño banco de mármol calcítico-flogopítico (clorita) que exhibe tactización tremolítica de intensidad muy

variable. No contiene scheelita ni epidoto (clinosoisaíta) y las porciones tactisadas son similares a la variedad tremolítica blanca citada para los perfiles del Pozo N° 9 en "El Morro N° 1" (págs. 17-18). Por otra parte, se observó en este banco un rasgo de indudable interés petrológico que consiste en el pasaje entre el mármol y una zona tactisada, pudiendo establecerse una correlación directa entre la composición de ambas porciones. El mármol, compuesto por una alternancia de bandas calcíticas y flogopíticas esquistosas, pasa abruptamente y en el sentido de la foliación a una alternancia de bandas tremolíticas y flogopíticas, en perfecta correspondencia con las anteriores: vale decir que las bandas calcíticas fueron tremolitizadas, mientras que las micáceas sólo sufrieron recristalización con cambios texturales concomitantes, estos últimos evidenciados por el grano más fino y disposición relativamente desordenada de la flogopita que integra la porción tactisada. Evidencias directas de este tipo permiten suponer, con bastante fundamento, que las fajas flogopíticas de algunas tactitas derivaron de la mica inicialmente presente en el mármol.

5. Tactita bandeada, de composición heterogénea e integrada por una alternancia de:

- a) bandas y lentes tremolíticos (o actinolíticos pálidos) de color verde claro.
- b) franjas actinolíticas (variedad fuertemente pleocroica) verde oscuras a negras.
- c) fajas flogopíticas negras (con epidoto fino).
- d) porciones poco tactisadas de mármol calcítico-flogopítico.

En el perfil (Lámina IV) se ha representado esta alternancia de manera esquemática. Entre las primeras bandas (a), se observan las de mayor potencia (hasta 15 cm.): por otra parte, son las únicas portadoras de scheelita, siendo el mineral de grano fino y generalmente vinculado con fenómenos de epidotización (incluyendo poco cuarzo y calcita II).

Con relación a este conjunto pueden destacarse algunos rasgos de interés. Ante todo, por la presencia de franjas actinolíticas (b) en las que el anfíbol pertenece a la variedad fuertemente coloreada típica de anfíbolitas y rocas similares. Además, resulta llamativo el carácter lenticular de algunas de las tactitas tremolíticas (a), sobre todo cuando aparecen casi totalmente rodeadas por zonas actinolíticas oscuras, del tipo anterior (b). Los contactos entre unos y otros, por otra parte, son netos.

También se observan bandas tremolíticas (a) alternando con fajas flogopíticas (c) e incluso enteramente rodeadas por éstas: el agregado micáceo frecuente-

mente presenta indicios texturales que lo diferencian de las fajas claramente esquistas que aparecían intercaladas, concordantemente, en algunos de los mármol-les tactizados de "El Morro N° 1". Además, en este perfil, el anfíbol asociado con las franjas flogopíticas (e), o sea en el contacto mismo con las lentes o ban-das tremolíticas (o actinolíticas pálidas) contiguas, es más oscuro e indudable-mente más actinolítico que el encontrado en el interior de esas tactitas (a).

Tales rasgos están relacionados de diversas maneras con diferencias composi-cionales propias de los bancos considerados: por lo pronto, la alternancia de ban-das tremolíticas y actinolíticas oscuras refleja cierta inhomogeneidad inicial de los mismos. Las primeras (a) representan porciones más carbonáticas, mientras que las actinolíticas (b) tienen más afinidad con las rocas de filiación anfíbolíti-ca que siguen a continuación de este banco (vale decir: 6). Las fajas flogopíti-icas probablemente derivaron de anteriores fajas micáceas presentes en los bancos carbonáticos, a través de procesos de recristalización y difusión metamórfica. La composición más actinolítica del anfíbol asociado con mica en la periferia de las tactitas tremolíticas señala una mayor concentración local de Fe; análogamen-te, la presencia de algunos relictos oxidados de pirita fina en las fajas micá-ceas probablemente obedeció a la misma razón. En cuanto a la correlación entre las diferencias composicionales aquí consideradas y las que existían en los ban-cos con anterioridad a los cambios metasomáticos operados, sólo resulta factible en los casos aislados (como el citado más arriba, en 4.) en que se observa el pa-saje entre mármol y partes tactizadas; lo cual, a su vez, requiere que dichos cam-bios hayan sido sólo de intensidad moderada.

A través del examen microscópico de las porciones tremolíticas (a) y actino-líticas oscuras (b), pueden señalarse algunas características adicionales:

En las primeras hay cantidades variables de calcita intersticial y donde la epidotización (con o sin scheelita, cuarzo o calcita II) fue mayor evidencian, a-demás, carbonatización del anfíbol.

Las bandas del segundo tipo suelen estar asociadas con cantidades subordina-das de flogopita y epidoto fino. Por lo general, no contienen calcita y el anfíbol inalterado tiene color verde azulado, con fórmulas pleocroicas similares a las ha-lladas para la horblenda de anfíbolitas en "El Morro N° 1". Sin embargo, algunas de estas franjas presentan marcada alteración, con decoloración parcial o total del anfíbol, carbonatización y marcada epidotización: macroscópicamente, se tra-ta de zonas irregulares de color amarillento en las que predomina un agregado fi-ne de calcita y epidoto, junto con relictos incoloros de anfíbol. En algunos ca-

cos, se requiere un examen detallado para verificar que el anfíbol pálido o totalmente desteñido de estas zonas no sea, simplemente, una variedad tremolítica en vez de actinolita alterada.

Por último, las porciones poco tactizadas de mármol calcítico-flogopítico (d) son similares a las encontradas en otros lugares y permiten comprobar, nuevamente, el carácter más o menos discordante de la tactización y su intensidad sumamente variable inclusive a través de distancias de pocos centímetros.

6. Esquistos actinolita-epidoto-biotíticos (plagioclasa) bandeados de filiación anfíbolítica: entre éstos y el banco anterior no existe un contacto definido; cierta similitud debida a la presencia de epidoto y bandas actinolíticas oscuras en ambos, como así también la naturaleza foliada de los dos conjuntos señalan, más bien, un pasaje transicional. Sin embargo, se ha considerado que la desaparición de las lentes o franjas tremolíticas operada a partir de una altura determinada (indicada como límite superior de 6 en el perfil de la Lámina IV) puede tomarse como la divisoria entre los conjuntos 5 y 6, ya que no sólo señala un cambio de composición por la desaparición de intercalaciones más carbonáticas sino que marca, asimismo, el límite inferior de la aparición de scheelita diseminada. Por debajo de esta altura, además, el bandeo es más regular, la esquistosidad más manifiesta y, en conjunto, las rocas presentan caracteres propios de las de filiación anfíbolítica, aunque muy epidóticas.

Son esquistos de color verde oscuro en los que alternan bandas actinolíticas, epidóticas y epidoto-biotíticas. Frecuentemente evidencian epidotización intensa a través de venillas más o menos discordantes, con formación de zonas irregulares de color verde amarillento y, en algunos casos, con desarrollo de cristales epidóticos gruesos e idiomorfos. Análogamente a lo observado más al norte, algunas de estas venillas presentan reducidos tramos feldespáticos que indican el origen pegmatítico de las mismas y su intenso reemplazo por epidoto.

En los esquistos ubicados algo por debajo del límite establecido pueden detectarse al microscopio y en las bandas epidóticas, relictos de plagioclasa muy alterada. Presentes como inclusiones en epidoto, son prácticamente irreconocibles debido a su color castaño pardo y aspecto turbio hasta opaco. Por otra parte, suelen observarse (al microscopio) cantidades variables de calcita intersticial, como así también decoloración (y carbonatización del anfíbol). Textualmente, se manifiesta el hábito claramente fibroso del anfíbol y su disposición en agregados divergentes a algo radiales.

El examen de estas rocas en otros pilares de la "veta 1" permite corroborar en comparación con las halladas en "El Morro N° 1", su bandeo más grueso (uno

o más centímetros) y la frecuente presencia de calcita intersticial o en delgada bandas concordantes; pueden analogarse, en relación a aquel yacimiento, con las anfibolitas muy epidotizadas citadas, p.ej., en el lugar del muestreo para análisis químico. En "Loma Blanca", sin embargo, alcanzan un desarrollo mucho mayor y la epidotización es intensa y común a través de todo el espesor del conjunto (vale decir, en superficie, prácticamente hasta la "veta 3"). Estos caracteres, incluyendo la frecuencia de calcita intersticial y naturaleza gradacional del pasaje al banco de tactitas bandeadas -5- indican que las divergencias encontradas respecto de las anfibolitas comunes son debidas, fundamentalmente, a una mayor proporción del componente carbonático presente en el sedimento original.

Las observaciones anteriores pueden completarse mencionando el aspecto que presenta la "veta 1" en aquellos lugares donde hubo poca tactización y en los que predomina una composición carbonática de la misma. Unos 8 m. al oeste de la entrada al chiflón inclinado hay un pequeño afloramiento de unos 2,50 m. de potencia, integrado por un banco principal y varios menores, algunos lenticulares, separados por tabiques de esquisto cuarzo-eligoclasa-biotítico. Estos últimos evidencian marcada epidotización y, por otra parte, las zonas marginales de las intercalaciones carbonáticas presentan tactización tremolítica pasando, hacia su interior, a mármoles calcítico-cloríticos foliados [♦]. El aspecto general de esta alternancia puede apreciarse en la foto 12, tomada al norte (con martillo ubicado cerca del ángulo superior derecho). Ejemplifica, en pequeña escala, no sólo el carácter lenticular de algunos bancos carbonáticos sino, también, la presencia de esquistos intercalados concordantemente en la secuencia. Por debajo del banco inferior (el más potente) siguen esquistos actinolíticos bandeados; se observa, además, parte de la escombrera de la "veta 1".

"Veta 3". Para concluir con esta parte del estudio de "Loma Blanca", se mencionarán algunos rasgos encontrados en la "veta 3". Como se indicó al reseñar los principales sistemas de bancos carbonáticos, la roca de caja oriental es de filiación anfibolítica, similar a la descrita más arriba en relación al perfil de la "veta 1". Sin embargo, hacia el extremo austral del cuerpo (que termina casi 100 m. más al sur que la "veta 1") se comprueba un cambio en estas rocas, acentuándose un parecido más estrecho con los términos observados en "El Morro N° 1". Se pasa así de esquistos actinolíticos gruesamente bandeados a anfibolitas típicas,

[♦] El examen microscópico de estos mármoles señala su similitud con la variedad clorítica estudiada en "El Morro N° 1"; contienen relictos de tremolita disseminada, reemplazados por clorita y algo de magnetita fina.

variabilmente epidotizadas, en las que cerca del contacto oriental de la "veta 3" hay intercalaciones de esquistos micáceos de hasta 2 m. de potencia; también, como en aquel yacimiento, se aprecia el plegamiento mesoscópico de parte de estas secuencias. Esta transición está indudablemente relacionada con un cambio en la composición inicial del conjunto anfibolítico; debido a su acentuación hacia el extremo sur del carbonático, podría atribuirse a una disminución en las proporciones del material carbonático entremesclado en el sedimento original.

El cuero carbonático está integrado por una sucesión de bancos y lentes de composición algo variable. A lo largo del rumbo exhibe cambios de potencia, varía de entre algo menos de 1 m. y 3 m.; en ciertos casos, a juzgar por los indicios de boudinage y por su relación con inflexiones en el rumbo de los afloramientos, dichos cambios son de origen tectónico (por otra parte, a lo largo del contacto oriental hay zonas brechadas y meteorizadas de los esquistos, que responden a cierto fallamiento). La foto 13 indica el aspecto general de uno de los pilares carbonáticos más potentes (unos 3 m.), con un tipo de diaclasamiento longitudinal, concordante, frecuentemente hallado en estos cuerpos. En algunos lugares los bancos son claramente lenticulares, sobre todo donde aparecen intercalaciones de esquistos. Un ejemplo lo constituye el banco superior (con martillo) de la foto 14, en la entrada principal a las labores; esta foto está tomada hacia el este, observándose el C° del Morro al fondo. Debajo del mármol hay una intercalación (potencia 2 m.) de esquistos cuarzo-oligoclasa-biotíticos, epidotizados cerca de ambos contactos, y a la que sigue un banco tactizado, bandeado, con scheelita.

También se observan lentes carbonáticas de cierta extensión y potencia intercaladas entre los esquistos próximos al contacto occidental de la "veta 3" dando se un caso en que la potencia total de dicho conjunto, incluyendo las lentes, superaba los 6 m.

Por otra parte, algunas de las intercalaciones encontradas dentro de la "veta 3", de color muy oscuro, recuerdan la parte bandeada e inferior de la "veta 1" constituidas inicialmente por actinolita oscura, se presentan muy alteradas evidenciando un intenso reemplazo por calcita y epidoto de grano fino. En la foto 15 se observan sólo relictos de una de tales intercalaciones, rodeados y en parte penetrados por un agregado amarillento de epidoto y calcita (escala: la reglilla mide 12 cm.) Se aprecia, asimismo, el bandeo relictico en las porciones alteradas.

Las tactitas no sólo están desarrolladas cerca de los contactos del carbonático con rocas vecinas sino, también, en las inmediaciones de las intercalaciones de esquistos. Alcanzan potencias del orden de 1,50 m. y tienen composiciones si-

milares a las halladas en "El Morro N° 1".

Hay algunas vetas de cuarzo con salbandas muscovíticas y venillas pegmatíticas finas que atraviesan discordantemente los bancos carbonáticos. Las primeras son de mayor potencia (hasta 0,60 m.), más regulares, con rumbos aproximadamente E-W y buzamientos al norte. Las segundas, en cambio, son relativamente tortuosas y, como las anteriores, pueden contener scheelita aunque en este caso asociada con berilo, fluorita o calcita espática.

La foto 16 abarca una tactita bandeada (potencia: 1,40 m.) que presenta feldespaticación local, relacionada con venillas pegmatíticas como la ubicada a la derecha del martillo. Las zonas feldespaticadas (que no se aprecian en la foto) son de color blanquecino, con un bandeo relictico derivado de la tactita y con abundantes inclusiones de la misma; constan de plagioclasa, generalmente oligoclasa ácida, reemplazada por epidoto y clinzoisita (de 2 V_γ y birrefringencia variables), fluorita incolora y granos medianos de scheelita. En corte delgado, se observa un agregado feldespato-cuarzoso cargado de inclusiones tremolíticas; la scheelita, rano a hipidiomorfa, reemplazó a dicho agregado y también contiene inclusiones de anfíbol.

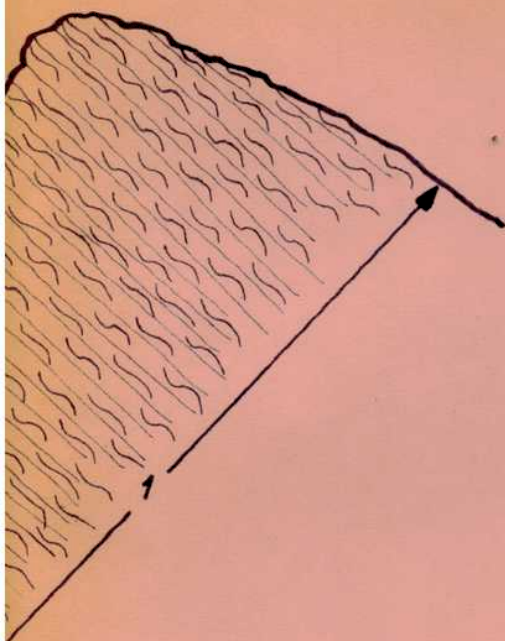
Por último, una de las zonas tactizadas de la "veta 3" evidencia rasgos propios, no encontrados anteriormente. Se trata de la tactita citada en relación a la foto 14, algunos de cuyos tramos contenían cantidades apreciables de scheelita. En la labor inferior, p.ej., (aproximadamente a unos 20 m. de profundidad) y cerca del chiflón principal, se observó mineralización scheelítica bandeada, concordante, en un banco tactizado de 0,70 m. de potencia. La tactita consta de una alternancia de franjas tremolíticas y epidóticas de pocos milímetros de espesor. La scheelita junto con fluorita, cuarzo y calcita II están asociados a la epidotización que originó las bandas citadas en segundo término y que, por otra parte, reflejan la naturaleza algo foliada de la roca. Examinada en corte delgado, la tactita contiene pequeñas cantidades de plagioclasa alterada, fenómeno no observado anteriormente en este tipo de asociación; forma parte de las bandas epidóticas evidenciando, asimismo, corrosión por el cuarzo presente. Aunque la participación de fluorita y escasa plagioclasa no implica necesariamente el origen pegmatítico de la mineralización, su presencia está probablemente vinculada a cierto aporte de ese tipo; máxime teniendo en cuenta la existencia de venillas pegmatíticas y zonas feldespaticadas en los bancos, como se señaló más arriba.

En la sección siguiente se analizarán con más detalle las evidencias de aporte pegmatítico en "Loma Blanca".

DEL BANCO TACTIZADO ORIENTAL

NCA - En superficie

1m.



E

1 esq. y gneis cuarzo oligoclasa biotíticos con venas pegmatíticas

2 esq. epidotizado

BANCO TACTIZADO:

3 tactita lenticular foliada con alternancia de bandas o lentes tremolíticas (o actinolíticas pálidas) y fajas flogopíticas

4 pequeño banco de mármol calcítico-flogopítico, con tremolitización variable

5 parte bandeada con alternancia de:



bandas y lentes tremolíticas (o actinolíticas pálidas)



franjas actinolíticas oscuras



fajas flogopíticas

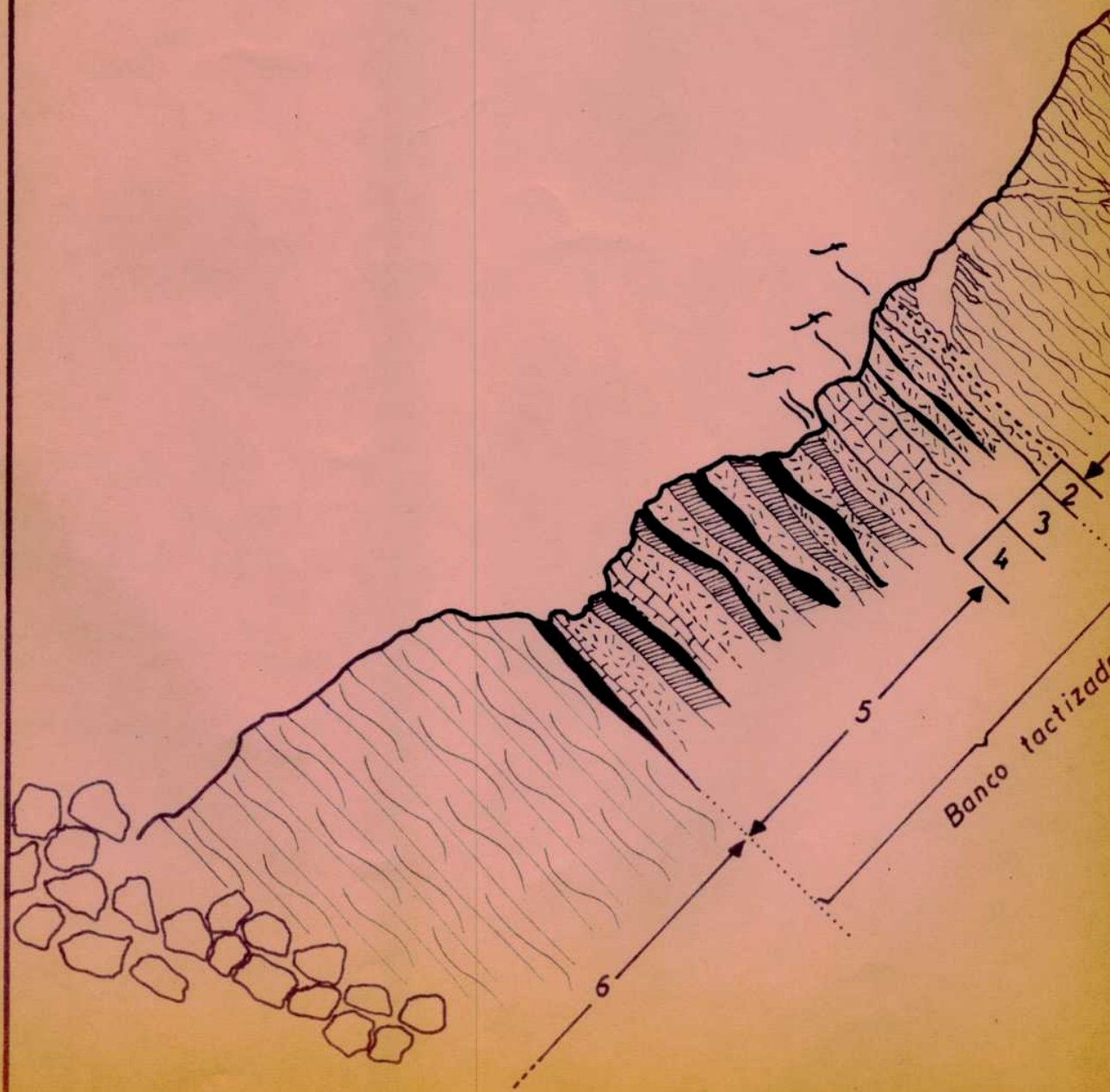


mármol calcítico-flogopítico poco tactizado

6 esq. bandeados de filiación anfibolítica

LAMINA IV — PERFIL GEOLOGICO
LOMA B
Esc

W



B) FENOMENOS DE REACCION Y APORTE SCHEELITICO RELACIONADOS CON PEGMATITAS

Al considerar el sector sur de "El Morro N° 1" se mencionaron ejemplos de venillas pegmatíticas portadoras de scheelita, responsables de cierto enriquecimiento local al atravesar los bancos carbonáticos.

En "Loma Blanca", este tipo de aporte alcanza mayor envergadura observándose tanto venillas chicas como cuerpos de relativa extensión, algunos de los cuales dieron lugar a concentraciones scheeliticas de apreciable importancia económica. Se trata, en todos los casos, de un aporte de scheelita posterior al relacionado con la tactización de los bancos carbonáticos y está generalmente vinculado con franjas biotíticas desarrolladas, por reacción, en la zona de contacto con las rocas circundantes.

Con referencia a las venillas menores, son similares a las ya descritas para "El Morro N° 1" y las "vetas" 1 y 3 de Loma Blanca. De potencias reducidas, del orden de pocos centímetros, son discordantes respecto de la foliación general, tienen rumbos cercanos a E-W y generalmente buzan al norte con ángulos de 45 ó más grados; por otra parte, a menudo son algo irregulares y hasta manifiestamente tortuosos. Similares en composición a las pegmatitas propiamente dichas constan de plagioclasa, cuarzo y algunos de los siguientes minerales: fluorita, calcita, berilo y scheelita. Suelen contener epidoto y donde atraviesan esquistos actinolita-epidóticos bandeados, comunmente evidencian epidotización intensa. En ciertos casos, estas venillas pueden relacionarse directamente con algunos de los cuerpos pegmatíticos, de los que derivaren por relleno de fracturas locales y discordantes.

Los cuerpos pegmatíticos examinados en "Loma Blanca" están ubicados en la zona delimitada por los distintos sistemas de bancos carbonáticos y, particularmente, entre las "vetas" 1 y 3. Comparadas con las pegmatitas mapeadas (al norte) por Smith y González son de extensión mucho menor, estructuralmente siempre discordantes (casi todas buzan al W) respecto de la foliación general y más complejas desde un punto de vista composicional. Se trata de cuerpos filónicos chicos que en general no superan los 50 m. de longitud, tienen potencias máximas de 1,50 m. y a menudo exhiben bruscos cambios de la misma en la dirección del buza-

miento.

Consideradas en conjunto, las pegmatitas no presentan estructura zonal interna; en algunas puede observarse una delgada y discontinua zona marginal caracterizada por su grano más fino y, habitualmente, por la presencia de mica derivada de cierta asimilación y reacción con los esquistos contiguos. En casos aislados hay alguna diferenciación interna que consiste, p.ej., en una zona cuarzosa central (núcleo) y franjas feldespáticas hacia los contactos con la caja; aún así, sin embargo, la estructura interna es muy irregular, con abruptos pasajes entre zonas feldespáticas y cuarzosas, etc. Se observan algunos ejemplos de estructura gráfica entre cuarzo y feldespato, aunque poco desarrollados.

Los abruptos cambios de potencia que experimentan algunos de estos cuerpos a través de escasos metros, sobre todo en el sentido del buzamiento, constituyen uno de sus rasgos típicos; en ciertos casos, se operan a través del pasaje del cuerpo principal a diversas venas menores.

Composicionalmente, constan preponderantemente de plagioclasa de color rosa de o blanco y cuarzo, con amplias variaciones en la proporción relativa de los mismos. En el cuadro adjunto (Tabla 14) figura la composición de varias muestras plagioclásicas procedentes tanto de las venillas como de los cuerpos mayores de "Loma Blanca"; predominan los términos albiticos. Al respecto, si bien la falta de zonación interna torna innecesaria la determinación de plagioclasas en distintas porciones de los cuerpos, ello no implica que los valores hallados representen, necesariamente, la composición feldespática global de las respectivas pegmatitas.

Los componentes accesorios más importantes son: fluorita, calcita, berilo, scheelita y apatita, de los cuales únicamente la scheelita constituye mineral de mena y sólo en aquellos lugares donde alcanzó concentraciones de relativa importancia. El epidoto también es un constituyente bastante frecuente aunque, por lo general, no se observa la epidotización citada para algunas de las venillas finas. En términos generales, la distribución de estos minerales es irregular; sin embargo la scheelita y en menor grado el berilo, suelen aparecer cerca de los contactos con rocas vecinas. Considerados paragenéticamente, si bien todos estos minerales son posteriores a las zonas feldespáticas con las que frecuentemente están asociados, no resultó factible decidir cuál fue la secuencia entre los mismos. En el caso particular de una muestra integrada preponderantemente

T A B L A 14

COMPOSICION DE PLAGIOCLASAS; VENILLAS Y CUERPOS PEGMATITICOS DE

"LOMA BLANCA"

(Determinación mediante variación simple; método de Tsuboi)

Muestra Nº	% An.	Observaciones
--	20	Venilla que corta "veta 3". Potencia : 4 cm. Contiene: berilo, scheelita, fluorita.
394	6	Pegmatita (ii), citada en el texto.
395	5	Pegmatita (i), citada en el texto.
268	5	Pegmatita (iv), citada en el texto.
405	5	Venilla 6 m. al W de (iv). Potencia : 0,15 m.
242	2	Pequeño bolsón, citado en el texto (A - 1)

por un agregado grueso (con cristales de hasta 5 cm.) de berilo, se observaron indicios a favor del carácter algo posterior de la scheelita; el berilo, por otra parte, evidencia fracturación y relleno por plagioclasa y fluorita, señalando la naturaleza compuesta de la mineralización.

La presencia de franjas micáceas localizadas en la zona de contacto con rocas contiguas constituye uno de los rasgos más notables de las pegmatitas de "La Ma Blanca". De desarrollo irregular, se las ha observado donde la roca de caja consta de esquistos actinolíticos bandeados y, especialmente, bancos carbonáticos sean tactizados o no. Se trata de franjas negras, esquistosas, de biotita (en algunos casos comprenden términos más cercanos a flogopita) y epidoto, originadas por fenómenos de reacción debidos al efecto de contacto de las pegmatitas sobre la roca de caja; en tal sentido, su desarrollo fue favorecido por la composición de los esquistos actinolíticos y, aún más, de los mármoles y tactitas. La presencia de scheelita estrechamente vinculada con estas franjas constituyó el principal motivo por el cual fueron examinadas en el curso de este trabajo. Revisten valor económico únicamente en los tramos carbonáticos o bien en la intersección (cruceros) de cuerpos pegmatíticos portadores del mineral.

A continuación, de oeste a este, junto con la mención de las principales pegmatitas encontradas en esta zona del yacimiento, se citarán ejemplos de las franjas micáceas referidas:

(1) Vena pegmatítica con abundante epidoto. Corre al NW de la entrada al chiflón de la "veta 1" y a una distancia (proyectada) de unos 60 m. al oeste de la misma, con rumbo 335°, buzamiento 33 W y potencia media de 0,20 m. Ha sido expuesta a lo largo de un pequeño frente de 12 m. Si bien contiene poca scheelita, presenta interés mineralógico debido a una zona central muy epidótica con agregados paralelos de varios centímetros de largo. La scheelita aparece en las zonas plagioclásicas marginales de la vena o localizada cerca de los contactos de éstas con el agregado epidótico. También reviste interés, en el orden textural, la naturaleza algo miarolítica de esta pegmatita: de escasos

▼ En la figura 5, correspondiente a los rangos de variación de índices basales para micas ferromagnésicas de "El Morro N° 1", se incluyeron valores para algunas de estas franjas de reacción (véase la parte inferior de ese gráfico)

milímetros a varios centímetros, se observan espacios libres en el interior del agregado feldespático o bien en el contacto entre éste y los agregados, bastante frecuentes, de fluorita. Las paredes feldespáticas suelen estar tapizadas por individuos o agregados finos, relativamente idiomorfos de plagioclasa incolora o levemente blanquecina; en ciertos casos, además, estos cristales están asociados superficialmente con otros minerales como mica o anfíbol. Se trata de agregados tubulares o vermiformes de biotita fina a muy fina dispuestos en la superficie e implantados parcialmente en los agregados feldespáticos idiomorfos que tapizan dichas cavidades. La forma tubular o vermiforme se debe al apilamiento según el eje c de las laminillas. También se hallaron individuos aislados de actinolita como inclusiones sub-superficiales.

El origen de las cavidades miarolíticas en pegmatitas fue analizado por Jahns (1955). En este caso, por los cristales que las tapizan, son probablemente primarias (al respecto, cuando las paredes son de fluorita violácea, aparecen recubiertas por pátinas rugosas e incoloras de este mineral). La aparición de mica y actinolita se relaciona con las etapas finales, de cristalización idiomorfa del feldespato. Pueden atribuirse a material acarreado de la caja vecina (esquistos actinolíticos bandeados como los ya considerados) por las soluciones que llenaron dichas cavidades primarias en último término.

(ii) Pegmatita de casi 100 m. de largo, la más extensa del área considerada. De N a S su rumbo varía de 51° a 20° , tiene buzamiento sub-vertical (al oeste) a vertical y potencias próximas a 1,50 m. Pasa unos 40 m. al oeste de la entrada de la "veta 1". En la foto 17, tomada hacia el sur, puede apreciarse el aspecto de este cuerpo filónico cerca de su extremo norte. Pocos metros más al norte pasa a varias venas de reducida potencia.

Contiene poca scheelita y con la excepción de un corto tramo cerca del extremo sur en el cual aparece berilo, no presenta rasgos de mayor interés.

(iii) Pegmatita con scheelita, ubicada al NW de la entrada a la "veta 1" a una distancia (proyectada) de unos 30 m. Aproximadamente de rumbo 25° y buzamiento 20° W, tiene potencias entre 0,80 m. y 1,20 m.

Este cuerpo contenía bastante scheelita y ha sido en gran parte extraído, pudiendo observarse una parte en la pared norte de la trinchera abierta, antes citada. La foto 18, tomada al norte, ilustra su aspecto en ese lugar; correspon-

de a un tramo muy cuarzoso de la pegmatita. Las rocas circundantes son esquistos actinolíticos bandeados, parte de los cuales (entre el cuerpo considerado y la inyección pegmatítica menor algo a la izquierda) evidencian cierto movimiento relacionado con el emplazamiento pegmatítico. En esta foto también pueden apreciarse las franjas micáceas de reacción, desarrolladas en ambos contactos del cuerpo considerado. Se las observa, además, en uno de los contactos de la inclusión (dimensión: 0,90 m. por 0,35 m.) de esquistos señalada con el martillo. Contienen epidoto fino y scheelita, junto con indicios de inyección faldespática y algunos pseudomorfos hematizados de pirita. En un corte delgado de las zonas de reacción se encontró marcada biotitización de actinolita.

Este cuerpo intersecta al anterior (ii) algo al oeste y a poca profundidad, lugar en el que se originó (cruce) una potente zona de reacción rica en scheelita, que no fue totalmente explotada por el derrumbe de todo este sector de las labores subterráneas.

(iv) Pegmatita de la "veta 1". El enriquecimiento local en la intersección de una pegmatita rica en scheelita con el conjunto carbonático de la "veta 1", constituye el mejor ejemplo de los fenómenos de reacción y aporte scheelítico observado en "Loma Blanca". Asimismo, dió lugar a una de las zonas más ricas hasta ahora encontradas en el yacimiento y que seguía en explotación en febrero de 1966, en el transcurso de la última recorrida efectuada durante este estudio.

En ese lugar se había practicado un chiflón inclinado siguiendo la intersección de los bancos con la pegmatita principal. El rumbo general de esta última era de unos 45°, con buzamientos variables entre casi verticales y 45° W. A principios de 1966 la extensión total (inclinada) del chiflón era de casi 90 m., observándose restos del filón pegmatítico a lo largo del mismo, con potencias máximas del orden de 0,40 m.

Casi enteramente extraído, los primeros indicios del cuerpo fueron encontrados a unos 18 m. de la entrada. Aproximadamente 50 m. más abajo se observaron remanentes de otra o de la misma pegmatita (si es que hubo fallamiento), pero desplazados 4 m. al este; a partir de esa profundidad la explotación siguió este segundo tramo del enriquecimiento. Por otra parte la presencia, en superficie, de varias venas de menor potencia ubicadas pocos metros al oeste de la considerada y que tienen una disposición estructural análoga, indica que todas

fueron emplazadas a través de un juego de fracturas aproximadamente concordantes. De hecho, queda así planteada la posibilidad de que existan otras zonas de enriquecimiento pegmatítico al este del chiflón y en la dirección del buzamiento de la "veta 1".

A grandes rasgos, la labor inclinada siguió la intersección discordante de la pegmatita con un conjunto de alrededor de 8 m. de espesor, intercalado concordantemente entre esquistos cuarzo-cálgoclasa-biotíticos e integrado por mármol calcítico-clorítico (variablemente tactizado) y esquistos actinolíticos bandeados subyacentes. En este tramo, la pegmatita estaba flanqueada por densas franjas de biotita fina que alcanzaban hasta 1 m. de potencia en la parte correspondiente al carbonático y que adelgazaban rápidamente a través de los esquistos actinolíticos para desaparecer, prácticamente, en los esquistos del techo y base. En algunos lugares, además, pudo apreciarse un cambio evidente en el buzamiento de este cuerpo. Así, p.ej., de prácticamente vertical al atravesar el mármol (potencia aproximada: 2 m.) pasaba a inclinaciones de casi 45° W en los esquistos actinolíticos (potencia aproximada: 6 m.) Si bien no resultó posible confirmarlo, esta variación probablemente estaba relacionada con el cambio litológico apuntado, mediante la deflexión del plano de fractura que canalizó la inyección pegmatítica.

En las franjas micáceas y sobre todo en las originadas dentro del tramo carbonático, había cantidades importantes de scheelita, apreciándose claramente que la concentración del mineral superaba la hallada en las tactitas circundantes. Por otra parte, la mayor potencia y riqueza de estas franjas respecto de las originadas en los esquistos subyacentes debe atribuirse, nuevamente, a la naturaleza reactiva de las rocas carbonáticas (incluyendo las porciones tactizadas). En este sentido, merecen destacarse dos tendencias observadas: en primer término, que la potencia de las franjas variaba inversamente con la de la vena pegmatítica en el tramo de mayor reacción (mármol). En segundo término, la scheelita allí no sólo era más abundante que en los tramos subyacentes, sino que se caracterizaba por su grano fino y naturaleza diseminada, siendo francamente menor la cantidad contenida en la vena misma; en los esquistos actinolíticos, en cambio, donde la reacción fue marcadamente menor, el mineral estaba preferentemente restringido a la pegmatita y solía presentar grano más grueso.

En general, la scheelita contenida en este cuerpo confirma lo señalado anteriormente: aparece en las zonas marginales cerca de los contactos. Además, también se encontraron granos gruesos ("ojos") e idiomorfos que, emplazados en el contacto mismo, reemplazaban tanto a la pegmatita como al agregado biotítico contiguo.

A fin de ejemplificar una de estas zonas enriquecidas puede describirse rápidamente una muestra que comprende parte de la vena central y de las franjas micáceas adyacentes. Procede de un lugar en que la primera tenía una potencia muy reducida (entre 2 y 4 cm.) y composición algo anómala: consta casi enteramente de apatita y agregados muy epidotizados de plagioclasa alterada (sericitizada, carbonatizada). Contiene granos de scheelita, pero la mayor parte de ésta se halla diseminada en el agregado biotítico a cada lado de la vena y a partir de unos 5 cm. de la misma. Asociado con la mica hay epidoto fino y abundantes pseudomorfos de pirita hematitizada. Las franjas micáceas son algo esquistosas, caracter que se refleja en el bandeo de la mena: examinadas en corte delgado, se observan pequeñas cantidades de fluorita y relietos anfíbólicos derivados de una tactita reemplazada; en cuanto a la scheelita, aparentemente reemplazó en parte al epidoto pero, fundamentalmente, aparece diseminada dentro del agregado biotítico.

En base a las descripciones precedentes, sobre todo las consignadas en último término, pueden formularse algunas consideraciones acerca de la mineralización de origen pegmatítico:

Alcanzó su mayor desarrollo en rocas químicamente reactivas, como los mármoles: en estos casos, junto con un pronunciado reemplazo micáceo, se originó cierta difusión de scheelita en la caja contigua, acompañada por pirita y minerales típicamente pegmatíticos, como fluorita.

En rocas menos reactivas, en cambio, la scheelita tendió a quedar localizada en las pegmatitas, siendo su proporción marcadamente menor que en el caso anterior.

En este sentido, por consiguiente, puede decirse que las pegmatitas actuaron como conductos para la mineralización (Kerr, 1946) aunque sólo con alcance muy limitado y debido a la gran reactividad de la caja.

La forma en que se presenta la scheelita dentro de esta asociación, además,

confirma su ubicación paragenética tardía dentro de la secuencia pegmatítica, hecho ya señalado por varios autores (Kerr, op. cit.)

Por último, algunos de los rasgos composicionales encontrados en estas pegmatitas pueden atribuirse a cierta asimilación de las rocas vecinas: tal el caso del epidoto grueso observado en una de ellas (1), como así también la presencia relativamente común de calcita.

C) VETAS DE CUARZO

La mineralización de scheelita y wolframita relacionada con vetas de cuarzo constituye la última manifestación tungstífera, tanto en este yacimiento como en el de "El Morro N° 1". En algunos lugares cortan a las pegmatitas descritas más arriba pudiendo citarse, a título de ejemplo: la intersección de una de estas vetas con la pegmatita larga [B- (ii)] cerca de su extremo norte y, por otra parte, otro caso similar en relación a la pegmatita epidótica [B- (i)].

Algunas son análogas a las mapeadas por Smith y González en la parte sur de "El Morro N° 1". En conjunto, sin embargo, las vetas de "Loma Blanca" exhiben mayor diversidad en cuanto a su disposición y rasgos estructurales; además, a juzgar por las descripciones de Kittl (1930), comprendían tipos transicionales no hallados más al norte.

En la actualidad, no resulta posible repetir muchas de las observaciones efectuadas por Beder (1913) y por Kittl (op. cit.) ya que las vetas fueron en su mayor parte extraídas: si bien no fueron explotadas sistemáticamente desde la época en que se realizó el segundo de esos estudios fueron, en cambio, objeto de reiterados pirqueos, actividad que aún continuaba en forma esporádica a principios de 1966. Por consiguiente, en la mayoría de los casos sólo pudieron examinarse las escombreras y porciones estériles de algunas vetas; no obstante, pese a estas limitaciones, pueden formularse ciertas observaciones adicionales respecto de los estudios mencionados.

En líneas generales, afloran al oeste de la zona de "Loma Blanca" hasta aquí considerada. Estructuralmente, son marcadamente discordantes con la foliación de los esquistos y gneis cuarzo-oligoclasa-biotíticos circundantes; reflejan un emplazamiento preferencial a lo largo de fracturas más o menos continuas pero, en general, claramente definidas como oblicuas a normales respecto de la esquistosidad regional.

Según Kittl, los rumbos más comunes estaban comprendidos entre 30° y 80°, con inclinaciones de 40° - 70° N; las potencias alcanzaban 0,50 m. aunque cita vetas con wolframita de hasta 1 m. La mineralización, siendo la scheelita cuantitativamente más importante que la wolframita, alcanzaba poca profundidad (alrededor de 20 m.) Las mayores labores alcanzaban 60 m. de largo, siendo las su-

perforaciones algo más extensas ; en la actualidad se observan varias trincheras angostas, de poca profundidad, que sobrepasan los 100 m. de longitud.

Dicho autor clasificó las vetas de "Loma Blanca" en varios grupos genéticos atendiendo conjuntamente a sus rasgos estructurales, a la presencia o ausencia de mineralización en la caja contigua ("impregnación"), como así también a las asociaciones mineralógicas que presentaban:

- (1) impregnaciones a lo largo de grietas cerradas o vetas irregulares.
- (2) vetas de scheelita, epidoto, berilo y cuarzo.
- (3) vetas de cuarzo con scheelita y fluorita.
- (4) vetas de cuarzo con wolframita.

Dicho ordenamiento, según Kittl, correspondería con el orden de emplazamiento siendo (1) los primeros y (4) los más recientes. Cita formas bastante irregulares sobre todo para los primeros tipos, caracterizados por una disposición algo escalonada y por la aparición de bolsones de cuarzo con importantes cantidades de scheelita; las vetas del último tipo, en cambio, tenían mayor extensión y forma más regular. El sentido indicado (1 a 4), además, marcaría sucesivas etapas en la disminución de la temperatura y presión de formación, aclarándose que se trataba de una serie esencialmente continua con términos transicionales entre los distintos grupos.

Con respecto al grupo (1), sin embargo, tanto por algunas de las descripciones consignadas por Kittl, como por la relación que señala con aplitas o pegmatitas y la presencia de biotita "regenerada" en los esquistos contiguos, se superpondría en parte con lo que en el presente estudio se mencionó como aporte pegmatítico; debe aclararse que dicho autor no cita esta clase de aporte scheelítico en forma directa y que, en este sentido, algunas de sus observaciones no resultan del todo claras.

Dejando sentado, tal como se indicó al comienzo, que las vetas de cuarzo son posteriores a las pegmatitas portadoras de scheelita, los tipos enunciados por Kittl señalarían la existencia de varios términos transicionales dentro de esta etapa final de la mineralización tungstífera.

Donde pudieron examinarse algunos tramos de vetas con scheelita, resultaron muy similares a las observadas algo más al norte en "El Morro N° 1": presentan salbandas muscovíticas discontinuas de hasta 1 cm. en potencia asociadas

con scheelita y en las que la disposición de la mica es normal o algo radial a los contactos con la roca de caja. Las salbandas, junto con la scheelita, son posteriores al cuarzo que constituyó la mayor parte de las vetas y respondieron a un aporte canalizado preferentemente a lo largo de los contactos con las rocas circundantes. La scheelita es de grano fino a grueso y a menudo claramente idiomorfa frente al cuarzo; en algunos casos, se observa una relación directa entre el tamaño de grano de la muscovita y el de la scheelita. Los contactos con la roca de caja son netos; el examen en corte delgado señala que el único efecto sobre los esquistos y gneis cuarzo-oligoclasa-biotíticos ha sido una restringida silicificación local, con corrosión de la plagioclasa y de-ferrización de la biotita. Asimismo, con respecto a las salbandas micáceas, la presencia de inclusiones muscovíticas englobadas por la scheelita indicaría el carácter algo posterior de esta última o, a lo sumo, esencialmente simultáneo con la mica. Por otra parte, en el terreno, se comprueba que donde las vetas evidencian ensanchamientos locales, la proporción de scheelita es marcadamente menor o nula; se estima que esta tendencia confirmaría el carácter posterior del mineral respecto del cuarzo.

Según las descripciones de Kittl este tipo de vetas correspondería, por su relativa extensión y regularidad, contactos netos y ausencia de mineralización en las rocas adyacentes, al grupo (3) de su clasificación.

También se observaron ejemplos con varios de los demás minerales acompañados citados tanto por Beder como por Kittl. La pequeña veta que corta a la pegmatita epidótica [B- (1)], p.ej., y cuyo rumbo aproximado es de 83°, inclinación 40° N y potencia 0,20 m., tiene salbandas muscovíticas con berilo, scheelita, fluorita y poca albita.

Sólo pudo hallarse wolframita en muestras aisladas. En los ejemplos examinados se presenta con las mismas asociaciones mineralógicas citadas más arriba para la scheelita (salbandas muscovíticas con fluorita, berilo, etc.) Además, en todos los casos está asociada con scheelita y hay frecuentes indicios de que la wolframita fue parcialmente reemplazada por esta última. La wolframita constituye agregados gruesos (de hasta 5 cm.) localizados en o cerca de las salbandas muscovíticas, con delgados rebordes de scheelita en los contactos con minerales vecinos y finas impregnaciones scheeliticas a lo largo de sus clivajes y fracturas; por otra parte, también aparece scheelita en granos finos a gruesos, gene-

ralmente idiomorfos, por reemplazo del cuarzo circundante. En lo demás, los tramos examinados eran muy similares a los del tipo anterior y a las vetas de "El Morro N° 1", siendo la wolframita siempre algo anterior a la scheelita.

Algunas de estas observaciones, que contradicen las efectuadas por Kittl, no resultan suficientes, empero, para rever la secuencia general propuesta por ese autor; sobre todo porque ella, en gran medida, se basa en rasgos estructurales que no fue posible apreciar en el transcurso del presente estudio, debido al estado actual de los afloramientos.

También puede mencionarse que en "Loma Blanca" hay vetas totalmente estériles en tungsteno y que carecen de salbandas micáceas como las descritas.

Por otra parte, en el cuarzo son relativamente frecuentes pequeñas e querdas con relictos oxidados de pirita y calcopirita que configuran una estructura celular o "boxwork" rudimentario; los sulfuros inalterados son menos comunes y ya fueron citados en los estudios anteriores. Puedan añadirse algunos datos más en base al examen calcográfico [♦]:

Uno de los cortes abarca varios cristales variablemente alterados de pirita con escasa calcopirita: se aprecia el reemplazo pseudomórfico del primero por óxidos de hierro (goethita, lepidocrocita) asociados con pequeñas cantidades de cuprita y algo de covellina supergénica.

El segundo corte, dirigido a estudiar un material de alteración verdoso, indica que derivó de calcopirita con formación de cuprita, covellina y algo de calcosina supergénica (textura "craquelé"). Además, hay pequeñas cantidades de molibdenita, mineral hipogénico no citado hasta ahora en "Loma Blanca".

[♦] Si bien no guarda relación con las vetas consideradas, también fue examinado un corte pulido de magnetita hematitizada (martita), procedente de un pequeño cuerpo pegmatítico estéril ubicado en la Quebrada Blanca. La martita fue citada anteriormente sobre todo por Beder (1913). La observación microscópica permite añadir algunos detalles texturales: en las porciones inalteradas de la magnetita se observó ilmenita, probablemente derivada por exolución de aquélla; el grado de reemplazo por hematita es variable, siendo en algunos casos total. En general el reemplazo hematítico se produjo a lo largo del alivaje (111) de la magnetita, originándose una textura del tipo Widmanstätten y consistente en un enrejado de malla triangular.

Por último, se examinaron algunas vetas de cuarzo que afloran al oeste y sudoeste del yacimiento de "Loma Blanca".

Las más importantes pertenecen al yacimiento "Los 2 Negritos" y fueron estudiadas por Monchablen (1956) y, en mayor detalle, por Stoll (1963). No difieren prácticamente de las consideradas anteriormente.

Algo al sudoeste afloran vetillas de cuarzo con turmalina y scheelita de poca importancia económica pero que revistan interés desde un punto de vista genético; no fueron consideradas en los diversos estudios mencionados anteriormente. A este respecto, su inclusión en el presente trabajo permite complementar las observaciones generales de Beder y de Kittl, quienes no habían encontrado una vinculación entre turmalina y la mineralización tungstífera [♦].

Se trata de vetillas irregulares y algo lenticulares, generalmente con franjas densas de turmalina fina ubicadas cerca del contacto con la roca de caja. En términos generales la disposición estructural es similar a la encontrada poco más al norte en "Los 2 Negritos"; tienen rumbos aproximadamente E-W, buzan al norte y en algunos lugares intersectan con venas aproximadamente E-S cuyo buzamiento es sub-vertical al este. Son relativamente tortuosas en escala chica, siguiendo en parte los pequeños repliegues de la caja; en la zona de contacto suele evidenciarse cierta inyección de los esquistos contiguos. La turmalinización generalmente se desarrolló por reemplazo de franjas plagioclásicas (oligoclasa ácida) marginales. En algunos tramos se observa una burda estructura interna: bandas turmalínicas marginales de pocos centímetros de espesor, con franjas relictoicas de plagioclasa seguidas, hacia el interior, por una zona predominantemente cuarzosa con algunas bandas y vetillas de turmalina fina. La scheelita encontrada está asociada con las zonas turmalínicas; se trata de granos medianos totalmente rodeados y en parte atravesados por fibras de ese agregado. Este hecho, junto con el aspecto alterado de la scheelita (color castaño-amarillento), sus contactos suavemente curvos hacia el agregado circundante e incluso la presencia de apófisis y pe-

[♦] Sister y Maldonado (1953) mencionaron turmalina entre los minerales de ganga en las vetas de cuarzo de "Loma Blanca". Por otra parte este tipo de asociación fue claramente señalado por Stoll (1963) en relación p.ej. a "El Peje".

queños girones de turmalina que penetran los granos del mineral, indicarían que la scheelita antecedió la turmalinización de las vetas. En corte delgado el agregado turmalínico es de color verde (aunque algunos de los individuos son zonales, con áreas centrales de color azulado) y está englobado por un mosaico de cuarzo con extinción ondulosa. La turmalina, flexurada y fracturada, está atravesada por finas venillas cuarzosas, observándose poca plagioclase entre las fibras de la misma y relictos corroidos dentro del cuarzo.

Estas vetas, por lo tanto, evidencian deformación y la turmalinización encontrada probablemente estuvo relacionada con un aporte de cuarzo.

Discusión acerca de las vetas de cuarzo estudiadas.

Para concluir con este tema, se efectuarán algunas consideraciones de índole genética.

En general, se admite que las vetas de cuarzo con wolframita y/o scheelita puedan haberse originado bajo condiciones genéticas muy diversas. Según Kerr (1946) la gama posible comprende desde las formadas en el estadio pegmatítico final hasta depósitos epitermales poco profundos.

Muy frecuentemente se las ha clasificado como hipotermiales. Sin embargo (~~en Kerr (1946) se menciona que~~) dicha asignación a menudo se basa en premisas algo subjetivas. También a este respecto, ya fue señalado por Lovering (1933) que debido a su mineralogía sencilla resulta difícil estimar las profundidades de emplazamiento y que era dudosa la clasificación como hipotermal de muchos de estos depósitos.

A juzgar por la recopilación de Kerr (op. cit.), las características evidenciadas por las vetas de cuarzo de "Loma Blanca" son las habituales en este tipo de depósito y, por otra parte, no revisten valor diagnóstico en cuanto a las condiciones (fundamentalmente temperatura) de formación: presencia de salbandas mucovíticas con minerales de tungsteno; distribución muy irregular de estos últimos; aparición de bolsones mineralizados o no, etc. Además, según las descripciones de Kittl, presentaban un rasgo comúnmente hallado en depósitos análogos de Norteamérica: en las vetas en que predominaba wolframita solía haber pequeñas cantidades de scheelita, pero no a la inversa.

Con respecto al presente estudio también se comprobó que la mayoría de las vetas portadoras de scheelita carecían de wolframita. Sin embargo, debe destacar-

se que donde se encontró wolframita no sólo aparecía asociada con scheelita sino, además, con los mismos minerales (p.ej. berilo, fluorita) que acompañan a esta última cuando constituye el único mineral de tungsteno presente en las vetas. El reemplazo de wolframita por scheelita observado donde aparecen juntos, por otra parte, es relativamente frecuente en esta clase de depósitos e indica más de una etapa de mineralización (Ishibashi, 1950); en general, este cambio de composición se relaciona con una alcalinización de los agentes de transporte (p.ej. Bryngalin, 1958).

Además, aunque esto sólo puede formularse como una apreciación, sin datos para avalarlo, es probable que la distribución de uno y otro mineral haya respondido a cierta zonación hipogénica. En tal sentido, puede tomarse en cuenta el siguiente párrafo del trabajo de Kittl (op. cit. pág. 40): "Si consideramos al pozo maestro de Loma Blanca como centro de formación de la scheelita, vemos que las vetas de wolframita son las que se encuentran más lejos de éste".

La falta de criterios objetivos para determinar las condiciones en que se originaron estas vetas, torna difícil su adecuada clasificación genética.

Por lo pronto, a través de las observaciones de Kittl y de algunas más formuladas en el presente estudio, surge que se trataría de una serie de depósitos correspondientes a un rango de condiciones y no a una única etapa genética. Se estima, en este sentido, que la inclusión de las vetillas turmalínicas más arriba descritas permite ampliar, con cierto fundamento, el cuadro genético de las vetas de cuarzo hacia los términos pegmatíticos, una vinculación ya anticipada de manera indirecta por Kittl. Varios rasgos de estas vetillas denotan su filiación pegmatítica: la naturaleza irregular; la inyección feldespática de la caja contigua; la abundante turmalina, etc. Constituirían, de esta manera, una etapa intermedia entre las pegmatitas con scheelita consideradas en la sección anterior (B) y las vetas de cuarzo típicas, de origen claramente hidrotermal.

No se han observado, en cambio, pasajes directos entre pegmatitas y vetas de cuarzo (como cita Kerr, op. cit.) ni tampoco, como halló Stoll (1963) en "El Peje", gradaciones entre vetas turmalínicas con scheelita y pegmatitas. Las evidencias en esta región son fragmentarias, de carácter indirecto y la vinculación surge solamente al integrar todas las manifestaciones tungstíferas posteriores a la relacionada con la tectonización de los bancos carbonáticos.

De acuerdo con esta concepción, probablemente todas las vetas de cuarzo en el yacimiento de "Loma Blanca" son de origen hidrotermal incluyendo las del grupo (1) de Kittl.

Finalmente y desde un punto de vista estrictamente mineralógico la presencia, junto con wolframita y scheelita, de pequeñas cantidades de molibdenita asociada con los sulfuros, tiende a conformar una asociación propia de los rangos de mayor temperatura dentro de la serie hidrotermal; lo cual, por otra parte, resulta enteramente compatible con las consideraciones anteriores. Se estima prudente, no obstante, no adoptar una clasificación más estricta. Entre otras razones, por la falta de suficiente información con respecto a la frecuencia y ubicación paragenética de los sulfuros, dentro del conjunto de las vetas de cuarzo.

PRINCIPALES CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE "LOMA BLANCA"

Debido a la similitud que en muchos sentidos presenta este yacimiento con el de "El Morro N° 1", se ha concentrado la atención solamente en aquellas cue
stiones que ilustran aspectos nuevos o rasgos mejor desarrollados en "Loma Blanca". Al respecto puede mencionarse:

1) La geología general de la zona es análoga a la encontrada más al norte y las observaciones formuladas en las conclusiones correspondientes a "El Morro N° 1", pueden hacerse extensivas a "Loma Blanca".

2) A través del estudio de "Loma Blanca" se confirma la secuencia general de la mineralización tungstífera señalada para "El Morro N° 1", a saber (en orden decreciente de antigüedad)

(a) Mineralización scheelítica en tactitas.

(b) Aporte scheelítico de origen pegmatítico.

(c) Vetas de cuarzo con scheelita y/o wolframita.

Los principales resultados de esta parte del estudio atañen a los tipos (b) y (c), particularmente bien desarrollados en "Loma Blanca". Al finalizar su consideración en las secciones B y C correspondientes a este trabajo se resumieron (págs. 149-150 y págs. 156-158, respectivamente) los rasgos más importantes.

3) En cuanto a la génesis de los diversos ti
pos de mineralización puede decirse, en síntesis: (i) el origen de la tactización y mineralización scheelítica de los bancos carbonáticos en "Loma Blanca", conforma el esquema genético discutido anteriormente para "El Morro N° 1".

(ii) La mineralización de tungst
eno relacionada con pegmatitas y con vetas de cuarzo es claramente posterior a la relacionada con tactitas; los dos últimos tipos de mineralización, en el orden indicado, representan distintas etapas de un ciclo esencialmente continuo, que abarcó desde los términos pegmatíticos hasta vetas de cuarzo claramente hidrotermales.

OBSERVACIONES GEOLOGICAS EN ALGUNOS YACIMIENTOS DE TUNGSTENO EN LA
SIERRITA DE YULTO

En el transcurso de este estudio se examinaron algunos yacimientos ubicados en la Sierrita de Yulto, al sur de la Sierra del Morro. A fin de ampliar las observaciones consignadas anteriormente, se completará el presente trabajo con una sucinta revisión de aquellos yacimientos que presentan rasgos nuevos, no hallados en los de "El Morro N° 1" y "Loma Blanca". A tal efecto, sólo serán consideradas algunas vetas de cuarzo con wolframita y scheelita en "La Armandita", lo cual permitirá complementar aspectos relativos a esa clase de depósitos y, por último, se citarán ciertos fenómenos encontrados en "La Coquita", donde se manifiesta una inyección de tipo pegmatítico no hallada previamente.

Desde un punto de vista económico, estos yacimientos son más chicos y no revisten la importancia de los dos ya considerados.

"La Armandita"

En esta zona fueron explotadas varias vetas de cuarzo con wolframita y scheelita, prácticamente agotadas en la actualidad.

Laboreadas a lo largo de trincheras abiertas, poco profundas y de varios cientos de metros de longitud, seguían rumbos de aproximadamente 310° a 330°, siendo el buzamiento de las vetas alrededor de 80° E. Están emplazadas en esquistos y gneis del tipo hallado más al norte en la Sierra del Morro; donde se observaron restos de las mismas se comprobaron potencias del orden de 0,20 m., como así también enriquecimientos locales en las intersecciones (cruceros) con vetas análogas de rumbo casi E-W y buzamiento prácticamente vertical.

No presentan mayor interés en el sentido antes señalado, vale decir como aporte nuevo a la discusión. En cambio, más al este, hay unas vetillas cuarzosas de poco valor económico pero que revisten importancia genética. Están emplazadas en un cuerpo de roca granítica aflorante unos doscientos cincuenta metros al este de las trincheras citadas.

En estos casos, la caja es una roca granítica con microclino, de caracter

leucoocrático, que forma parte de la terminación septentrional de un cuerpo cuya extensión no fue determinada. En esta zona tiene algunos cientos de metros de ancho. Por su grano fino y naturaleza leucoocrática corresponde, probablemente, a las unidades del basamento cristalino mapeadas como "aplitas" por F. Pastore en las provincias de San Luis y Córdoba (véanse, p.ej., Pastore y Huidobro, 1952).

La única vena que presentaba cierto valor económico contenía wolframita y ha sido casi enteramente extraída. Con una potencia de alrededor de 0,10 m. y una corrida mineralizada de 4 m., se prolongaba en delgadas guías estériles de cuarzo. Su rumbo general coincide con el de una de las direcciones del juego local de diaclasas desarrolladas en la roca granítica (aproximadamente 318° , inclinación 78° E).

La wolframita, concentrada preferentemente hacia el interior de la vena, era prácticamente pura; hacia los contactos, en cambio, pudo observarse scheelita, y wolframita parcialmente reemplazada por esta última. La ganga cuarzosa es algo drusoidal, en parte rellenada por material limonítico.

La roca de caja no evidencia alteración; tampoco se desarrollaron salbandas muscovíticas definidas, aunque en algunos tramos del contacto se aprecia una mayor concentración local de mica.

Unos cien metros al oeste de este lugar y dentro del mismo cuerpo, se encontró una venilla análoga aunque con escasa mineralización. Similar en rumbo y buzamiento a la vena considerada anteriormente, resulta de interés mencionar que se halla atravesada por una venilla cuarzosa, estéril, cuya disposición coincide con la dirección complementaria (aproximadamente 284°) del citado juego de diaclasas.

En base a los datos consignados y tomando en cuenta el conjunto de vetas que afloran en la zona, pueden formularse las siguientes consideraciones:

- 1) Las venas alojadas en el cuerpo intrusivo y las ubicadas más al oeste, dentro de esquistos, forman parte de una misma etapa hidrotermal; lo indica no sólo la proximidad entre unas y otras, sino la análoga disposición estructural y su composición mineralógica similar. En el caso particular de las primeras, sólo hubo mineralización a lo largo de una de las direcciones del diaclasamiento desarrollado en el intrusivo.

2) Dicho hidrotermalismo fue claramente posterior al emplazamiento y consolidación de la roca granítica, no existiendo razones que permitan vincularlo en forma directa con ese intrusivo. En este sentido, las manifestaciones tungstíferas observadas son enteramente análogas a las estudiadas en regiones donde no afloran cuerpos intrusivos.

3) La ausencia de salbandas muscovíticas definidas en la vetas alojadas dentro de la roca granítica, reflejaría el diferente comportamiento de la caja frente a los fluidos mineralizadores. No puede descartarse, a este respecto, que las salbandas desarrolladas en terrenos donde predominan esquistos deriven, en mayor o menor grado, de la mica presente en esas rocas.

4) La secuencia paragenética observada entre wolframita y scheelita, junto con la localización preferencial de la segunda en zonas marginales de las vetas, señalan el carácter posterior de la mineralización scheelítica.

"La Coquita"

Este yacimiento está ubicado en la parte oriental de la Sierrita de Yulto, algo al sudoeste de la Estancia Mina San Jorge (dicha estancia está situada cerca del camino a Villa Mercedes, aproximadamente a la altura de la Quebrada del Coro). Junto con, entre otras, las pertenencias de "La Irita", integra un grupo de minas cuyo mineral es concentrado en la planta instalada en esa estancia.

En cuanto a la geología general de esta zona y a juzgar por lo observado al go al norte de la mina "La Coquita", el basamento de la región presenta mayor grado de migmatización que el hallado al norte, en el faldeo occidental de la Sierra del Morro.

La foliación regional es aproximadamente NE, con inclinaciones menores de 45° SE. Se trata de esquistos biotíticos variablemente migmatizados: presentan pecies de aspecto más granitoide, de color gris oscuro por la abundante contaminación micéica, que representan zonas donde hubo mayor recolección del material de composición tonalítica (s.l.) responsable de la migmatización. Hacia el oeste, se observan afloramientos más continuos de esta variedad de "granito gris", tonalítico, a través de un contacto difícil de precisar pero a grandes rasgos concordante con la foliación general: se trata de rocas francamente esquistosas, en las que se aprecia claramente el componente metamórfico. Corresponden a un mayor grado de aporte tonalítico que, incluso, puede haberle comunicado cierta movilidad o intrusividad al conjunto, respecto del basamento circundante. Tanto por las características citadas como, estructuralmente, por la presencia de pliegues mesoscópicos concordantes dentro de esta área granitizada (s.l.) de los esquistos y la naturaleza concordante de su contacto respecto de los esquistos variablemente migmatizados del este, el cuerpo considerado (cuya extensión no se indagó) podría atribuirse a una inyección y migmatización tonalítica de tipo sintectónico.

Dentro del área considerada, algo al norte de "La Coquita", afloran varios filones pegmatíticos: verticales y con rumbos aproximadamente NNE, tienen longitudes próximas a los treinta metros y potencias medias de unos dos metros. De composición mineralógica sencilla, constan de cuarzo con menor proporción de feldespato y muscovita: en algunos tramos evidencian estructuras de tipo gráfico en-

tre cuarzo y feldespato. También se encontraron algunas venas de cuarzo con turmalina (rumbe aproximado: 60°) de unos seis metros de largo.

Observaciones generales sobre el yacimiento: En la zona del yacimiento propiamente dicho se observan varios afloramientos carbonáticos concordantes con la esquistosidad general; de naturaleza discontinua, exhiben mayor complicación estructural que la encontrada en los depósitos examinados anteriormente. En los tramos donde afloran cuerpos carbonáticos, la secuencia litológica general es similar a la ya encontrada en otras zonas constando, de N. a S. de: esquistos y gneis cuarzo-oligoclasa-biotíticos; delgadas franjas epidotizadas de los anteriores; mármoles variablemente tactizados; anfibolitas (en este yacimiento de pocos metros de espesor); esquistos y gneis cuarzo-oligoclasa-biotíticos.

Además, y constituyendo el principal rasgo de interés en este yacimiento, se observaron inyecciones de material pegmatítico o pegmatóide asociadas con las rocas carbonáticas. Se trata de inyecciones emplazadas preferentemente en la zona de contacto de los bancos carbonáticos con las anfibolitas y esquistos del techo (sur), aunque en parte también invadían dichos bancos y los esquistos de la base (norte).

Los tramos con scheelita, el único mineral de mana encontrado, están localizados en las porciones tactizadas de los cuerpos carbonáticos y, frecuentemente, también en la inyección pegmatítica adyacente.

El material inyectante, por otra parte, está relacionado con cuerpos pegmatíticos algo discordantes, cuyos rumbos están comprendidos entre 13° y 25° y de los cuales presumiblemente derivó mediante aportes canalizadas a lo largo de los contactos indicados.

Las zonas inyectadas alcanzan, en ciertos lugares, algunos metros de espesor. Constán de fragmentos de esquistos y anfibolitas de diversos tamaños, hasta bloques de uno o dos metros, rodeados por un agregado gris blanquecino de grano generalmente grueso, composición oligoclasa-biotítica (con cuarzo subordinado) y aspecto algo nodular. En muchos casos, los fragmentos de roca de caja fueron totalmente englobados por el agregado pegmatóide; constituyen verdaderos xenolitos, rodeados por delgadas franjas de reacción y que, por la rotación de los planos de esquistosidad, evidencian que hubo cierto movimiento dentro de la zona de inyección. La penetración en los esquistos adyacentes fue menor, observándose venas

irregulares y áreas restringidas donde hubo cierto grado de mezcla local. En aquellos lugares donde el aporte pegmatítico fue mayor se aprecian, en los esquistos adyacentes, estructuras desordenadas, de flujo, indicando que el conjunto alcanzó cierto grado de plasticidad.

El aspecto desordenado o revuelto que presenta una de las zonas de inyección ubicada algo al SW del Pozo N° 4, puede verse en la foto 19 (con martillo a la derecha y por debajo del centro de ésta). El material pegmatítico tiene color claro en la foto; en el ángulo inferior derecho de la misma pueden apreciarse algunas venas de ese material. El martillo está apoyado en uno de los xenolitos anfibolíticos. Los esquistos algo por encima y a la izquierda del martillo evidencian estructuras de flujo y cierto grado de inyección concordante, que se superpone al carácter migmatítico (regional) de estas rocas.

Las fotos 20 y 21 ejemplifican otras características de las zonas consideradas, en este caso con referencia a la ubicada al oeste y a continuación del Pozo N° 1. La primera abarca varios xenolitos anfibolíticos cuya interacción con el material intrusivo circundante quedó atestiguado no sólo por sus formas irregulares, propias de corrosión, sino por la existencia de franjas de reacción que las rodean enteramente (de color gris claro en la foto). La segunda foto, tomada a menor distancia, abarca la parte señalada con el martillo en la anterior (foto 20); permite ampliar algunos de los detalles observados. La inyección pegmatítica es de grano grueso, generalmente del orden del centímetro y consta de oligoclasa, biotita y cuarzo, con cantidades subordinadas de epidoto fino. Son relativamente frecuentes los individuos feldespáticos, prácticamente idiomorfos y separados por tabiques burdos de biotita. La mica también constituye agregados diseminados y, por otra parte, está marcadamente concentrada en contacto con las franjas de reacción que rodean los xenolitos.

En cuanto a las franjas de reacción, son de grano fino. En corte delgado, se observa no sólo feldespatización y silicificación de las anfibolitas sino, también, reemplazo total del anfíbol por biotita fina; contienen, además, una apreciable proporción de epidoto. Al examinar los afloramientos, suelen encontrarse pseudomorfos finos de hematita según pirita en las superficies de contacto entre las franjas consideradas y los xenolitos anfibolíticos.

Puede agregarse que en este lugar (Pozo N° 1) los fenómenos de inyección

están relacionados con un filón pegmatítico discordante (rumbo 13°), que aflora a lo largo de unos 20 m., con potencias del orden de 1,20 m. Tiene composición mineralógica sencilla y exhibe, en parte, estructura gráfica entre cuarzo y feldespato.

La scheelita en este yacimiento, tal como se adelantó más arriba, aparece en zonas tactizadas de las rocas carbonáticas y, también, asociada con las pegmatitas vecinas. Como manifestación nueva, respecto de lo encontrado en los yacimientos anteriormente considerados, merece destacarse su relación con la inyección pegmatítica emplazada a lo largo de la zona de contacto entre los bancos carbonáticos y las rocas de caja. Ya se han descrito las principales características de las zonas de inyección, como así también del material que las originó.

En general, este último no difiere mayormente del citado en relación a las fotos 20 y 21. Exhibe cierta variación en el tamaño de grano que da lugar a agregados en los que predominan térrminos medianos e incluso finos. Frecuentemente, aparece reemplazado por abundantes sulfuros (principalmente pirita y escasa calcopirita) y, en menor proporción, por scheelita y fluorita.

La scheelita, en particular, constituye desde finas diseminaciones hasta agregados gruesos e idiomorfos en los que se aprecian, a simple vista, inclusiones de feldespato englobadas por el mineral.

Puede agregarse, con respecto a esta fase de inyección pegmatítica (denominada "huesecillo" por los mineros de la región), que en algunos lugares evidencia marcado reemplazo epidótico, sobre todo como resultado de la interacción con bancos carbonáticos vecinos; en estos casos tiene una pronunciada coloración amarillo-verdosa.

Las tactitas son análogas a las descritas para otros yacimientos: además, en contacto con el material pegmatítico, suelen presentar un reemplazo flogopítico intenso. Se originan, así, rocas compuestas predominantemente por flogopita y epidoto fino. En estos casos, además, reflejan un aporte pegmatítico de fluorita, apatita y, al menos en parte, de la scheelita presente particularmente si es de grano mediano o grueso.

A fin de ilustrar las relaciones halladas entre zonas tactizadas de los bancos carbonáticos y fenómenos debidos al aporte pegmatítico, pueden mencionarse algunas observaciones realizadas en las inmediaciones del Pozo N° 6. En febrero de 1966, éste constituía la principal fuente de mineral en "La Coquita".

Observaciones en las inmediaciones del Pozo N° 6

En este sector, el más oriental del yacimiento, los bancos carbonáticos variablemente tactizados afloran a lo largo de casi 50 m., con rumbos e inclinaciones próximas a 45° y 40° SE, respectivamente. El chiflón inclinado (Pozo N°6) está ubicado en el extremo oeste de dicha faja; en la foto 22, tomada hacia el noreste y a la altura de la entrada al chiflón, puede verse el aspecto general de los bancos a lo largo de un destape superficial.

La foto 23 (martillo algo por debajo y a la izquierda del centro) abarca, de abajo hacia arriba, parte de un pilar carbonático tactizado y la zona de inyección pegmatítica que se extiende, prácticamente, hasta la superficie. A la altura del martillo puede apreciarse el carácter algo nodular y discordante de la inyección, con diversos xenolitos de anfibolitas y esquistos; algo más arriba, se pasa a una zona de mezcla con estructura desordenada, en la que predominan esquistos.

En este sector del yacimiento, la penetración pegmatóide se manifiesta todo a lo largo de los afloramientos carbonáticos. En el último tramo hacia el este, se observa una tactita muy epidótica, bandeada y con agregados gruesos de cuarzo, que se acuña entre esquistos algo inyectados.

Donde, en superficie, el inyectante está en contacto con partes tactizadas de los bancos, hay manifiesta epidotización de las apófisis pegmatoides y reemplazo flogopítico de las rocas adyacentes. La scheelita en las primeras es de grano mediano y suele estar emplazada por reemplazo del feldespató pegmatítico; en las zonas flogopitizadas, suele ser de grano fino y naturaleza diseminada. Como se aclaró anteriormente, en algunos casos la scheelita encontrada en este último tipo de asociación es de mayor grano, idiomorfa y derivada del aporte pegmatítico.

En casos como el considerado, el examen microscópico señala cierta carbonatización del inyectante: se manifiesta a través de venillas calcíticas finas y mediante algunas secciones finas del mineral, que reemplazaron preferentemente a la plagioclasa.

En cortes delgados de las tactitas contiguas, se comprueba su intenso reemplazo por un agregado de flogopita fina a muy fina, calcita y cuarzo; el carácter relictico de la tactita se evidencia tanto por indicios texturales como por

la presencia de algunas fibras tremolíticas dispersas. Como detalle textural complementario, puede mencionarse que los agregados epidóticos suelen presentar con tornos muy irregulares hacia la mica circundante, atribuibles a su anterior intercrecimiento periférico con el anfíbol.

Por otra parte, la pegmatita relacionada con los fenómenos de inyección considerados en este sector de "La Coquita" sólo se observa como tal, vale decir como cuerpo delimitado, a la altura del chiflón inclinado. Presenta varios rasgos interesantes que pueden apreciarse en la foto 24 (con martillo por encima y a la derecha del centro), correspondiente a la pared oeste de la entrada al Pozo N° 6, en superficie.

La parte superior de la pegmatita está considerablemente engrosada respecto del resto del cuerpo. Emplazada prácticamente en la terminación occidental de la faja carbonática, es discordante respecto de los esquistos contiguos y tiene un rumbo aproximado de 25°. De composición simple (plagioclasa, cuarzo y muscovita), la parte superior muestra evidentes señales de deformación, como lo atestigua su estructura bandeada en abanico, visible en la foto. Rasgos estructurales similares fueron encontrados en otros cuerpos pegmatíticos del yacimiento, p.ej. cerca del Pozo N° 4. En líneas generales, se manifiesta un intenso diaclasamiento o partición estructural, concordante con los contactos de la pegmatita. En muchos casos, se comprueba la orientación mineralógica de ciertos componentes, sobre todo de la muscovita. En corte delgado, asimismo, se aprecia la orientación preferencial de la mica y de agregados alargados de cuarzo, estos últimos con bandas de extinción y texturas cataclásticas, poco a moderadamente desarrolladas.

En la misma foto (N° 24) se observa, hacia abajo, la rápida disminución en potencia de la pegmatita y su cambio de inclinación: hacia abajo y a la izquierda pasa a un delgado filón, aproximadamente concordante con el buzamiento general del conjunto litológico que, en este lugar es de unos 37° SE. Puede agregarse que inmediatamente a la izquierda del lugar fotografiado se extiende, por pocos metros, una zona de inyección pegmatítica, con xenolitos de mármol variablemente tazitado; a la derecha, en cambio, siguen esquistos y se manifiesta la naturaleza claramente discordante de este tramo superior del cuerpo.

Por último, en el interior del chiflón (Pozo N° 6), pueden hallarse buenos ejemplos de la mineralización de scheelita, de origen pegmatítico. Generalmente

vinculados con fenómenos de reacción como los estudiados en "Loma Blanca" deben señalarse, sin embargo, algunas diferencias evidenciadas en "La Coquita".

En primer término, la intensa alteración de los sulfuros asociados con la inyección pegmatítica, a menudo dificulta las observaciones en estas labores. Relativamente frecuentes, sobre todo la pirita [†], los sulfuros en muchos casos aparecen totalmente oxidados como resultado de la percolación de aguas meteóricas. Se originaron, así, óxidos de hierro que impregnaron las rocas vecinas, tornándolas prácticamente irreconocibles.

En segundo término, la inyección pegmatítica, aproximadamente concordante con la inclinación del conjunto litológico integrado por esquistos, anfibolitas y bancos carbonáticos, sólo se manifiesta como un filón definido en las proximidades del chiflón. En las labores laterales, suele presentarse como una penetración nodular, de grano generalmente grueso y del tipo descrito en superficie. Las rocas que constituyen el techo y la base del carbonático también evidencian inyección similar, pero más restringida y de menor tamaño de grano.

En tercer término, las zonas de reacción biotíticas ^{††} desarrolladas en las tactitas contiguas a la inyección o bien donde ésta las invadió discordantemente, no adquieren el carácter continuo y masivo de las franjas micáceas halladas en "Loma Blanca". Se trata, más bien, de fajas discontinuas alineadas en forma casi concordante con la foliación general y que a menudo determinan, en el interior de las zonas tactizadas, una estructura lenticular bandada. En corte delgado, se comprueba que la biotita que reemplazó estas porciones de las tactitas está casi siempre asociada con agregados feldespáticos epidotizados y alterados, provenientes de la pegmatita: también se observa que dicho aporte fue localmente

[†] La pirita fresca (peso específico aprox. 5,02), por otra parte, dificulta la concentración minera de la scheelita (peso específico aprox. 5,9 - 6,1).

^{††} La mica presenta aspecto manchado (al microscopio) debido, en parte, a la impregnación de óxido de hierro, pero también como resultado de su de-ferrización. Algunas porciones corresponden a términos flogopíticos según la clasificación adoptada oportunamente (pág. 71). En este sentido, es muy probable que la meteorización haya originado cierto lavado de la mica.

acompañado por la introducción de cuarzo.

La scheelita, que en las tactitas es típicamente de grano fino, generalmente alcanza mayor tamaño en las porciones biotitizadas. Además, también se encuentran zonas scheeliticas localizadas en fracturas discordantes cerca de la inyección pegmatítica.

Algunas consideraciones finales acerca del yacimiento "La Coquita"

1) Los resultados de un examen microscópico muy expeditivo, indican la composición oligoclásica del feldespato que forma parte de los esquistos migmatizados, de los filones pegmatíticos y de la inyección pegmatóide emplazada a lo largo de los bancos carbonáticos.

Aunque no fueron investigadas sistemáticamente hay, sin embargo, pequeñas diferencias composicionales entre los términos feldespáticos que integran las diversas unidades mencionadas.

La plagioclasa de las zonas de inyección es aparentemente algo más básica que la hallada en los filones pegmatíticos, fenómeno que puede atribuirse a cierta asimilación del calcio contenido en los mármoles contiguos.

También se encontraron indicios de crecimiento zonal en las plagioclasas: sobre todo en aquellos lugares en que se desarrollaron bajo condiciones de marcado desequilibrio local como, p.ej., en las apófisis pegmatíticas en contacto con rocas carbonáticas. Coincidiendo con esa interpretación, no se observó en tales casos un sentido determinado de la zonación, pudiendo ser tanto directa como inversa. Debe destacarse, sin embargo, que las variaciones composicionales serían poco pronunciadas y estarían comprendidas dentro del rango oligoclásico.

2) Por lo dicho en cuanto a la naturaleza oligoclásica de los feldespatos, habría cierta convergencia composicional entre la migmatización tonalítica de los esquistos por un lado, y los filones pegmatíticos e inyección derivada de los migmos por el otro. Ello no sugiere, empero, la simultaneidad de esas dos manifestaciones: muy por el contrario, los filones pegmatíticos, discordantes respecto de la foliación regional, son claramente posteriores a la etapa de migmatización esencialmente sintectónica del basamento.

3) Por último, podría plantearse un interrogante con respecto al origen de

la scheelita asociada con las pegmatitas de "La Coquita". Teniendo en cuenta que los filones encontrados en el yacimiento son estructuralmente equivalentes a otros, aparentemente estériles, que afloran en la zona vecina, cabría considerar si la presencia de ese mineral no refleja la asimilación y redistribución de scheelita inicialmente contenida en las tactitas.

Su vinculación con minerales como fluorita, berile e incluso abundante pirita dentro de las zonas inyectadas, sin embargo, no condice con esta interpretación. En conjunto, tales minerales configuran el tipo de asociaciones halladas en pegmatitas de composición más compleja, como las estudiadas en "Loma Blanca". Como en aquel yacimiento, por consiguiente, se estaría en presencia de una segunda etapa de mineralización, de filiación pegmatítica.

CONCLUSIONES GENERALES

1) En este trabajo se han estudiado los tipos de mineralización tungstífera hallados en cuatro yacimientos que forman parte del basamento cristalino de la Sierra del Morro y Sierrita de Yulto, provincia de San Luis, Argentina.

Pertenecen al ambiente geológico de las Sierras Pampeanas y las zonas consideradas reflejan, en parte, los resultados de la compleja evolución que caracterizó al basamento cristalino de esa provincia.

En los yacimientos "El Morro N° 1" y "Loma Blanca", ubicados en la falda occidental de la Sierra del Morro se manifiesta, sobre todo, la naturaleza metamórfica de esas zonas. Al considerar las conclusiones referentes al primero de los yacimientos mencionados se estimó, en forma aproximada, el correspondiente grado de metamorfismo regional, analogándolo con el de la facies anfibolita (pág. 123).

En la Sierrita de Yulto, al sur de la Sierra del Morro, se hallaron rangos geológicos similares. Algunas observaciones preliminares en la zona de "La Coquita" indican un mayor grado de migmatización en esa porción del basamento. En las inmediaciones de "La Armandita", en cambio, aflora un cuerpo intrusivo que aparentemente no está relacionado con la mineralización tungstífera del lugar.

2) En los yacimientos considerados se manifiestan una o más de las siguientes etapas de mineralización de tungsteno, en un orden decreciente de antigüedad:

- a) Mineralización scheelítica en tactitas.
- b) Aporte de scheelita de origen pegmatítico.
- c) Vetas de cuarzo con scheelita y/o wolframita.

Se resumen a continuación y en forma sinóptica, los tipos de mineralización presentes en cada uno de los yacimientos estudiados. Asimismo se indica, de manera enteramente cualitativa, la importancia relativa de dichos tipos cuando aparecen dos o más en un mismo yacimiento.

Yacimiento	Mineralización de tungsteno en:		
	tactitas	aporte pegmatítico	vetas de cuarzo
"El Morro N° 1"	dominante	enriquecimientos locales	enriquecimientos locales
"Loma Blanca"	dominante	apreciables enriquecimientos locales	(prácticamente agotadas)
"La Armandita"	—	—	(prácticamente agotadas)
"La Coquita"	dominante	apreciables enriquecimientos locales	—

3) Las características más importantes de cada uno de los tipos de mineralización pueden sintetizarse como sigue haciendo referencia, además, a algunas conclusiones pertinentes que ya fueron expuestas en el transcurso de este trabajo:

a) Mineralización scheelítica en tactitas. Constituye la más importante desde el punto de vista económico.

La scheelita es el único mineral de mena; se la encuentra asociada con fajas o zonas irregulares de tactita desarrolladas en bancos carbonáticos, cerca de sus contactos con las rocas contiguas. La distribución del mineral es sumamente irregular y son relativamente frecuentes los tramos tactizados en los que no aparece scheelita.

La mineralogía de las tactitas es relativamente monótona y entre los componentes más comunes (excluyendo scheelita) pueden citarse: anfíboles de la serie

tremolita-actinolita, epidoto o clinocroisita, flogopita, cuarzo, calcita y clorita. Presentan, no obstante, considerables variaciones debido al cambio a veces sumamente brusco en la proporción relativa de los distintos minerales, como así también a diferencias en lo que respecta a su asociación (incluyendo reemplazos y alteraciones) y, en menor grado, a la textura de las rocas resultantes. Por otra parte, atendiendo a factores como éstos, se han diferenciado algunas asociaciones mineralógicas características dentro de las zonas tactizadas. Además, de la comparación de los diversos perfiles estudiados, surge que hay cierta regularidad en la aparición de las mismas a través de los distintos yacimientos examinados.

En cuanto al origen de las tactitas y de la mineralización asociada fue considerado, fundamentalmente, en relación a "El Morro N° 1". Este yacimiento, por la extensión y relativa continuidad de los bancos carbonáticos, constituye el más indicado para un estudio en detalle de la tactización. Las principales conclusiones de dicho examen fueron sintetizadas en las págs. 125 a 131: "Génesis de las tactitas y de la mineralización scheelítica asociada".

b) Aporte de scheelita de origen pegmatítico. En varios de los yacimientos estudiados se observaron venillas y/o cuerpos pegmatíticos chicos, portadores de scheelita, que originaron enriquecimientos locales sobre todo al atravesar bancos carbonáticos.

Son generalmente discordantes respecto de la esquistosidad regional y tienen potencias que van desde pocos centímetros hasta un par de metros. Sólo algunos de los cuerpos mayores sobrepasan los cincuenta metros de largo. Constan predominantemente de plagioclasa y cuarzo, observándose frecuentemente cantidades subordinadas de los siguientes minerales: apatita, berilo, calcita, epidoto, fluorita y scheelita.

En los casos en que esta clase de aporte alcanzó cierta envergadura, la scheelita está generalmente concentrada en franjas micáceas desarrolladas por efectos de contacto de las pegmatitas en rocas vecinas.

Las principales consideraciones sobre este tipo de mineralización fueron formuladas en base a su estudio en "Loma Blanca" y "La Coquita" (págs. 149-150 y 170-171, respectivamente).

c) Vetas de cuarzo. Portadoras de wolframita y/o scheelita, se examinaron

varias de estas vetas en el extremo sur de "El Morro N° 1", en "Loma Blanca" e inmediaciones, y en "La Armandita".

Constan predominantemente de cuarzo, observándose cantidades subordinadas de mica, feldespato, fluorita y berilo, entre otros minerales acompañantes. La mayoría de las vetas tienen salbandas muscovíticas de hasta 1 cm. de potencia en las que se presenta scheelita y, en ciertos casos, wolframita. El estudio de algunas muestras con wolframita indica que este mineral antecedió y fue en parte reemplazado por scheelita.

En general, las vetas consideradas atraviesan discordantemente a esquistos y gneis cuarzo-oligoclasa-biotíticos. En "La Armandita", en cambio, se examinó una pequeña veta con wolframita y algo de scheelita, alojada en un cuerpo de roca granítica. Mineralógicamente similar a las anteriores aquí también se comprobó la naturaleza algo posterior de la scheelita respecto de la wolframita.

Se resumieron algunas consideraciones en torno a este tipo de mineralización en las págs. 156-158 y 161-162, correspondientes a "Loma Blanca" y "La Armandita", respectivamente.

R Clayton.

J. Ferrera

B I B L I O G R A F I A

- American Geological Institute (1960) - "Glossary of geology and related sciences" 2nd Ed. (with supplement).
Publ. The Am. Geol. Inst., Washington D.C., 397 p.
- Anderson, C.A. (1963) - "Simplicity in structural geology" en: The Fabric of Geology, p. 175 - 183.
Geol. Soc. America; Addison Wesley
- Angeleli, V. (1942) - "El wolframio en la República Argentina"
An. 1er. Congr. Pan. de Ing. Minas y Geol.; Geol.(2a.parte), III; p. 1254-1268.
Stgo. de Chile
- Barth, T.F.W. (1948) - "Oxygen in rocks: a basis for petrographic calculations".
Journ. of Geol.; vol. 56; p. 50-60.
- Beder, R. (1913) - "Las vetas de magnetita (martita) y las de wolframita de la pendiente occidental del Cerro Morro, Provincia de San Luis"
Dir. Gen. Minas Geol. e Hidrol.; Bol. N° 3; Ser.B; p. 1-15; Bs. As.
- Bryzgalin, O.V. (1958) - "The origin of scheelite in skarn ore deposits"
Geochemistry N° 3; p. 297-304.
- Bryzgalin, O.V. (1960) - "Chemical character of tungsten-bearing solutions in the skarn ore-forming process"
Geochemistry N° 6; p. 624-629.
- Deer, D.A.; Howie, R.A.; Zussman, J. (1962-63) - "Rock forming minerals"
vol. 1 - 5 ; John Wiley; N.Y.

- De Sitter, L.U. (1956) - "Structural Geology"
Mc. Graw Hill; N.Y.; 552 p.
- Edwards, A.B.; Baker, G. and Callow, J. (1956) - "Metamorphism and metasomatism
at King Island scheelite mine"
Journ. Geol. Soc. Australia; vol. 3; p. 55-97.
- Fyfe, W.S.; Turner, F.J. and Verhoogen, J. (1958) - "Metamorphic reactions and
metamorphic facies"
Geol. Soc. America, Memoir 72.
- Geijer, P. (1960) - "The distribution of halogens in skarn amphiboles in Central
Sweden"
Arkiv. Mineral Geol.; Bd. 2; nr. 36; p. 481-504.
- González Bonorino, F. (1950) - "Algunos problemas geológicos de las Sierras Pam-
peanas".
Rev. Asoc. Geol. Arg.; t.V ; N° 3; p. 81-110.
- González Bonorino, F. (1957) - "Instrucciones sobre el uso de la Platina Univer-
sal para estudios de óptica cristalográfica"
Dir. Nac. de Investigaciones Científicas y Técnicas
Bs. Aires ; 43 p.
- Gower, J.A. (1957) - "X-ray measurement of the Fe-Mg ratio in biotites"
Amer. Journ. Sci.; vol. 255; p. 142-156.
- Harpun, J.R. (1954) - "Formation of epidote in Tanganyika"
Geol. Soc. Amer., Bull; vol. 65; N° 11; p. 1075-1092
- Heinrich, E.W. (1946) - "Studies in the mica group; the biotite-phlegopite series"
Amer. Journ. Sci.; vol. 244; p. 836.

- ' Hess, F.L. (1917) - "Tungsten minerals and deposits"
U.S. Geol. Surv., Bull. 652.
- ' Hess, F.L. and Larsen, E.S. (1922) - "Contact metamorphic tungsten deposits of the United States"
U.S. Geol. Surv., Bull. 725.
- Hogberg, E. (1950) - "Färgningsmetoder för fältundersökning av karbonatbergarter"
Geol. Förh. Förh. Stockholm; Bd 72; H. 3; p. 348-356.
- Hogberg, E. (1962) - "Calcite and dolomite reactions in Svecofennian carbonate rocks"
Geol. Förh. Förh. Stockholm; Bd. 84; H. 3; p. 283-310.
- Holmes, A. (1920) - "The nomenclature of petrology"
Thomas Murby; London; 284 p.
- Ingerson, E. (1965) - "The concept of a separable pneumatolytic stage in post-magmatic ore formation"
en: Symposium-Problems of post magmatic ore deposition
vol.II; p. 463-471; Publ. Geol. Surv. Czechoslovakia; Prague.
- ' Ishibashi, M. (1950) - "Studies on the tungsten minerals and their genesis from Japan and Korea"
Hokkaido Univ.; Fac. Sci.; J.S. 4; vol. 7; N° 3; p. 261-276.
- Jahns, R.H. (1955) - "The study of pegmatites"
Econ. Geol. 50th. Ann. Vol.; part II; p. 1025-1130.
- ' Kerr, P. (1946) - "Tungsten mineralization in the United States"
Geol. Soc. America; Memoir 15.

- Kittl, E. (1930) - "El yacimiento de wolfram de la Mina Loma Blanca, Provincia de San Luis"
Rev. Minera; vol. 72; p. 17-30 y 33-55; Bs. As.
- Korshinskii, D.S. (1959) - "Physicochemical basis of the analysis of the paragenesis of minerals"
(trad. inglés). Consultants Bureau; N.Y.; 142 p.
- Lapidus, A. (1954) - inédito - "Informe sobre la mina de scheelita El Morro N° 1, Provincia de San Luis"
Dir. Nac. Min.; Carp. 285; Bs. As.
- * Lawrence, L.J. (1958) - "On the genetic and structural relations between contact metamorphic mineralization and a hydrothermal vein at Walang, N.S.W."
Roy. Soc. New South Wales, Journ. and Proc.; vol.92; part 2; p. 47-54.
- Li, K.C. and Wang, Y. (1943) - "Tungsten"
Amer. Chem. Soc. Mon. 94
Reinhold Publ. Corp.; N.Y.; 325 p.
- * Lovering, T.S. (1933) - "Tungsten Deposits"
en: Ore deposits of the Western States; p. 665-671.
Rocky Mountain Fund Series; A.I.M.E.
- Narakušev, A.A. (1958) - "Parageneses of lime skarns in the Taishnoe magnesian skarn iron ore deposit in the Archean of the Aldan Plita"
Geochemistry N° 2; p. 203-212.
- Monchablón, A. (1956) - inédito - "Yacimientos de wolframio de la Provincia de San Luis"
Dir. Nac. Min.; Carp. 564; Bs. As.

- Munro, H. (1963) - "Errors in the measurement of 2V with the Universal Stage"
Amer. Mineralogist ; vol. 48; p. 308-323.
- Niggli, P. (1954) - "Rocks and Mineral Deposits"
(Trad. inglés: R. Parker); W.H. Freeman; San Francisco; 559 p.
- Pastore, F. (1915) - "Estudio geológico y petrográfico de la Sierra del Morro,
Provincia de San Luis"
Anal. Min. Agric.; XI; Secc. Geol.; N° 2; Bs. As.
- Pastore, F. y R. Huidebro, O.J. (1952) - "Descripción geológica de la Hoja 24 G,
Saladillo"
Dir. Nac. Min.; Bol. N° 78; Bs. As.
- Ramberg, H. (1952) - "The origin of metamorphic and metasomatic rocks"
The University of Chicago Press; Chicago; 317 p.
- Schwartz, G.M. (1958) - "Alteration of biotite under mesothermal conditions"
Econ. Geol.; vol. 53; p. 164-177.
- Sister, R.G. y Maldonado, F. (1953) - inédito - "Informe de las minas de soche-
lita Loma Blanca y El Peje, Departamento Pedernera, San Luis"
Dir. Nac. Min.; Carp. 444; Bs. As.
- Smith, W.C. and Gonzales, M.M. (1947) - "Tungsten investigations in the Republic
of Argentina, 1942-43"
U.S. Geol. Surv., Bull. 954-A ; p. 2-12.
- Sesio, M.V.J. (1964) - "Descripción geológica de la Hoja 24 h, Sierra del Morro"
Dir. Nac. Geol. y Min.; Bol. N° 95; Bs. As.

- Stoll, W.C. (1963) - "Algunos yacimientos de tungsteno del distrito Cerro El Negro, Provincia de San Luis"
Rev. Asoc. Geol. Arg.; t. XVIII; N° 3-4 ; p. 121-128.
- Thompson, J. (1955) - "The thermodynamic basis for the mineral facies concept"
Amer. Journ. Sci.; vol. 253; p. 65-103.
- Tilley, C.E. (1920) - "The metamorphism of the Pre-Cambrian dolomites of Southern Eyre Peninsula, South Australia"
Geol. Mag.; vol. 57; p. 449-462.
- Tsубои, S. (1934) - "A straight-line diagram for determining plagioclases by the dispersion method"
Jap. Journ. Geol. Geog.; II; p. 325-326.
- Turner, F.J. and Verhoogen, J. (1960) - "Igneous and metamorphic petrology"
Mc. Graw Hill; N.Y.; 694 p.
- Winchell, A.N. and Winchell, H. - "Elements of optical mineralogy"
Part II ; John Wiley; N.Y.; 551 p.
- Yegorov, A.P. (1962) - "Recalculation of the chemical composition of minerals and rocks on the basis of crystallochemical data"
Geochemistry N° 9; p. 895-911.

"El Morro N° 1"



1



2



3



4

1. Aspecto en superficie de las labores del Pozo N° 9.
2. Naturaleza lenticular foliada de los bancos carbonáticos cerca del Pozo N° 9.
3. Fenómenos de migmatización en esquistos y gneis cuarzo-oligoclasa-biotíticos.
4. Fenómenos de migmatización en esquistos y gneis cuarzo-oligoclasa-biotíticos.

"El Morro N° 1"



5



6



7



8

5. Mármol calcítico-micáceo foliado.
6. Mármol dolomítico (potente banco blanquecino, en la foto).
7. Tactita bandeada, algo esquistosa, con alternancia de fajas anfibólicas y flogopíticas.
8. Alternancia de bancos carbonáticos y fajas de esquisite anfíbolítico o micáceo (potencia del banco central aproximadamente 0,40 m.)

"El Morro N° 1"



9



10

9. Núcleo y limbo oriental de un anticlinal, prácticamente isoclinal y volcado al oeste.

10. Pequeño pliegue tectizado en la charnela del núcleo. Detalle de la foto 9.

"Loma Blanca"



11



12

11. Parte de la pared sur de la trinchera a cielo abierto (profundidad aproximadamente 10 m.)

12. Alternancia de bancos carbonáticos y esquistos, al oeste de la entrada a la "veta 1".

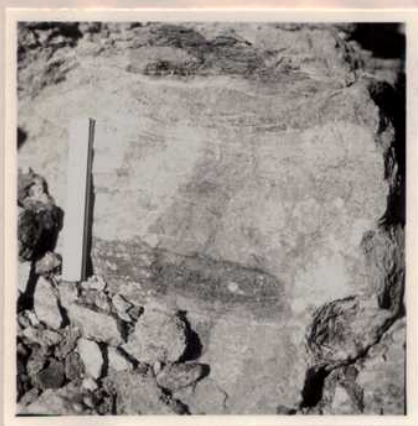
"Loma Blanca"



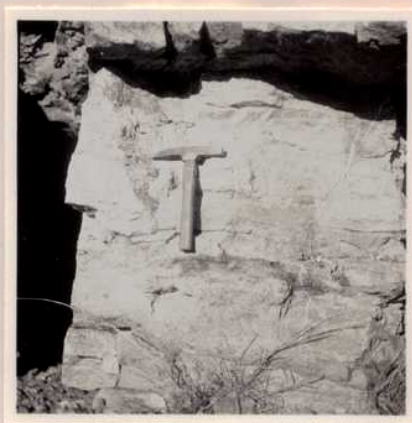
13



14



15



16

13. Aspecto general de los afloramientos carbonáticos de la "veta 3" (potencia: 3 m.).
14. Banco carbonático lenticular que forma parte de la "veta 3".
15. Intercalación anfibolítica muy alterada ("veta 3").
16. Tactita bandeada, atravesada por una venilla pegmatítica ("veta 3").

"Loma Blanca"



17



18

17. Filón pegmatítico.

18. Pegmatita con franjas micáceas marginales.

"La Coquita"



19



20



21



22

19. Aspecto desordenado de una zona de inyección pegmatítica (cerca del Pozo N° 4)
20. Zona de inyección pegmatítica con xenolitos de anfíbolita (cerca del Pozo N° 1)
21. Detalle de la foto 20.
22. Aspecto general, en superficie, de los bancos explotados en el sector oriental (cerca del Pozo N° 6).

"La Coquita"



23



24

23. Fenómenos de inyección pegmatítica contiguos a un banco carbonático tectizado. (En superficie, cerca Pozo N° 6).

24. Pegmatita del Pozo N° 6 (en superficie)