

05.70.29

ISIDORO B. SCHALAMUK

| | |
|-----------------------|-------------|
| C.N.E.A. Biblioteca | |
| ARCHIVO PUBLICACIONES | |
| Nº 1 | AÑO 1970 |

CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO
DE LOS FOSFATOS DE LAS PEGMATITAS DE CERRO BLANCO,
TANTI, PROVINCIA DE CORDOBA, REPUBLICA ARGENTINA

De la « Revista de la Asociación Geológica Argentina », Tomo XXV, Nº 1

Comisión Nacional de Energía Atómica

BUENOS AIRES
IMPRENTA CONI S. A. C. I. F. I.
684, PERU, 684

1970

ISIDORO B. SCHALAMUK

CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO
DE LOS FOSFATOS DE LAS PEGMATITAS DE CERRO BLANCO,
TANTI, PROVINCIA DE CORDOBA, REPUBLICA ARGENTINA

De la « Revista de la Asociación Geológica Argentina », Tomo XXV, Nº 1

Comisión Nacional de Energía Atómica

BUENOS AIRES
IMPRENTA CONI S. A. C. I. F. I.
684, PERU, 684

1970

CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DE LOS FOSFATOS DE LAS PEGMATITAS DE CERRO BLANCO, TANTI, PROVINCIA DE CORDOBA, REPUBLICA ARGENTINA,

POR ISIDORO B. SCHALAMUK ¹

RESUMEN

Se describen las características geológicas generales de las pegmatitas de cerro Blanco, Tanti, provincia de Córdoba, y se efectúa el estudio mineralógico de las siguientes especies del grupo de los fosfatos: triplita, apatita, metaestregita, turquesa, hureaulita, libethenita y heterosita. Se hacen también consideraciones de orden genético.

De los minerales citados los tres primeros han sido mencionados por otros autores; turquesa y hureaulita son descriptos por primera vez en estas pegmatitas; libethenita y heterosita son determinados por primera vez en el país.

Para cada una de las especies mencionadas se efectúa un estudio de su asociación, características físicas y morfológicas, propiedades ópticas, composición química y espaciados de rayos X.

ABSTRACT

The general geological environment of the pegmatite of cerro Blanco, Tanti, Córdoba province is described and the mineralogical study and some genetic relations of the following mineral species of the phosphate group: triplite, apatite, tourquoise, metastrengite, hureaulite, libethenite, and heterosite, is given here.

From the above mentioned minerals three were already mentioned by other authors. Turquoise in hureaulite are described for the first time and these pegmatite, libethenite and heterosite have never been known in Argentine before. For each mineral species the mineralogical association, physical and morphological characters, optical properties, chemical composition and X-ray diffraction data is given.

I. INTRODUCCION

El presente trabajo tiene por finalidad aportar nuevos datos, contribuyendo al conocimiento mineralógico y relaciones genéticas de las especies minerales del grupo de los fosfatos, presentes en las pegmatitas del cerro Blanco, Tanti, provincia de Córdoba.

El estudio se efectuó sobre muestras recolectadas en una corta visita a los yacimientos por los doctores E. Linares y C. O. Latorre, y sobre otras obtenidas en una visita posterior realizada por el autor, durante la cual adquirió

información sobre la geología del área, tipo de pegmatitas, asociación mineral, etc.

Se presenta además de una breve reseña geológica del área y de los minerales principales componentes de los cuerpos pegmatíticos, la descripción de las especies del grupo de los fosfatos, se determinan sus características físicas, propiedades ópticas, análisis químicos y espaciados de rayos X. Finalmente se esboza la posible génesis de las diferentes especies minerales determinadas.

Se describen un total de siete minerales de este grupo entre las cuales, hureaulita y turquesa se señalan por primera vez en las pegmatitas estudiadas.

¹ Comisión Nacional de Energía Atómica.

En cambio libethenita y heterosita son descritas por primera vez en la Argentina. Con respecto a esta última cabe destacarse que fue mencionada por otros autores, como se verá más adelante (3, 6), que consideraron como heterosita lo que en realidad se trataba de metaestregita.

Este estudio se efectuó durante la permanencia del autor como becario de la CNEA, durante los años 1967-68 (Beca Interna, Clase "A", tipo A-2), en la ex División Mineralogía y Petrología del Servicio Laboratorios de la Gerencia de Materias Primas, actuando como responsable el Dr. Enrique Linares, Jefe del Servicio Laboratorios.

2. CONSIDERACIONES GENERALES

2.1. Ubicación

El cerro Blanco se encuentra en el departamento de Punilla de la provincia de Córdoba, unos 8 km al oeste de Tanti y 67 km al noroeste de la ciudad de Córdoba. El acceso se efectúa por la Ruta Nacional Nº 20, que atraviesa el área, como puede observarse en el plano adjunto (fig. 1).

La zona presenta un relieve irregular, con lomadas suaves recortadas por quebradas, algunas de ellas profundas. La altitud media de la misma es de 1.000 m s.n.m.

La mina "El Criollo" está formada por varios reventones de cuerpos pegmatíticos, que afloran en dos grupos (Ver plano de ubicación de labores figura 2). Uno de ellos, el septentrional, comprende las labores I, II y III y los aflorantes al oeste con las labores IV y V. El segundo, al sur y separado del anterior por la R.N. Nº 20, consta de diversos afloramientos irregulares, con ocho labores. Este grupo es el que presenta mayor importancia para el presente trabajo, dado que algunas de sus labores son ricas en fosfatos.

2.2. Antecedentes

Existen numerosos trabajos que hacen referencia a las pegmatitas del cerro Blanco. La presencia de dichos cuerpos es conocida desde mucho tiempo atrás. Los primeros trabajos corresponden a Stelzner (1873) quien ya menciona distintos fosfatos (apatita, triplita y describe un mineral "azul cielo"

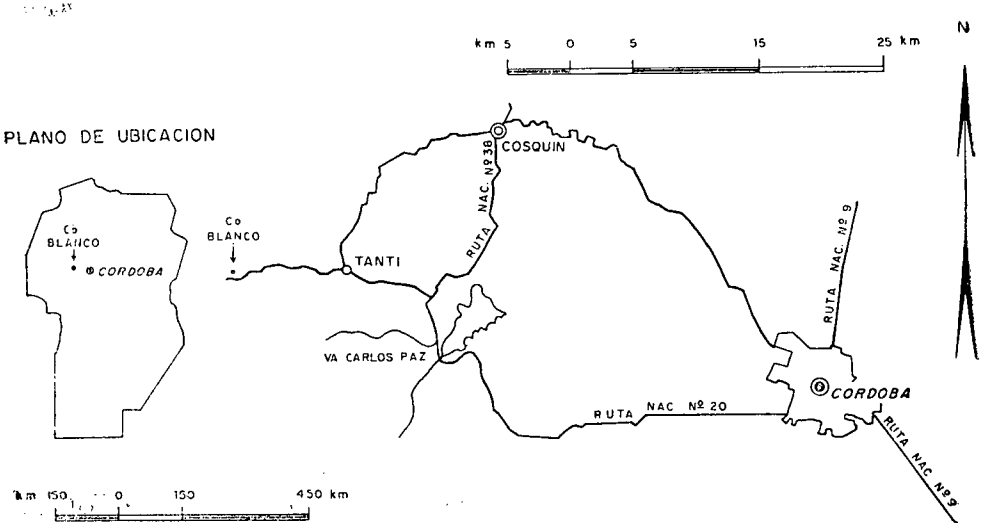


Figura 1

que considera heterosita). Bodenbender (1905), hace también algunas comunicaciones sobre distintos minerales hallados en esa área; más tarde Olsa-

conocidos hasta la fecha; Angelelli (1950), donde se hace referencia a la existencia de berilo, citándose a los demás minerales acompañantes; Kitl

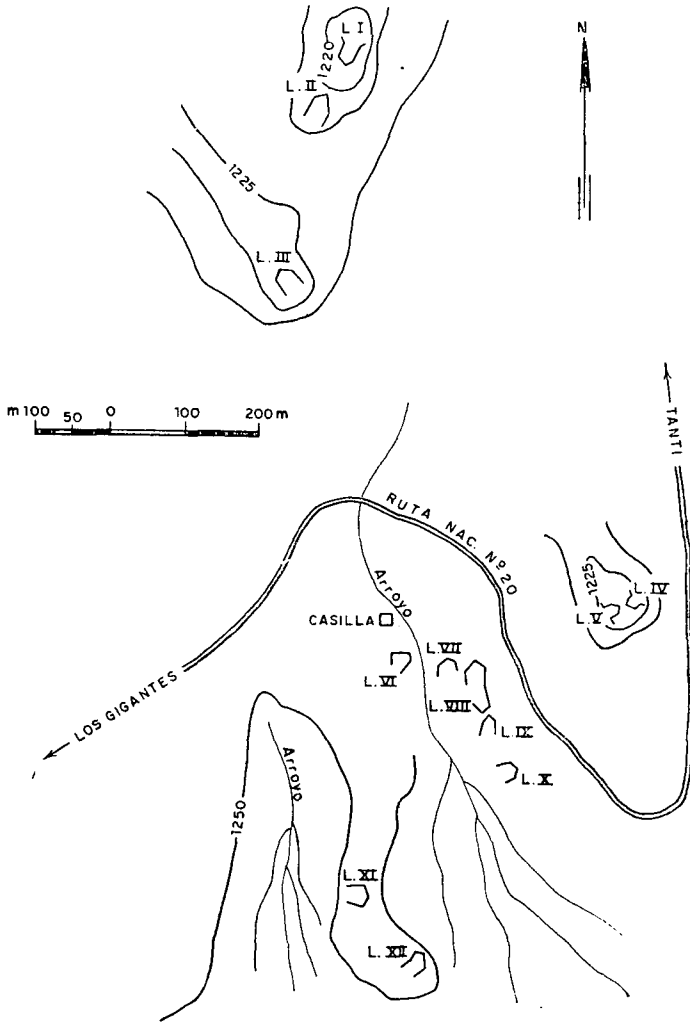


Figura 2

cher (1938) los describe más detalladamente.

Ultimamente, varios autores se han ocupado de los minerales del mencionado cerro. Entre ellos se citan los trabajos de: Ahlfeld y Angelelli (1948), en el que se describen los fosfatos

(1954), que se ocupa fundamentalmente de los fosfatos; Granero Hernández (1958), que trata de las posibilidades uraníferas de la mina "El Criollo", y más recientemente Hurlbut y Aristarain (1968), que describen el hallazgo de bermanita y Gay (1968), que indica la presencia de dufrenita.

2.3. *Las pegmatitas*

Estas rocas leucocráticas se emplazan en ambientes de rocas graníticas. Son cuerpos ovoidales, a veces elípticos que presentan pocas veces contactos definidos con el granito que los contiene. Corresponden al grupo de las pegmatitas denominadas complejas (Rankama y Sahama, 1962), por la gran diversidad y abundancia de minerales accesorios.

La estructura de ellas, en buena parte, no pudo ser verificada debido a los escombros existentes en los trabajos, que imposibilitaron una mayor observación al respecto. En determinados lugares es observable que la sucesión normal se interrumpe con nuevos aportes y es distinguible una fase de reemplazo sódico-potásico.

A pesar de lo expresado precedentemente, pudo determinarse en algunas labores, que la estructura de estos cuerpos pegmatíticos es zonal, con tres zo-

nas definidas, borde, intermedia y central o núcleo.

La zona de borde mineralógicamente está compuesta por plagioclasas, microclino y cuarzo, predominando los dos primeros. El tamaño de sus cristales es mediano aumentando hacia el interior del cuerpo. Se debe destacar que la muscovita se halla en mayor proporción que en las otras zonas.

Entre el núcleo y zona borde-externa, se extiende un área muy potente (zonas intermedias), constituido principalmente por cuarzo y microclino que forman alrededor del 65 al 70 % del volumen total de los cuerpos.

La zona central está constituida fundamentalmente por cuarzo, encontrándose además minerales accesorios dentro de los cuales cabe citar berilo, columbita-tantalita, etc.

Los minerales principales, accesorios y supergénicos, cuya distribución en las diferentes zonas de las pegmatitas se indican en la fig. 3, son las siguientes:

| Minaerales principales | Minaerales accesorios | Minaerales supergénicos |
|------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| Cuarzo | Berilo | Hematita |
| Microclino | Columbita-tantalita | Limonita |
| Plagioclasas | Uraninita | Pirolusita |
| Muscovita | Apatita | Criptomelano |
| Biotita | Triplita | Autunita |
| | Spessartita | Torbernita |
| | Pirita-calcopirita | Carbonatos y sulfatos de cobre |
| | | Libethenita |
| | | Metaestregita |
| | | Hureaulita |
| | | Eosforita |
| | | Heterosita |

2.4. *Minerales principales*

2.4.1. *Cuarzo*

Ocupa una posición volumétrica importante, sobre todo en las zonas centrales. En general, se presenta en forma maciza, pero no es raro hallar drusas tapizadas con cristales grandes de este mineral. Presenta una coloración gris-rosado. Se aprecian dos generaciones, la primera seguramente formada

conjuntamente con el emplazamiento del cuerpo y otra vinculada a soluciones de carácter hidrotermal.

2.4.2. *Microclino*

El feldespato potásico que predomina es el microclino de color gris-pardo, aunque también se observa microclino perfitico, con inclusiones de hojuelas de muscovita. Dichos feldespatos se pre-

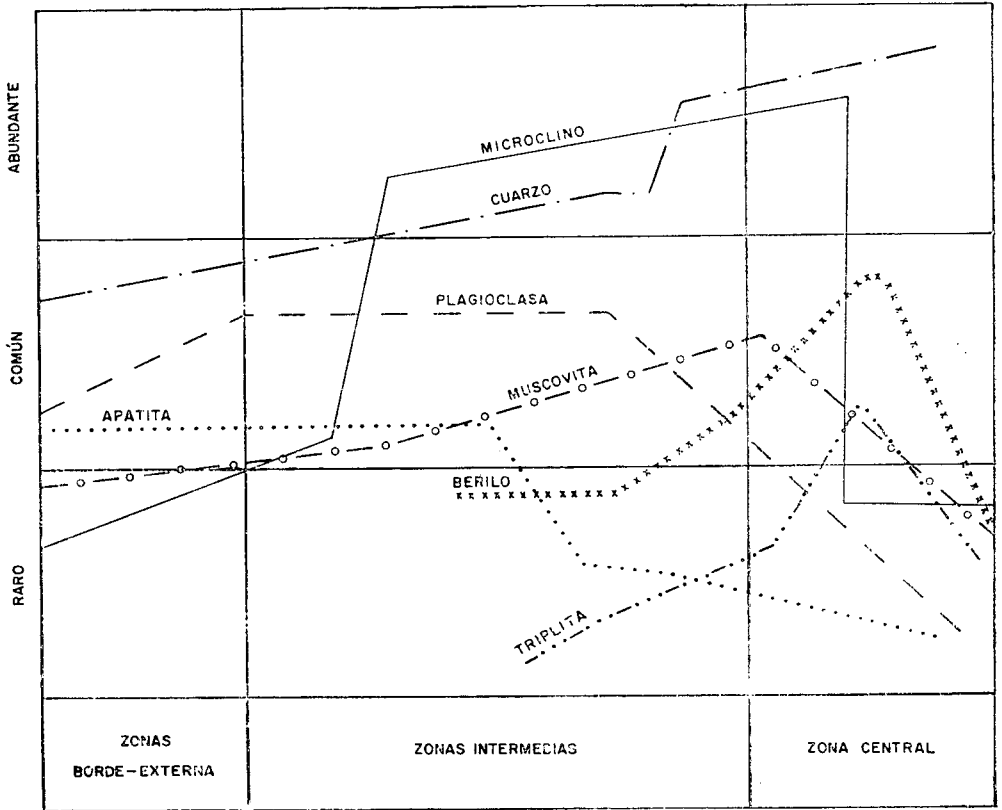


Figura 3

sentan en masas generalmente delezna-
bles. El tamaño de sus individuos se
halla preferentemente dentro de los me-
dianos (según la tabla de granulome-
tría dada por Camerón¹). Se encuen-
tran cristales euhedrales, pero princi-
palmente predominan los subhedrales y
los anhedrales. Las pertitas son bien di-
ferenciables, pudiéndose observar en
muchos casos a simple vista. El micro-
clino pertítico se presenta muy frecuen-
tamente con intercrecimientos de cuar-
zo formando granito gráfico.

Debido a la alteración parcial y al

* *Granulometría:* (Camerón *et al.*, 1949).

| | |
|------------|-------------------|
| Fino | menos de 2,54 cm |
| Mediano | 2,54 - 9,16 cm |
| Grueso | 9,16 - 30 - 48 cm |
| Muy Grueso | 30 - 40 cm |

enriquecimiento en calcio, originado
por aportes de este elemento por las
aguas circulantes que penetran a tra-
vés de diaclasas, estos feldespatos no
son utilizables en la industria cerámi-
ca, y por lo tanto su valor económico
es reducido.

2.4.3. *Plagioclasas*

Se trata de plagioclasa ácida tipo al-
bita-oligoclasa. La coloración de estos
silicatos calco-sódicos es blanco con to-
no gris. Dichos feldespatos presentan
en determinados lugares efectos de ten-
siones y deformaciones, donde suelen
hallarse reemplazados por calcita y al-
terados en sericita. El tamaño de sus
cristales oscila entre los dos a tres cen-

tímetros, habiéndose hallado individuos de mayor magnitud.

2.4.4. *Muscovita*

Esta mica se muestra como agregados no comerciales de un color gris-verdoso. La muscovita presenta una estructura de "cola de pescado" formando paquetes irregulares de variados volúmenes distribuidos en forma errática en las zonas intermedias. Se trata de paquetes cuyas láminas forman entre sí ángulos que oscilan desde 60° a 90°. Esta forma curiosa de presentación posiblemente sea debida a fenómenos de presión durante su crecimiento. Hay que destacar la presencia de fracturas que atraviesan el núcleo y las zonas intermedias y que se hallan tapizadas por paquetes de muscovita, estando los planos de clivaje prácticamente perpendiculares a esas fracturas. En esos casos, parece evidenciarse que la muscovita fue depositada mediante el reemplazo de las paredes de la fractura por material introducido, posiblemente, después de la formación de las distintas zonas de las pegmatitas. Intercalados entre las láminas de esta mica, se encuentran minerales de uranio, del grupo de la "gummita", que provendrían de la alteración de un óxido de uranio primario (uraninita).

2.4.5. *Biotita*

Esta mica es escasa y suele hallarse en láminas diminutas, alteradas parcialmente en cloritas.

2.5. *Minerales accesorios*

2.5.1. *Berilo*

Este mineral es el principal motivo de explotación económica. Se presenta en cristales prismáticos euhedrales, llegando en algunos casos a tener dimensiones muy apreciables (tres o cuatro metros de largo y más de un metro de diámetro).

Su coloración en general es amarillo verdoso, pero presenta distintas tonalidades desde el centro hacia el borde de los individuos a modo de bandas cuyos tonos más claros y lípidos se hallan en las franjas más externas. Esta zonación observable en este aluminosilicato, se debe presumiblemente a un cambio en la composición de las soluciones que lo originaron.

La concentración mayor de berilo se halló en las labores VII y XI.

2.5.2. *Columbita-tantalita*

De las zonas centrales de los cuerpos pegmatíticos se han extraído pequeños bolsones de aproximadamente 70-80 kg de columbita-tantalita. Constituyen asociaciones de cristales prismáticos, cortos, de color negro, presentándose a veces perfectamente maclados y la distribución de estos cristales en general, es errática en la zona intermedia y central.

2.5.3. *Granate*

Este silicato que se presenta en pequeños cristales es sumamente escaso. Se trata de un mineral rojo acaramelado; por medio de un diagrama de difracción de rayos X, se determinó que pertenece al tipo de la spessartita. Los cristales que se hallaron de este mineral están parcialmente alterados en clorita, siendo observable dicha descomposición bajo el binocular y el microscopio de polarización.

2.5.4. *Apatita*

Este fluorfosfato cálcico se presenta por lo general en forma maciza; su distribución es errática, principalmente en la zona intermedia, observándose desde masas pequeñas de pocos centímetros de diámetro, alcanzando a veces, el tamaño de un puño. Su coloración es variada como veremos más adelante, variación de color que se atribuye a un

cambio en la composición de las soluciones que originaron este mineral. Algunas veces se presenta como pecas o en pequeñas guías reemplazando a la triplita y además, en diminutos cristales asociados a los agregados esponjosos de los productos de alteración.

2.5.5. *Triplita*

Esta especie fosfatada forma masas, situadas en las proximidades de las zonas centrales de las pegmatitas (labores VII y XI). Estas registran hasta 5 m de diámetro, se encuentran parcialmente alteradas y dan origen en su proceso de intemperización a la secuela de minerales secundarios. A simple vista se aprecian dos variedades: una triplita clara y otra oscura. Dentro de los minerales secundarios, que se formaron principalmente a expensas de estos fosfatos, se hallan distintas especies y variedades, pudiéndose mencionar dentro de los fosfatos: metaestregita, strengita, hureaulita, bermanita, dufrenita y heterosita, hallándose además criptomelano, psilomelano, hematita, limonita, etc. La descripción y estudio de los fosfatos, motivo de este trabajo, se reseña más adelante.

2.5.6. *Uraninita*

Se encuentran restos de este mineral radiactivo, principalmente con los paquetes de mica. Se presenta en pequeños nódulos negros, rodeados de uranofano y de ocre del grupo de la "gummita".

2.5.7. *Calcopirita*

Se presenta asociado a piritita y cuarzo, en finas guías o en granos pequeños, atravesando e impregnando los nódulos de minerales fosfatados y las masas de feldespatos.

2.5.8. *Piritita*

Más abundante que el sulfuro anterior, en individuos de hasta 8 mm de lado; se halla en pequeñas venillas o en masas de cuarzo.

2.5.9. *Otros minerales*

En la labor XII aparece tetradymita, asociado a cuarzo y muscovita, mineral éste ya mencionado en el trabajo de Ahlfeld y Olsacher (1944).

Finalmente, se señala además la existencia de fluorita fétida, sobre todo, en los cuerpos septentrionales (lab. I y II).

2.6. *Minerales supergénicos*

2.6.1. *Minerales de uranio*

Estos minerales se hallan cubriendo e impregnando a otros, como feldespatos y mica; constituyen una masa mineralizada de una potencia media aproximada de 60 cm y una longitud de 3 m (labor IX).

La impregnación uranífera suele hallarse acompañada por algunos minerales de cobre, tales como malaquita, azurita y algo de calcosina. Los minerales radiactivos que la integran están representados por torbernitita $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$, autunita $\text{Ca}(\text{UO}_2)(\text{PO}_4) \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ y uranofano $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{SiO}_3)_2(\text{OH})_2 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$. La primera mica uranífera, posee color amarillo verdoso, algo brillante; en cambio la segunda se presenta con un color verde amarillento más pálido y aparentemente se halla en menor proporción que la torbernitita. Ambos fosfatos de uranio se encuentran en agregados escamosos; se presentan en individuos aislados, sin ninguna orientación preferencial.

2.6.2. *Minerales de cobre*

Se cita en primer término la existencia de calcosina, que se presenta como guías de hasta 10 cm de espesor, con un desarrollo de algunos metros. Entre

los minerales oxidados se determinaron: malaquita y azurita como los más frecuentes, y en menor proporción brochantita $\text{SO}_4(\text{OH})_6\text{Cu}_4$ y antleritas $\text{SO}_4(\text{OH})_4\text{Cu}_3$ identificados por difracción de rayos X. Además, cabe destacar la presencia de turquesa y libethenita, fosfatos que serán tratados más adelante.

2.6.3. *Oxidos de hierro*

Como limonita y hematita en agregados escamosos y terrosos mezclados íntimamente con minerales de manganeso.

2.6.4. *Oxidos de manganeso*

Al igual que los de hierro, forman parte de la cubierta de alteración. Los óxidos determinados son: pirolusita, con hábito acicular y criptomelano en pequeñas costras alternando o en mezcla íntima con distintos fosfatos.

2.6.5. *Otros minerales*

Asociados a los fosfatos se determinó yeso y caolín y además un fluoruro, pa-

cholita ($\text{NaCaAlF}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$), según Hurlbut y Aristarain (1968).

Finalmente, completando el conocimiento actual acerca de los compuestos secundarios de las pegmatitas que nos ocupan, corresponde citar, además de los que se describen en el siguiente capítulo, otros a saber: hermanita y eosforita (Hurlbut y Aristarain, 1968) y dufrenita (Gay, 1968).

Resumiendo, en el cerro Blanco, encontramos la asociación característica de minerales de pegmatitas, junto a otros cuya formación corresponden a soluciones de carácter hidrotermal. A estas se suman, luego, aquellos derivados de procesos de meteorización de los anteriores, originando compuestos supergénicos que caracterizan las zonas de oxidación y enriquecimiento secundario (cementación).

3. FOSFATOS DE LAS PEGMATITAS DEL CERRO BLANCO

En el curso de esta investigación se han determinado las siguientes especies pertenecientes al grupo de las pegmatitas:

CUADRO I

| Fosfatos primarios | Fosfatos secundarios de Cu y de U | Fosfatos secundarios de Fe y Mn |
|----------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Triplita { Variedad oscura | Libethenita | Metaestregita |
| { Variedad clara | Turquesa | Heterosita |
| Apatita { Verde azulada | Torbernita | Hureanlita |
| { Verde pálido | Autunita | |

3.1. *Triplita* (Mn,Fe,Mg,Ca)₂(PO₄)₂(F,OH)

Este mineral aparece en masas aisladas, preferentemente de gran tamaño en forma de nódulos o bochones; de acuerdo a su color se puede diferenciar fundamentalmente dos variedades: a) una clara y b) otra oscura. Esta última variedad que presenta un color castaño claro a rosado, es la que predomina, las masas de este fosfato están atravesados por venas más jóvenes de una triplita oscura casi opaca. La masa de triplita en general muestra megascópicamente una alteración que la tiñe ligeramente de un color gris-azulado; esta alteración en ciertas partes es muy pronunciada, llegando a constituir un material esponjoso, en el cual se halla una serie de fosfatos secundarios, de composición muy compleja, en cristales pequeños e intermezclados entre sí.

a) *Triplita clara*

Hábito y modo de presentarse: observaciones realizadas en varios cortes delgados, evidencian un proceso de alteración incipiente; de superficie sucia con acumulación en su masa de óxidos de hierro de color rojizo; se distinguen numerosas microfracturas rellenas en muchos casos con minerales lípidos y la presencia de pequeños núcleos de color de interferencias gris-azulado (metaestregita). En el relleno de las microfracturas se aprecia además una triplita fresca de color de interferencia castaño claro, registra cierta zonación, formando bandas dentro de las microfracturas. Esta forma de presentarse indicaría que las soluciones al circular a través de las grietas se enriquecieron de elementos formadores de esta nueva triplita, que se halla en mínima cantidad; asociado a este mineral se halla

otro de hábito tabular, a veces redondeado, muy pleocroico, biáxico negativo, alto índice de refracción; se trataría muy probablemente de un mineral del grupo de epidoto (ortita?).

Debemos destacar además, que la triplita clara es atravesada por venillas de color verde oscuro, débilmente pleocroico, biáxico negativo, este mineral suele presentarse en forma "arborescente" y de "nubes". Sobre la base de las características ópticas, se comprobó que se trata de un miembro de la serie trifilina-litiofilita. Este fosfato fue ya citado por Ahlfeld (1944), donde según dicho autor, "se halló trifilina en forma de ojos en el cuarzo junto a triplita, apatita, columbita y muscovita".

Propiedades físicas: masas compactas de brillo graso, clivaje en dos direcciones y peso específico ~ 3,75, dureza alrededor de 4,5, de acuerdo a la escala de Mohs. El color de la raya blanco amarillento.

Propiedades ópticas: índice de refracción moderada ($\beta \sim 1,66$); algo pleocroico, biáxico negativo y ángulo 2V, mediano.

b) *Triplita oscura*

Hábito y forma de presentación en masas compactas rellenas de grietas dentro de la triplita clara, a modo de venas, las que suelen ir acompañadas de cuarzo lípido, piritita y algo de calcopiritita.

Propiedades físicas de color castaño oscuro, su dureza es algo mayor de 5, de acuerdo a la escala de Mohs. Peso específico ~ 3,80, el color de la raya gris.

Propiedades ópticas: índice de refracción algo mayor que el de la variedad clara ($\beta = 1,68$), biáxico negativo, ángulo 2V mediano.

CUADRO II

Datos de diagramas de rayos X (Líneas principales)

| Triplita clara Co Blanco ¹ | | Triplita oscura Co Blanco ² | | Triplita castaña Sierra Branca, Brasil ³ | |
|--|-----------------|---|-----------------|--|----|
| d. (Å ^o) | I | d. (Å ^o) | I | d. (Å ^o) | I |
| — | — | — | — | 4,27 | 1 |
| 3,647 | d+ | 3,633 | d+ | 3,62 | 4 |
| 3,56 | d+ | 3,55 | d+ | — | — |
| 3,42 | d+ | 3,41 | d+ | 3,41 | 2 |
| 3,24 | F | 3,23 | F | 3,23 | 6 |
| 3,037 | MF ⁺ | 3,02 | MF ⁺ | 3,03 | 8 |
| 2,866 | MF | 2,86 | MF | 2,86 | 10 |
| 2,83 | d- | 2,82 | d- | 2,83 | 1 |
| 2,73 | d- | 2,73 | d- | 2,73 | 1 |
| 2,68 | d- | 2,68 | d- | 2,69 | 1 |
| 2,61 | d+ | 2,60 | d+ | 2,60 | 2 |
| 2,50 | d- | 2,528 | d- | 2,53 | 1 |
| 2,47 | d- | 2,48 | d- | 2,471 | 1 |
| — | — | — | — | 2,377 | 1 |
| 2,31 | d- | — | — | 2,316 | 1 |
| — | — | 2,29 | d- | 2,29 | 1 |
| 2,21 | d- | 2,215 | d- | 2,21 | 2 |

¹ y ² Valores obtenidos con radiación Cu/Ni. Cámara 114.6 mm.

³ Valores obtenidos con radiación Fe/K α , según M. Linderberg. Am. Min. 35-1, 2, (1950).

MF: muy fuerte; F: fuerte; M: mediana; d: débil; d+: débil más; d-: débil menos.

3.2. *Apatita*

Hábito y forma de presentación: esta especie mineral se presenta generalmente en masas cristalinas, aunque a veces suele hacerlo en pequeños individuos, en forma de prismas hexagonales y agujas.

Se encuentra diseminado en los cuerpos pegmatíticos asociado al cuarzo y a las masas de feldespato y muscovita; también acompañando a los bochones de triplita. Megascópicamente se distinguen dos variedades: *a*) la de color verde pálido a verde manzana, la más

abundante y *b*) la de color verde azulado, en menor cantidad que la anterior, en prismas tabulares y frecuentemente asociada con turquesa.

Conclusiones: Los diagramas de rayos X revelan una escasa diferencia en los espaciados de las dos variedades; los análisis químicos en cambio, evidencian una apreciable diferencia sobre todo en la gran proporción de SiO₂ que se encuentra en la variedad verde-azulada. Este último dato hace pensar que el anión [PO₄]³⁻ pudo haber sido sustituido parcialmente por [SiO₄]⁻.

CUADRO III

Análisis químicos de las dos variedades de triplita ^{1, 2}

| | Variedad oscura % ³ | Variedad clara % ³ |
|--------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| FeO..... | 26,70 | 16,10 |
| Fe ₂ O ₃ | — | — |
| P ₂ O ₅ | 30,00 | 28,40 |
| MnO..... | 39,60 | 38,40 |
| CaO..... | 1,30 | 5,15 |
| MgO ₂ | Vestig. | 9,25 |
| SiO..... | 0,28 | 1,30 |
| Li ₂ O..... | — | — |
| Total.... | 97,88 | 98,60 |

¹ Se debe destacar que en ambas variedades se registró F, pero al no contarse con los medios necesarios, fue imposible cuantificarlo.

² Es necesario aclarar que los análisis practicados por E. Kitl (1954), en las dos variedades de triplita, no concuerdan con los presentes, sobre todo en lo que hace a la proporción de MgO y MnO.

³ Analistas, Dr. F. H. Larumbe y Dra. A. L. C. de Lavado, CNEA, y J. L. Iborras, Fac. de Química de la Universidad Nacional de La Plata.

CUADRO IV

Diagrama de rayos X

| Apatita verde pálido | | Apatita verde azulada | |
|----------------------|----|-----------------------|----|
| d. (A°) | I | d. (A°) | I |
| 3,41 | d | 3,426 | d |
| 2,85 | F | 2,85 | F |
| 2,79 | MF | 2,796 | MF |
| 2,63 | d | 2,69 | d |
| 2,23 | d | 2,24 | d |
| 1,95 | F | 1,94 | F |
| 1,88 | d | 1,88 | d |
| 1,73 | d | 1,84 | d |
| — | | 1,77 | d |
| — | | 1,74 | d |

Rad. Cu/ní. Cámara 114,6 mm.

CUADRO V

Composición química (en %)

| | Apatita verde azulada | Apatita verde pálido |
|------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| P ₂ O ₅ | 34,10 | 44,00 |
| CaO.... | 46,50 | 47,80 |
| MnO... | 0,90 | 1,50 |
| Fe ₂ O ₃ ... | 0,30 | 0,80 |
| Na ₂ O... | 0,40 | Vestig. |
| SiO ₂ | 13,90 | Vestig. |
| CuO.... | 0,30 | — |
| Insol. .. | 1,00 | 3,10 |
| Total. | 97,40 | 97,20 |

Analista: Dr. F. H. Larumbe, CNEA.

CUADRO VI

Diagrama de rayos X para turquesa

| d. (A°) | I | d. (A°) | I |
|---------|----|---------|---|
| 9,08 | MF | 4,16 | d |
| 6,74 | MF | 3,68 | F |
| 6,18 | F | 3,52 | d |
| 6,02 | MF | 3,43 | F |
| 6,12 | d | 3,26 | F |
| 4,82 | MF | 3,11 | d |
| 4,62 | d | 3,04 | d |
| 4,48 | d | | |

¹ Rad.: Cu/Ni. Cámara 114,6 mm.

3.3. Turquesa [CuAl₆(PO₄)₄(OH)₈·5H₂O]

Esta especie mineral se encuentra asociada íntimamente con apatita, en zonas alejadas de los bochones de triplita; además se halla acompañada de feldespato potásico, óxidos de hierro, carbonatos, sulfatos y silicatos de cobre. Se presenta en masas arriñonadas, a veces en guías rellenas de diminutas grietas de la roca que lo contiene.

Genéticamente se puede concebir que la presencia de turquesa, se debe a di-

soluciones cupríferas de superficie que actuaron sobre los feldespatos ricos en alumina y al fósforo que proviene de la apatita.

3.4. *Metaestregita* (*fosfosiderita*)
 $Fe^3(PO_4)(H_2O)$

Mineral abundante como producto de alteración de la triplita, de un característico color azul violáceo y asociado íntimamente con strengita. Comúnmente se encuentra en costras recubriendo grietas de la triplita y a veces en pequeñas drusas con cristales tabulares delgados o de hábito prismático grueso. El estudio morfológico permitió identificar de acuerdo a Dana (1951) las formas: b (010), h (011), d (111), m (110), (fig. 4).

Características ópticas: según H. D. Gay (1968)

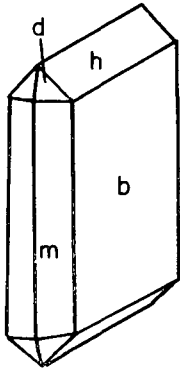


Figura 4

$\alpha = 1,691$
 $\beta = 1,724$
 $\gamma = 1,738$
 $2V (-) 62^\circ$

$X = c \sim 4^\circ$
 $Y = b$

3.5. *Hureaulita* (Mn, Fe) $_5H_2(PO_4)_4$
 $4H_2O$

Es un producto de alteración de la triplita, variedad clara, y se encuentra tapizando grietas de este mineral, pero

CUADRO VII

Principales espaciados reticulares para metaestregita

| d. (Å°) | I ¹ | d. (Å°) | I ² |
|---------|----------------|---------|----------------|
| 6,463 | d | 6,48 | 10 |
| 5,50 | d stren. | — | — |
| 4,87 | d | 4,88 | 10 |
| 4,646 | d | 4,67 | 50 |
| — | — | 4,55 | 5 |
| — | — | 4,48 | 5 |
| 4,332 | F | 4,327 | 60 |
| — | — | 4,089 | 20 |
| — | — | 3,96 | 20 |
| 3,59 | d | 3,592 | 50 |
| 3,31 | M | 3,32 | 20 |
| 3,09 | d | 3,052 | 30 |
| 2,77 | MF | 2,77 | 100 |
| — | — | 2,651 | 10 |
| 2,54 | d | 2,557 | 50 |
| — | — | 2,452 | 10 |
| 2,32 | d | 2,338 | 20 |
| 2,117 | d | 2,123 | 30 |
| 2,01 | d | 2,010 | 50 |

¹ Metaestregita del C° Blanco, ánodo de Cu y filtro de Ni, cámara diámetro 114,59 mm.

² Datos de A.S.T.M. (ficha N° 12-202). Anodo de Fe, filtro Mn, cámara diámetro 114,59 mm.

CUADRO VIII

Composición química (en %)

| | |
|--------------------------------------|--------|
| P ₂ O ₅ | 34,30 |
| Fe ₂ O ₃ | 35,60 |
| MnO ₂ | 2,50 |
| Al ₂ O ₃ | 4,80 |
| Na ₂ O..... | 2,90 |
| H ₂ O..... | 17,90 |
| Insol..... | 2,00 |
| Total..... | 100,00 |

Analista: F. H. Larumbe, CNEA.

más comúnmente como bandas concéntricas, asociada a otros minerales secundarios (fig. 5), principalmente metaestregita, criptomelano y heterosita.

También aparece como cristales transparentes de color rosado a pardo rosado, en pequeños prismas de hábito tabular.

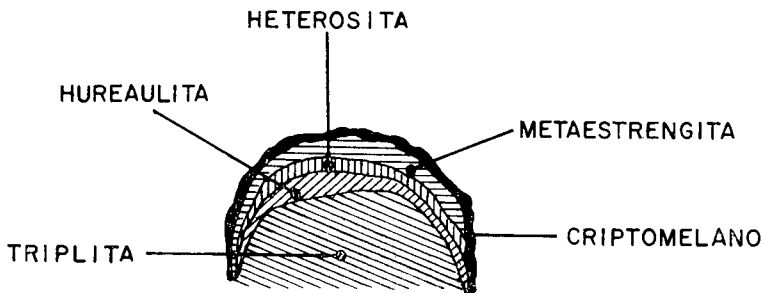


Figura 5

Propiedades ópticas

| | | |
|------------------|-------------|------------------|
| | Orientación | Biáxico negativo |
| $\alpha = 1,649$ | X = a | 2V ~ 74° |
| $\beta = 1,651$ | Y = b | |
| $\gamma = 1,598$ | Z = c | |

CUADRO IX

Análisis químicos de hureaulita de C° Blanco y de La Vilate, Francia

| | C° Blanco % ¹ | La Vilate % ² |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| P ₂ O ₅ | 36,30 | 38,00 |
| MnO..... | 39,42 | 41,67 |
| FeO..... | 12,00 | 7,86 |
| Insol..... | 1,70 | 0,38 |
| H ₂ O por dif.... | 10,60 | 11,98 |
| Total..... | 100,00 | 99,84 |

¹ Analista: F. H. Larumbe, CNEA.

² Dana's System of Mineralogy (1951).

CUADRO X

Espaciados reticulares para hureaulita

| d. (Å°) | I ¹ | d. (Å°) | I ² | d. (Å°) | I ³ |
|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|
| 8,752 | d+ | 8,74 | 80 | 8,70 | 60 |
| 7,97 | M | 7,98 | 80 | 8,04 | 70 |
| 4,646 | M | 4,67 | 40 | — | — |
| 4,483 | md | 4,49 | 40 | — | — |
| 4,076 | d+ | 4,03 | 40 | — | — |
| — | — | 3,78 | 20 | — | — |
| 3,590 | M | 3,60 | 20 | — | — |
| — | — | 3,38 | 5 | — | — |
| 3,143 | MF | 3,13 | 100 | 3,136 | 100 |
| 2,978 | d+ | 2,97 | 80 | 2,985 | 70 |
| 2,875 | d | 2,86 | — | — | — |
| 2,77 | d | 2,712 | 50 | — | — |
| 2,614 | d+ | 2,605 | 60 | 2,630 | 40 |
| 2,556 | d+ | 2,529 | 40 | — | — |

¹ Hureaulita, C° Blanco, rad. Cu, filtro Ni. Diámetro de la cámara 114,59 mm.

² Datos de A.S.T.M. (ficha N° 11-379). Rad. Fe, filtro Mn.

³ Principales espaciados reticulares de hureaulita, mina Santa Ana, San Luis, Argentina.

3.6. Heterosita (Fe^{III}, Mn^{III})PO₄

Asociado al material de alteración producto de la descomposición de la tripilita, se encuentra heterosita¹; este mineral se determinó por primera vez en el país.

Se presenta en costras delgadas o en agregados cristalinos muy finos en los que no fue posible identificar las formas. Color pardo oscuro a negro.

Características ópticas:

$\alpha \sim = 1,86$
 $\beta \sim = 1,887$
 $\gamma \sim = 1,91$

Biáxico negativo

2V $\sim = 37^\circ$

Mineral muy pleocroico α , gris pardo β y γ rojo.

CUADRO XI

Principales espaciados reticulares Rad. Cu/Ni

| d. (Å°) | I ¹ | d. (Å°) | I ² |
|---------|----------------|---------|----------------|
| 6,26 | M | 6,28 | 40 |
| — | — | 5,51 | 10 |
| 4,84 | d | 4,85 | 25 |
| 4,27 | F | 4,29 | 75 |
| 3,86 | d | 3,87 | 40 |
| 3,49 | MF | 3,48 | 100 |
| 3,06 | d | 3,06 | 25 |
| 2,94 | M | 2,93 | 50 |
| 2,74 | M | 2,73 | 75 |
| 2,52 | d | 2,51 | 10 |
| — | — | 2,43 | 40 |
| — | — | 2,32 | 10 |

¹ Espaciados reticulares correspondientes heterosita del C° Blanco.

² Datos del A.S.T.M. Ficha 11-457.

¹ Al respecto debe aclararse que el mineral identificado por Stelzner (1873) como "heterosita" y descrito luego por otros autores (Olsacher, 1938; Ahlfeld y Angelelli, 1948), se verificó en el curso de esta investigación que corresponde en realidad a la metaestreginta.

CUADRO XII

Composición química (en %)

| | Heterosita ¹ | Teórica ² |
|--------------------------------------|-------------------------|----------------------|
| Fe ₂ O ₃ | 28,80 | 26,25 |
| Mn ₂ O ₃ | 24,80 | 26,55 |
| P ₂ O ₅ | 35,30 | 47,55 |
| Na ₂ O..... | 2,50 | — |
| CaO..... | 3,10 | — |
| Al ₂ O ₃ | 2,50 | — |
| H ₂ O..... | 3,00 | — |
| Total..... | 100,00 | 100,00 |

¹ Analista: F. H. Larumbe, CNEA.

² Composición teórica de acuerdo a Dana's system of Mineralogy (1.951).

3.7. Libethenita 4CuO.P₂O₅.H₂O

Hábito y forma de presentación: este fosfato señalado por primera vez en el país se encuentra tapizando pequeñas drusas de la zona de intemperización. Se presenta en cristales rómbicos bipiramidales, asociado a turquesa, apatita, malaquita, azurita, etc. Algunos individuos son perfectos con caras límpidas, otros en cambio, se observan parcialmente corroídos. Su color es verde oscuro.

El estudio morfológico nos permitió identificar de acuerdo a Dana, las formas: e (110), m (011), fig. 6.

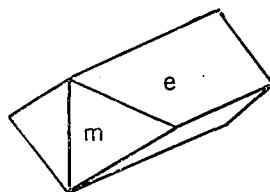


Figura 6

Propiedades ópticas:

| | Orientación | Biáxico negativo |
|-----------------------|-------------|--------------------|
| $\alpha \sim = 1,702$ | X = a | 2V $\sim 90^\circ$ |
| $\beta \sim = 1,745$ | Y = b | |
| $\gamma \sim = 1,788$ | Z = c | |

CUADRO XIII

Datos de diagramas por difracción de rayos X

| d. (Å) | I ¹ | d. (Å) | I ² |
|--------|-----------------|--------|----------------|
| 5,828 | F | 5,85 | 90 |
| 4,78 | MF ¹ | 4,81 | 100 |
| 4,152 | md | 4,11 | 10 |
| 3,723 | M | 3,69 | 70 |
| 2,902 | F | 2,92 | 90 |
| 2,629 | MF | 2,63 | 100 |
| 2,556 | d | 2,55 | 50 |
| 2,41 | d | 2,40 | 60 |
| 2,309 | d+ | 2,30 | 60 |
| 2,066 | d | 2,07 | 40 |
| 1,964 | d | 1,97 | 20 |
| 1,914 | d | 1,91 | 20 |
| 1,862 | d | 1,86 | 40 |
| 1,813 | d | 1,80 | 20 |
| 1,708 | d+ | 1,71 | 70 |
| 1,661 | d | 1,66 | 50 |
| 1,644 | d | — | — |
| 1,615 | d | 1,62 | 60 |
| 1,582 | d+ | 1,58 | 70 |
| 1,546 | d+ | 1,55 | 60 |
| 1,507 | d | 1,50 | 40 |
| 1,473 | d | 1,47 | 60 |
| 1,452 | d | 1,45 | 70 |

¹ Libethenita, C° Blanco. Rad. Cu/Ni.

² Datos de A.S.T.M. (ficha N° 8-107).

CUADRO XIV

Composición química (en %)

| | 1 | 2 |
|-------------------------------------|--------|-------|
| P ₂ O ₅ | 31,70 | 29,31 |
| CuO..... | 63,80 | 66,42 |
| H ₂ O por dif.. | 4,50 | 3,74 |
| Total..... | 100,00 | 99,47 |

¹ C° Blanco, analista F. H. Larumbe, CNEA.

² Coquimbo, Chile, de Dana's System of Mineralogy (1.951).

4. ALGUNAS CONSIDERACIONES GENÉTICAS ACERCA DE LOS FOSFATOS

4.1. Fosfatos primarios

La apatita blanco-verdosa no se halla distribuida homogéneamente en la masa pegmatítica, sino, en forma errática, hecho que sugiere su formación en una etapa separada de la cristalización de los minerales más comunes.

La apatita azul-verdosa en cambio, se considera que se ha originado en una etapa posterior, en una fase hidrotermal, debido a que se halla en cristales tabulares rellenando pequeñas grietas, asociados a sulfuros y cuarzo; estas grietas, suelen atravesar bajo distintas direcciones las zonas centrales de las pegmatitas.

Respecto de las dos variedades de triplita ya expuestas, se opina que la formación de estas corresponderían a una generación posterior a la de la apatita blanco-verdosa.

La formación de la triplita tuvo lugar en dos etapas distintas, dando origen primeramente a la triplita clara y luego a la oscura, bajo distintas condiciones de depositación. En efecto, la variedad oscura se diferencia netamente de la otra y rellena fisuras y hasta engloba a la variedad clara; también se ha notado la presencia de triplita oscura en masas aisladas.

4.2. Fosfatos secundarios de cobre y uranio

La acción de soluciones acuosas descendentes que actuaron atacando a los fosfatos primarios, óxidos de uranio y a minerales ricos en alúmina y en cobre, originaron en la zona de mayor oxidación, turquesa y libethenita. Producto de estas soluciones mineralizantes serían también torbernita y autunita, que impregnan un área considerable de las pegmatitas.

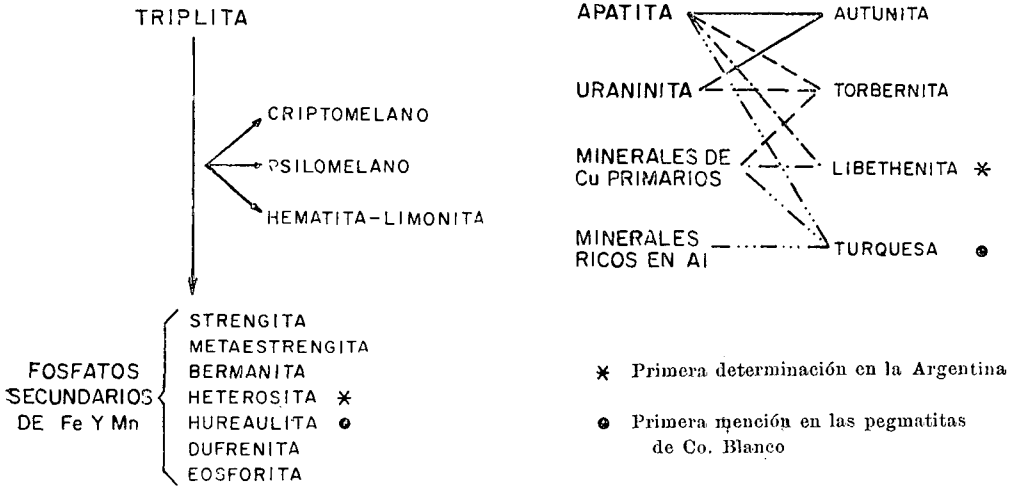


Figura 7

4.3. Fosfatos secundarios de hierro y manganeso

Se puede establecer que las complejas reacciones químicas que dieron origen a estos múltiples fosfatos, son el producto de varios factores, dentro de los cuales los principales serían:

- a) hidratación,
- b) oxidación parcial o total de iones ferrosos o manganosos, y
- c) disolución y precipitación de varios iones para formar nuevos compuestos.

Estas acciones químicas, son el resultado de las aguas meteóricas, que actuarían sobre las masas de triplita. Los dos sistemas de clivaje de este mineral, desempeñarían un importante papel en guiar el desarrollo de los productos de alteración.

Finalmente, en la fig. 7 se indica el esquema posible de alteración de los minerales primarios del grupo de los fosfatos y los supérgénicos resultantes.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar hago llegar mi agradecimiento al doctor Enrique Linares, responsable de las tareas de investigación llevadas a cabo por el suscripto, el que ha puesto a mi disposición todas las facilidades de la División a su cargo, así como el oportuno asesoramiento, durante el transcurso de esta investigación.

Al Ing. Victorio Angelelli por las sugerencias y apoyo prestado. Al personal del Laboratorio de Química, por la realización de numerosos análisis químicos de las muestras estudiadas. Al señor Iberras de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de La Plata, por la ejecución de algunos análisis químicos. A los doctores Lucero y Diez, de la Delegación Centro, por la colaboración prestada durante una visita al área estudiada. A los señores E. Amato y M. Martínez por la preparación de cortes delgados y preparados de rayos X, y finalmente, a las señoritas Bonneu y Basile, por la confección de las láminas.

Es propicio también agradecer al señor Próspero Molina, titular de las pertenencias mineras estudiadas.

LISTA DE TRABAJOS CITADOS
EN EL TEXTO

- Ahlfeld, F. y Angelelli, V., 1948. Las especies minerales de la República Argentinas. Univ. Nac. Tucumán. Ins. Geol. y Minas, Jujuy. Pub. 458.
- Angelelli, V., 1950. Recursos Minerales de la República Argentina. I. Yacimientos metalíferos. Rev. Museo Arg. Cs. Nat. B. Rivadavia. Cs. Geol., I. Buenos Aires.
- Aristarain, L. F. y Hurlbut, C. S., 1969. Hureaulita de la Mina Santa Ana, San Luis, República Argentina. Rev. Asoc. Geol. Arg. T. XXIV, n° 1, pág. 73.
- Berman, Palache and Frondel, C., 1951. Dana's System of Mineralogy, II. N. York.
- Cameron, L. R.; Jans, R. H.; McNair, A. H. and Page, L. R., 1949. "Internal Structure of Granite Pegmatite". Econ. Geol. N° 2, pág. 16.
- Gay, H. D., 1964. "Fosfatos de las pegmatitas del cerro Blanco". Rev. Asoc. Geol. Arg. T. XXIII, N° 4, pág. 279.
- Cranero Hernández, 1958. Informe sobre las posibilidades uraníferas de la mina El Criollo. Inf. inédito. CNEA.
- Hurlbut, C. S. and Aristarain, L. F., 1968. "Bermanite and its occurrence in Cordoba, Argentine". American Mineralogist. 54: 416-431.
- Kitl, E., 1954. Los fosfatos de las pegmatitas del cerro Blanco cerca de Tanti, Córdoba. Rev. Minera. Soc. Arg. de Min. y Geol. T. XXI, N° 2, pp. 39-48.
- Kitl, E., 1958. Los fosfatos secundarios del cerro Blanco, cerca de Tanti, Córdoba. Bol. Acad. Nac. de Ciencias de Córdoba. T. 40, pp. 285-292.
- Olsacher, J., 1938. Los minerales de las Sierras de Córdoba. Univ. Nac. de Córdoba.
- Stelzner, A., 1873. Mineralogische Beobachtungen in Gebiete der Argentinischen Republik; Tschermafz Min. Nitt 1873, p. 219.

Recibido el 31 de julio de 1969.