

907

907

907

907



GEOLOGIA Y ESTIMACION DE RESERVAS
DE LOS DEPOSITOS DE AMIANTO ANTOFILITICOS Y CRISOTILICO
DE LAS ZONAS DE POLANCO Y SANTA CLARA, LA RIOJA

Dr. Félix González Bonorino

Febrero 1962.



INDICE

<u>Texto</u>	<u>Pág.</u>
Introducción.	1
Yacimientos de la zona Polanco.	2
Generalidades.	2
Geología General.	2
Los cuerpos amiantíferos antofilíticos.	3
Génesis de los cuerpos antofilíticos.	5
Cálculo de reservas.	6
Cuerpo de Polanco.	7
Cuerpo de Santa Lucía.	9
Cuerpo de Santa Ana Norte.	12
Cuerpo de Santa Ana Sur.	13
Cuerpos de serpentina crisotílica de la	
Quebrada del Torc.	15
Cuerpo de Santa Clara.	18
Cuerpo de Virgen del Valle.	22
Conclusiones y Recomendaciones.	25

Ilustraciones

- Figura 1 - Mapa de orientación. 1:100.000
- Figura 2 - Interpretación espacial de los cuerpos de antofilita - antigorita
- Lámina I - Mapa topográfico - geológico de la zona de amianto antofilítico "Polanco". 1:2.000.
- Lámina II - Bosquejo geológico de la mina "Polanco". 1:200
- Lámina III - Cuerpo antofilítico de la mina "Polanco". Perfiles transversales. 1:200



- Lámina IV - Bosquejo geológico de la mina "Santa Lucía" 1:200
- Lámina V - Cuerpo antofilítico de la mina "Santa Lucía" -
Perfiles transversales. 1:200
- Lámina VI - Bosquejo geológico de la mina "Santa Ana Norte" -
1:200
- Lámina VII - Bosquejo geológico de la mina "Santa Ana Sur" 1:200
- Lámina VIII - Cuerpo antofilítico de la mina "Santa Ana Sur"
perfiles transversales. 1:200.
- Lámina IX - Mapa topográfico-geológico del cuerpo de serpentina
crisotílica de "Santa Clara" 1:2.000
- Lámina X - Cuerpo de serpentina crisotílica de "Santa Clara"
perfiles transversales. 1:2.000
- Lámina XI - Mapa topográfico-geológico del cuerpo de serpentina
crisotílica de "Virgen del Valle". 1:500
- Lámina XII - Cuerpo de serpentina crisotílica de "Virgen del
Valle". Perfiles transversales. 1:2.000.



I N T R O D U C C I O N

Este informe se refiere a los yacimientos de amianto de dos áreas situadas unos 25 y 40 kilómetros, respectivamente, al NNW de la localidad de Jagüé, Departamento General Sarmiento de la Provincia de La Rioja.

La primera de estas áreas comprende las minas de "amianto riojano" de "Polandó", "Santa Lucía" y "Santa Ana"; y la segunda las minas de crisotilo de "Virgen del Valle" y "Santa Clara" (Figura 1). "Amianto Riojano" es el nombre comercial del asbesto antofilítico que fué explotado por algún tiempo en las minas mencionadas. Todas las minas estudiadas son propiedad de la firma "Minamianto" S.A.M.I. de La Rioja, sucesora de "Juan y Carlos G. Casale, Sociedad Colectiva".

El propósito de este estudio es, principalmente, conocer la extensión, forma y posible desarrollo en el subsuelo de los cuerpos mineralizados, como base para una estimación de las reservas probables y posibles del mineral de amianto.

En los trabajos de campo y de gabinete conté con la ayuda eficaz del Lcdo Luis Conti, del B.I.R.A., cuya experiencia en levantamientos geológicos permitió cumplir con el trabajo en un plazo relativamente breve. Se reconoce además la colaboración de la empresa Juan y Carlos Casale Sociedad Colectiva, la que facilitó todos los medios materiales para la ejecución del estudio. Los levantamientos fueron realizados a plancheta, a escala variable según las características geológicas a representar. Para el levantamiento de las labores subterráneas se utilizaron brújula y cinta.

(1) Realizado por encargo del Banco Industrial de la Nación Argentina.



YACIMIENTOS DE LA ZONA POLANCO

Generalidades

Bajo este término incluimos los cuerpos de amianto antofilítico de las minas "Polanco", "Santa Lucía" y "Santa Ana". La posición de los cuerpos más importantes puede verse en la Lámina I. Ellos se extienden de NNE a SSW, a ambos lados de la quebrada de Los Palacios, por una distancia de alrededor de 2 kilómetros. Los cuerpos estudiados en mayor detalle son cuatro: "Polanco", "Santa Lucía", "Santa Ana Norte" y "Santa Ana Sur", ubicados en ese orden de Norte a Sur. Hacia el Sur se continúan aún los cuerpos amiantíferos (mina "Virgen de Andacollo") pero su importancia es secundaria y no han sido incluidos en el presente estudio.

A la zona de los yacimientos se llega remontando el río seco de la Quebrada de Los Palacios, desde el campamento "Planta Polanco" de la empresa "Minamianto S.A.M.I.", por una distancia de 3,5 km. hasta la mina "Santa Lucía" y de 7 km. hasta la mina "Polanco". El campamento "Planta Polanco" está a su vez ubicado a 25 km. de Jagüé.

Geología General

Los cuerpos amiantíferos están alojados en un complejo metamórfico de edad antigua (Precámbrico o Paleozoico inferior) constituido fundamentalmente por cuarcitas feldespaticadas, con y sin biotita y anfibolitas, atravesadas por filones y diques de parapegmatitas y lamprófiro. La parapegmatita es una roca cuarzo-feldespática de tono blanquecino y grano grueso irregular, semejante a las pegmatitas pero de grano menos grueso y sin la estructura zonal que caracteriza a estos cuerpos. Se presenta en filones generalmente concordantes con los esquistos, y su espesor corriente es entre 0,1 y 1 metro. Los diques de lamprófiro, parduscos en superficie y negruscos en fractura fresca, son casi siempre transversales a los esquistos, alcanzando espesores de pocos centímetros hasta dos metros. Las parapegmatitas son mucho más abundantes



que los lamprófiros.

Desde el punto de vista estructural. los cuerpos amiantíferos, que serán descritos en detalle en la siguiente sección, están situados en una faja bastante bien definida (Lámina I), paralela al rumbo general de los esquistos.

Las cuarcitas y anfibolitas presentan una pronunciada deformación, pero su rumbo e inclinación son relativamente constantes, respectivamente NNE-SSW y 40° al WNW (var. lámina I). La deformación se manifiesta en repliegues y pliegues de pequeña escala en las anfibolitas y cuarcitas, y en la orientación lineal de los componentes de estas rocas.

La deformación del complejo metamórfico tuvo lugar por empujes desde el Oeste. Simultáneamente con la deformación se produjo el metamorfismo de los sedimentos arenocuarzosos en cuarcitas y anfibolitas, y la feldesplatación metasomática, especialmente de las primeras. Al mismo tiempo, empujadas por la compresión, ascendieron las masas ultrabásicas abriéndose paso por los planos de estratificación, alojándose finalmente en repliegues favorables de los esquistos. Durante el decaimiento del proceso deformativo, las soluciones silico-feldespáticas (producidas probablemente por liberación de agua durante el metamorfismo) se concretaron en forma de parapegmatitas dentro de los planos de estratificación. La compresión tectónica fué seguida por un período de relajamiento, durante el cual se abrieron grietas virtuales que aprobecharon los magmas básicos profundos para penetrar en forma de lamprófiros. Con este fenómeno concluye el ciclo tectónico magmático. En adelante los únicos acontecimientos sufridos por la región son sucesivamente la erosión del maciso montañoso formado por la fracturación y elevación del bloque de sierra durante el Terciario, y la erosión que prosigue en nuestros días.

LOS CUERPOS AMIANTIFEROS ANTOFILITICOS

Los cuerpos de antofilita serpentínica son masas lenticulares que miden desde pocos metros hasta unos 60 metros de largo. Los lentes me-



nores son delgadas, bien formadas y perfectamente concordantes con los esquistos, pero las mayores tienen a ser globosas y sus contactos son en partes discordantes, si bien sus ejes mayores son esencialmente paralelos al rumbo de los esquistos. La forma precisa no es determinable en ningún caso por falta de la exploración suficiente, pero integrando las observaciones en los diversos cuerpos puede afirmarse que es lenticular en todas sus secciones. Los cuerpos más grandes tienen una relación ancho-largo mayor que los pequeños y son comúnmente piriformes, o sea que poseen un extremo globoso y otro delgado. Tres de los cuatro cuerpos estudiados en detalle (Polanco, Santa Lucía, Santa Ana Norte) poseen no solamente una forma de para muy similar, sino que su orientación es idéntica (el extremo globoso hacia el Sur). El cuarto (Santa Ana Sur) tiene su extremo de ese lado cubierto por detrito. Al menos otro de los cuerpos de mediano tamaño, situado 140 metros al Norte de la Mina "Santa Lucía" (ver lámina I), tiene también la misma forma y orientación.

En los cuerpos más pequeños, la roca de los cuerpos básicos es un agregado de cristales columnares y aciculares de antofilita, de color verde claro, con estructura más o menos radial. Esta roca es denominada localmente amianto "estrella" y es de baja calidad como productora de fibra. En los bordes y extremos deformados, especialmente, al talco aparece reemplazando en parte a la antofilita. En los cuerpos de mayor tamaño aparece la antofilita en cristales de varios centímetros y color verde oscuro, debido a la presencia de serpentina (antigorita) entre los cristales y agujas de aquel mineral. Estos individuos de antofilita, de disposición radiada o entrecruzada, son los que producen la fibra denominada "amianto riojano". La capacidad de producir fibra no es igual en toda la masa antofilítica; la mayor capacidad de fabricación se encuentra generalmente en una zona próxima al contacto colgante. La fibras son de hasta varios centímetros de longitud. Aunque la resistencia intrínseca de la fibra es grande, en muchos casos su longitud real aparece disminuida por "nudos" de alteración a talco que la subdividen. La flexibi



lidad de la fibra de "amianto riojano", poco común en amiantos anfíbólicos, se debe a una fibrización primaria, en que las fibras antofilíticas aparecen separadas por laminillas sub-microscópicas de antigorita que actúan como medio lubricante.

La serpentina es bastante abundante en ciertos cuerpos, y hasta predomina en partes sobre la antofilita. En estos casos la roca adopta una coloración oscura y la fibrización es pobre. En uno o dos pequeños cuerpos se observaron pequeñas cantidades de crisotilo dentro de la serpentina.

Génesis de los cuerpos antofilíticos

Como hemos mencionado arriba, los cuerpos de roca antofilítica ascendieron por efecto de la compresión subcrustal, desde niveles muy profundos de la corteza terrestre, durante la fase de máxima deformación. El significado estructural de estos cuerpos es, pues, idéntico al de las serpentina y peridotitas comunes en muchas cadenas montañosas del globo, y que también se encuentran en esta región. La forma piriforme característica de los cuerpos principales, con su extremo sur redondeado, puede ser explicada de la siguiente manera: al momento del emplazamiento definitivo los esquistos, que envolvían la lente básica, cedieron a una compresión oblicua de componente Sur formando un gran repliegue de eje casi vertical. La masa de magma ultrabásico, quedó como embolsada en el repliegue en su desplazamiento sur, mientras que hacia el Norte pudo extenderse algo abriéndose paso entre los esquistos. De acuerdo con esta interpretación, la extensión de los cuerpos en profundidad sería por lo menos igual a la horizontal, nunca inferior (Figura 2).

Desde el punto de vista petrológico y mineralógico, la formación de antofilita como componente predominante debe ser atribuido a la composición química del magma ultrabásico. En las rocas ultrabásicas más comunes, las peridotitas, las componentes esenciales son olivina y piroxeno. Al cristalizar un cuerpo de esta composición, ocurre con frecuencia que el líquido acuoso residual reaccione con los minerales recién



formados, transformando parcial o totalmente la olivina en antigorita y el piroxeno en bastita (variedad de antigorita).

Parece demostrado que, en ciertos casos, estos minerales se forman directamente del magma sin previa cristalización de olivina y piroxeno. Se trataría entonces de una serpentina primaria. Si esto mismo ocurriera con un magma algo más silíceo que el peridotítico (magma ortopiroxenítico), la cristalización a temperatura relativamente bajas y altas tensión de vapor daría lugar a la formación de antofilita primaria. La formación de los anfiboles monoclinicos más comunes, de la serie tremolita-hornblenda, se ve impedida por la ausencia de suficiente calcio. Se excluye la posibilidad de la cristalización secundaria (deutérica) de la antofilita, debido a su textura gruesa, bien cristalizada, y a la ausencia de restos del mineral primario, que este caso debería ser hipersteno o broncita.

La ausencia de serpentina en las facies marginales de mineral tipo "Estrella" puede ser atribuida a la contaminación silicea con roca de caja, fenómeno bien estudiado en otros lugares.

Cálculo de reservas

En cada uno de los cuatro cuerpos estudiados se han calculado las reservas probables mediante el siguiente procedimiento: partiendo del contorno aflorante de los cuerpos y de la posición de los contactos (de determinada en partes con ayuda de labores subterráneas), se confeccionaron cortes transversales que representan la forma y extensión de los cuerpos en profundidad de acuerdo con la interpretación petrológico-estructural esbozada arriba. El área promedio de las secciones, descontados los extremos y zonas marginales, se multiplicó por una distancia dada en el sentido del eje mayor del área aflorante, descontando asimismo de esta última los extremos. El volumen hallado, convertido en toneladas (P.e.2,8) representa las reservas de mineral probable, incluyendo la cifra así obtenida una cantidad indeterminada de mineral con un error pro



bable positivo. El error probable de las reservas obtenidas puede ser estimado entre 20 y 30 por ciento. Al excluir los extremos y bordes de los cuerpos descartamos gran parte del mineral más pobre ("estrella" y antofilita alterada a talco). Fuera de esta selección, no se ha hecho ninguna tentativa de cubicar los distintos grados de mineral, pues ella requeriría un muestreo sistemático y los ensayos de planta consiguientes, los cuales no están dentro del propósito de este trabajo. Es necesario señalar que, según datos proporcionados por la firma Juan y Carlos G. Casale Soc. Col., basados en ensayos realizados en el país y en el extranjero, prácticamente toda la roca de antofilita-antigorita que forma los cuerpos sería susceptible de tratamiento en planta, produciendo productos comercializables, de distintos grados, desde fibra larga hasta polvo fibroso. Esto vale incluso para algunas variedades del tipo "estrella", que puede producir fibras corta o polvo fibroso.

Dada la forma relativamente definida de los cuerpos, cuyas variaciones son limitadas, considero que el mineral cubicado en cada caso es de carácter probable. El mineral posible, por su parte, estaría representado por aquellos cuerpos situados inmediatamente debajo de la superficie o apenas aflorantes, cuya presencia solo podía ser establecida en forma práctica, quizá, mediante métodos geofísicos.

Finalmente, cabe señalar que no he incluido en el cálculo de reservas el mineral depositado en canchas y desmontes en las distintas minas, el cual alcanza a algunos miles de toneladas.

CUERPO DE POLANCO (Lámina II)

Geología

Situado a pocos metros al Norte de la cumbre del cerro Polanco, este cuerpo muestra en afloramiento una forma oval piriforme, su extremo globoso hacia el Sur. Su contacto oeste es regular, concordante y buza alrededor de 65° al Oeste, mientras que el contacto este, si bien esencialmente concordante, proyecta una apófisis dentro de los esquistos,



los que a su vez muestran involuciones y repliegues. El contacto este donde es visible, aparece inclinado unos 50° hacia el Oeste.

Los esquistos cuarzo-feldespáticos micáceos, que forman la roca de caja al oeste, inclinan fuertemente entre 65° y 70° al Oeste y se ajustan perfectamente al contacto, pero hacia el Sur doblan ajustándose al contorno globoso del cuerpo en esa parte. Algunas fallas y fisuras oblicuas se han desarrollado en los esquistos junto con este giro de rumbo. Asimismo en el extremo Sur los esquistos se hierguen totalmente y el contacto se vuelve vertical. Toda la parte oeste y sur del contacto muestra superficies de fricción paralelas que sugieren deslizamientos diferenciales, pero que en todo caso habrían sido de escasa importancia, no afectando la morfología del cuerpo.

En el contacto este la irrupción del cuerpo antofilítico en la roca de caja va acompañado por una involución y repliegue de los esquistos cuarcíticos y anfibolíticos, que forman una dorsal, cuyo eje se hunde en un ángulo de unos 35° al Oeste (ver perfil).

Filones de un metro de espesor de parapegmatita atraviesa la roca ultrabásica en varios lugares.

La roca predominante en el cuerpo ultrabásico del Polanco es la facies oscura de antofilita-antigorita de textura gruesa que muestra en muchos lugares, a simple vista, fibrización evidente. En la proximidad de los contactos, así como en el extremo norte y en la apófisis del lado este, predomina la variedad verde clara o "estrella".

En la inmediata vecindad de los contactos, y especialmente en los extremos acuñados entre los esquistos, esta roca aparece orientado por deformación y parcialmente alterada a talco.

Labores

El laboreo realizado consiste principalmente de extracción en cantera, cuyo frente sigue en contacto oeste y sur en todo su perímetro. La altura máxima de este frente es de unos 6 metros, sobre el nivel principal (2.700,6 m). Este nivel ha sido rebajado en partes hasta 1,5 m apro



ximadamente (pozo).

Otras labores están representadas por un pique de 6 metros bajo el nivel de 2.700,6 m excavado en la facies de antofilita-serpentina, en cuyo fondo se encuentra esquistos metamórficos buzando al Oeste (ver perfil Lámina III). Además hay sobre el mismo nivel una galería de 4,4 m sobre la pared oeste, que interesa a la roca de caja.

Reservas

Sobre la base del levantamiento de superficie y de las labores de profundidad existentes se puede inferir que el cuerpo de antofilita-serpentina se extiende acunándose hacia el Oeste, con una inclinación de su eje entre 45° y 55°. La estimación del volumen del cuerpo se ve complicada por la existencia de la dorsal que lo cruza oblicuamente en su parte media, cuya forma real no es posible conocer. Los perfiles de la lámina III muestran nuestra interpretación de la forma probable del cuerpo en profundidad, teniendo como base la actitud de los contactos, las labores de exploración, y las ideas geológicas generales expuestas más arriba. Tomado el área promedio de estas secciones verticales (110 m²) con exclusión de los bordes y extremos, proyectada a través de 20 metros en dirección del eje mayor horizontal (longitud máxima del cuerpo principal, 35 m) se llega a la cifra de 6.000 toneladas de mineral probable, de las cuales un 80% sería de la variedad oscura de antofilita-antigorita y un 20% del tipo "estrella".

CUERPO SANTA LUCIA (LAMINA IV)

Geología

Este cuerpo está situado en la Quebrada de Los Palacios, sobre su ladera norte. Su contorno es piriforme y alargado unos 60 metros de NE a SW, con un ancho máximo de unos 24 metros. Sus contactos son esencialmente concordantes; del lado oeste oscilan entre 45° y 20°, según su nivel topográfico, pues la inclinación disminuye hacia arriba (ver perfiles, lámina V). El contacto este es casi vertical. El extremo norte es



esquistos sobre los extremos sudoeste y sur. En la parte norte, más estrecha, del cuerpo aflorante, se ha excavado alrededor de un metro de detrito de falda para poner en descubierto las zonas marginales ricas en fibra.

Sobre el contacto noroeste, en la zona de cantera, se han ejecutado tres labores subterráneas de poca magnitud, a distintos niveles (2,417m, 2.410m y 2.408m, respectivamente). Estas labores siguen el contacto (donde se aprecia la zona delgada de roca talcosa afectada por espejos de fricción) y la faja de roca antofilítica de fibra larga mencionada arriba. La principal labor subterránea (lámina IV) es una galería que parte de la quebrada de Los Palacios, a unos 2,5 metros sobre el nivel del río, y que comunicaba con el fondo de la cantera, a unos 2 metros por debajo del actual nivel del relleno del fondo, en dos lugares. Estas comunicaciones están actualmente obstruidas por derrumbes y el relleno del pozo. Una rama lateral sigue el contacto sudoeste y permite fijar la extensión, del mismo (lámina IV).

Reservas

La forma probable del cuerpo en profundidad está indicada en los perfiles de la lámina V. Según muestra interpretación, la erosión habría dejado intacta la mayor parte del cuerpo. Tomando una sección media de 400 metros cuadrados, sobre una distancia horizontal (entre ambas secciones) de 40 metros en dirección del eje del cuerpo, tendríamos un tonelaje de 45.000 tn. (P.e.2,8) de mineral probable. En este cálculo, como en los anteriores se han excluido las terminaciones acuñadas de la forma inferida del cuerpo que puede presumirse que tienen mayor proporción de mineral tipo "estrella" y de talco. Casi toda aquella cantidad correspondería al tipo antofilita-antigorita, con variable calidad de fibra. Alrededor de quince por ciento correspondería de fibra larga, mientras que, por otro lado, hay partes formadas por mineral en que la antofilita se presenta bien cristalizada y produce muy poca fibra.



agudo y se introduce como cuña entre los esquistos replegados verticales; su extremo sur-oeste, redondeado, es una especie de "cul-de-sac" formado en los esquistos (figura 2). Estos siguen paralelos al contacto, en posición más o menos vertical aunque en parte se desvían del Sur para retomar su posición normal. La superficie aflorante del cuerpo tiene una pendiente de unos 30° al sudoeste, o sea un desnivel entre ambos extremos de alrededor de 30 metros. En consecuencia, la parte noroeste del cuerpo representa los niveles estructurales más elevados, de lo que se deduce que la parte erosionada es una fracción relativamente pequeña del cuerpo (ver perfiles Lámina V).

Algunas fallas menores afectan al cuerpo, sobre todo en el contacto oeste, donde se notan espejos de fricción que inclinan de 50° a 70° grados al Noroeste, cortando oblicuamente el contacto (lámina V). El desplazamiento de estas fallas es, sin embargo, insignificante y por tanto ca ben más bien en la categoría de fisuras.

Las rocas predominantes es la variedad oscura, con antofilita en grandes cristales más o menos radiados y serpentina intersticial. La proporción del tipo "estrella" es baja, estando limitada a la zona de contacto y extremo noroeste. En el contacto oeste, la zona de falla o fisuración mencionada arriba está acompañada por talco. Dentro de la facies oscura de antofilita-serpentina, hay una zona de unos 3 metros de ancho, paralela al contacto oeste, que contiene muy buena fibra.

Diques de parapegnatitas y de lamprófiros cortan el cuerpo ultrabásico. Los primeros se introducen, en varios lugares, entre el esquisto y la roca antofilítica.

Labores

En este cuerpo se han efectuado las labores más importantes. En la mitad sudoeste se han abierto distintos niveles de cantera que en partes presentan frentes de caso quince metros. El fondo de la cantera consiste en un pozo parcialmente ocupado por mineral extraído y detrito. La excavación a cielo abierto deja al descubierto o paredes muy empinadas de



CUERPO DE SANTA ANA NORTE (Lámina VI)

Geología

Este es el más pequeño de los cuerpos estudiados, con una longitud en sentido norte-sud de 34 metros y un ancho máximo de 17 metros. Está ubicado sobre el filo que separa la Quebrada de Los Palacios de la Quebrada de la Tintilla. Su contacto norte es casi vertical, pero en su parte media los esquistos cuarzo-micáceos feldespaticados realizan una involución hacia el interior del cuerpo, en la cual se aloja un filón de parapegmática. Otro filón, de espesor desconocido, forma parte de la pared oeste, inclinado 60° hacia el interior hasta donde aparece cortado por una falla que inclina 70° al Oeste. El contacto este es también esencialmente concordante; los esquistos cuarcíticos inclinan hacia el interior del cuerpo entre 50° y 80° , repliegues diversos. Al contrario de Polanco y Santa Lucía, son aquí los esquistos del lado Oeste los que envuelven el extremo sur del cuerpo. Una falla, sin desplazamiento importante, cruza el cuerpo en dirección -N-S-. Es posible que el dique de parapegmática se continúe en profundidad, desplazado por la falla (ver perfil). De acuerdo con la posición de los contactos, el cuerpo es lenticular y se hunde hacia el Oeste a un ángulo probable de unos 60° (ver perfil, lámina VII).

Gran parte de la roca aflorante es del tipo "estrella", aunque ésta da en muchos lugares apreciable proporción de fibra corta.

Labores

Los trabajos de extracción realizados en este cuerpo son todos a cielo abierto. Se han abierto sendas canteras a ambos lados de la proyección de esquistos en la parte media, siendo la cantera sur la principal. La cantidad de mineral extraído es escasa. En la cantera principal se ha dejado al descubierto el filón de pegmatita mencionado arriba (ver perfil).



Reservas

De acuerdo con las dos secciones inferidas del cuerpo (perfil, Lámina VI), proyectado en una extensión de 10 metros y 6 metros, respectivamente, obtenemos reservas de 3.500 tn. de mineral probable para la parte sur y de 1.200 tn. para la parte del cuerpo, o sea un total de 4.700 tn. de mineral probable, la mayor parte de mineral tipo "estrella" con fibra corta.

En este cálculo hemos supuesto la extensión del dique de pegmatita en el interior del cuerpo, del cual sin embargo no conocemos su espesor. Debido a la estructura compleja de este cuerpo y a la falta de labores subterráneas aquella cifra debe ser considerada como muy insegura; su margen de error puede estar en el orden del 50%.

CUERPO DE SANTA ANA SUR (LAMINA VII)

Geología

Este cuerpo de la Mina "Santa Ana" se encuentra en el extremo sur del área levantada. Se trata de una lente irregular de rumbo NNE+SSW y fuerte pendiente topográfica en esta última dirección, cuya característica más notable es un espeso dique de lamprófito que secciona oblicuamente su extremo norte. La terminación sur no está expuesta pues se oculta bajo detrito de falda y desmonte de las labores. Por analogía con los cuerpos descritos anteriormente, el extremo sur del cuerpo debería ser ancho y romo, pero los afloramientos de esquistos más próximos en ambos lados no parecen indicar el arqueamiento necesario de los rumbos, sino más bien una terminación en cuña. Los contactos expuestos son generalmente concordantes, pero solamente el lado oeste están relativamente bien expuestos. De acuerdo con los datos disponibles, el cuerpo, de forma lenticular aplastada, buzará hacia el WNW (ver perfil, lámina VIII). El filón de lamprófito, que inclina 70° al NNW, tiene dos metros de espesor donde cruza el cuerpo, aumentando hacia el WSW hasta 5 m. el contacto oeste muestra espejos de fricción, sin desplazamientos visibles.



La roca aflorante es la variedad verde oscura de antofilite-antigorita, en partes con hasta 20% del segundo componente (serpentina). El mineral "estrella" se encuentra en la vecindad del contacto este; además hay abundancia de antofilite verde clara y talco entre el contacto norte y el dique de lamprófiro.

La roca de caja está formada por metacuarcitas claras de grano grueso algo feldespaticado y evidente deformación interna.

Labores

En este cuerpo se han trabajado varios niveles de cantera en su parte norte. La mayor parte del mineral extraído parece encontrarse en el desmonte y es rico en fibra. Se han realizado además tres piques verticales y tres galerías. De los primeros merece mencionarse solamente el situado a 2.454 m. (nivel de boca) que alcanza a 12 m. de profundidad, totalmente en la roca oscura antofilítica. Las galerías, ubicadas a niveles de 2.470 m., 2.448,4 m. y 2.499 m., alcanzan el contacto oeste a respectivamente 3 m., 15 m., y 12 m. La segunda de las galerías corta el dique de lamprófiro entre 10,5 m. y 12,4 m. de la boca.

Reservas

Los perfiles de lámina VIII permiten extrapolar la extensión en profundidad del cuerpo. De la superficie promedio de ambas secciones de 360 m² y 280 m² cada una (descontando el dique lamprófiro), y proyectándola por 30 m. (o sea sin considerar los extremos del cuerpo), se llega a una cifra de 26.000 tn. de mineral probable, con error de alrededor del 20%.

La extensión no expuesta del cuerpo hacia el SSW es probablemente un intermedio entre el tipo romo o globoso común en los cuerpos descritos anteriormente y el acuñaamiento que caracteriza al extremo norte. La relativa agudez de la terminación sur podría justificarse por su nivel bajo de la sección en esa parte (conf. fig. 2).



CUERPOS DE SERPENTINA CRISOTILICA DE LA QUEBRADA DEL TORO

Generalidades

Estos cuerpos están situados al Norte del grupo Polanco en la prolongación norte del mismo complejo metamórfico. Su acceso es por un camino temporario que remonta la Quebrada del Toro pasando por las minas "La Solterita" y "Santa Rita". Los últimos cuatro kilómetros deben ser recorridos a lomo de mula a causa de algunos saltos en la quebrada, hasta el campamento de Santa Clara al pie del cerro de este nombre. El campamento de Virgen del Valle está sobre la misma quebrada, a 2,5 km aguas arriba del anterior. En esta parte corre en estiaje un hilo de agua que origina vertientes permanentes en distintos lugares. Ambos cuerpos estudiados, Santa Clara y Virgen del Valle, afloran en su parte principal sobre la falda oriental de la quebrada, alcanzando apenas la vertiente del río Cuminchango (fig. 1).

Geología General

El complejo metamórfico que aloja a la serpentina conserva las características petrográficas que hemos descrito con relación a los cuerpos de la zona de Polanco. Los tipos predominantes son cuarcitas feldespaticizadas de color claro, bien estratificadas, en parte biotíticas, y anfíbolitas de grano mediano a grueso, con foliación y lineación bien marcadas. Los filones claros de parapegmatita son aún más abundantes y gruesos que en la zona de Polanco; ellos siguen preferentemente los planos de estratificación, y penetran también en la serpentina. Hay también diques de lamprófiro, usualmente transversales en los estratos. La estructura es esencialmente monoclinual, con inclinación al NW de 30° a 50°, y pliegues secundarios de mayor magnitud que en la zona de Polanco.

Los cuerpos serpentínicos son esencialmente concordantes y lenticulares en sección transversal, pero presentan apófisis o irregularidades marcadas. Análogamente a los cuerpos de antofilita, se nota que el extremo NE es agudo y el SW relativamente globoso. La posición de los cuerpos



coincidente en líneas generales con la de los esquistos, es inclinada al NW, si bien el cuerpo de Santa Clara está más próximo a la vertical.

La roca es una serpentina de origen peridotítico, de color negro verdoso o azulado, en la que se observan los pseudomorfos de cristales de piroxeno, transformados en bastita (variedad de antigorita). En partes, estos pseudomorfos son muy escasos, y la roca es una masa homogénea y densa de antigorita con moderada cantidad de magnetita. En las superficies de alteración, los pseudomorfos de piroxeno se destacan por su tonalidad más clara de la base serpentínica verde oscura. Ciertas partes marginales de los cuerpos continen antofilita en cristales grandes y radiados; la roca en este caso es similar a la del "amiante riojano". Son también características en la serpentina, ciertas patinas lustrosas de color azul verde claro, formadas por antigorita deformada ("amorfizada") por compresión y deslizamiento.

El crisotilo se presenta en uno o más juegos de venillas subparalelas conteniendo fibras orientadas perpendicularmente ("cross-fiber"). La orientación de las venillas es relativamente constante en cada cuerpo o en cada zona del cuerpo. Si hay más de un juego, puede predominar uno u otro según el lugar. En cada cuerpo hay, sin embargo, una dirección predominante, que se orienta en dirección perpendicular o en gran ángulo respecto al plano principal del cuerpo.

El espesor de las venillas o sea la longitud de la fibra varía desde apenas visibles hasta más de 2 cms.; la mayoría mide entre 1 y 3 mm. Muchas venillas presentan suturas centrales debido al crecimiento opuesto de las fibras. En tal caso, las fibras se cortan con relativa facilidad por los puntos de sutura.

El color del crisotilo en las venillas es gris verdoso claro iridescente, con variedades de tono acaramelado. El tipo "cross-fiber" forma casi la totalidad; el tipo "slip-fiber", que se forma en planos de deslizamiento, es muy escaso.



Génesis de la Serpentina y del Crisotilo

La forma y estructura similares de los cuerpos, las analogías mineralógicas, y su ubicación dentro de la misma formación geológica, demuestran que el origen de los cuerpos de serpentina de Santa Clara-Virgen del Valle han tenido el mismo origen que los cuerpos antofilíticos de la zona de Polanco. La diferencia entre ellos es de naturaleza química, siendo el magma serpentínico menos silíceo que el antofilítico.

La serpentina (peridotita) es lo que podría llamarse el magma "normal", que asciende y se aloja en la zona de "raíz" de las montañas. La razón por la cual, en esta región, se alternan tramos peridotíticos (Santa Clara) con tramos piroxeníticos (Polanco) nos es desconocida. Estos últimos parecen ser diferenciados magmáticos (por contaminación silícea?) de los primeros, como se deduciría de la presencia de diferencias antofilíticas en los cuerpos serpentínicos, especialmente en Virgen del Valle.

Ya nos hemos referido arriba al problema de la formación primaria y secundaria (deutérica) de la serpentina. En los cuerpos estudiados al menos la bastita es secundaria, pues conserva el pseudomorfismo del piroxeno.

Cuando la serpentina terminó de formarse, comenzó su enfriamiento y con éste la contracción y formación de grietas virtuales, generalmente en sentido transversal a los diámetros mayores del cuerpo. El líquido acuoso sobrante de la serpentización, que impregnaba a la roca, fué concentrándose en las grietas, disolviendo lentamente la antigorita y recristalizándola en su dimorfo de inferior temperatura, crisotilo.

Las características de la serpentina y del crisotilo en los cuerpos estudiados son esencialmente idénticas a las que se encuentran en todos los yacimientos del mundo, tanto en su mineralogía como en su estructura.



Cálculo de reservas

Para la estimación de las reservas de crisotilo en los cuerpos de Santa Clara y Virgen del Valle hemos seguido los mismos criterios que para los cuerpos de la zona de Polanco. En cada cuerpo hemos delimitado las áreas de mayor concentración de crisotilo, según puede ser observado en los afloramientos y labores, realizando, en superficies perpendiculares a las venillas, algunas mediciones espaciadas para determinar la proporción de crisotilo. Estas mediciones son relativamente fáciles de hacer, pues los cuerpos de serpentina están muy bien expuestos, y el crisotilo es generalmente bien visible sobre las superficies naturales sin la ayuda de labores; las fibras resisten bien a la meteorización, pero en cambio sufren desgaste mecánico con cierta facilidad, hecho que debe ser tenido en cuenta en la prospección.

Sobre la base de las áreas de mayor concentración, y estimando la ley media con ayuda de dichas mediciones, se ha calculado el volumen probable del mineral proyectado en profundidad de acuerdo con la forma y dimensión inferida de cada cuerpo, en una distancia en todo caso no mayor que el ancho de la faja mineralizada.

El error probable de nuestra estimación de la ley media puede ser del orden del 20%. La ley media de extracción puede ser aumentada considerablemente seleccionando las áreas de explotación, lo que tienen importancia mientras la capacidad de tratamiento sea relativamente limitada.

CUERPO DE SANTA CLARA

Geología

Este cuerpo de serpentina aflora en la falda oeste y norte del Cerro Santa Clara; por el lado norte pasa a unos 50 metros, de la cumbre, y cae unos 200 metros por la vertiente del Río Cuminchango. La longitud en línea recta de Este a Oeste, es de 750 metros, y su ancho aflorante máximo de unos 200 metros. La serpentina emplazada entre dos formaciones distintas de esquistos metamórficos: Cuarzitas feldespáticas bien extra-



tificadas siguen en aparente concordancia el contacto norte en toda su extensión, mientras que por el lado sur hacen lo mismo las anfibolitas. Ambas formaciones se reúnen en los extremos del cuerpo. Las anfibolitas son bien foliadas y tienen lineación marcada. La posición de los esquistos es muy empinada a ambos lados, sugiriendo una gran extensión del cuerpo en profundidad. A partir de la parte más elevada -el filo al Norte del Cerro Santa Clara- el cuerpo se ensancha hacia abajo, según se deduce de la expansión de la serpentina en ambas laderas. Al mismo tiempo, la traza de los contactos indica que se inclina hacia el NNW, pues aquella se desvía en esa dirección al descender a uno y otro lado del filo. Esta posición del cuerpo concuerda con la inclinación general de los esquistos, que si bien es muy empinada en el contacto mismo, a corta distancia -tanto al norte como al sur- retoman un buzamiento moderado al NW o NNW. Además las cuarcitas, en el lado norte del cuerpo sobre el filo, están menos inclinadas -a igual distancia del contacto- que las anfibolitas del lado opuesto. De estas observaciones se deduce que la apófisis noreste del cuerpo no es sino la prolongación lateral del cuerpo principal, con el cual se conecta ampliamente en profundidad. Los perfiles de la lámina X especialmente, longitudinal L-L' y transversal C-C', ilustran esta interpretación.

El límite inferior del perfil longitudinal fué trazado uniendo en forma casi lineal las profundidades máximas del cuerpo en ambos extremos, pasando por las terminaciones inferiores de los perfiles intermedios. En realidad, este límite debe ser considerado como mínimo probable, los cuerpos que, como el de Santa Clara, se originan por ascenso desde niveles inferiores de la corteza, adoptan por lo común, una forma alargada en el sentido del desplazamiento. Es posible, por lo tanto, que el cuerpo se extienda bastante más en profundidad que lo indicado por este límite mínimo.

El perfil longitudinal corta el cuerpo según su plano medio y por lo tanto se encontraría más o menos inclinado hacia el NNW.



En muchos lugares del contacto pueden verificarse que, a pesar de sus bruscas involuciones, las cuarcitas y anfibolitas de la caja tratan de acomodarse a las mismas. Donde los giros son muy cerrados, los estratos se repliegan con pliegues de ejes verticales. Esto se vé bien en la apófisis oriental, en la zona de las labores N° 2 y 8. En mayor escala, se lo nota perfectamente en la involución de las cuarcitas feldespáticas que se observa en el contacto norte a unos 120 m. al NW de la labor N° 3.

Estas relaciones demuestran que el magma ultrabásico no irrumpió forzosamente deformando los esquistos, sino que se acomodó a los vacíos estructurales que éstos formaban durante el empuje tectónico que los dislocó. Al mismo tiempo, la deformación de los esquistos fué facilitada por la presencia de la masa intrusiva plástica.

El extremo oeste presenta una complicación especial. Allí hay un sector del cuerpo (donde se halla la labor N° 4), que parece estar separado del cuerpo principal por una falla de fuerte componente horizontal. Esta falla estaría indicada por los contornos del cuerpo y por la presencia de un espeso dique de pegmatita de rumbo E-S y 60° de inclinación al oeste, que parecería haber sido roto y desplazado por una cupla SW-NE. La extensión de esta falla hacia el NE no es visible, ni se presenta claramente definida en la dirección opuesta.

La serpentina del cuerpo de Santa Clara es similar a la de Virgen del Valle, pero la facies tipo Polanco (antofilítica) es mucho más escasa en proporción. La erosión ha ahondado en la zona de los contactos donde la roca es generalmente más blanda, y donde podría encontrarse la facies de antofilita y talco. Los diques de pegmatita son comunes.

El crisotilo se presenta en venillas de entre 1 y 3 mm. en promedio, en casi toda la extensión del cuerpo. Sin embargo, está particularmente concentrada en una zona de unos 50 metros de ancho y 400 metros de largo (ver lámina IX). Otro lugar muy rico en crisotilo está en la parte del cuerpo situada sobre la vertiente oriental (labores 7 y 8). Es probable que ambas zonas crisotílicas se conecten entre sí en profundidad,



en la superficie, la conexión no es verificable por estar cubierta la zona intermedia. La orientación de las venillas es esencialmente paralela al eje mayor del cuerpo, y aproximadamente vertical.

Labores

Se han realizado hasta la fecha 8 labores de exploración de poca envergadura, de las cuales 3 están ubicadas en el extremo oriental. La mitad de las labores son galerías cortas; la más larga (N° 1) tiene 14 metros. Todas las labores están en zonas de serpentina con crisotilo.

Reservas

El cuerpo de Santa Clara tiene grandes extensiones de mineral de crisotilo visible. Las áreas de mayor concentración, sobre ambas laderas, mencionadas más arriba, (Lámina IX) representan una superficie de unos 20.000 metros cuadrados, o sea 56.000 toneladas por metro de profundidad. Tomando una profundidad del mismo orden de magnitud que el ancho de la zona, por ejemplo, 50 metros se calculan 2.800.000 tn. de mineral probable con una ley media estimada de 3 a 5% de crisotilo. Puesto que el crisotilo no se encuentra homogéneamente distribuido, se considera posible mejorar aún la ley de explotación a 7%, con la consiguiente reducción de tonelaje, en 40-50%. Si, como es probable, la faja crisotílica alcanza a 100 m. de la superficie (profundidad mínima estimada 150 m. Lám. X), se puede ubicar un adicional posible de igual magnitud. Por otra parte, considerando por lo explicado que ambas zonas crisotílicas se unen en profundidad, la longitud de la zona mineralizada se extendería a más de 600 metros, lo cual representa un total de 8 a 9 millones de toneladas de mineral posible, o sea un nuevo adicional de unos 3.00.000 tn., mineral que podemos considerar de un segundo grado de posibilidad respecto al anterior. No consideramos aquí, la presunta extensión del cuerpo en profundidad por debajo de los 150 metros, señalada arriba, la cual significaría un volumen adicional indeterminado de mineral posible.

Al considerar el ancho de la zona mineralizada, hay que tener en



cuenta que, como se señala arriba, ella no está restringida a la zona demarcada, sino que hay fajas crisotílicas delgadas en otras partes del cuerpo también.

CUERPO DE VIRGENTDEL VALLE (LAMINA XI)

Geología

Situado a unos 3.000 m. de altura de la Quebrada del Toro, este cuerpo ocupa un desnivel de casi 90 m., desde el mismo río hasta el filo de la ladera este. Su forma aflorante es irregular, pues consiste de una masa principal y una apófisis que se proyecta al SE. El cuerpo principal termina al NE en forma de cuña que se introduce entre los esquistos metamórficos, que son predominantemente cuarcitas y en menor proporción anfibolitas. Partiendo de ese extremo afilado, el cuerpo se va ensanchando hasta alcanzar su anchura aflorante máxima (unos 130 m.) en el fondo de la quebrada.

Los contactos son esencialmente concordantes, y el cuerpo principal se hunde estructuralmente hacia el W por entre las cuarcitas que forman su techo y su base (perfiles, lámina XII). El ensanchamiento hacia el fondo de la quebrada se debe no solamente al engrosamiento real del cuerpo, sino también a su manto progresivo puesto que (según lo indican los contactos) la parte acuñada del NE el buzamiento del cuerpo es mucho más pronunciado que en el otro extremo (ver perfiles lámina XII).

La apófisis posee también contactos concordantes en general, aunque en ciertos lugares son netamente discordantes. A ambos lados los esquistos tienen posiciones muy próximas a la vertical, pero al girar hacia el este, los estratos del contacto oeste se horizontalizan, al pasar debajo de las labores N° 15 y 16. En dicho extremo, el cuerpo se hunde hacia el Norte y se acuña rápidamente.

Entre el cuerpo principal y su apófisis, las cuarcitas y anfibolitas se repliegan y forman un anticlinal buzante al Oeste.

La roca de la mayor parte del cuerpo es una serpentina oscura, con



pseudomorfos de bastita según piroxeno en una base "amorfa" de antigorita. Antofilita con serpentina, en una facies de textura gruesa y coloración más clara, similar al mineral de la Zona Polanco, forma la parte del cuerpo donde se une la apófisis, entre la labor legal y el río. También forma parte de la apófisis, tal como en las inmediaciones de la labor N° 13 y al norte de ésta, y en el extremo mismo donde se acuña el cuerpo principal al NE.

El crisotilo se encuentra virtualmente en todo el cuerpo, pero su mayor concentración está en una zona de unos 120 m. de largo y 50 m. de ancho, en la parte donde la serpentina forma los afloramientos más pronunciados (lámina XI).

En esta parte la serpentina presenta diaclasas que corren de Este a Oeste, más o menos vertical, y la erosión se ha encauzado en algunas de las zonas de diaclasas más pronunciadas, quedando crestas o dorsales paralelas en aquella dirección. Las venillas de crisotilo siguen asimismo este lineamiento, aunque hay también sistemas secundarios de rumbo NE-SW- y NW-SE. La densidad de venillas es relativamente constante en esta zona, y la fibra alcanza en muchos lugares a 1 cm., y excepcionalmente a 2 cm.

Diques y cuerpos pequeños de parapegmatita y cuarzo blanco atraviesan la serpentina en varios lugares.

Labores

La mayoría de las labores realizadas en este cuerpo son pequeñas trincheras o destapes. La más importante es la labor legal, donde se ha abierto un frente de cantera de 7 m. de ancho y 15 m. de altura desarrollado en varios niveles. Esta labor descubre una zona rica en venillas de fibra relativamente larga, oscilando en promedio de 2 a 5 mm. y una ley de alrededor de 15%. Las venillas se disponen en dos juegos principales, a 110° y 12° de azimut (Norte) respectivamente, predominando el primero. El mineral existente en cancha (lámina XI) procede de esta la-



/bor. subterránea más importante es la N° 16 en el extremo SE de la apófisis, que consiste en 10 metros de galería paralela a las venas de crisotilo.

Reservas

Dentro de la zona crisotílica delimitada en el cuerpo principal (lámina XI). puede seleccionarse fajas mineralizadas con una superficie aproximada de 3.000 m². (o sea la mitad de la zona) conteniendo entre 6 y 8% de crisotilo. Suponiendo una distancia vertical igual al ancho de la zona (50 m.) (ver perfiles, lámina XII) resultan 420.000 tn. de mineral probable. La extensión del cuerpo en profundidad es probablemente mucho mayor que aquella distancia, de manera que puede estimarse en una cantidad de mineral posible mucho mayor.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Zona Polanco (Amiante antofilítico).-

Los cuerpos amiantíferos de la zona Polanco (minas Polanco, Santa Lucía y Santa Ana) son masas concordantes de rocas de antofilita y serpentina, emplazados en un ambiente metamórfico de cuarcita micáceas y anfibolitas. Se estudiaron los cuatro cuerpos principales, situados en una faja de 2 kilómetros, orientada aproximadamente de Norte a Sur. El mayor de los cuerpos (Santa Lucía) mide 60 metros de largo, y el menor (Santa Ana) (Norte), 30 metros; todos ellos tienen forma lenticular con su plano mayor inclinado al oeste, siguiendo a los esquistos que los contienen, y su extensión probable en profundidad de acuerdo con la posición de sus contactos y otras consideraciones, permite cubicar las siguientes cantidades de mineral probable, en toneladas:

Polanco.	6.000
Santa Lucía.	45.000
Santa Ana Norte.	4.700
Santa Ana Sur.	<u>26.000</u>
	81.700 tn.

Hay otros cuerpos menores que no alcanzan a sumar 1.000 toneladas de mineral probable. Hay además una indeterminada cantidad de mineral posible que surge del hecho que algunas de las pequeñas lentes aflorantes podrían representar la parte superior o marginal de cuerpos mucho mayores. Esta posibilidad es difícil de explorar a un costo razonable, excepto por métodos geofísicos.

Zona Santa Clara y Virgen del Valle (amianto crisotílico).-

Dos dos cuerpos serpentínicos estudiados contienen importantes reservas de crisotilo. Se trata de cuerpos concordantes groseramente lenticulares, situados en la prolongación norte del mismo complejo metamórfico de la zona de Polanco.

El cuerpo de Santa Clara, que mide más de 700 metros de longitud y



200 m. de ancho máximo, se extiende en profundidad hasta una distancia inferida de por lo menos 150 m. en la dirección inclinada de su plano principal. La zona crisotílica más rica se extiende por casi toda la longitud del cuerpo y un ancho promedio de 50 m. con venillas de tipo "cross-Fiber" de menos de 1 mm, hasta un centímetro. Las reservas estimadas son de alrededor de 2.800.000 tn. de mineral probable con 3 a 5% de crisotilo, y cerca de 6.00.000 tn. de mineral posible de ley similar.

El cuerpo de Virgen del Valle mide unos 220 metros de largo por 120 metros de ancho máximo; de su parte más ancha se desprende una apófisis de 130 metros de longitud. El eje medio de su cuerpo principal se hunde con los esquistos que lo envuelven hacia el Noro-este por una distancia inferida de no menos de 130 metros en su parte más profunda. La zona de mineralización principal se encuentra en su parte media y mide unos 100 metros de largo por unos 30 metros de ancho; de esta zona puede discriminarse 50% con una ley estimada de crisotilo del 6 al 8%, la mayor parte en fibra corta y mediana.

Las reservas estimadas de mineral probable es de 420.000 tn. de mineral de dicha ley, para una extensión vertical probable de 50 metros.

Recomendaciones

Las cifras de reservas de crisotilo dadas arriba deben ser consideradas solamente como indicativas del orden de magnitud, ya que no se ha realizado aún exploración suficiente ni nuestro estudio ha sido bastante detenido para dar cifras más seguras.

Se puede afirmar, sin embargo que el mineral visible en Santa Clara y Virgen del Valle es suficiente para justificar la iniciación inmediata de un plan de explotación en escala modesta. Conjuntamente con la explotación deberá llevarse adelante un plan de exploración para establecer las posibilidades futuras reales de los yacimientos.

Antes de decidir en que cuerpo y lugar preciso se desarrollará la mina, es necesario profundizar el estudio geológico para establecer con



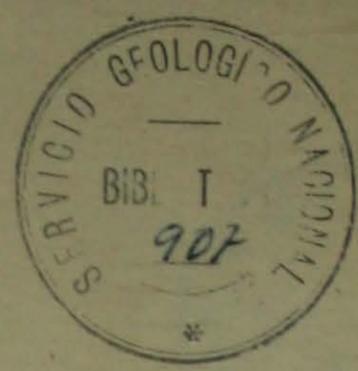
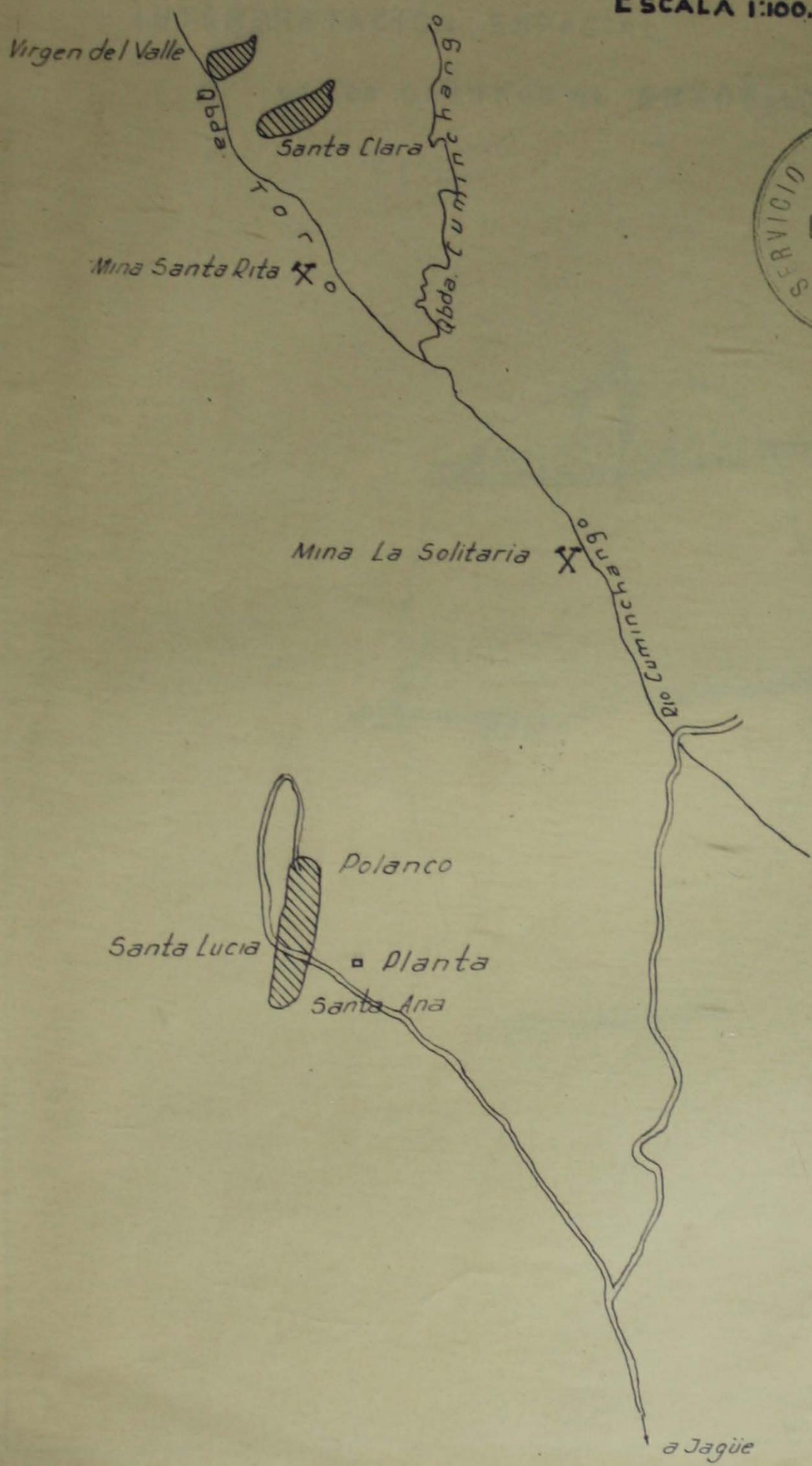
detalles las zonas de mayor ley. Este trabajo puede ser efectuado esencialmente a base de observaciones de superficie, con la ayuda de destapes y un mínimo de labores subterráneas.

Febrero 1962.-
etc.

Dr. Félix González Bonorino

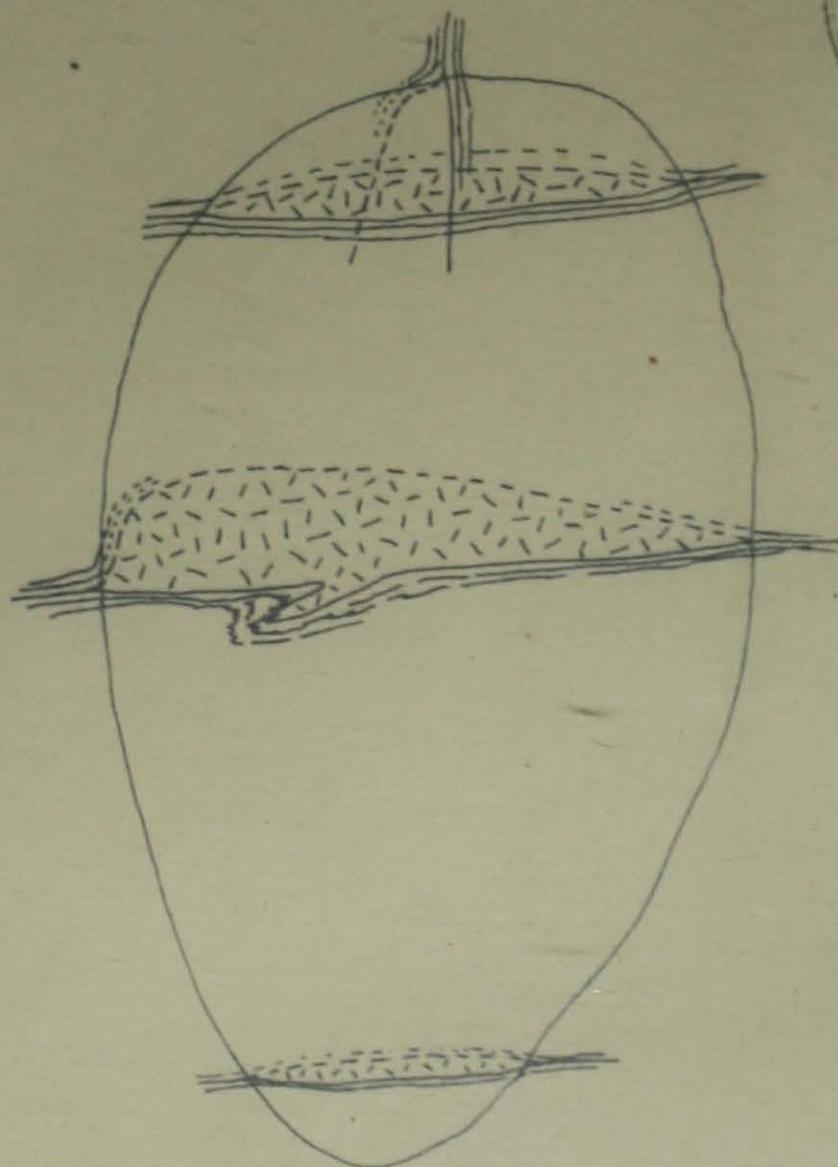
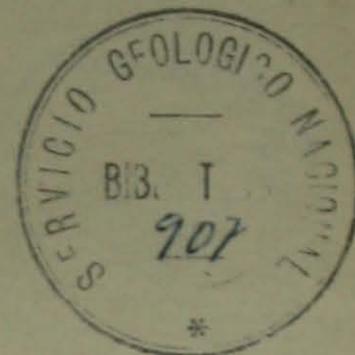
MAPA DE ORIENTACION UBICACION DE LAS AREAS ESTUDIADAS

ESCALA 1:100,000



INTERPRETACION ESPACIAL

DE LOS CUERPOS DE ANTOFILITA-ANTIGORITA



993

CUERPO ANTOFILITICO
DE LAMINA POLANCO
PERFILES TRANSVERSALES
ESCALA 1:200

