

## LINEAMIENTOS IDENTIFICADOS EN IMAGENES LANDSAT Y LA LOCALIZACION DE PORFIDOS CUPRIFEROS.

ENRIQUE TIDY F.

*Codelco - Chile., Casilla 150 - D, Santiago.*

### RESUMEN

Entre las latitudes 18°S y 35°S (Arica a Curicó), se interpretaron visualmente los lineamientos en 22 imágenes Landsat en falso color, escala 1:500.000. Una segunda interpretación, visual también, fue realizada sobre un mosaico en blanco y negro a escala 1:1.000.000, el cual resultó especialmente conveniente para detectar grandes lineamientos que se desarrollan por varios cientos de kilómetros. La información sobre lineamientos obtenida de las interpretaciones a las escalas referidas se presenta superpuesta en las figuras correspondientes, adjuntas al texto. Al ubicar sobre los mapas de lineamientos varios de los más importantes porfidos cupríferos y algunos distritos mineros menores, fue posible establecer observaciones interesantes que ayudan a comprender su localización o emplazamiento, lo cual aparece corroborado, en ciertos casos, por observaciones de detalle en los yacimientos mismos.

### ABSTRACT

Twenty-two 1:500.000 scale false color Landsat images covering the span 18°S to 35°S (Arica to Curicó) were visually interpreted for lineaments. A second visual interpretation was carried out on a 1:1.000.000 scale monoband mosaic, which proved to be specially suitable for tracing lineaments several hundreds kilometers long. Both interpretations are presented superimposed in the relevant figures accompanying the text. By plotting several of the most important porphyry coppers and some minor mining districts on the referred lineament maps some interesting observations were derived, especially concerning their location or emplacement. In some examples the latter is reinforced by detailed field observations.

### INTRODUCCION

Uno de los aspectos que más llama la atención del geólogo al observar una imagen Landsat es la existencia de rasgos lineales predominantemente rectilíneos que se extienden por decenas o cientos de kilómetros. Estos rasgos lineales o "lineamientos" como generalmente se los denomina, son conocidos desde muy antiguo y no se los observa sólo en imágenes de satélites sino también en fotografías aéreas. También suelen ser discernibles para un observador ubicado en un lugar elevado. Las imágenes de satélites son, sin embargo, especialmente adecuadas para el reconocimiento de estas estructuras por la gran extensión que cubren.

---

Contribución al Proyecto PICG N° 202, Megafallas de Sud América.

Un lineamiento se define como un rasgo lineal mapeable que se observa en la superficie del terreno a lo largo de líneas rectas o ligeramente curvas. Los elementos de la superficie que conforman o definen un lineamiento pueden ser de naturaleza geomorfológica, es decir producidos por variaciones del relieve o de naturaleza tonal debido a variaciones de contraste de color. Expresiones geomorfológicas típicas de lineamientos son, por ejemplo, valles rectos o varios segmentos de valles alineados, alineamientos de cauces de ríos, quebradas o arroyos y alineaciones de cráteres en terrenos volcánicos. Los lineamientos por diferencias tonales se deben generalmente a diferencias en la vegetación, contenido de humedad, y a variaciones en la composición de suelos y rocas. Los lineamientos pueden ser continuos o discontinuos. En los lineamientos discontinuos los elementos discretos que los constituyen están alineados en una dirección constante y separados por distancias generalmente pequeñas. Los lineamientos pueden ser simples o compuestos. Un lineamiento simple está constituido por un rasgo único, como por ejemplo un valle o cauce rectilíneo, o un escarpe. Los lineamientos compuestos son aquellos constituidos por alineaciones de rasgos geomorfológicos variados (quebradas, cordones de cerros, etc.) combinadas también con alineaciones de cambios tonales.

La naturaleza de muchos lineamientos observados en imágenes de satélites no es fácil de establecerse sin antes realizar reconocimientos en el terreno. En gran parte de los casos puede verificarse que corresponden a fallas regionales, aunque no necesariamente debe ocurrir un desplazamiento relativo de bloques. Puede tratarse entonces de una zona extensa de fracturamiento de la corteza, muchas veces con vetas minerales asociadas, diques o filones.

Muchos lineamientos observados en imágenes Landsat no tienen expresión reconocible en el terreno. En estos casos se piensa que corresponden a estructuras que afectan al basamento, las cuales son discernibles, o por así decirlo, se "translucen" a través de formaciones más jóvenes. Es así como generalmente es posible observar la continuidad de un lineamiento en zonas con cubierta de productos de erupciones volcánicas, aluvio, suelo, nieve, hielo y también cobertura vegetal densa. Gran parte de los lineamientos registrados en las figuras adjuntas corresponden a estructuras de este tipo, las cuales aún cuando están parcialmente o totalmente cubiertas son perfectamente trazables por grandes distancias.

El notable desarrollo en línea recta de ciertos lineamientos demuestra, o sugiere al menos, que corresponden a estructuras verticales, las cuales deben penetrar profundamente dentro de la corteza terrestre o posiblemente la atraviesan en su totalidad. Debido a ésto, pueden comunicar con las fuentes de generación de magmas y soluciones hidrotermales y servir de vías de acceso para el emplazamiento de cuerpos de pórfidos mineralizados y vetas hidrotermales. Es común comprobar que las direcciones de emplazamiento de vetas metalíferas están controladas por lineamientos regionales. Por otra parte, a lo largo de un lineamiento suele encontrarse más de una manifestación de mineralización, separadas a veces por distancias considerables. Indudablemente que en estos casos existe una relación genética entre los cuerpos mineralizados, aunque puede existir diferencias de edades atribuibles a una actividad recurrente a lo largo de la estructura.

Se ha demostrado en estudios realizados en Arizona, U.S.A., que muchos lineamientos coinciden con anomalías gravimétricas, magnéticas y geoquímicas y que el mayor número de estructuras de este tipo en una región determinada coincide con una mayor densidad de yacimientos minerales. En Chile se han realizado escasos trabajos de análisis de linea-

mientos en imágenes Landsat y en cuanto a lo que se conoce parece que algunos yacimientos están relacionados genéticamente con lineamientos mientras que en otros casos parece no existir relación

## POSIBLE ROL METALOGENETICO DE FALLAS Y FRACTURAS CORTICALES REPRESENTADAS POR LINEAMIENTOS OBSERVABLES EN IMAGENES LANDSAT.

Entre las latitudes 18°S y 35°S (Arica a Curicó) se interpretaron los lineamientos de 22 imágenes Landsat los cuales contribuyen a explicar la localización de numerosos pórfidos cupríferos y distritos mineros menores (Fig. 1).

A continuación se hará una relación sobre la conexión que existiría entre la localización de lineamientos con el emplazamiento de yacimientos conocidos.

### Área de Quebrada Blanca (Fig. 2).

En esta área se observan dos grandes lineamientos de rumbo N47°W, con más de 200 km de longitud, uno de los cuales pasa muy próximo al yacimiento de Quebrada Blanca. Numerosos lineamientos según este mismo rumbo se observan en el área, pero son sólo de importancia local ya que se extienden por distancias de 20 a 30 km. Otro juego importante en el área tiene rumbo N70°E. Uno de los lineamientos correspondientes a este juego fue reconocido en una distancia de 100 km y el otro se pudo trazar por más de 200 km, llegando hasta la costa un poco al sur de la desembocadura del río Loa. Como el juego anterior en este último también se observaron lineamientos paralelos de menores dimensiones. Analizando la Fig. 3, que representa en forma simplificada la geología del yacimiento de Quebrada



Fig. 1. Ubicación de los pórfidos cupríferos considerados en este trabajo.

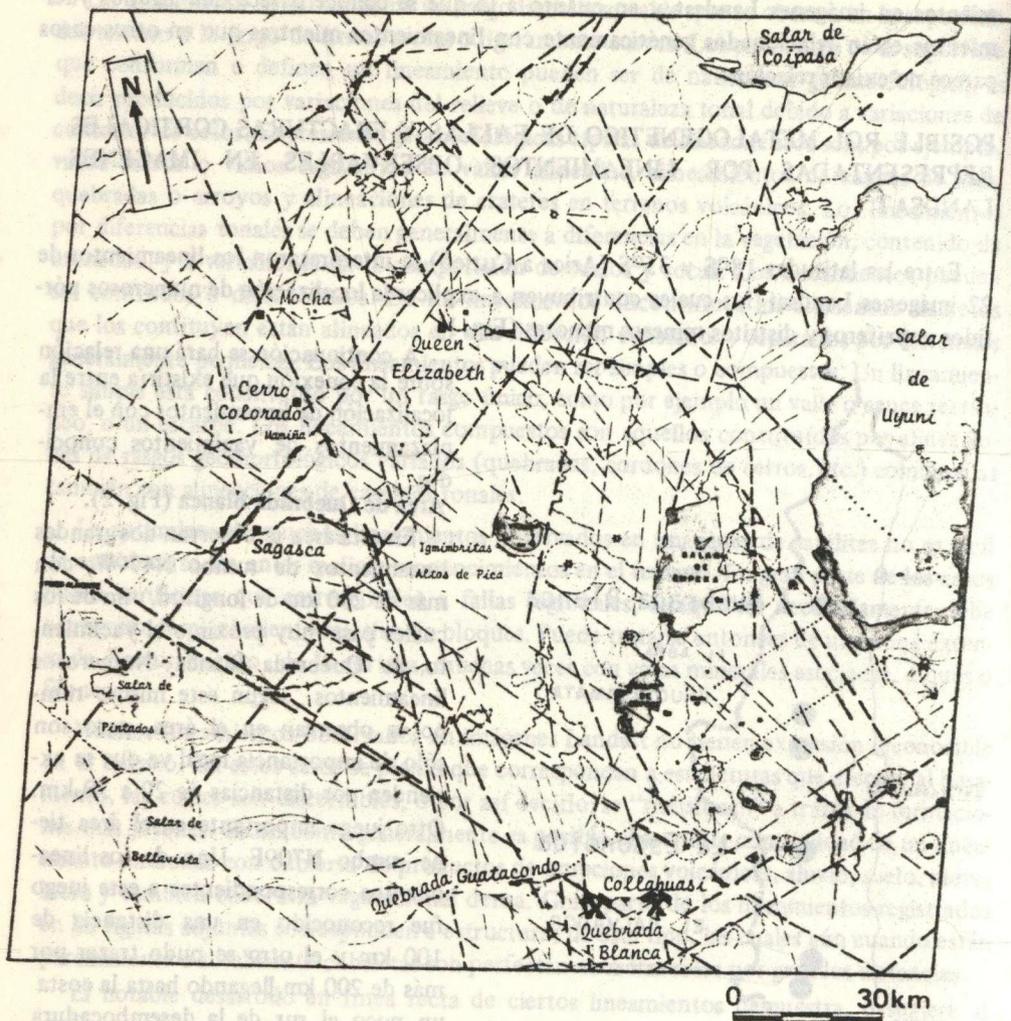


Fig. 2. Interpretación de lineamientos en área de Mocha-Quebrada Blanca.

Blanca, puede observarse que en la dirección del juego de lineamientos NW existen numerosas fallas que complican su estructura, en tanto que el rumbo de los lineamientos NE coincide en forma casi exacta con el rumbo de filones de pórfido feldespático y brechas indiferenciadas. Por otra parte, la monzonita cuarcífera, que constituye una de las principales rocas portadoras de la mineralización, es un cuerpo de unos 7 km de largo en dirección NE y un ancho promedio de 2 km, siendo notablemente paralelo al sistema de rumbo NE. De lo hasta aquí expuesto se puede concluir que en el área de Quebrada Blanca la dirección de los lineamientos NE controló la intrusión de la monzonita cuarcífera, los filones de pórfido feldespático y la formación de cuerpos de brecha, mientras que los lineamientos NW están representados por fallas post minerales que dislocan a las rocas antes mencionadas. En el área de Collahuasi, al E de Quebrada



Fig. 3. Geología simplificada del yacimiento Quebrada Blanca. (Modificado de Martíni, 1982).

Blanca, se observó un lineamiento importante de rumbo  $N80^{\circ}W$  que podría controlar el emplazamiento de las vetas correspondientes a las minas La Grande y La Poderosa.

En el centro de la pampa a unos 50 km al oeste de Quebrada Blanca, existe una veta argentífera correspondiente a la mina Challacollo, de rumbo paralelo y juego  $N15^{\circ}W$  (rumbos de las vetas según Frutos, 1981, y Ruiz *et al.*, 1965).

**Area de El Abra** (Fig. 4) Aparte de la Falla Oeste, ubicada a unos 3 km al oeste del yacimiento El Abra se identificaron otros lineamientos entre los cuales el más importante es una estructura de rumbo  $N62^{\circ}W$  observada a lo largo de 130 km. En la Fig. 5 puede observarse que las zonas de alteración cuarzo-sericítica del yacimiento, las cuales están controladas por fallas, tienen una dirección perfectamente coincidente con el lineamiento principal mencionado. Vetas hidrotermales del distrito, como la veta María y Conchi Viejo, aparecen notablemente controladas por este juego. El complejo de granodioritas terciarias que constituyen las rocas encajadoras del yacimiento tiene, sugerentemente, una elongación en la misma dirección, lo cual induce a suponer que este complejo ígneo de 4 km de ancho por 10 de largo se habría emplazado en una zona de fracturamiento-cortical de dirección coincidente con el lineamiento referido. Otros lineamientos del distrito El Abra son uno de rumbo  $N40^{\circ}E$  trazado por una distancia de 250 km, el cual ha sido mapeado en el terreno y otro de rumbo  $N60^{\circ}E$ , ubicado al sur del yacimiento, trazable hasta la costa.

**Area de Chuquicamata** (Fig 4) En el mapa Geológico de Chile (escala: 1:1.000.000) se puede constatar el registro en el terreno de la Megafalla Oeste y de algunos tramos importantes de una falla de rumbo NE denominada localmente Falla Estanques Blancos.

La importancia de la Megafalla Oeste como estructura relacionada con la génesis del yacimiento de Chuquicamata fue reconocida por los geólogos desde los primeros años de su explotación. Reno Sales, geólogo y posteriormente presidente de Anaconda Mining

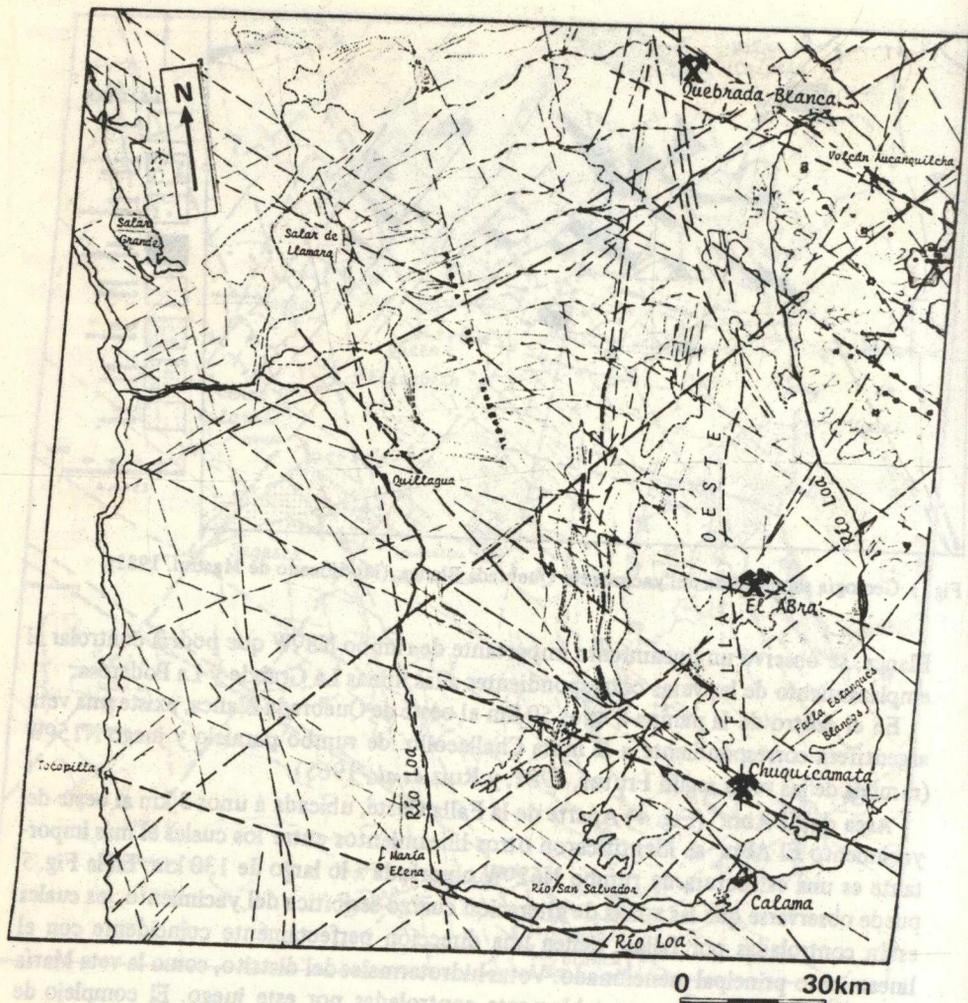


Fig. 4. Interpretación de lineamientos en área de Quebrada Blanca - El Abra - Chuquicamata.

Company se refiere a esta falla como la "West Fissure" en un informe inédito de 1930 (Alvarez, 1980).

En las imágenes Landsat se puede distinguir nítidamente la traza de esta falla, aunque en áreas cubiertas por aluvio cuaternario su reconocimiento se torna dificultoso. La Megafalla Oeste tiene un desarrollo claro entre la Quebrada de Guatacondo ( $20^{\circ}55'$ ) en las inmediaciones del yacimiento Quebrada Blanca, hasta la Sierra de Argomedo ( $24^{\circ}30'$ ) al sur del yacimiento La Escondida. El rumbo general de esta estructura es  $N90^{\circ}E$ , medido como dirección promedio a lo largo de los 420 km reconocidos en la imagen Landsat. Las variaciones locales de su rumbo son entre N-S en el área de Quebrada Blanca y  $N20^{\circ}E$  a unos 30 km al norte de El Abra.

En partes aparece como un rasgo lineal bien definido, como en el sector de El Abra,

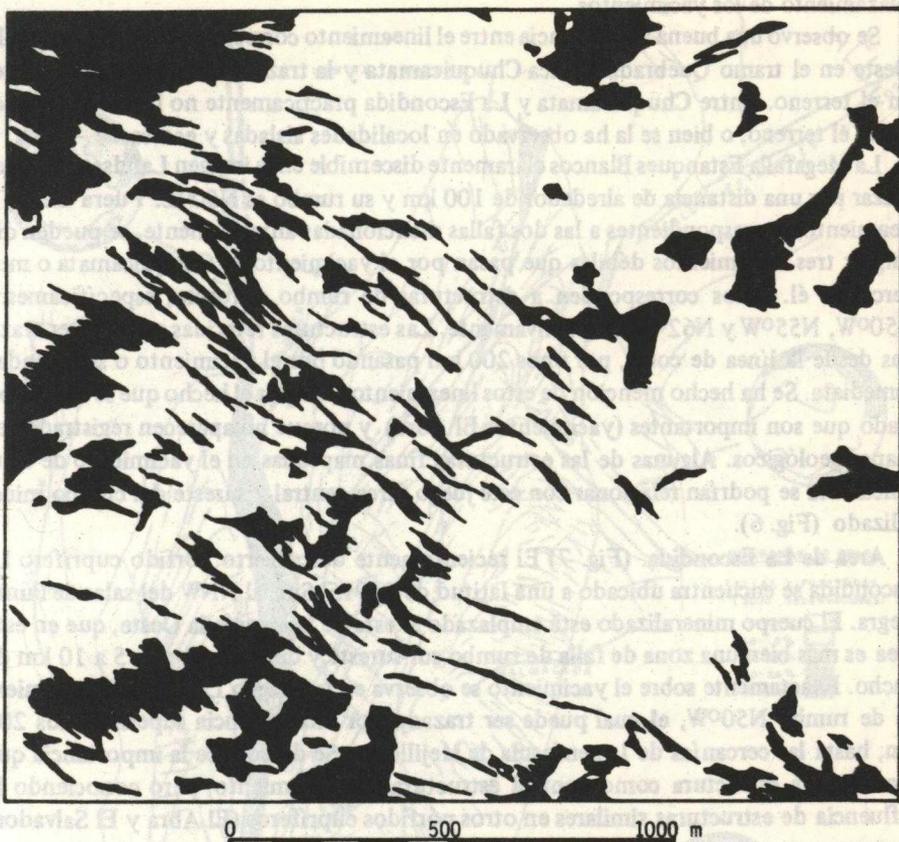


Fig. 5. Mapa de la distribución de la alteración cuarzo-sericítica y argílica en el yacimiento El Abra (en negro). Modificado de Ambrus. 1977.

mientras que en otros lugares se la identifica más bien como una zona de falla. En el área de Quebrada Blanca por ejemplo, se observan dos ramas principales separadas por una distancia de 3 a 4 km, inmediatamente al oeste del yacimiento. Más al norte de

Quebrada Blanca su reconocimiento se hace difícil en los terrenos cubiertos por la serie ignimbrítica de Altos de Pica.

Hacia el Sur, a la latitud  $24^{\circ}$ , la Megafalla Oeste se divide al parecer en dos ramas, uno de dirección  $S25^{\circ}W$  y otro  $S17^{\circ}E$ , el cual continúa curvándose hacia el este hasta tomar un rumbo  $S55^{\circ}E$ , pasando por el extremo norte del salar de La Isla. En todo caso, resulta más evidente la continuidad de la Megafalla Oeste con la rama de rumbo sureste que con la rama suroeste. Esta última podría constituir un sistema independiente.

Es indudable la importancia que tiene la Megafalla Oeste en la localización de yacimientos tales como Quebrada Blanca, El Abra, Chuquicamata y La Escondida. Sin embargo, existen otras estructura evidenciadas por lineamientos, algunas reconocidas en el terre-

no, que sin lugar a dudas han sido de gran importancia, sinó determinantes, en el emplazamiento de los yacimientos.

Se observó una buena coincidencia entre el lineamiento correspondiente a la Megafalla Oeste en el tramo Quebrada Blanca Chuquicamata y la traza de dicha falla reconocida en el terreno. Entre Chuquicamata y La Escondida prácticamente no ha sido reconocida en el terreno, o bien se la ha observado en localidades aisladas y escasas.

La Megafalla Estanques Blancos claramente discernible en la imagen Landsat, se puede trazar por una distancia de alrededor de 100 km y su rumbo es N50°E. Fuera de los lineamientos correspondientes a las dos fallas mencionadas anteriormente, se pueden distinguir tres lineamientos débiles que pasan por el yacimiento de Chuquicamata o muy cerca de él. Estos corresponden a estructuras de rumbo noroeste, específicamente N50°W, N55°W y N62°W, respectivamente. Las estructuras referidas pueden ser trazadas desde la línea de costa, por unos 200 km pasando por el yacimiento o su vecindad inmediata. Se ha hecho mención de estos lineamientos NW por el hecho que se ha demostrado que son importantes (yacimientos El Abra) y porque no aparecen registrados en mapas geológicos. Algunas de las estructuras finas mapeadas en el yacimiento de Chuquicamata se podrían relacionar con este juego (area central y sureste del cuerpo mineralizado (Fig. 6).

**Area de La Escondida.** (Fig. 7) El recientemente descubierto pórfido cuprífero La Escondida se encuentra ubicado a una latitud de 24°15' Sur, al NNW del salar de Punta Negra. El cuerpo mineralizado está emplazado al este de la Megafalla Oeste, que en esta área es más bien una zona de falla de rumbo sur-sureste y de alrededor de 5 a 10 km de ancho. Exactamente sobre el yacimiento se observa en la imagen Landsat un lineamiento de rumbo N50°W, el cual puede ser trazado por una distancia superior a los 200 km, hasta las cercanías de la península de Mejillones. Se desconoce la importancia que tendría esta estructura como control estructural del yacimiento, pero conociendo la influencia de estructuras similares en otros pórfidos cupríferos (El Abra y El Salvador) se presume que juega un rol determinante en su génesis.

Existen numerosas zonas con evidencias de mineralización diseminada de cobre (o desarrollos hidrotermales) en el área de La Escondida. Algunos de estas son Quebrada del Perro, Cerro Amarillo, Cerros del Anillo, Chimborazo, Jardín Oriente, Mariposa, etc. Estos prospectos estarían controlados por estructuras del tipo N70°E, de relativa importancia en el área. Es notable la alineación de los prospectos Quebrada del Perro, Jardín Oriente, Cerro Redondo, Mariposa y Almeyda según una línea NW perfectamente paralela al lineamiento de La Escondida (Frutos, *op. cit.*).

**Area de Mantos Blancos.** (Fig. 8) Desde la costa, inmediatamente al norte de la ciudad de Antofagasta, se observa en la imagen Landsat dos lineamientos NE muy importantes en cuanto a su magnitud, ya que presentan desarrollos superiores a los 300 km. Sus rumbos son N58°E y N77°E. El primero pasa por el yacimiento Mantos Blancos y se presume que a través de esta estructura se canalizaron las exhalaciones metalíferas que originaron el yacimiento. Al segundo de los lineamientos mencionados se asocian el distrito cuprífero de Lomas Bayas y los prospectos denominados Apófisis y Cerro Casado (Frutos *op. cit.*).

A 100 km al noreste de Mantos Blancos se encuentra el distrito cuproaurífero de Sierra Gorda. A través de este distrito corre un lineamiento N60°E, el cual tiene un origen común con el lineamiento de Mantos Blancos. Debido a su extensión, 180 km, se cree

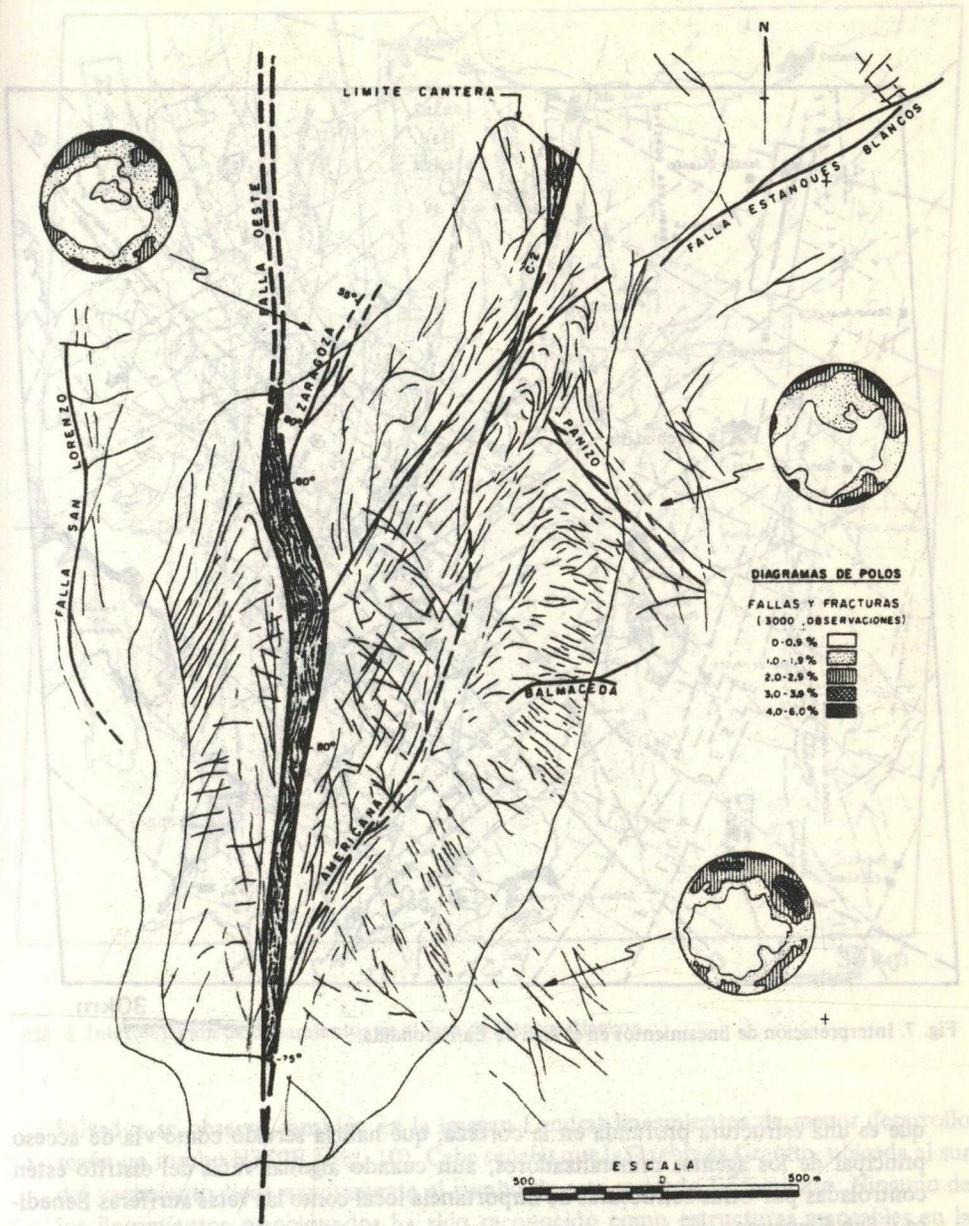


Fig. 6. Mapa de fallas y fracturas principales del yacimiento Chuquicamata. (Ruiz et al., 1968).

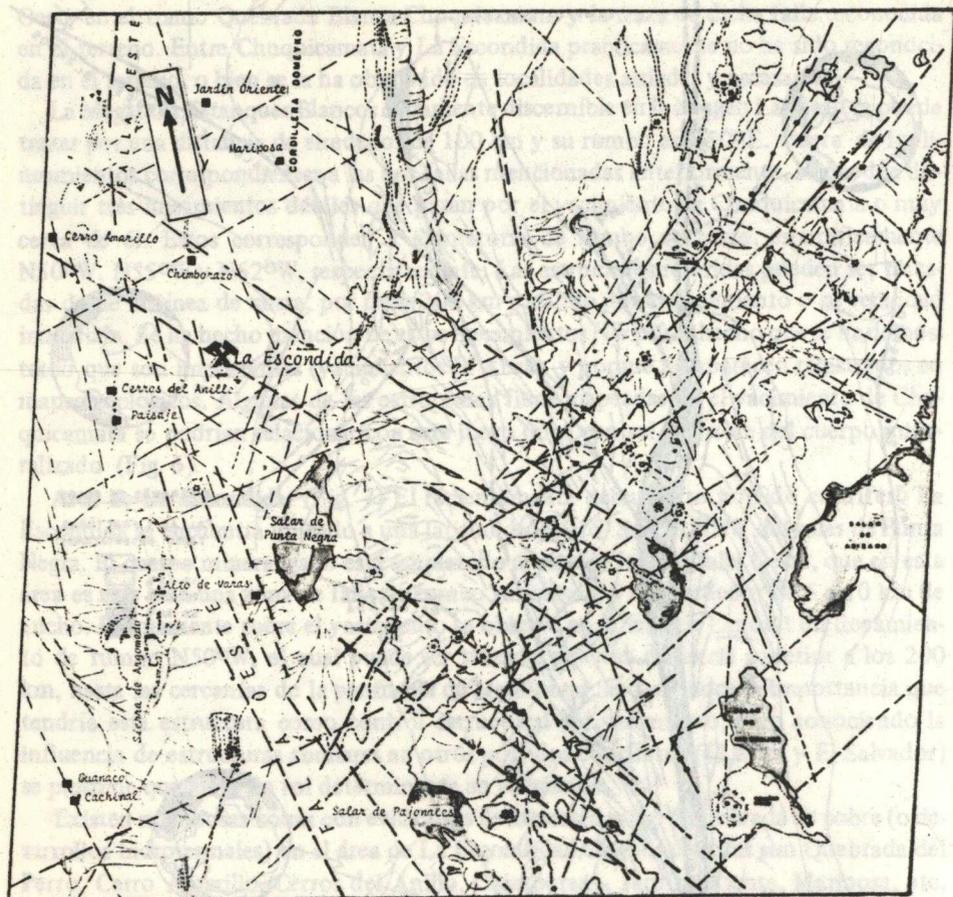


Fig. 7. Interpretación de lineamientos en el área de La Escondida.

que es una estructura profunda en la corteza, que habría servido como vía de acceso principal de los agentes mineralizadores, aún cuando algunas vetas del distrito estén controladas por otras estructuras de importancia local como las vetas auríferas Benedica y San Francisco.

**Area de El Salvador.** (Fig. 9 y 10) Nos referiremos en forma especial a un lineamiento noreste que corresponde a la Megafalla Taltal. En la imagen Landsat esta estructura se puede observar claramente como un lineamiento de rumbo  $N45^{\circ}W$ , el cual puede ser trazado hacia el sureste confundiendo con un lineamiento similar, de rumbo  $N40^{\circ}W$ , que pasa exactamente por el cerro Indio Muerto, donde se ubica la mina El Salvador. Considerado como un solo lineamiento la estructura referida tiene un desarrollo de 230 km, alcanzando hasta el área norte del salar de Maricunga. En el área de la mina El

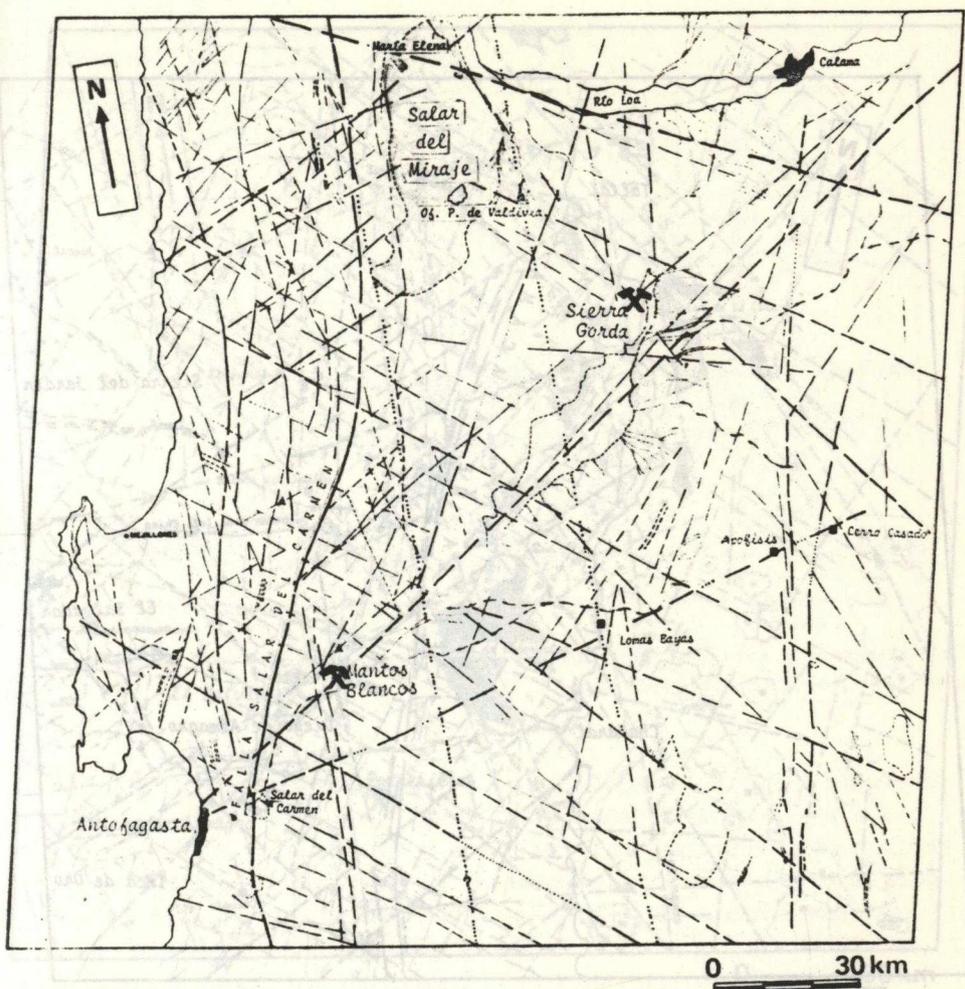


Fig. 8. Interpretación de lineamientos en el área de Mantos Blancos.

En el área de Mantos Blancos se observó también en la imagen Landsat lineamientos de menor desarrollo según un rumbo N35°E (Fig. 10). Cabe señalar que la Quebrada Granito, ubicada al sur del yacimiento tiene exactamente el rumbo de este segundo lineamiento. Ninguno de los lineamientos mencionados ha sido reconocido como estructuras mapeables en la superficie circundante a la mina El Salvador. Observando los mapeos geológicos de detalle levantados en el interior de la mina, se concluye que ambos lineamientos, especialmente el de rumbo NW, ejercieron un control estructural muy importante en la génesis del yacimiento. La Fig. 11 muestra algunos de los rasgos estructurales más importantes mapeados en los niveles de producción 2600 y 2660 de la mina El Salvador.

Resulta evidente el notable paralelismo que existe entre el rumbo del lineamiento

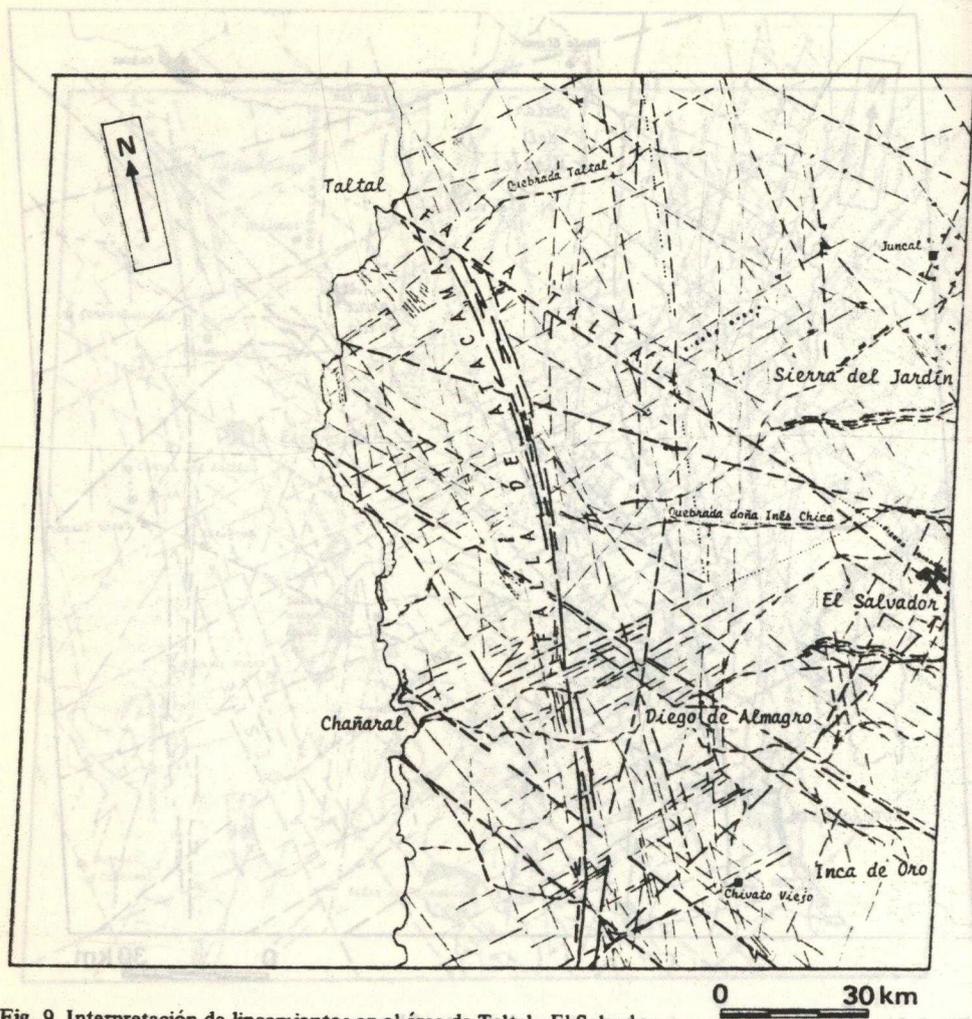


Fig. 9. Interpretación de lineamientos en el área de Taltal - El Salvador.

N40°W y el rumbo de estructuras tales como diques de latita, diques de pórfido cuarcífero, pebble dikes (diques de guijarros) y la elongación del techo de la zona de sulfatos. Otros elementos estructurales del yacimiento con rumbo similar son los filones de pórfido feldespático en el área sureste del yacimiento y la vetización fina de cuarzo y pirita. Un dique de pórfido cuarcífero, en el sector central-oeste del yacimiento, estaría controlado por el juego de lineamientos menores de rumbo N35°E. De las observaciones anteriores resulta razonable suponer que el lineamiento principal de rumbo noroeste observado en la imagen Landsat consiste en una zona de fracturamiento profundo de la litósfera, a través de la cual intruyeron los magmas que originaron la mineralización. La forma de la cúpula del techo de sulfatos es el resultado de procesos supergénicos controlados por el grano estructural del distrito.

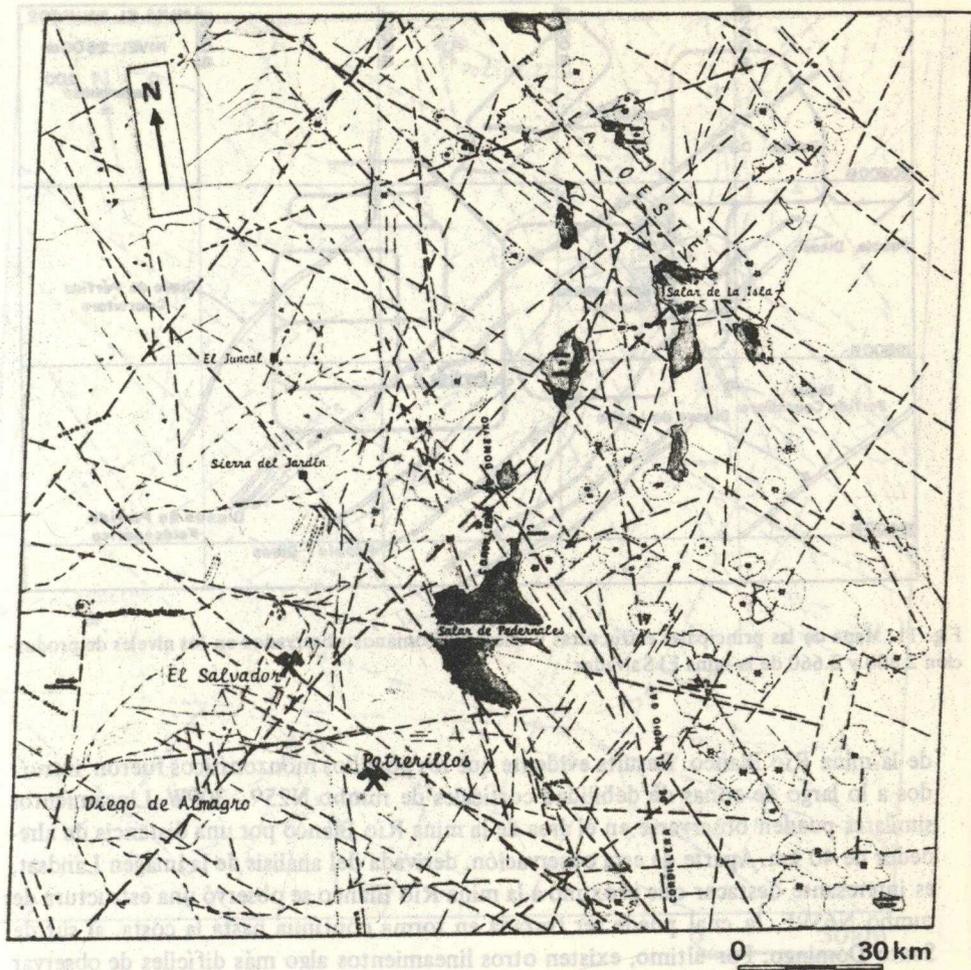


Fig. 10. Interpretación de lineamientos en el área de El Salvador - Potrerillos.

La antigua mina de Potrerillos se encuentra próxima al lineamiento NW que controló el emplazamiento de la mineralización de El Salvador. Sin embargo, no existe una relación directa ni hay observaciones que apoyen un origen común de ambos yacimientos. Por otra parte, del análisis de las Figuras 10 y 12 podría sugerirse que los lineamientos N30°E tendrían importancia en la génesis de Potrerillos. Efectivamente, en la Fig. 13, que muestra en forma simplificada la geología de la mina Potrerillos, puede comprobarse que la mayor dimensión del Pórfido Cobre y las zonas mineralizadas tienen rumbo N35°E.

**Área Río Blanco.** En la Fig. 14 resulta evidente el hecho que el complejo Río Blanco-Los Bronces se encuentra en pleno dominio de las estructuras N5°-20°W. La Fig. 15 muestra la distribución de los distintos tipos litológicos mapeados en el nivel 3638 m

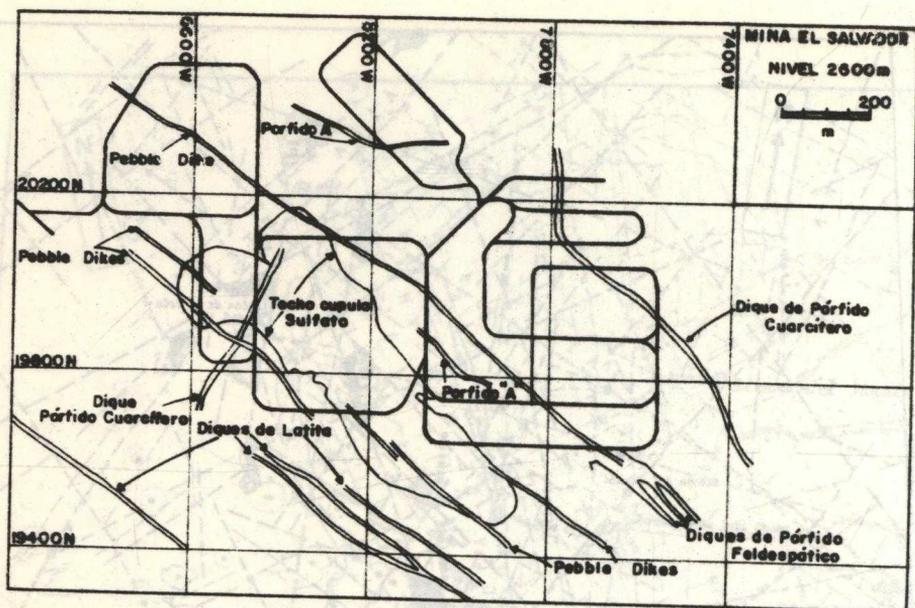


Fig. 11. Mapa de las principales estructuras y cuerpos filonianos observados en los niveles de producción 2.600 y 2.660 de la mina El Salvador

de la mina Río Blanco. Resulta evidente que los pórfidos monzoníticos fueron intru-  
 dos a lo largo de zonas de debilidad corticales de rumbo  $N25^{\circ} - 30^{\circ}W$ . Lineamientos  
 similares pueden observarse en el área de la mina Río Blanco por una distancia de alre-  
 dedor de 40 km. Aparte de esta observación, derivada del análisis de la imagen Landsat,  
 es interesante destacar que próximo a la mina Río Blanco se observó una estructura de  
 rumbo  $N65^{\circ}E$ , la cual puede ser trazada en forma continua hasta la costa, al sur de  
 Santo Domingo. Por último, existen otros lineamientos algo más difíciles de observar  
 que atraviesan la zona, pasando por o muy cerca del área denominada Sur-Sur. Se trata  
 de lineamientos de rumbo  $N80^{\circ}W$  que pueden ser observados hasta la costa. Un rasgo  
 morfoestructural detectado por primera vez en el área de División Andina mediante las  
 imágenes Landsat es una estructura elíptica de 5 km en su dimensión mayor, ubicada a  
 menos de 1 km al norte de la mina Río Blanco. En su contorno deprimido hay varias  
 lagunas, entre ellas la laguna Turquesa.

**Area Yacimiento El Teniente.** (Fig. 16) Otro caso de gran interés relacionado con los  
 lineamientos noreste se refiere al pórfido cuprífero El Teniente. El lineamiento princi-  
 pal que se observa en la imagen Landsat en el área de El Teniente consiste en una es-  
 tructura de rumbo  $N52^{\circ}E$  que pasa inmediatamente al noroeste de la mina. Existe  
 además una gran cantidad de lineamientos secundarios paralelos al mencionado. En la  
 Fig. 17, que representa la geología de superficie en torno al yacimiento El Teniente,  
 puede comprobarse que el distrito está dominado por fallas de rumbo  $N45^{\circ} - 65^{\circ}E$ ,  
 notablemente parecidas a la dirección principal de lineamientos observada en la imagen  
 de satélite.

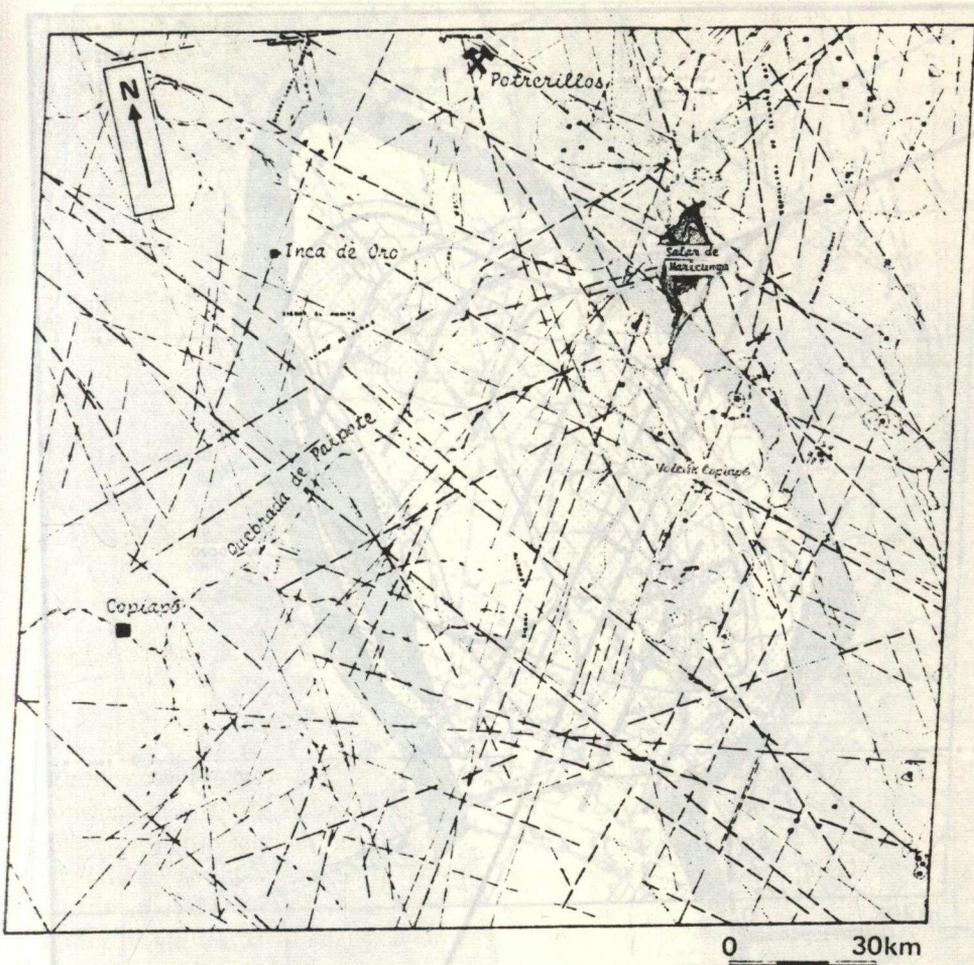


Fig. 12. Interpretación de lineamientos en el área de Potrerillos - Salar de Maricunga.

En cuanto a controles de tipo fisiográfico, en la Fig. 14 es posible comprobar como se ha labrado el valle del río Aconcagua, controlado por una estructura de grandes dimensiones y rumbo  $N70^{\circ}E$ . La cuenca de Santiago aparece, en cierto modo, controlada por dos estructuras similares, una en su extremo norte y la otra hacia el sur, atravesando Puente Alto.

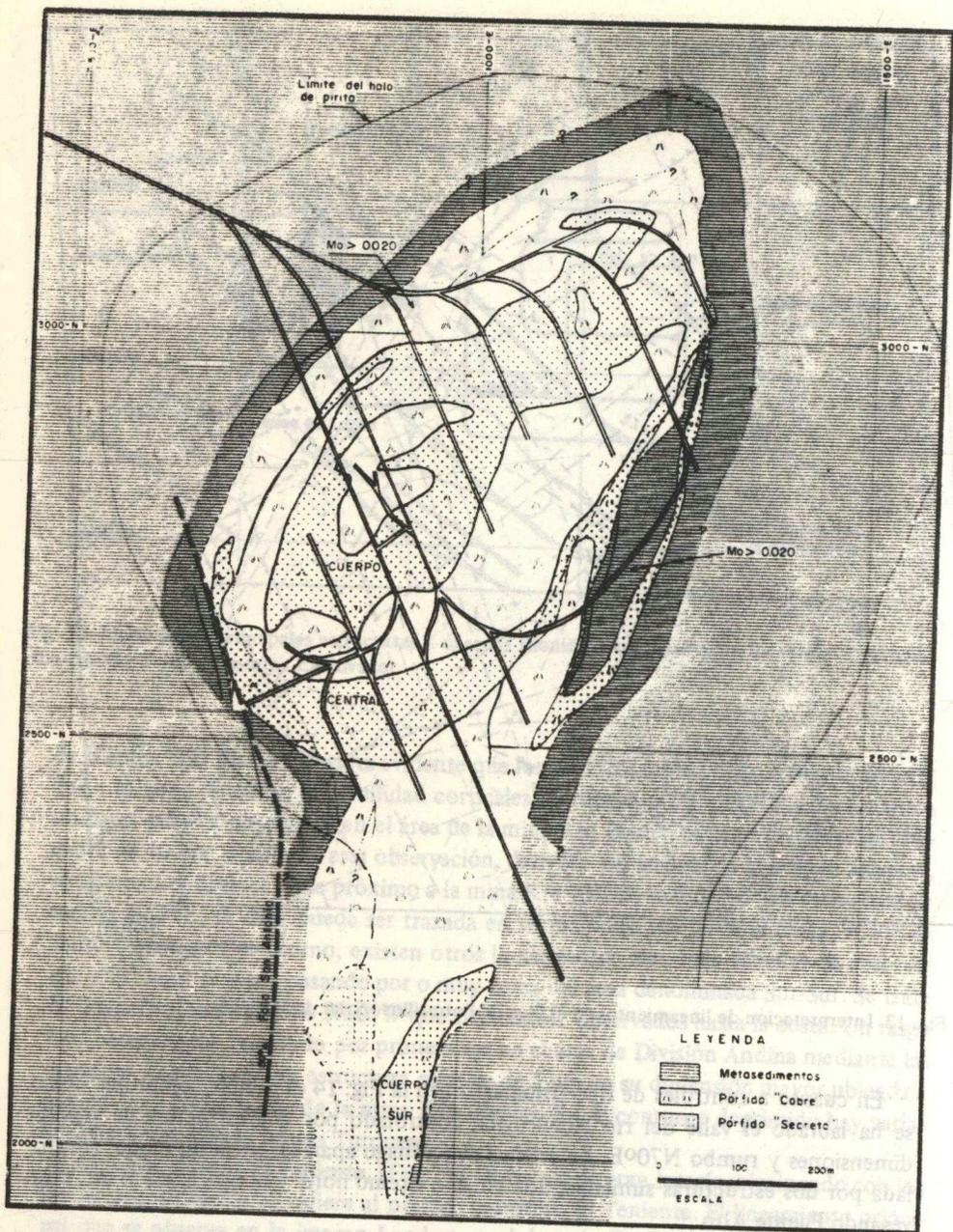


Fig. 13. Mapa geológico simplificado de la mina Potrerillos, Nivel Las Vegas (2.893 m). Tidy y Cuadra, 1980.

... una gran cantidad de lineamientos secundarios paralelos al mencionado. En la Fig. 17, que representa la geología de superficie en torno al yacimiento El Teniente, puede observarse que el distrito está dominado por fallas de rumbo N45° - 45°W, notablemente paralelas a la dirección principal de lineamientos observada en la muestra de talabote.

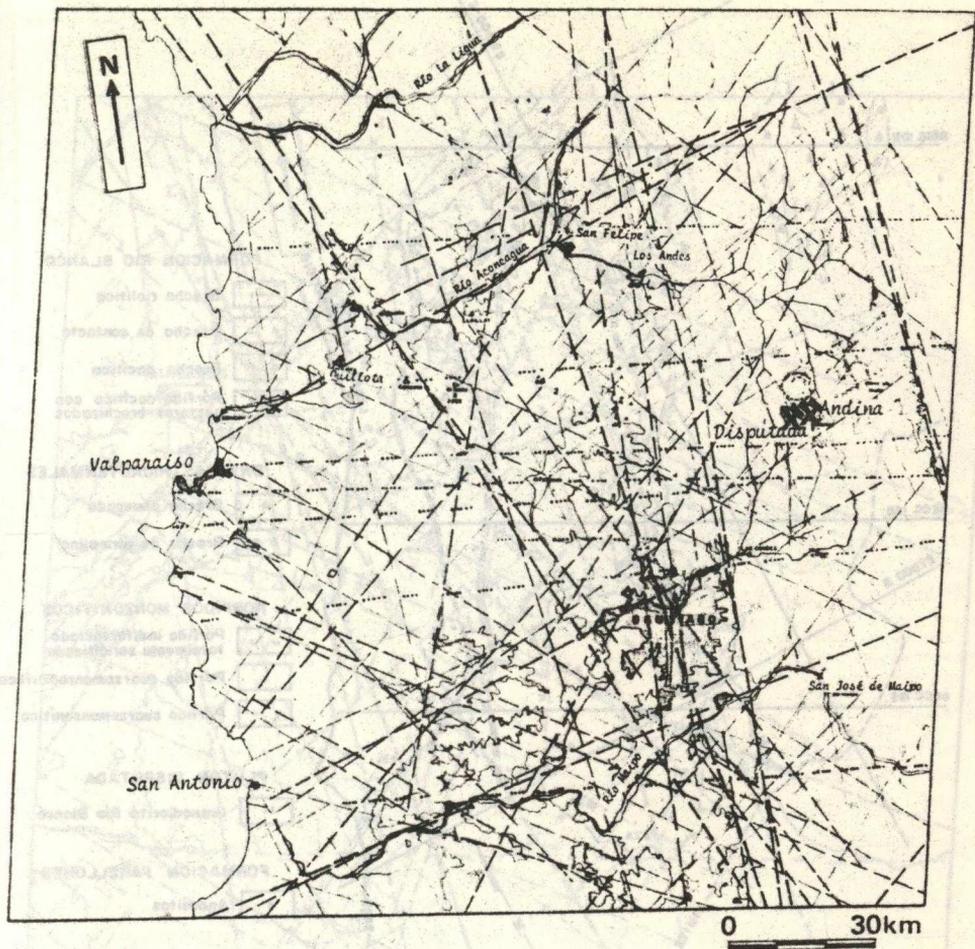


Fig. 14. Interpretación de lineamientos en el área de División Andina - Disputada.

Fig. 13. Geología simplificada de la zona Río Blanco, División Andina (Nivel 1:50,000). Tomado de Simoes et al. 1980

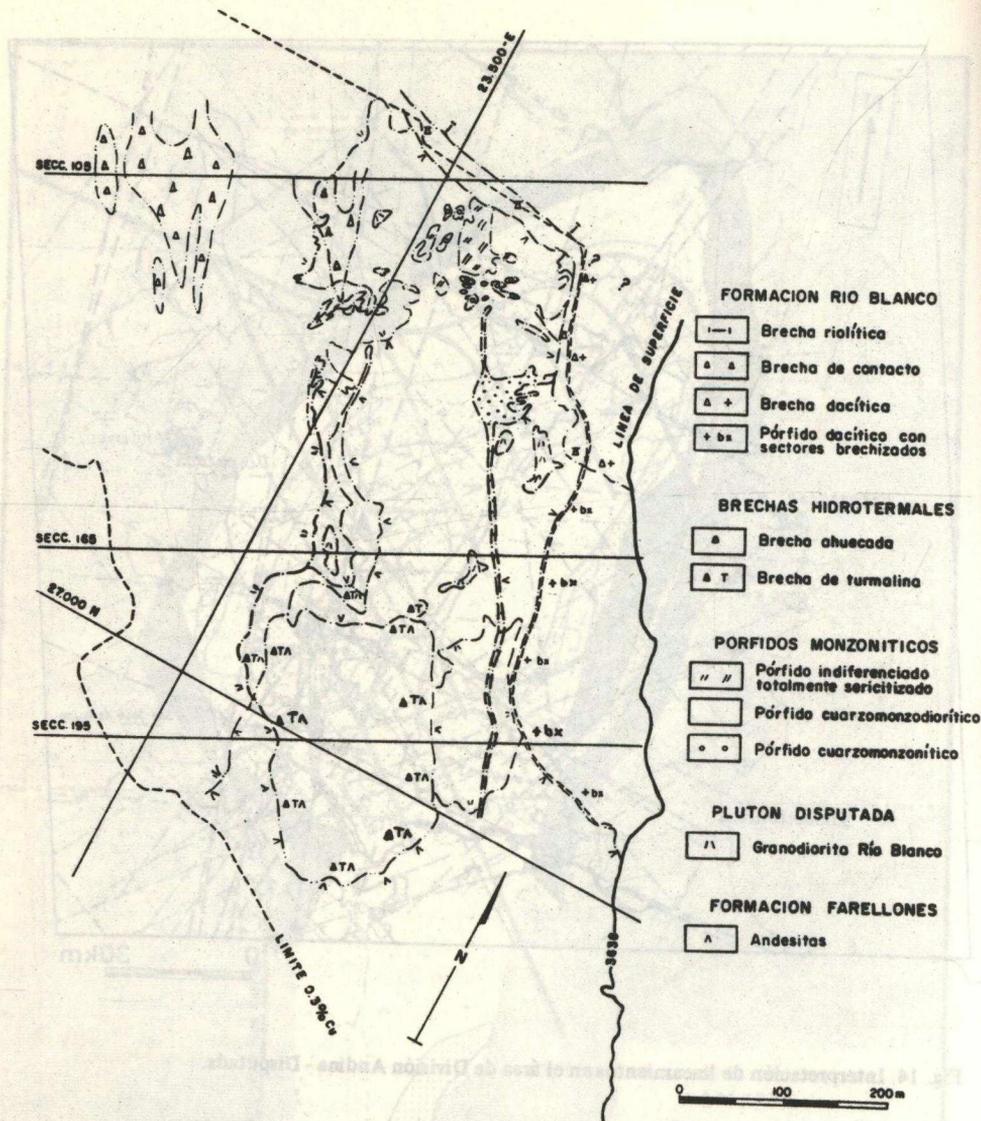


Fig. 15. Geología simplificada de la mina Río Blanco, División Andina (Nivel 3.638). Tomado de Stambuk, et al., 1980.

Fig. 13. Mapa geológico simplificado de la mina Potrerillos, Nivel Las Vegas (2.893 m). Tody y Cuadros, 1980.

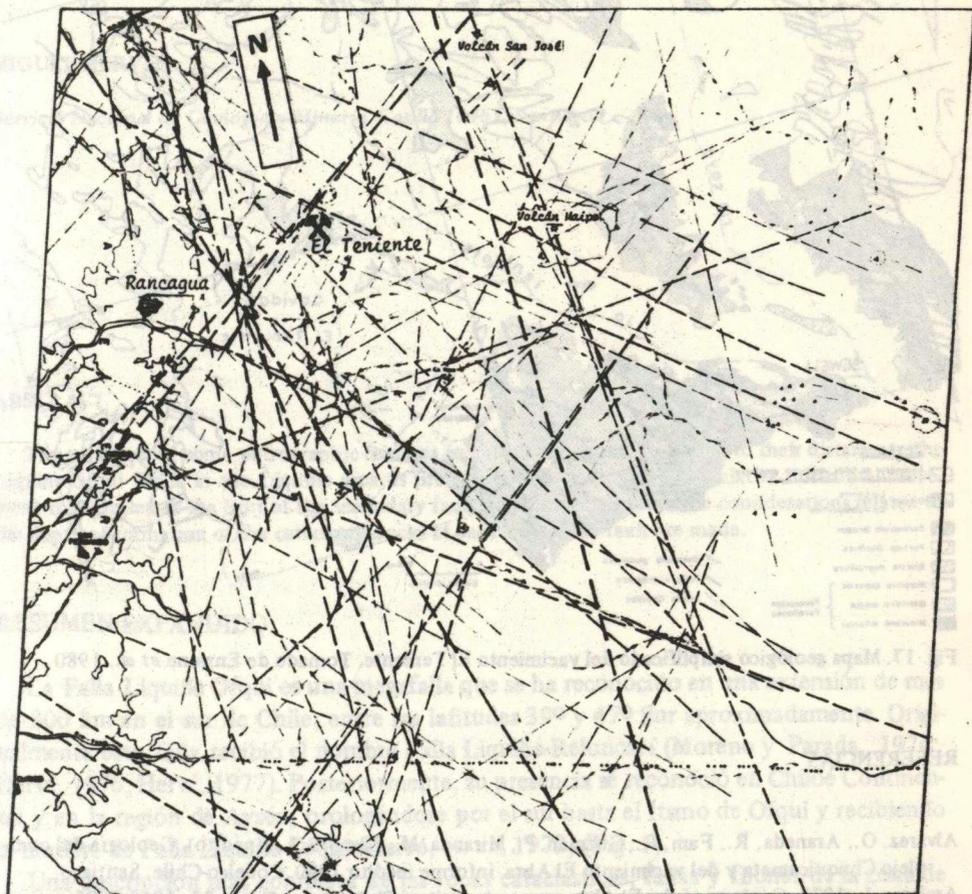


Fig. 16. Interpretación de lineamientos en el área de mina El Teniente.

Figura 16. Interpretación de lineamientos en el área de mina El Teniente. El mapa muestra una red compleja de lineamientos (líneas sólidas, punteadas y de trazo y punto) que representan fallas y fracturas. Se indican los volcanes San José y Maipo, y las localidades de Rancagua y El Teniente. Una escala de 30 km y una flecha norte están incluidas.

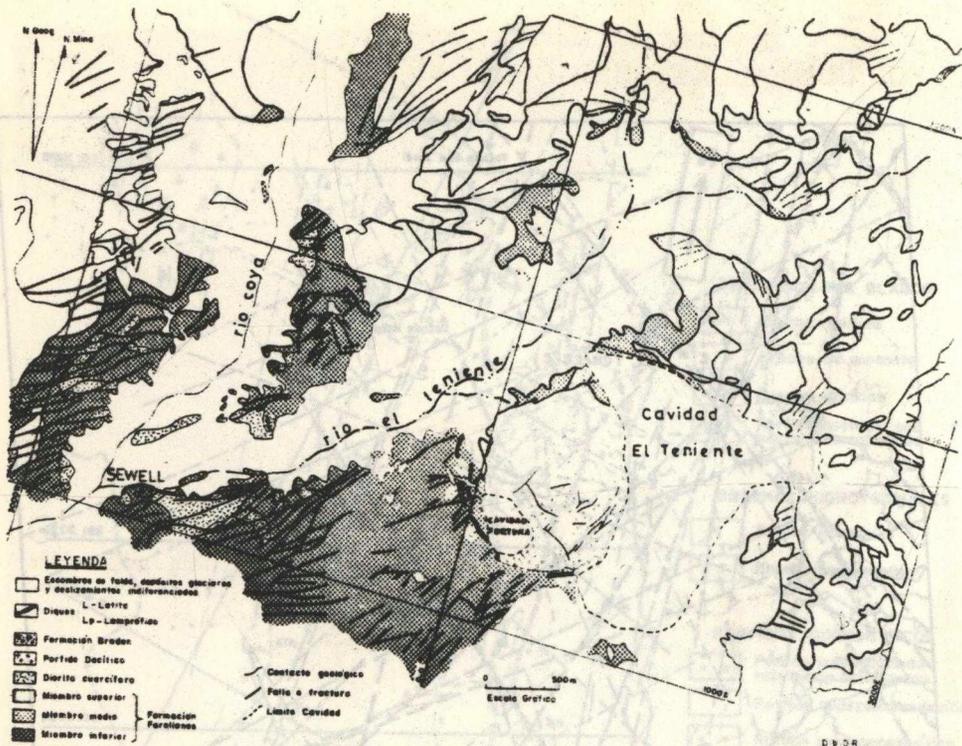


Fig. 17. Mapa geológico simplificado del yacimiento El Teniente. Tomado de Enrione *et al.*, 1980.

## REFERENCIAS

- Alvarez, O., Araneda, R., Fam. R., Guzmán, P., Miranda, M., Zamora, J., (Inédito). Geología del complejo Chuquicamata y del yacimiento El Abra, informe inédito 1980. Codelco-Chile, Santiago.
- Ambrus, J., 1977. Geology of the El Abra copper deposit of Chile, *Econ. Geol.*, 72: 1062-1085.
- Enrione, A., Hernández, E., Mestre, M., Ojeda, J., Ossandón, G., Portigliati, C., Sánchez, M., (inédito). Geología del yacimiento El Teniente, informe inédito 1980, Codelco-Chile, Santiago.
- Frutos, J., 1981. Atlas of Chilean mines and prospects-metallogenic outline of Chile and the Meridional Andes cordillera region. En Alexander Sutulov, Internet Publication, Santiago, Servicio Nacional de Geología y Minería, 1980. Mapa Geológico de Chile escala 1:1.000.000. Santiago.
- Martini, R., 1982. Estudio de vetillas tipo "D" en Quebrada Blanca, I Región, Taller de Título II, Departamento de Geología, Universidad de Chile, Santiago.
- Ruiz, C., Aguirre, L., Corvalán, J., Klohn, E., Levi, B., 1965. Geología y yacimientos metalíferos de Chile Inst. Invest. Geol., (Ed. Universitaria), Santiago.
- Stambuk, V., Blondel, J., Serrano, L., (inédito). Geología de la mina Río Blanco. Informe inédito, 1980. Codelco-Chile, Santiago.
- Tidy, E., Cuadra, P., (inédito). Geología de los yacimientos El Salvador y Potrerillos, informe inédito 1980. Codelco-Chile, Santiago.