

YACIMIENTO DE DUMORTIERITA EN LA ZONA DE ACULEO.  
REGION METROPOLITANA

Irma González M.  
Departamento de Geología  
Universidad de Chile  
Casilla 13518-Correo 21  
Santiago - CHILE

Sergio Rivano G.  
Departamento de Geología  
Universidad de Chile  
Casilla 13518-Correo 21  
Santiago - CHILE

RESUMEN

En los faldeos nororientales del C° Horcón de Piedra, (sector de la laguna de Aculeo, 71° Long. W y 33°53' Lat. S), existe un yacimiento vetiforme de dumortierita.

Este yacimiento, clásicamente conocido y explotado como lapislázuli, corresponde a concentraciones excepcionales de dumortierita de intenso color azul en una zona de contacto entre andesitas de la formación Veta Negra (Cretácico inferior) y granitoides de edad probable Cretácico-Terciaria.

En este trabajo se presentan datos preliminares sobre el marco geológico, petrografía y expectativas de explotación de este material. La dumortierita es usada como material refractario, y también como piedra semipreciosa.

ABSTRACT

On the northwest slopes of the Horcón de Piedra hill (area of Laguna de Aculeo, 71° W Long. and 33°53' S Lat.), exists a Dumortierite vein deposit.

This deposit, classically known and exploited as lapislazuli, corresponds to exceptional concentrations of dumortierite of deep blue color, located in the contact area between volcanites of the Veta Negra Formation (low-

er Cretaceous) and granitoids of a probable Cretaceous-Tertiary age.

In this paper, preliminary data about the geological setting, petrography and expectatives of exploitation are presented. The dumortierite is used as a refractory material, and also as a semiprecious stone.

## INTRODUCCION

El yacimiento de dumortierita, objeto de este estudio, está ubicado en la Región Metropolitana, 7,5 km al SO de la laguna de Aculeo, en los faldeos nororientales del C° Horcón de Piedra, en el lugar denominado Rinconada de los Pilares (Fig. la y b) a 1.700 m s.n.m.

Sus coordenadas geográficas son 71° longitud Oeste y 33°53' latitud Sur.

Este trabajo se inició, al tratar de estudiar muestras de lapislázuli de diferentes localidades del país, guiándonos por la escasa bibliografía existente ("Recursos Minerales No-Metálicos de Chile"; Vila, 1953) y comunicaciones verbales con personas que han comercializado este producto.

Al hacer el estudio petrográfico de muestras recolectadas en el yacimiento de Aculeo, los resultados revelaron que este mineral no correspondía a lapislázuli sino a dumortierita, de un color azul intenso, asociada a pegmatitas neumatolíticas que intruyen rocas andesíticas intensamente silicificadas y alteradas debido a un metamorfismo hidrotermal (hipotermal).

En Chile, el único yacimiento de dumortierita conocido, está ubicado en la Tercera Región, 17 km al SO de Valledar, en la Sierra del Salto (Hornkohl, 1949). La carencia de información sobre la dumortierita, en general, y en especial de este yacimiento, justifica la presente comunicación destinada a reunir datos preliminares que puedan contribuir a desarrollar el interés por este tipo de yacimientos de minerales.

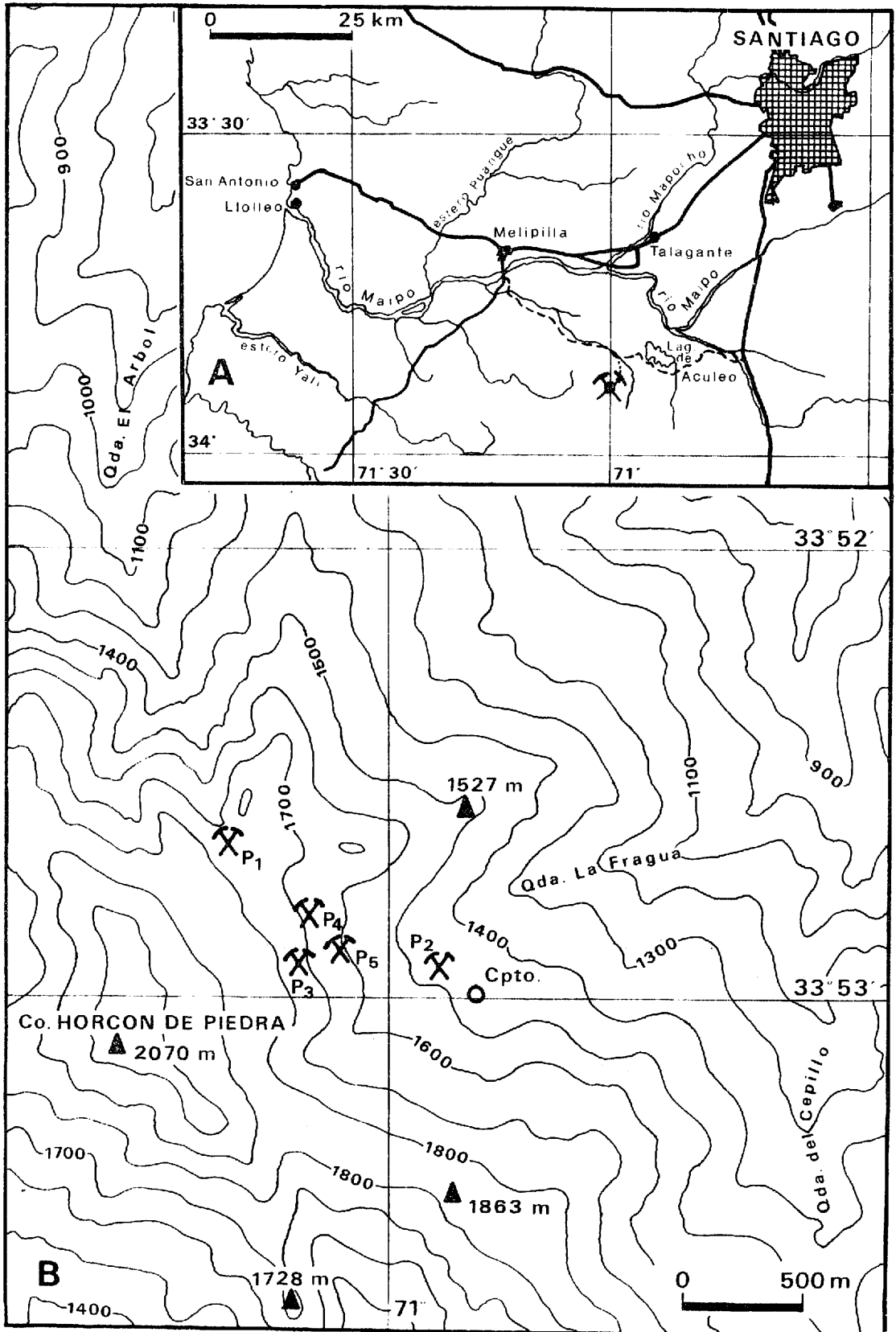


Fig. 1 Ubicación y accesos del yacimiento de dumortierita.

## GENERALIDADES

La dumortierita es un mineral raro en la naturaleza, ha sido encontrado en muy pocas localidades asociada a rocas metamórficas y ocasionalmente en pegmatitas. Uno de los pocos yacimientos de dumortierita comercialmente explotado se encuentra en Oreana (Nevada), en el cual ésta aparece en filones de cuarzo o pegmatitas que cortan a rocas aluminicas, donde una masa de cuarzo en esquistos sericiticos contiene lentejones irregulares de andalucita alterada total o parcialmente a dumortierita.

Este mineral, ligado paragenéticamente al grupo de la sillimanita, se transforma en mullita  $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  a  $1650^\circ$ , separando sílice vítrea (probablemente cristobalita), con pérdida de  $B_2O_3$  y  $H_2O$ .

La mullita formada permanece estable hasta los  $1810^\circ$  C, lo que le confiere a las aleaciones refractarias, mayor grado de resistencia a las temperaturas elevadas y las hace particularmente resistentes al choque. La transformación de dumortierita en mullita es acompañada por un cambio mínimo de volumen y densidad, lo que permite usar directamente la dumortierita, sin calcinación previa en la fabricación de materiales refractarios.

En Chile, el único uso de la dumortierita ha sido como piedra semipreciosa, trabajada y comercializada como la pislázuli. En otros países, además de explotarla como material refractario, es utilizada como piedra ornamental.

A continuación se dan algunas características y propiedades físicas de la dumortierita:

Es un tectosilicato, de fórmula química  $8Al_2O_3 \cdot B_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot H_2O$  borosilicato básico de aluminio. El agua y el óxido bórico han sido considerados como componentes variables en la fórmula general  $(AlO)_6 Al_4 (SiO_4)_7$ .

El  $Fe^{+3}$  puede sustituir al  $Al^{+3}$ , llegando este reemplazo a un máximo de 2,5% de  $Fe_2O_3$ , acompaña generalmente  $Ti^{+3}$  o  $Ti^{+4}$ . El color azul se debería a la sustitución de  $Al^{+3}$  por  $Ti^{+3}$  y el rosado a la sustitución de  $Si^{+4}$  por  $Ti^{+4}$ . Otros autores atribuyen el color azul a la presencia de boro.

Cristaliza en el sistema ortorrómbico. Clase:  $2/m\ 2/m\ 2/m$ . Relación axial:  $a:b:c = 0.583:1:0.234$ .

Dimensión de la celda unidad:  $a = 11,76\text{Å}$ ,  $b = 20,18\text{Å}$  y  $c = 4,72\text{Å}$ .

Contenido de moléculas por celda unidad  $Z=4$ .

Hábito: cristales prismáticos, generalmente fibrosos, aciculares u hojosos con alargamiento paralelo a "c". Los agregados fieltrados pueden estar sin orientación definida, desde subparalelos, o con disposición radial. Los cristales maclados de mayor tamaño presentan una sección transversal hexagonal, exfoliación marcada según (100) y poco marcada según (110). Los fragmentos detríticos son granos prismáticos rotos con marcadas estriaciones paralelas al alargamiento.

Color: azul, violeta o rosa.

Dureza: 7.

Peso específico: 3,3 - 3,4.

Raya: blanca.

Lustre: vítreo o mate.

En secciones transparentes las características ópticas son las siguientes:

Fuertemente pleocroico desde incoloro hasta tonalidades de azul, azul verdoso, rosa o lila:  $\alpha =$  azul violeta, rosa:  $\beta =$  incoloro, violeta, rojo, lila pálido, amarillo;  $\lambda =$  incoloro, azul pálido, verde pálido.

Índices de refracción:  $\alpha = 1.659-1.678$ ;  $\beta = 1.684 - 1.691$ ;  $\lambda = 1.686 - 1.692$ .

Birrefringencia varia  $\lambda - \alpha = 0,011-0,027$ ; los índices de refracción y la birrefringencia aumentan con el incremento del contenido en  $\text{Fe}^{+3}$  y Ti.

Orientación: Biáxico (-).  $\alpha = c$ ;  $\beta = b$ ;  $\lambda = a$ . El plano óptico es (010).  $2V=20^\circ-52^\circ$ ,  $r < v$  o  $r > v$  fuerte. Las fibras presentan extinción paralela y son largo-rápido. Las

maclas según (110) forman agrupaciones, con planos ópticos situados a  $60^\circ$  uno de otro.

Características distintivas. El color, el hábito sirve para identificar a la dumortierita. Es infusible en ácidos y dá positivo el test del boro.

La dumortierita azul se parece a algunas variedades de turmalina, pero éstas presentan la mayor absorción a  $90^\circ$  de la dirección del polarizador. Las fibras pequeñas de dumortierita, en las que el pleocroismo es pálido o no existe, se parecen a la sillimanita, pero este último mineral es largo-lento. La piedmontita, que también se presenta en agujas y tiene colores rojos vivos de pleocroismo, es positivo con un 2V mayor y presenta un ángulo de extinción pequeño. La prismatina también se presenta en agujas y contiene boro, se distingue de la dumortierita por presentar índices de refracción ligeramente más bajos y  $2V = 20^\circ$ .

#### MARCO GEOLOGICO

A escala regional en el área del yacimiento (Fig.2 rincón SE de la hoja Valparaíso-San Antonio), Corvalán y Dávila (1964) reconocieron tres unidades estratificadas que son de más antigua a más nueva:

- a) Formación Lo Prado (Neocomiano), compuesta principalmente por rocas volcánicas silíceas con intercalaciones de areniscas y calizas marinas fosilíferas.
- b) Formación Veta Negra (Cretácico inferior), formada principalmente por rocas volcánicas, andesitas con intercalaciones de areniscas y conglomerados continentales.
- c) Formación Farellones (Terciario inferior), compuesta por coladas andesíticas con intercalaciones ignimbríticas cerca de la base. Sobreyace en discordancia sobre las dos unidades anteriores.

La estructura regional es monoclinal con rumbo general N-S y una inclinación entre  $30^\circ$  y  $35^\circ$  hacia el E.

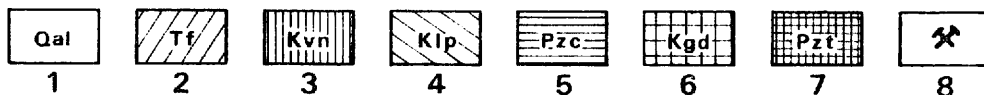
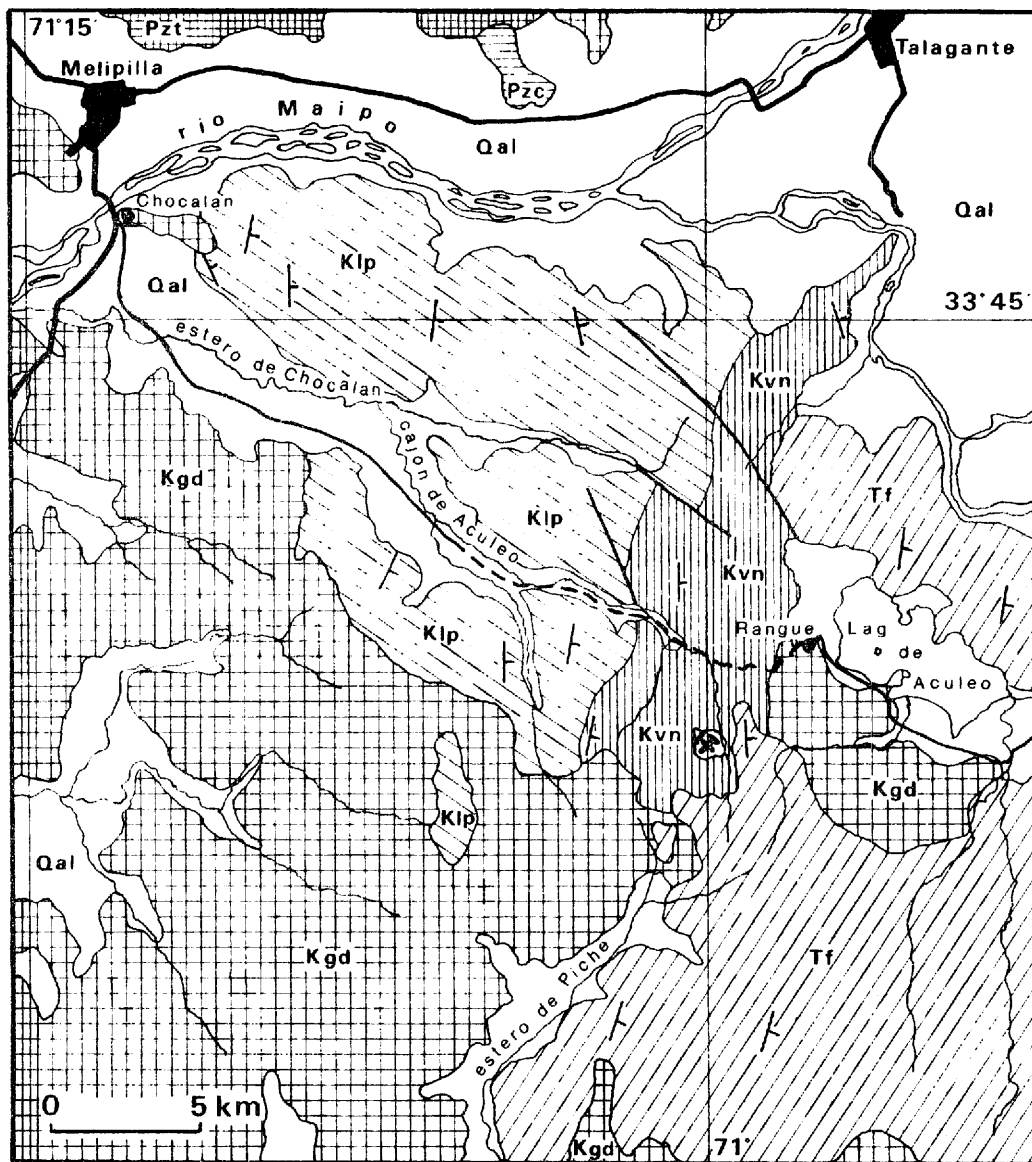


Fig. 2. Esquema geológico del sector SE de la hoja Valparaíso-San Antonio 1:250.000 (según Corvalán y Dávila, 1963-4).

1.- Cuaternario. 2.- Formación Farellones, Terciario inferior. 3.- Formación Veta Negra, Cretácico inferior. 4.- Formación Lo Prado, Cretácico inferior. 5.- Formación El Cajón, Paleozoico superior. 6.- Batolito Central, Cretácico a Terciario. 7.- Batolito de la Costa, Paleozoico. 8.- Yacimiento de Dumortierita.

Intruyendo a las unidades volcano sedimentarias precedentes y con un gran desarrollo areal, aparece un cuerpo intrusivo de dimensiones de batolito y composición predominantemente granodiorítica (Batolito Central, Corvalán y Dávila, 1964). Su edad es supuestamente cretácica a terciaria.

El yacimiento se ubica en la formación Veta Negra (Fig. 2). En el sector del yacimiento esta formación, visto el fuerte metasomatismo e intensa silicificación que muestran las volcanitas, parece constituir sólo una delgada cubierta sobre el techo del batolito, el que aflora muy cerca del yacimiento tanto al Este como al Oeste del C° Horcón de Piedra (Fig. 2).

### Descripción y petrografía del yacimiento

En el yacimiento mismo aflora una serie de filones, de carácter hipabisal ligados al intrusivo subyacente. Estos filones se disponen subparalelamente con una orientación general E-W y actitud subvertical cortando las volcanitas silicificadas de la formación Veta Negra. El espesor de los filones varía entre 0.3 a 3 m. Petrográficamente corresponden a cuarzolitas(\*) que al microscopio muestran:

- Fenocristales aislados y escasos de cuarzo, de 1 a 3 mm que presentan embahiamiento y bordes de reacción con la masa fundamental.

- La masa fundamental compuesta principalmente por granos de cuarzo de tallas entre 0.02 a 0.05 mm (aprox.95%); pequeños cristales de muscovita de 0.05 mm (2 a 3%); granos muy finos de minerales opacos (1 a 3%) y una pequeña cantidad de arcilla.

- Vetas de cuarzo; aparecen cristales de cuarzo alotriomorfo de tallas entre 0.02 a 0.05 mm y que presentan bordes de recristalización.

Las vetas de dumortierita, de un intenso color azul, se ubican en los filones, cerca de sus bordes, siguiendo más o menos paralelamente la traza de éstos (Foto 1).

---

(\*) Clasificación según Streckeisen (1973).





Foto 1. Vista de una de las vetas de Dumortierita: la veta corresponde a la zona central de la foto (más oscura); a la derecha filónes hipabisal; a la izquierda, las volcánicas metamorfizadas.

El espesor promedio de las vetas varía entre 10 a 40 cm; vetas secundarias de 1 a 4 cm de espesor suelen desprenderse de las vetas principales adentrándose ya sea al interior de los filones o bien introduciéndose en las volcánicas. La intensidad y regularidad del color azul es variable, dependiendo del tenor en dumortierita.

El examen microscópico de las vetas de dumortierita muestra:

- Escasos fenocristales de cuarzo en todo semejantes a los de los filones.

- Fenocristales de turmalina negra (var. chorlito) y verde de 1 a 3 mm, alterada parcial o totalmente a óxidos de Fe.

- Fenocristales de hornblenda de 2,5 cm de largo por 1,4 cm de ancho, fuertemente alterada a una mezcla de magnetita, hematita y epidota.

- La masa fundamental semejante a la de los filones, excepto por una mayor abundancia del contenido en arcilla (aprox. 20%).

- Dumortierita en vetillas distribuida en la masa fundamental formando un enrejado irregular. Con aumento mayor se puede observar que la dumortierita aparece en estas vetillas reticuladas como un agregado fino radiado, lo que le confiere un aspecto fieltroso. Individualmente los cristales prismáticos muestran un fuerte pleocroismo desde incoloro a azul intenso y más raramente incoloro a rosado; acompaña a la dumortierita un porcentaje menor de sillimanita.

La dumortierita de este yacimiento presenta una birrefringencia de 0.0022 lo que sugiere un contenido de Ti.

Otros minerales presentes en las vetas de dumortierita son arsenopirita, pirrotina, pentlandita, magnetita, bitita, pirofilita, sericita, jarosita, rutilo y muscovita.

La presencia de la dumortierita y de la mayoría de los minerales que la acompañan en las vetas fue confirmada por difracción de rayos X de polvo.

Para hacer estos diagramas fue necesario someter a las muestras a una separación magnética y con líquidos pesados con el objeto de identificar las especie que están en menor proporción. La gran cantidad de cuarzo, sílice amorfa y minerales de hierro no permiten tener un buen diagrama, los cuales presentan un fondo alto, y las máximas características de los minerales minoritarios apenas destacan del fondo.

Los resultados obtenidos de los diagramas de RX de las diferentes fracciones se muestran en la Fig. 3.

De la fracción de minerales de  $d > 3,32$  obtenida por separación de líquidos pesados, se sometieron las muestras analizadas cualitativamente por espectroscopía de emisión, dando los resultados positivos para los siguientes cationes:  $\text{Si}^{+4}$ ,  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+3}$  y  $\text{B}^{+3}$ . Trazas de Ag y Ti.

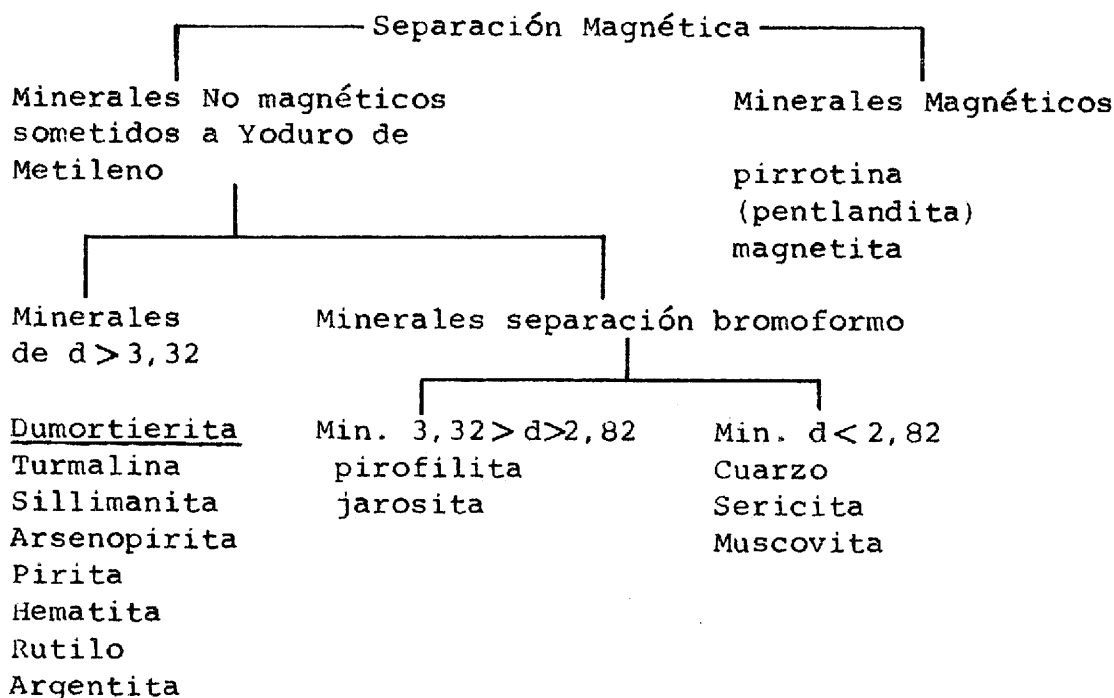
Los resultados del análisis cuantitativo por absorción

atómica y fotocalorimetría son los siguientes para 4 muestras de dumortierita:

% SiO<sub>2</sub>=75.50; % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=16.64; % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=0.98; % FeO=1.71;  
 % CaO=0.27; % MgO=0.01; % Na<sub>2</sub>O=0.10; % K<sub>2</sub>O=0.15; % MnO<sub>2</sub>=  
 0.01; % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=0.11; ppc=1.89. Este análisis fue cerrado a 97.57%.

La diferencia a 100% sin considerar el error tolerable nos dá una diferencia de 2.43% que debe ser repartido entre los elementos detectados por el análisis cualitativo por espectroscopía de emisión, y que no fueron analizados cuantitativamente. Estos elementos son boro y trazas de Ag y Ni.

Fig. 3.- Diagrama de fracciones para análisis de Rayos X.



#### CONCLUSION

El estudio de secciones pulidas y transparentes al microscopio así como los métodos de análisis por difracción de rayos X señalan la presencia de cuarzo, dumortierita, turmalina, sillimanita, pirrotina, pentlandita, pirita, hematita

ta, magnetita, arsenopirita, sericita y rutilo en las vetas de dumortierita.

La mineralogía de las vetas así como su estrecha relación con los filones hipabisales sugiere que su origen estaría ligado a procesos metamórficos y metasomáticos de alta temperatura.

Dada las dificultades de acceso al yacimiento, así como su exiguo tamaño (una revisión somera de las labores permitió hacer una estimación rápida de unas 200 toneladas a la vista); los autores creemos que no se justifica la explotación del yacimiento para la industria de refractarios. Sin embargo, considerando su ubicación (cercana a Santiago), pensamos que podría ser explotado en forma artesanal como piedra semipreciosa dado el intenso color azul que presenta.

Finalmente los autores queremos destacar que este tipo de yacimiento parece ser bastante frecuente en Chile y consideramos de interés iniciar el estudio de este tipo de yacimientos, siendo el presente trabajo nada más que una aproximación preliminar al problema.

#### BIBLIOGRAFIA

- BATEMAN, A. (1957). Yacimientos minerales de rendimiento económico. 2a. Edición en castellano, Editorial Omega, Barcelona, España.
- CORVALAN, J. y DAVILA, A. (1963-1964). Mapa geológico de la Hoja Valparaiso-San Antonio, en: Corvalán, J. y Muni- zaga, F., 1972. Edades radiométricas de rocas intrusi- vas y metamórficas de la Hoja Valparaiso-San Antonio. Bol. N° 28, Inst. Invest. Geol., Santiago.
- FORD, W. (1932). Dana's textbook of Mineralogy. 4th edition. U.S.A.
- HEINRICH, E.W. (1970). Identificación microscópica de los minerales. Ediciones Urmo, Bilbao, España.
- HORNKOHL, H. (1949). La existencia de dumortierita en la Sierra El Salto. Rev. Minerales N° 27, año III, San- tiago.
- VILA, T. (1953). Recursos minerales No-metálicos de Chile. 3era Edición, Ed. Universitaria, Santiago.