

**FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE  
INSTITUTO DE GEOLOGIA**

---

**GEOLOGIA DEL DISTRITO MINERO  
DE LA HIGUERA  
UBICADO EN LA PROVINCIA DE  
COQUIMBO**

**POR  
JORGE MUÑOZ CRISTI**

**—≡≡≡ 1950 ≡≡≡—**

## INDICE

	Págs.
INDICE CON LISTA DE PLANOS.....	77
Bibliografía.....	77
RESUMEN.....	79
INTRODUCCION.....	81
ANTECEDENTES MINEROS.....	81
I. FISIOGRAFIA.....	83
II. GEOLOGIA.....	85
A. GENERALIDADES.....	85
B. LAS ROCAS COBERTIZAS.....	85
a. Las Rocas Córneas.....	87
1) Petrografía de las Rocas Córneas.....	89
2) Quimismo de las Rocas Córneas.....	96
3) Origen de las Rocas Córneas.....	98
4) Filones en las Rocas Córneas.....	99
5) Granulitas.....	101
6) Zona de Contacto con el Batolito.....	102
7) Granitización de las Rocas Córneas.....	104
b. Porfiritas y Metaporfiritas.....	105
1) Las Porfiritas.....	105
2) Las Metaporfiritas.....	106
3) Quimismo.....	109
c. Las Metadioritas.....	110
1) Petrografía de las Metadioritas.....	111
2) Filones en las Metadioritas.....	117
3) Las Vetas de Magnetita y Apatita.....	119
C. EL BATOLITO.....	120
a. Sector Occidental.....	121
b. Sector Oriental.....	124
1) Meladiorita de Hornblenda.....	125
2) Granodiorita de Anfíbola y Biotita.....	126
3) Granito Rosado.....	128
c. Sector Septentrional.....	129
1) Hiperitas.....	129
2) Grano Hiperitas.....	130
3) Gabro Pegmatítico.....	132
4) Sector de la Estocada a la Veta Cortada.....	132
5) Los Filones y Rocas Análogas.....	135
6) Propilitas.....	135

	Págs.
7) Pegmatitas de Feldespato y Anfíbola.....	136
8) Aplitas.....	137
9) Lamprofiros.....	138
d. El Batolito en el Cordón Divisorio entre Quebrada El Sauce y Quebrada Seca.....	139
e. Quimismo de las Rocas del Batolito.....	142
f. Petrología.....	142
III. LOS YACIMIENTOS DE MINERALES.....	147
A. GENERALIDADES.....	147
a. Ubicación.....	147
b. Estructura.....	147
c. La Mineralización.....	149
d. Origen de las Vetas.....	153
B. POSIBILIDADES MINERAS DEL DISTRITO.....	156
C. DESCRIPCIÓN PARTICULAR DE LAS VETAS.....	158
a. Veta Federico.....	158
b. Veta Tránsito.....	159
c. Veta Ají.....	161
d. Vetas Santa Ana e Intermedia.....	162
e. Veta Casas.....	162
f. Vetas Rica y Bronces.....	166
g. Veta Lerma.....	167
h. Veta Verde.....	167
i. Veta Sacramento.....	168
j. Veta San Francisco.....	170
k. Veta Amalia.....	170
l. Veta Cocinera.....	171
m. Veta Caprichosa.....	172
n. Veta Colorada.....	172
o. Veta Hortaliza.....	172
p. Veta Panchita.....	172
q. Veta Diucas-Frai Andrés.....	172
r. Vetas Durazno y San Rafael.....	173
s. Vetas Valenciana-Rosario-Cortada-Peruana.....	173
t. Vetas Llanca-Llanquita-Aurora-San Carlos-Esmeralda.....	175
u. Veta San Juan.....	176
v. Vetas Florida-Blanca.....	176
w. Vetas San Jorge-Archipielago-Estrella.....	176

## LISTA DE PLANOS

- 1.—Bosquejo Geológico de la parte N. O. de la Provincia de Coquimbo. Escala 1 : 50,000.
- 2.—Bosquejo Geológico de la región de La Higuera. Escala 1 : 50,000.
- 3.—Plano Geológico del distrito minero de La Higuera. Escala 1 : 5,000.
- 4.—Perfiles Geológicos. Escala 1 : 5,000.
- 5.—Laboreos en vetas Casas y Aji en el sector del Túnel Juan Muños. Escala 1 : 1,000.
- 6.—Representación Gráfica de los Análisis de Rocas según los Parámetros de Niggli.

## BIBLIOGRAFIA

- BAILEY, WILLIS (1929).—Earthquake Conditions in Chile, Washington Carnegie Institution.
- BALK, R. (1948).—Structural Behavior of Igneous Rocks—Memoir 5 of the Geological Soc. of America.
- Bol. Soc. Nac. Min. (1884).—El Mineral de la Higuera.
- BOWEN (1929).—The Evolution of the Igneous Rocks.
- CLARKE (1924).—The Data of Geochemistry.
- CLARKE AND WASHINGTON (1924).—The Composition of the Earth Crust—US. Geol. Surv. Prof. Paper 127.
- DALY, R. A. (1934).—Igneous Rocks and the Depth of the Earth—New York.
- DARWIN (1831).—Geología de la América Meridional. Trad. de A. Escuti Orrego—Santiago de Chile, 1906.
- DOMÉKO, I. (1876).—Ensayo sobre los Depósitos Metalíferos con relación a su Geología y Configuración Exterior—Mineralógica. T. 4.º, p. 3-98.
- ESKOLA, P. (1939).—Die Entstehung der Gesteine. Berlín.
- FENNER, C. N. (1933).—Pneumatolytic Process in the Formation of Minerals and Ores—Ore Deposits of the Western States. A. I. M. E.
- FLORES, WILLIAMS H. (1942).—Geología de los Yacimientos de Cobre y Oro en Chile.—Anales 1.º Congr. Pan-Americano Ing. Minas y Geol., Santiago, 1942.
- FUENZALIDA, J. C.—Monografía Minera de la Provincia de Coquimbo. Bol. Insp. Geogr. y Minas, 1915.
- GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA (1948).—Origin of Granite. Memoir 28.
- HARKER (1932).—Metamorphism. London.
- KUNZ (1925).—Monografía Minera de la Provincia de Coquimbo.
- MUÑOZ CRISTI (1942).—Rasgos Generales de la Constitución Geológica de la Cordillera de la Costa especialmente en la Provincia de Coquimbo. Anales 1.º Congr. Pan-Americano de Ing. de Minas y Geol.
- NIGGLI, P. (1923).—Gestein und Mineralprovinzen. Berlín, 1923.
- VOGT, J. H. L. (1926).—Magmas and igneous ore deposits.—Econ. Geol. vol 21.
- ROSS, C. N. (1935).—Origin of the Copper Deposits of the Ducktown type in the Southern Appalachian Region.—Geol. Surv. Prof. Paper 179—Washington.
- TURNER, F. J. (1948).—Mineralogical and Structural Evolution of the Metamorphic Rocks. Geol. Soc. Am. Mem. 301.

# Resumen

El Distrito Minero de la Higuera, situado en el Departamento de Serena de la Provincia de Coquímbo fué uno de los grandes productores de cobre en Chile con anterioridad al año 1880, alcanzando la producción a más o menos 400 toneladas de cobre fino mensual, principalmente en forma de ejes.

Las minas profundas llegaron a honduras de 300 a 400 m. medidos por las vetas, que tienen una inclinación de 50 a 70°.

Por la morfología de la región se pueden apreciar diversos ascensos ocurridos en el Plioceno o Cuaternario, lo que ha dado por resultado un relieve escalonado.

Las formaciones geológicas del distrito son en su totalidad mesozoicas y se pueden sintetizar en dos grupos principales: el batolito andino y las rocas cobertizas. Estas últimas están formadas por porfiritas que descansan concordantemente sobre rocas córneas, provenientes al parecer del metamorfismo de sedimentos margosos. Las porfiritas también exhiben un metamorfismo termal acentuado en algunos sectores.

El batolito atraviesa discordantemente las formaciones antes mencionadas y el contacto entre ambas unidades es bien nítido. Parece que el batolito ha tenido una historia complicada, pues sus elementos que hoy día se ponen en contacto con las rocas cobertizas son posteriores al metamorfismo, el cual habría sido ocasionado por los precursores del batolito conocido en la actualidad, ya que derivados asquísticos de éste, atraviesan las rocas metamórficas sin producir en ellas ninguna modificación.

La composición petrográfica del corazón del batolito corresponde a tonalitas y granodioritas; pero las facies marginales son muy variables; en el borde occidental predomina una facies marginal de granito y monzonita cuarcifera, mientras que en el meridional predominan rocas melanocráticas como gabros, hiperitas y meladoritas; pero aun en éstas no faltan residuos alcalinos que las hibridizan produciéndose granogabros, granodioritas, etc., o bien filones aplíticos y micropegmatíticos.

Debido a los contactos bruscos entre las rocas del batolito y las cobertizas, lo mismo que por la presencia de apófisis del primero en las segundas, es preciso considerarlo como de origen magmático puro y emplazado, a lo menos en gran parte, por arranque magmático. La asimilación del techo y xenolitas, seguramente, desempeñó un papel importante en la generación del magma. La diversificación de las facies petrográficas se produjo en parte por cristalización fraccional; pero ayudó también ella la migración de los residuos sílico-alcalinos, los cuales se localizaron de preferencia en algunos sectores. Dentro del batolito existen filones aplíticos, pegmatítico lamprofíricos.

Las vetas cupríferas son abundantes en la zona de contacto entre las rocas córneas y las facies melanocráticas del batolito, pasando muchas de ellas de una a otra

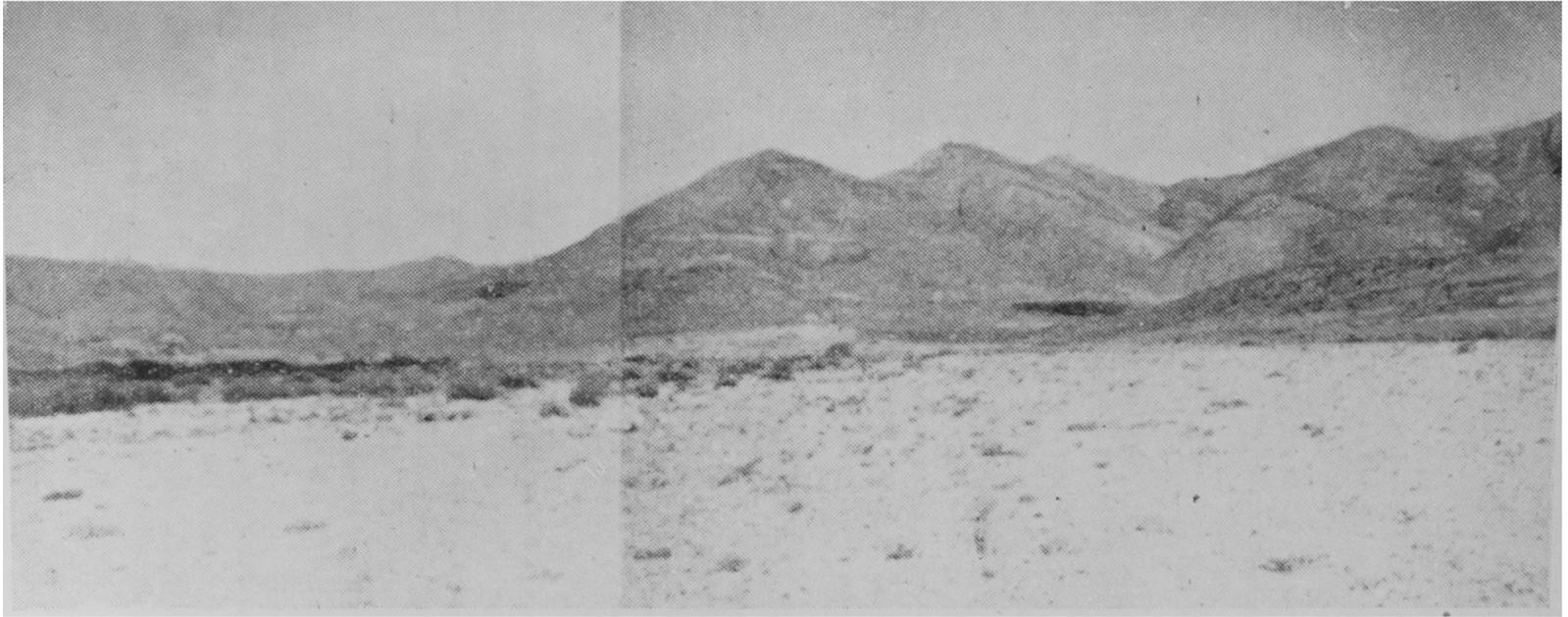
formación sin experimentar mayores modificaciones. Hay dos sistemas principales de agrietamiento: uno N 80 E/ 70° S que es el principal y otro N 60 E/ 70° S que forma ramos que conectan las vetas del sistema principal.

La mayor longitud de corrida está en la veta Casas, la cual alcanza a 2,000 m. aproximadamente.

El relleno principal de las vetas consiste en anfíbola verde y magnetita, con distribución en fajas poco definidas, produciéndose un engranaje entre unas y otras, tanto en el sentido del rumbo como de la inclinación. Entre los sulfuros predomina la pirita y calcopirita. Fuera de las gangas mencionadas existe también algo de calcita y cuarzo, los cuales generalmente acompañan a la pirita y calcopirita, ya sea dentro de la magnetita como de la anfíbola. La distribución de la calcopirita es muy irregular: en partes está relativamente concentrada, mientras que en otras falta casi totalmente y parece que tiene la tendencia a concentrarse en ciertas guías. Por tal motivo el ancho general de las vetas, que varía de pocos decímetros a varios metros no dice mucho respecto al valor de ellas.

Parece que el broceo a profundidad se produjo en las minas antiguas porque las vetas se convirtieron casi exclusivamente en vetas de magnetita con muy poca calcopirita; pero estas zonas no guardan ninguna relación con la superficie de contacto entre el batolito y las rocas cobertizas, pues el fenómeno fué el mismo en las vetas encajadas totalmente dentro del primero como en las segundas. Este hecho hace presumir que dichos broceos sean de carácter local y que por debajo de ellos existan nuevas zonas mineralizadas.

Si se llega a comprobar tal hipótesis el distrito puede adquirir nuevamente importancia como productor de minerales de cobre. Para comprobarla o descartarla es preciso reconocer las vetas a una profundidad de más o menos 200 m. por debajo del nivel del túnel Juan Muñoz, lo que es fácil de realizar en la veta Casas por medio de algunos sondajes convenientemente ubicados. Según el resultado que se obtenga con ellos se puede proyectar reconocimientos en otras vetas.



**Cerros de La Higuera vistos desde el Oeste.**

# Geología del Distrito Minero de Higuera

## INTRODUCCION

El Distrito Minero de La Higuera está situado en la Comuna de este nombre, Departamento de Serena, Provincia de Coquimbo. El pueblo de La Higuera, que constituye el centro del distrito está comunicado por un ramal de 4 km. con el camino longitudinal norte, el cual arranca de un punto ubicado a 45 km. al N. de Serena.

El estudio materia del presente informe fué realizado merced al aporte financiero de la Caja de Crédito Minero, motivo por el cual expresamos nuestros agradecimientos a su Vicepresidente Ejecutivo y al H. Consejo. Colaboraron en los trabajos de terreno mis ex alumnos señores J. Pedrals, E. González Pacheco, A. Contreras, R. Dintrans y W. Strasser. Los análisis de rocas fueron efectuados por la señora Gilda Moretti.

Para la planificación geológica de las áreas vecinas al distrito utilizamos un croquis restituído de las fotografías aéreas correspondientes a la carta nacional y al distrito mismo se planificó en escala 1 : 2,000 con plancheta, reduciéndose éstas a la escala 1 : 5,000 para obtener el plano de detalle que acompañamos al informe.

## ANTECEDENTES MINEROS

Aunque las informaciones sobre el desarrollo histórico de este distrito son bastante vagas, parece que su auge fué anterior al año 1882, pues en un informe anónimo publicado en el «Boletín de la Sociedad Nacional de Minería» del año 1887, pág. 761, se menciona que en 1882 el distrito producía 50,000 qq. métricos mensuales y que desde entonces la producción disminuyó paulatinamente. En el informe referido no hay constancia de la ley de los minerales explotados; pero a juzgar por informaciones posteriores la podemos estimar en 8%, lo que daría una producción bruta mensual de 400 toneladas de cobre fino.

Los minerales del distrito se beneficiaban en tres establecimientos de fundición a eje, que están ubicados en la mina Santa Gertrudis, Casas y en el pueblo de La Higuera, fuera de otro de menor importancia en la mina Llanquita.

Parece que en la época del apogeo las vetas llegaron a sus profundidades máximas como la Bellavista, Tránsito y Santa Gertrudis con 300 a 400 m. medidos por la veta que tiene inclinación de 50 a 70°.

En un informe publicado por el Boletín de la Sociedad Nacional de Minería el año 1884, se establece que en esa época la mayor producción sería de las minas situa-

das al pie del Cerro Higuera y que las ubicadas en el faldeo de dicho cerro, que fueron las que dieron fama al distrito, estaban paralizadas o con pequeños trabajos al piquén.

Datos más completos sobre producción tenemos con posterioridad a 1903, año en que la Sociedad Nacional de Minería inicia la publicación de la estadística minera.

Según la fuente de información mencionada, en 1903 la producción del distrito fué de 11,950 tons. con 10% de cobre y las minas más importantes eran las Casas-Ají, con labores que llegaban a 220 m. de hondura y se extendían lateralmente en 1,350 m. horizontales; en dichas minas la producción fué de 3,770 tons. con 10% Cu. En aquella época se explotaban además las minas Cortada, San Javier, San Ramón, Estrella, Santiago, Paulina, es decir que las más profundas como Santa Gertrudis y Bellavista ya estaban paralizadas.

Durante los años 1904 y 1905 la producción fué:

Establecimiento San Juan:

1904, 1.300,500 tons. de eje con 650,250 tons. Cu.

1905, 82,007 tons. de eje con 51,354 tons. Cu.

1906, { 1.600,000 tons. de eje con 770,000 tons. Cu.  
1907, }

Establecimiento La Higuera (F. Vicuña):

1904, 2.300,500 tons. eje con 1.150,250 tons. Cu.

1905, 1.731,460 tons. eje con 774,807 tons. Cu.

1906, 1.156,888 tons. eje con 553,633 tons. Cu.

1907, 776,618 tons. ejes. con 388,409 tons. Cu.

Para el año 1908-1909 encontramos sólo los siguientes datos:

Producción de minerales de Mina Casas-Ají, 2.113 tons. de 7.2% Cu.  
desmante 4.500 tons. de 4.0% Cu.

Producción minas Rosada y Cocinera, 2.114 tons. de 3.9% Cu.;  
desmante 4,200 tons. de 2.9% Cu.

Producción minas Llanca y Llanquita 600 tons. de 11.0% Cu.

Producción mina Cortada, 840 tons. de 9.0% Cu.;  
desmante 1,000 tons. de 2.0% Cu.

Después de muchos años de inactividad, la Sociedad Minera La Higuera Consolidada perforó un túnel para desaguar las minas del alto, el cual cortó la veta Casas el año 1926 a 1.124 m. desde la boca y corrió además estocadas a las vetas Sacramento y Cortada. La mayor parte de estos trabajos llegaron a regiones explotadas o broceadas y se pudo constatar que las explotaciones antiguas habían sido paralizadas al tocar las zonas de broceo, que se originaban por un aumento considerable de la magnetita y disminución de la calcopirita; pero no se emprendieron nuevos trabajos que demostraran si estos broceos eran definitivos.

En el presente informe analizaremos detenidamente el origen de las vetas para estudiar si hay alguna posibilidad que dichos broceos sean de carácter transitorio, problema fundamental para apreciar las expectativas del distrito y de muchos otros que tienen características análogas.

## FISIOGRAFIA

La región donde se encuentra el Mineral de La Higuera corresponde al faldeo occidental del cordón montañoso que forma el *divortium aquarum* entre Quebrada Honda y el llano por donde pasa el camino longitudinal entre la cuesta de Buenos Aires y la Quebrada Los Choros.

El llano referido es una depresión que separa el cordón de cerros de San Juan y los que les siguen más al NE. del cordón antepuesto a la costa, donde está ubicado el Mineral El Tofo. Este cordón se puede observar de un modo casi continuo desde la Punta de Teatinos, cerca de Serena, hasta más allá de la Quebrada Los Choros. Sus cumbres se elevan más o menos a 1.400 m.s.n.m. y hacia la costa engrana con una terraza litoránea que tiene una altura de más o menos 150 m., la cual ha sido excavada en la mayor parte del tramo mencionado en las rocas gábricas que forman el zócalo de estos cerros y que a veces se elevan hasta la cumbre. La anchura de esta terraza es muy variable: en partes tiene pocos cientos de metros y otras alcanza una anchura considerable como ocurre en Totoralillo. Su superficie es muy irregular, abundando en ella los restos de antiguos arrecifes y bloques de muchos metros cúbicos arrastrados por el mar; todas estas señales indican que ha sido labrada como terraza de abrasión en una costa del mar abierto. Ella cae al mar con una barranca que a veces tiene algunas decenas de metros. Las mayores anchuras de la terraza se encuentran en aquellas localidades cuyo subsuelo está formado por sedimentos terciarios o cuaternarios. Aunque la costa en este sector es muy rectilínea, presenta ciertas irregularidades, que han dado lugar a pequeñas caletas como las de Arrayán, Hornos, Totoralillo, Temblador, Tres Cruces; todas ellas abiertas hacia el NO. Varias de estas caletas, especialmente las que tienen mayor desarrollo corresponden a desembocaduras de quebradas; pero con excepción de la Caleta Hornos, situada en la desembocadura de la Quebrada Honda, que viene del interior, las demás corresponden a quebradas que nacen en el cordón antepuesto a la costa.

Hacia el sur de Punta Teatinos la terraza abarca una extensión considerable, pero su subsuelo no corresponde a las rocas fundamentales, sino que está formado por areniscas, arcillas y conglomerados marinos de edad pliocénica y eocuaternaria y son los mismos que adquieren un gran desarrollo en los terrenos vecinos a la bahía de Serena, los cuales han sido descritos detalladamente por *Darwin* (1831) y *Bailey Willis* (1929). Mencionaremos solamente el hecho que viniendo del norte por el camino longitudinal, después de cruzar la punta Teatinos se presente un panorama que indica claramente la existencia de una costa de hundimiento durante el plioceno superior a cuaternario.

El hecho que la terraza antepuesta a la costa corte indistintamente las rocas cristalinas mesozoicas y los sedimentos neoterciarios, pone de manifiesto un sollevamiento uniforme ocurrido durante el cuaternario, tal vez en etapas sucesivas como parece indicarlo la disposición en gradería que se observa frente a Serena.

En la Caleta Hornos la terraza se eleva hasta la altura de 150 m. y presenta hacia abajo algunos escalones mal definidos. Ella está excavada sobre sedimentos marinos análogos a los de Serena que rellenaron una bahía durante el hundimiento del continente. Igual cosa se ve, aunque en escala más reducida, en la Caleta Temblador.

El solevantamiento general de este sector de la costa debió ser del orden de 200 metros.

La Quebrada Honda produce una fuerte incisión en el relieve que se extiende desde el cordón antepuesto a la costa hacia el este, el cual ya debió existir con anterioridad al hundimiento que tuvo por resultado el relleno de la Bahía de Serena y de Caleta Hornos, pues al producirse el hundimiento el mar penetró sólo en estas regiones. Posteriormente la pequeña quebrada correspondiente a esta bahía captó las del interior.

Donde el camino longitudinal sube al portezuelo de la cuesta de Buenos Aires por la pendiente relativamente abrupta que forma la ladera norte de la Quebrada Honda, se llega a un amplio llano que baja gradualmente desde el portezuelo hacia el N., estando el portezuelo a 570 m.s.n.m. Este llano, denominado de los Molles, separa el cordón de cerros del Tofo del cordón de San Juan y su subsuelo consiste en una acumulación de rodados que contienen agua subterránea. Debemos considerar tal llano como un bolsón relleno por el acarreo de las quebradas que bajan de las faldas de ambos cordones, las cuales son de pendientes no muy fuertes; pero las del oriente son bastante ríscosas y llevan abundantes escombros de falda.

La edad de este bolsón es probablemente pliocénica; él está en vías de ser captado por un afluente de la Quebrada Honda.

El pie oriental de los cerros que bordean por el oeste el llano de los Molles es más o menos rectilíneo, no así el borde oriental que muestra abras profundas, como aquella donde está el caserío y minas de La Higuera; allí el llano penetra en forma de un amplio semicírculo hacia los cerros, análogo a las rinconadas que muestra el valle longitudinal de Santiago. Pero en La Higuera no se podría interpretar estas rinconadas como debidas a movimientos tectónicos, pues hay varias vetas metálicas que pasan del llano a los cerros sin sufrir dislocaciones de modo, que su existencia se debe únicamente a factores erosivos que actuaron diferencialmente sobre los distintos tipos de rocas.

Dentro de la rinconada de La Higuera se pueden distinguir diversos niveles de erosión (lámina II, figura 2) que van a morir contra los cerros que rodean la rinconada, lo cual está indicando que ella se insinuó ya desde muy antiguo. El nivel más característico está representado por la cuchilla donde está la Alameda, que tiene una superficie aterrazada y está cubierto por una gruesa capa de escombros, los cuales parece que se han originado *in situ*. Esta terraza que se levanta sólo pocos metros sobre el plan forma, parte de un antiguo nivel, al cual corresponden también las lomas que bordean por el N. la quebrada de la Pajita, la del Morro, el cordón de las minas Llanca, Llanquita y varios otros que se extienden hacia el norte. Todos ellos también están cubiertos por gran cantidad de escombros y serían los restos del antiguo bolsón.

La permanencia de esta zona de pobre drenaje y una destrucción lenta favoreció el desarrollo de una zona de enriquecimiento en las vetas que afloran en las partes bajas, las cuales dieron origen a alcances de importancia y tal vez por esto las explotaciones llegaron a veces a grandes honduras, como en la Florida, San Juan, etc. En cambio, en las minas del alto ha prevalecido una erosión más intensa, de modo que el enriquecimiento secundario se produjo en menor escala.

El límite norte de esta Rinconada de La Higuera está formada por una falda abrupta y se sube rápidamente desde los 600 m. s.n.m. que hay al pie a 1,280 m. en el portezuelo del camino a Agua Grande. Aquí aparecen los restos de un relieve viejo poco desarrollado, pues está fuertemente erodado y corresponde al parecer al mismo nivel que aparece al N. y S. de la Quebrada de Totoralillo. De este nivel se levantan los Cerros Cimarrones, Carbón, etc.

De esta disposición de las formas topográficas se deduce que la región ha estado sometida a una serie de ascensos sucesivos ocurridos durante el terciario, los cuales habrían estado alternados con hundimientos que favorecieron la formación de bolsones.

## GEOLOGIA

(Ver planos N.º 1 y 2)

### GENERALIDADES

En la zona que estamos estudiando se pueden distinguir dos unidades geológicas fundamentales: a) el batolito andino integrado por las dioritas andinas y sus diversas facies de diferenciación, y b) las rocas mesozoicas que fueron atravesadas por el batolito y que constan en su mayor parte de lavas porfíricas con algunas intercalaciones de sedimentos normales e inyecciones de rocas volcánicas anteriores a la intrusión del batolito.

El conjunto de las rocas cobertizas en las inmediaciones de La Higuera ha experimentado un intenso metamorfismo termal que enmascara muchas veces sus características primitivas; y como la erosión ha disectado el terreno hasta una profundidad considerable, los afloramientos de muchos de sus miembros aparecen de un modo esporádico sumergidos en el batolito.

Debido a la intrusión no aparecen en este distrito las partes basales de la serie mesozoica y como tampoco existen dentro de ella niveles fosilíferos, su posición estratigráfica tendremos que inferirla de los antecedentes que se encuentran en regiones bastante alejadas.

Los principales yacimientos metalíferos del distrito son los de cobre, que aparecen en forma de numerosas vetas que atraviesan tanto el batolito como las rocas cobertizas, especialmente los miembros más cercanos al contacto. Hay también algunas vetas de minerales de fierro pero ellas, a lo menos superficialmente, tienen muy poca importancia. Aparecen además vetas insignificantes de apatita, con corridas cortas y escasa potencia. En este informe consideraremos sólo las vetas cupríferas.

### LAS ROCAS COBERTIZAS

Este conjunto de rocas constituye un grueso paquete de lavas porfíricas superpuestas concordantemente a sedimentos metamórficos que denominaremos Rocas Córneas de Higuera. Este conjunto tiene rumbo más o menos N. N. O. y una inclinación de 40° al O.; pero estos datos son inseguros debido a que la intrusión ha borrado en gran parte los antecedentes necesarios para fijar su posición tectónica con exacti-

tud. Sin embargo, el error en que se puede incurrir no afecta a la deducción que podamos hacer respecto a la sucesión estratigráfica.

Las Rocas Córneas de Higuera están atravesadas por un pequeño macizo de rocas ígneas, las cuales han experimentado cierto metamorfismo las que denominaremos Metadiorita.

Las rocas córneas con sus porfiritas superpuestas parecen corresponder al ala S. O. de un anticlinal de rumbo N. N. O., en cuyo núcleo estarían las primeras. Cerca de la Punta Mar Brava debe pasar una falla muy importante, con rumbo N. E., que interrumpe la Formación Porfirica, pues hacia el sur de ella existen en la faja costanera sólo las porfiritas mesozoicas, que formarían el anticlinal antes mencionado. En cambio hacia el N. la estructura geológica cambia considerablemente, como puede deducirse de los siguientes antecedentes:

a) En la Bahía Choros y Bahía Carrizal afloran las micacitas análogas a las que hemos descrito para la costa de Puerto Manso y por tanto las consideramos precámbricas (*Muñoz Cristi*, 1942, pág. 291.).

b) En Choros Bajos aparecen escasos afloramientos de un conglomerado con rodados de queratófiros y granitos muy semejantes a los conglomerados paleozoicos de Totoral (descritos en la publicación antes citada).

c) En el camino de Choros Bajos o Carrizalillo y entre este punto y Domeyko abundan los afloramientos de pizarras arcillosas con un intenso plegamiento de pliegues volcados, los cuales posiblemente sean paleozoicos a juzgar por su estilo tectónico. (lámina II, figura 1). Sobre ellas se pueden ver en las vecindades de Domeyko conglomerados análogos a los del cerro Talinai de Puerto Manso, lo cual, unido a su posición monoclinas nos induce a considerarlos de edad triásica. Sobre ellos descansan las porfiritas del Cerro Morado, es decir una situación análoga a la que se ve en Casuto (*Muñoz Cristi*, 1942, pág. 310).

Estos antecedentes nos indican que las porfiritas de La Higuera corresponden posiblemente al Dogger, ya que si avanzamos hacia el oriente encontramos la serie titoniana-neocomiana en discordancia.

Condiciones tectónicas análogas encontramos en la Formación Porfirítica entre Tamaya y Panulcillo, donde existen series de intercalaciones de sedimentos normales entre las lavas porfiríticas y un plegamiento en forma de amplios anticlinales y sinclinales sobre los cuales se apoya en discordancia la serie titoniana neocomiana (?) que abarca todos los cerros desde la línea del Ferrocarril Longitudinal hacia el E.

Como las irregularidades que encontramos en la estructura geológica de la zona cercana a la costa no se prolongan hacia el interior, podemos inferir que la falla N. E. de la Bahía Choros es más antigua que la depositación de las capas porfiríticas que ocupan la faja central del país y que por los sedimentos intercalados que contienen las atribuímos al titoniano-neocomiano. Estos antecedentes parece que no tienen tampoco ninguna influencia en el batolito andino.

## LAS ROCAS CORNEAS

(Ver plano N.º 3)

Estas rocas forman todo el faldeo occidental del cerro de La Higuera y parte del Cimarrona, poniéndose en contacto hacia el N. con el batolito y hacia el poniente y sur con las metadioritas y metaporfiritas que describiremos más adelante. El contacto con esta última serie es concordante, pero con las otras es discordante, pues ellas se han localizado por procesos intrusivos.

En general esta serie está integrada por rocas córneas de plagioclasa y diópsido, en ciertos casos contienen anfíbola y cuarzo en proporciones variables. Se suelen encontrar también algunos mantos en los cuales predominan ortopiroxenas. En su aspecto megascópico tienen textura sacaroide de grano muy fino y colores variables entre verde grisáceo y negro, aunque a veces aparecen de color blanco por predominio de la plagioclasa, con guías verdosas en las cuales se han concentrado los minerales ferromagnesianos. Cuando la segregación de los minerales ferromagnesianos se ha producido en guías lenticulares toman aspecto bandeado, lo cual tiene lugar especialmente cuando las guías son de anfíbola negra y entonces es frecuente que la anfíbola aparezca atravesada por guías aplíticas y de epidota, de modo que no está bien en claro si la segregación se ha producido por los procesos metamórficos o se ha desarrollado posteriormente por influencias magmáticas, es decir de carácter pegmatítico, pues guías análogas se encuentran también dentro del batolito. Un ejemplo bien típico de la presencia de estas guías lo tenemos en el farellón que interrumpe la veta Aji hacia el poniente del rajo grande Casas donde las rocas córneas tienen color gris oscuro, aspecto sacaroide y cierta foliación. Ellas están atravesadas por guías de anfíbola, epidota y aplita, las que llegan a tener 3 cm. de potencia. Hay además ojos de anfíbola negra con feldespato y epidota. La presencia de este último mineral indica claramente la depositación de soluciones que han circulado por las grietas.

En la parte occidental, inmediatamente en contacto con la metadiorita aparece una faja de más o menos 100 m. de anchura en la cual las rocas córneas consisten casi exclusivamente en anfíbola y plagioclasa y toman color negro, muy análogo al de las metadioritas, pero conservan su textura sacaroide que permite distinguir las de estas últimas. Este mismo mineral penetra a veces en guías entre las rocas córneas de diópsido y plagioclasa, a lo largo de planos de foliación, lo cual parece indicar que la anfibolitización del diópsido tiene su origen en la inyección de metadiorita.

Las rocas córneas presentan por lo general un aspecto macizo, pero en ciertos lugares puede observarse una foliación bien clara, cuyo rumbo varía entre NS. y NO. con marcada inclinación, de más o menos 45°, al O. o al SO. respectivamente; pero los cambios parece que no siguen una ley regular, por lo que podemos suponer que se trata de ondulaciones. A veces la foliación es relativamente intensa y entonces aparecen las rocas córneas en forma de esquistas aplastadas con los planos de foliación encorvados y tendencia a formarse neises en ojos. En estos casos es frecuente la formación de abundante anfíbola negra, lo cual viene a corroborar la suposición hecha más arriba que este mineral tiene origen secundario.

Donde se puede observar mejor la tectónica de esta serie es en el túnel Juan Muñoz, el cual está corrido en las rocas córneas de diópsido y plagioclasa, con foliación dominante NO. y 50° de inclinación al SO.; pero estos planos de foliación en parte presentan ondulaciones y en ellas es más abundante la anfíbola, debido posiblemente a la introducción de soluciones que han convertido el diópsido en anfíbola. A veces aparecen también guías aplíticas en las partes onduladas. A los 600 m., contados desde la entrada cambia el rumbo de la foliación, pasando a ser N. 10° O., conservándose la inclinación de 50° al O. En el sector correspondiente al cambio de rumbo aparece bastante anfíbola. El rumbo submeridional tiene poca persistencia, pues luego vuelve a ser N. 40 O. de modo que parece existir una faja con foliación NNO, que va de los 600 mts. del túnel al desmonte poniente de la veta Tránsito.

A lo largo de todo el túnel se encuentran las mismas rocas córneas de diópsido y plagioclasa, con o sin anfíbola. En los muestreos apareció solamente un manto de 2 m. de potencia con ortopiroxena y biotita.

A primera vista parece que foliación y bandemiento corresponde a la estratificación de los sedimentos primitivos, lo cual estaría corroborado por la existencia de intercalaciones de esquistos negros de plagioclasa y anfíbola a lo largo de los planos de foliación. Sin embargo se pudo observar en una muestra microscópica que aparecía una faja diagonal a la foliación constituida por un material floculento con desarrollo incipiente de diópsido y plagioclasa, dando la impresión que se trataba del sedimento primitivo, pero como fué el único caso observado podría tratarse de un fenómeno local.

El metamorfismo de esta serie, evidentemente, es de carácter termal y, seguramente, corresponde a las primeras etapas de la inyección del batolito, de las cuales no tenemos ninguna demostración precisa. En efecto, las manifestaciones de esta intrusión consisten en la presencia de gabros y otras rocas plutónicas, que se ponen en contacto con las rocas córneas dando la impresión que cuando se produjo dicho contacto éstas ya habían alcanzado su metamorfismo intenso, de modo que los efectos del contacto se traducen en cierta recrystalización de un material ya metamorfoseado que se manifiesta especialmente por el desarrollo de texturas poeciloblásticas en las cuales hay gotas de diópsido dentro de los feldespatos y a veces por una separación extrema de los materiales leucocráticos y melanocráticos, apareciendo éstos últimos en guías atravesando un mosaico de plagioclasa. Además se encuentran en algunos sectores, como p. ej. en las vecindades de la mina situada sobre la veta Ají, una verdadera brecha formada por la introducción de filones irregulares de tonalita porfírica en los esquistos de diópsido y oligoclasa, los cuales han experimentado también una ligera recrystalización y desarrollo de texturas poeciloblásticas. Mencionaremos por último la existencia de filones de micropegmatitas atravesando a las rocas córneas, los cuales evidentemente corresponden a una etapa avanzada del desarrollo magmático.

Dada la gran analogía química y mineralógica entre el conjunto de rocas córneas y los gabros o dioritas del batolito, es muy difícil decir si este último ha asimilado a los esquistos, pero por los contactos nítidos parece que si hubo asimilación ella debió producirse sólo dentro del batolito y no en las partes marginales. Por otra parte, las zonas de fuerte foliación que hemos visto dentro de las rocas córneas y que evidentemente tienen origen tectónico, no penetran al batolito y como ellas son más moder-

nas que el metamorfismo, indudablemente existió cierta acción tectónica con posterioridad al metamorfismo y con anterioridad a la inyección batolítica.

De este ligero análisis podemos deducir que no está muy clara la fuente del metamorfismo que produjo las rocas córneas.

Pero hay un hecho muy sugestivo y es la presencia de las metadioritas que describiremos más adelante, las cuales han afectado a las rocas córneas de diópsido y plagioclasa transformando el diópsido en anfíbola. Además ellas presentan algunas señales de haber sido afectadas por el metamorfismo, de modo que podemos considerarlas como instruídas con posterioridad al comienzo del metamorfismo, pero cuando éste aun no llegaba a su fin. Como el único representante de estas rocas es un pequeño macizo, es posible que corresponda a un apósis de un cuerpo mayor.

La inyección del batolito ha producido ciertas modificaciones en las rocas córneas. Así, por ejemplo, en la esquina E del desmonte triangular de la veta Tránsito, está evidente la acción de soluciones magmáticas que han producido una estructura bandeada por la liberación del diópsido en algunas fajas y concentración en otras. Al mismo tiempo se han introducido soluciones alcalinas que modificaron los feldspatos; pero este fenómeno es local, pues en las vecindades no se rotan estas modificaciones. Las soluciones causantes de dicha segregación han penetrado por los planos de foliación y están ligadas al parecer a la introducción de filones aplíticos, pues cerca de los tonalíticos que hemos visto más arriba las rocas córneas han experimentado sólo recristalizaciones.

En la parte que corresponde a la terraza que continúa hacia el poniente de la alameda, parece que las rocas córneas forman un techo muy delgado y llevan numerosos filones de propilitas de anfíbola. No se pueden establecer las relaciones con certeza, porque no hay afloramientos *in situ* sino bloques sueltos. En partes las rocas córneas han sido fuertemente anfibolitizadas. Tal vez hay aquí una cúpula del batolito, ya que en la falda N., al lado del escorial, casi no existen filones de las rocas córneas, a pesar de estar muy cerca el contacto con el batolito que pasa por la Quebrada San Juan. A la existencia de esta cúpula se debe posiblemente la existencia de las numerosas vetas de magnetita que aparecen en la falda sur de esta cuchilla frente a la entrada del Socavón Juan Muñoz y que según veremos más adelante, son las responsables de las fuertes anomalías magnéticas que aparecen en este sector.

#### PETROGRAFÍA DE LAS ROCAS CÓRNEAS

Desde el punto de vista petrográfico el grupo de las rocas córneas presenta distintas variedades por cambios en la composición mineralógica y en la textura. Estas variedades las podemos agrupar del modo siguiente:

- a) Rocas córneas de plagioclasa y diópsido equigranulares;
- b) Rocas córneas de plagioclasa y diópsido con porfiroblastos de oligoclasa;
- c) Rocas córneas de plagioclasa y diópsido con porfiroblastos de diópsido;
- d) Rocas córneas de plagioclasa, cuarzo y diópsido con porfiroblastos de oligoclasa;
- e) Rocas córneas de plagioclasa, diópsido y hornblenda;
- f) Rocas córneas de plagioclasa y hornblenda;

- g) Rocas córneas de plagioclasa y hornblenda bandeadas;
- h) Rocas córneas de plagioclasa, hornblenda, ortopiroxena y biotita;
- i) Rocas córneas con fuerte segregación metamórfica;
- j) Rocas córneas de plagioclasa y diópsido albitizadas.

Estos diversos grupos aparecen con una distribución muy errática, salvo el f) que tiene su mayor desarrollo en la zona de contacto entre estas rocas córneas y las metadioritas.

Describiremos a continuación las características petrográficas más importantes de estos diversos grupos:

a) *Rocas Córneas de Plagioclasa y Diópsido equigranulares.*—En ellas ambos minerales aparecen en proporciones análogas, en granos de 0.5 mm. La plagioclasa se presenta en dos tipos de cristales: unos idioblásticos con maclas de albita bien desarrolladas y a veces también de periclina y otros xenoblásticos de contornos irregulares y generalmente sin maclas. Su composición está en el límite entre andesina y oligoclasa. Aunque no se presentan porfiroblastos de feldespatos se suele encontrar agrupamientos de diversos cristales que adoptan la forma externa de un porfiroblasto; al progresar la formación del porfiroblasto se pierden primero los límites de los diversos granos, pudiendo reconocerse la falta de homogeneidad por la dirección zigzagueante de las maclas.

b) *Rocas Córneas de Plagioclasa y Diópsido con Porfiroblastos de plagioclasa.*—Son análogos a las anteriores y se diferencian sólo en el desarrollo de porfiroblastos de oligoclasa en las áreas de donde el diópsido ha sido expulsado.

c) *Rocas Córneas de Plagioclasa y Diópsido con porfiroblastos de Diópsido.*—Estas son rocas de color gris verdoso bandeadas por la alternación de fajas en las que predomina la plagioclasa o el diópsido, pero la transición entre las distintas fajas es gradual. En partes el diópsido está transformado en anfíbola azuleja. Los fenocristales de diópsido llegan a tener 2 mm. y tienen las siguientes características ópticas:

$$Z : c = 42^\circ \qquad 2V = + 64^\circ \qquad Z - X = 0.035$$

Según las curvas de Winchell correspondería la composición:

Diópsido 70%            Hedenbergita 30%.

La plagioclasa no se pudo determinar con exactitud, pero es una andesina cálcica de más o menos  $An_{50}$ .

Aparecen ciertas manchas de aspecto arcilloso en las cuales se ha formado o está en vías de formación el diópsido y plagioclasa, lo cual parece indicar que la roca original es un sedimento arcilloso-calcáreo.

Un análisis de estas rocas figura en cuadro I, pág. 97, bajo el rubro Hi-19. El cálculo de la norma no corresponde a la proporción real entre feldespato y diópsido por lo que parece que parte de los álcalis y alúmina están incluidos en la anfíbola.

d) *Rocas Córneas de Plagioclasa, Cuarzo y Diópsido con porfiroblastos de Oligoclasa.*—Estas rocas tienen color gris rosáceo a verdoso por la presencia de manchas de diópsido diseminadas esporádicamente en la masa feldespática de grano fino y as-

pecto sacaroide; pero hay ciertas fajas paralelas de color verde oscuro en las cuales la proporción de diópsido es mucho mayor. Bajo el microscopio presenta textura porfiroblástica con masa fundamental granoblástica, la cual tiene cierta orientación por el alargamiento de los granos de plagioclasa y cuarzo que la constituyen y también por cierta ligera variación en la proporción entre estos dos minerales en las distintas fajas, aunque esta variación es lenticular. El largo de los granos de plagioclasa y cuarzo de la masa fundamental varía de 0.4 a 0.8 mm. y el ancho es generalmente la mitad del largo. Los porfiroblastos de feldespatos alcanzan comúnmente 2 a 5 mm. de largo y 1 a 2 mm. de ancho. Su orientación tiene dos direcciones preferentes: una a lo largo de los planos de foliación y otra a 45° de ella.

La plagioclasa de la masa fundamental aparece en cristales alotriomorfos con maclas de albita, en algunos casos bien desarrolladas y en otros incipiente; su composición es oligoclasa An<sub>25</sub>. El cuarzo muestra extinción ligeramente ondulosa y tiene contactos mutuos con la oligoclasa. El diópsido aparece ligeramente en los intersticios entre los diversos granos de la masa fundamental y también como inclusiones pociloblásticas dentro de los porfiroblastos de oligoclasa, lo cual demuestra el origen de tales porfiroblastos. Pero también se presenta el caso inverso, es decir que el diópsido crezca a expensas de la oligoclasa y el cuarzo, encerrando inclusiones de estos minerales; pero el crecimiento de los cristales individuales no va más allá del doble o triple de la dimensión primitiva. Sin embargo, a veces se suelen agrupar diversos granos de diópsido para formar manchas hasta de 1 mm.<sup>2</sup> Tanto los pequeños porfiroblastos como las acumulaciones de cristales de diópsido tienden a orientarse según la foliación, lo que contribuye a darle un aspecto bandeado a la roca. En la masa fundamental hay, además, escasa proporción de titanita acompañada de algo de magnetita.

Los porfiroblastos de plagioclasa tienen aspecto muy heterogéneo, pues están formados por la yuxtaposición de diversos cristales, es decir que no ha existido un desarrollo progresivo y gradual, sino que intermitente. Además, en cada sector individual la estructura zonar es muy pronunciada, motivo por el cual no se puede determinar su composición con certeza; pero en general corresponde a una oligoclasa más sódica que la de la masa fundamental. Ellos encierran muchas veces inclusiones de plagioclasa de la masa fundamental y de diópsido. Las maclas más frecuentes son las de albita, pero con un desarrollo enteramente irregular, es decir que muchas láminas se acuñan dentro del cristal. Algunos porfiroblastos muestran las líneas de maclas encorvadas, pero este fenómeno parece que se debe más bien a las particularidades del crecimiento en relación con las inclusiones pociloblásticas.

El desarrollo de los porfiroblastos es típicamente un caso de segregación metamórfica, aunque no se ve muy claro si para que ella se produzca han desempeñado un papel importante los fluidos, porque la transformación de piroxena en anfíbola en estas rocas es insignificante y dicha transformación es muy frecuente cuando hay demostraciones de la intervención de los fluidos.

e) *Rocas Córneas de Plagioclasa, Diópsido y Hornblenda.*—En los diversos tipos de rocas córneas mencionadas más arriba aparecen pequeñas cantidades de hornblenda sustituyendo al diópsido, pero hay algunas fajas en las cuales dicho mineral adquiere una importancia preponderante y ello ocurre donde se puede apreciar la influencia de factores extraños al metamorfismo exclusivamente termal, como, por

ejemplo, la existencia de plegamientos locales fuertes que han incrementado la permeabilidad de la roca, o la vecindad de filones que han suministrado material derivado de rocas magmáticas. Por tal motivo este tipo de esquistos no corresponde a un manto determinado, aunque forman lentes más o menos extensos en la vecindad de los accidentes que les han dado origen, de modo que su distribución es algo errática. Para ilustrar tal fenómeno describiremos algunos de estos afloramientos.

En la margen derecha de la quebrada Federico, a 760 m. s.n.m. las rocas córneas normales están atravesadas por numerosas guicillas aplíticas y junto a ellas se han originado esquistos de plagioclasa, diópsido y hornblenda de color gris negruzco a verdoso, grano fino y aspecto sácaroide. Bajo el microscopio muestran textura granoblástica y se distinguen los siguientes minerales: andesina ( $An_{35}$ ), diópsido, hornblenda y magnetita. La andesina se presenta en granos alargados de 0.2 a 1 mm. llenos con inclusiones de magnetita, maclados, por lo general, según la ley de Albita. El diópsido en granos más pequeños (0.2 mm.) ocupa los intersticios entre la plagioclasa y en muchos casos se observa su transformación en anfíbola, la cual aparece también en granos independientes y en porfiroblastos hasta de 1 mm. de largo. Tiene pleocroísmo  $X$ =pardo amarillento,  $Y=Z$ =pardo verdoso intenso. En menor cantidad existe una anfíbola verde pálida proveniente de la anfíbola parda. La magnetita es frecuente, pero su repartición muy irregular. Muchas veces se la encuentra en contacto con la anfíbola, pero otras está íntimamente mezclada con el diópsido, cementando los granos de éste último sin que se haya producido su transformación en anfíbola. Tal fenómeno es análogo al que existe en la veta Amalia, al nivel del socavón, donde los granos de las rocas córneas de plagioclasa y diópsido están envueltas por un cemento de magnetita. A veces la magnetita se presenta en guías discontinuas que atraviesan oblicuamente algunas fajas de diópsido y donde ella es más abundante hay generalmente algo de epidota. Estos hechos nos inducen a suponer que su presencia aquí es de carácter epigenético y no tiene nada que ver con la transformación del diópsido en anfíbola, la cual habría sido ocasionada por derivados magmáticos de otra índole.

Donde la foliación es intensa, como en las vecindades de la mina Amalia, se han formado algunos esquistos idénticos a los esquistos negros de plagioclasa y anfíbola que describiremos más adelante, en los cuales la anfíbola parda constituye más o menos la mitad de la roca, estando el diópsido en cantidades muy subordinadas. Con la intensidad de la foliación aumenta el grado de concentración de los minerales en fajas, de modo que la anfíbola se presenta en guías continuas o lenticulares constituídas por un agrupamiento de cristales entre los cuales se destacan algunos de diópsido y de titanita.

En el cuadro de análisis I, pág. 97 aparecen 2 análisis correspondientes a rocas de este grupo bajo la denominación  $H_1-22$  y  $H_1-35$ .

f) *Rocas Córneas de Plagioclasa y Hornblenda* (lámina III, figura 1).—Este grupo se presenta de preferencia en contacto con las metadioritas, de modo que a primera vista parece que se tratara de un término superpuesto a las rocas córneas de diópsido y plagioclasa, pero la forma sinuosa del contacto hace improbable esta suposición.

En su aspecto megascópico son rocas de color negro brillante, a veces ligeramente grisáceas, con textura sacaroides, grano medio a fino. Bajo el microscopio muestran textura granoblástica muy acentuada y aparecen constituidas por plagioclasa y anfíbola en granos de 0.2 a 0.5 mm.; con abundante magnetita diseminada. Los granos de feldespato y anfíbola están dispuestos generalmente en fajas, con predominio de uno u otro de ellos de modo que este grupo constituye una transición a las rocas córneas bandeadas. La plagioclasa es una andesina cuya composición varía de  $An_{30}$  a  $An_{40}$ ; la mayoría de los granos están maclados según la ley de Albita y a veces también de Periclina. La anfíbola es una hornblenda con pleocroísmo muy acentuado, según la siguiente fórmula: Z = verde claro; Y = verde oliva oscuro; X = verde muy pálido.

En el agregado granoblástico hay algunos cristales dispersos de apatita de 0.2 mm. en contacto con la anfíbola. Igual cosa ocurre con la magnetita y a veces ambos minerales forman manchas relativamente grandes. En ciertos ejemplares la titanita es abundante.

Los porfiroblastos de plagioclasa son ligeramente mayores que los cristales de la masa fundamental, llevan maclas de Albita y Carlsbød bien nítidas y encierra pociloblásticamente a los diversos cristales de feldespato y anfíbola de la masa fundamental. A veces las partes centrales llevan inclusiones de sericita, clorita, zoisita y epidota.

Se suelen encontrar algunas áreas mayores de varios mm. de diámetro ocupadas por un agregado de hornblenda y diópsido entrelazados y en tales casos el diópsido también está disperso en la masa fundamental junto con la anfíbola (lámina III, figura 2).

Un análisis de estas rocas figura en el cuadro respectivo bajo la denominación Hi-263.

Su composición mineralógica deducida del análisis resulta muy lejana de la realidad porque gran parte de los álcalis deben estar en la anfíbola, lo mismo que alúmina, así es que la proporción de feldespatos normales es excesiva.

*g) Rocas Córneas de Plagioclasa y Anfíbola bandeadas.*—Estas rocas son de color gris con estructura en fajas negras y blancas discontinuas de 1 a 5 mm. de ancho; todas ellas de aspecto sacaroides.

Bajo el microscopio muestran fajas alternadas, las que se diferencian tanto por el tamaño de los granos como por su composición mineralógica, pudiendo distinguirse los siguientes tipos:

1.º Formadas exclusivamente por cristales de feldespato alotriomorfos, la mayoría alargados en el sentido de la foliación y con maclas muy difusas. El tamaño de los granos varía de 0.1 a 0.2 mm. Su composición es oligoclasa, pero no se pudo determinar con mayor exactitud. A veces los granos llegan a 0.6 mm. y entonces tienen texturas en criba, encerrando granitos pequeños de feldespato.

2.º Formadas por granos de feldespato de 0.5 a 1 mm. con maclas de albita más acentuadas. Su composición es oligoclasa y a veces muestran estructuras zonar poco acentuadas. Junto a estas fajas de cristales grandes suelen encontrarse listas discontinuas de cristales de hornblenda, en prismas alargados según la foliación y sin

caras terminales. Generalmente están maclados según (100). Su longitud oscila entre 0.2 y 0.4 mm. Tienen el siguiente pleocroísmo: X=verde amarillento; Y=verde oliva; Z=verde pasto. Esta misma anfíbola se presenta también en cristales aislados entre los feldespatos, rodeando los granos.

Diseminados entre los feldespatos aparecen también algunos granos de titanita hasta de 1 mm. de diámetro, de apatita rodeando la anfíbola y magnetita generalmente en la vecindad de la anfíbola.

En casos raros la anfíbola aparece como porfiroblastos hasta de 2 mm. diagonalmente a la foliación, lo mismo que el feldespato.

3.º Formadas por pequeños cristales de feldespato y anfíbola (0.05 mm.); en ellas es más abundante la titanita, apatita y magnetita.

Estas rocas por sus caracteres mineralógicos corresponden a la generalidad de las rocas córneas de anfíbola, pero su estructura se diferencia fundamentalmente, lo cual se debe posiblemente a que se hallan en zonas que experimentaron un fuerte aplastamiento por los movimientos tectónicos, de modo que actuó juntamente el metamorfismo dinámico y el termal, predominando en las últimas etapas el segundo, ya que la recristalización borró totalmente las señales de fracturamiento. En esta misma etapa penetraron seguramente la titanita, apatita y magnetita.

*h) Rocas Córneas de plagioclasas, Hornblenda, Ortopiroxena Anfíbola-Biotita.*— Hemos encontrado un solo ejemplar con esta asociación, en la estocada del Socavón Juan Muñoz a la veta Casas, donde constituye un manto de más o menos 2 m. de espesor intercalado entre las rocas córneas de plagioclasa y diópsido.

La roca es granular de grano fino, color gris mediano. Bajo el microscopio muestra textura granoblástica y aparece constituida por plagioclasa, ortopiroxena, biotita, anfíbola, magnetita y apatita.

La plagioclasa se presenta a veces en cristales idioblásticos, pero más comúnmente xenoblásticos, cuyo tamaño varía de 0.1 a 1 mm. La macla más frecuente es la de albita, sin embargo algunos llevan también la periclina, con láminas algo encorvadas, de modo que parece haberse originado posteriormente por efecto de presiones ocasionadas por la recristalización. La composición de los cristales idioblásticos es andesina  $An_{45}$ ; en los xenoblásticos corresponde a oligoclasa, pero no se puede determinar con exactitud por lo indeciso de las maclas. Junto con los feldespatos se encuentran pequeñas cantidades de cuarzo.

La ortopiroxena se presenta en prismas sin caras terminales, con largos de 0.2 a 0.5. Tiene pleocroísmo muy débil con Z=incoloro; X=rosa muy pálido; Z-X=0.014.

Según las curvas de Winchell la composición sería enstatita.

La biotita está más o menos en la misma proporción que la enstatita y aparece casi siempre junto con ella, tiene el siguiente pleocroísmo: X=amarillento claro; Y=café amarillento; Z=café pardusco.

La anfíbola aparece en pequeñas proporción, forma prismas alargados hasta de 0.5 mm.; tiene el siguiente pleocroísmo: Z=verde pardusco, X=amarillento.

La magnetita es relativamente abundante y está siempre en contacto con la enstatita y biotita.

Apatita existe en muy escasa proporción y podría provenir de las vetas vecinas. Un análisis de esta roca aparece en el cuadro respectivo bajo la denominación Aj-43.

i) *Rocas Córneas con fuerte segregación metamórfica.*—Donde las rocas córneas de plagioclasa y diópsido han estado sometidas a modificaciones locales en las condiciones del medio como ser intrusiones vecinas o estructuras tectónicas, ellas han experimentado recristalizaciones posteriores a las del metamorfismo inicial, debido al aumento de la movilidad molecular.

El efecto más notable de estas recristalizaciones es el desarrollo de los porfiroblastos de oligoclasa dentro de los cuales quedan encerrados los cristales primitivos de andesina y diópsido (estructura en criba). En estos casos casi siempre el diópsido se ha transformado en hornblenda verde pálido con pleocroísmo entre verde oliva y verde pálido en las secciones según (010). Pero la transformación en hornblenda ha tenido lugar no sólo cuando el diópsido está encerrado dentro de los porfiroblastos de feldespato sino que también en gran parte del resto de la masa granoblástica. La composición de estos porfiroblastos corresponde a oligoclasa sódica, es decir, son ligeramente más alcalinos que los feldespatos del agregado granoblástico.

En estas rocas que han experimentado recristalizaciones existe siempre cierta cantidad de magnetita en contacto con el diópsido, pero ella es más abundante donde el diópsido se ha transformado en anfíbola.

La textura es por lo general bandeada por el predominio de feldespato o minerales ferromagnesianos en las distintas fajas y casi siempre están atravesadas por guicillas discordantes muy finas de anfíbola con algo de diópsido y en ciertos casos de epidota, del mismo modo como aparecen las venillas aplíticas en las granodioritas y se deben a la depositación de las sustancias lixiviadas durante la modificación metamórfica.

En otros casos no se ha desarrollado la estructura bandeada sino que las rocas toman un aspecto brechoso con áreas angulosas, relativamente grandes, formadas por un agregado sacaroide de plagioclasa de color ligeramente rosáceo, las cuales están rodeadas por fajas de diópsido. Bajo el microscopio puede observarse que la textura granoblástica es poco acentuada, debido al crecimiento de algunos granos a expensas del resto, pero no aparecen las texturas poeciloblásticas que son características en las rocas donde la segregación metamórfica está menos acentuada. Así se forman cristales muy perfectos de oligoclasa, hasta de 5 mm. con maclas de albita bien desarrolladas y a veces también de Carlsbad y Periclina. Las inclusiones de los minerales preexistentes son muy escasas, pero su existencia anterior se manifiesta por la presencia de inclusiones negras pulverulentas. Estos porfiroblastos muestran a veces una estructura zonar poco pronunciada, pero ella se debe posiblemente a la circulación de materiales alcalinos por las periferias, los cuales han modificado la parte exterior albitizándola. Pero suelen encontrarse casos en los cuales los porfiroblastos de plagioclasa muestran una estructura zonar recurrente, lo mismo que ocurre en las rocas ígneas. A veces, a consecuencia del crecimiento de los porfiroblastos de diópsido, los de plagioclasa muestran sus líneas de maclas encorvadas.

j) *Rocas Córneas de Plagioclasa y Diópsido albitizadas.*—Aunque este fenómeno corresponde más bien a la formación de filones aplíticos por reemplazo de las rocas

córneas, nos referiremos a ellos en este acápite para considerar algunas de las modificaciones que ellas pueden experimentar.

La muestra estudiada proviene de un lugar cercano a la esquina oriental del desmonte triangular de la veta Tránsito y corresponde a un esquisto bandeado, y que lleva fajas de plagioclasa y diópsido en proporciones variables, de modo que algunas de ellas consisten casi exclusivamente en plagioclasa mientras que en otras el diópsido es abundante. En la cercanía aparecen cuerpos irregulares de materiales aplíticos y guías de anfíbola.

Por efecto de la introducción de material aplítico el feldespató de las rocas córneas ha sido reemplazado por albita con un aspecto bastante turbio por las inclusiones finísimas que encierra y dentro de ella aparecen granitos de epidota. Las guías de anfíbola son bastante irregulares y están formadas por hornblenda fibrosa con pleocroísmo entre verde pasto e incolora en las secciones según (010). Existe además algo de magnetita. De estos caracteres se deduce que la aplita, a lo menos su parte marginal, ha sido producida por el reemplazo de las esquistas ocasionado por la introducción de soluciones alcalinas o simplemente de agua que han desdoblado los feldespatos intermedios transformándolos en albita.

Muy diferente es la acción de los filones esquisticos como puede verse en las vecindades de la Mina Bellavista en la veta Aji, donde hay una red de filones tonalíticos que cruzan las rocas córneas formándose una especie de brecha. Allí no se ha producido ninguna modificación importante, pues sólo se observa una ligera transformación del diópsido en anfíbola y recristalización de la oligoclasa, pero todos los cristales correspondientes a este último mineral llevan inclusiones poeciloblásticas de diópsido. Aparece también una segregación del diópsido en manchas lenticulares; pero este último fenómeno se produce en cualquier situación, por lo que no se justifica atribuirlo exclusivamente a la acción de los filones.

Por lo tanto este tipo de intrusiones no ha producido granitización, sino una segregación dentro del mismo cuerpo de la roca.

Pero hay casos en los cuales los esquistos de plagioclasa y diópsido han sido invadidos por filones de aplitas tonalíticas constituidas exclusivamente por oligoclasa  $An_{15}$  y cuarzo que en parte pasan a pegmatitas, dentro de la cual han quedado xenolitas de las esquistas, en las cuales se observa una extensa segregación del diópsido para formar agrupamientos de cristales grandes abundantemente maclados. También la andesina de la roca córnea original ha experimentado cierta recristalización. El único mineral nuevo introducido parece ser titanita. Dentro del diópsido aparecen pequeñas cantidades de anfíbola. Aquí está de manifiesto el escaso papel que han desempeñado los hiperfusibles, en oposición a lo que se ve en otros casos en los cuales se ha generado bastante anfíbola y epidota.

#### QUIMISMO DE LAS ROCAS CÓRNEAS

En el cuadro siguiente hemos consignado los análisis y parámetros de Niggli de los siguientes ejemplares de rocas córneas:

Hi-16 Roca córnea de plagioclasa, anfíbola y diópsido.

Hi-19 Roca córnea de plagioclasa y diópsido.

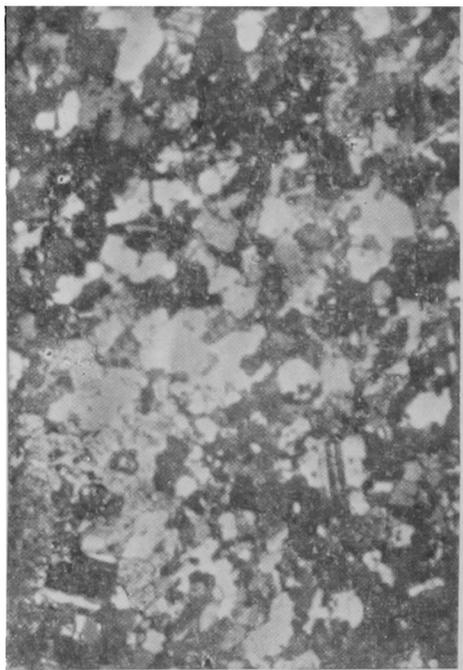
Hi-22 Roca córnea de plagioclasa, anfíbola y diópsido.



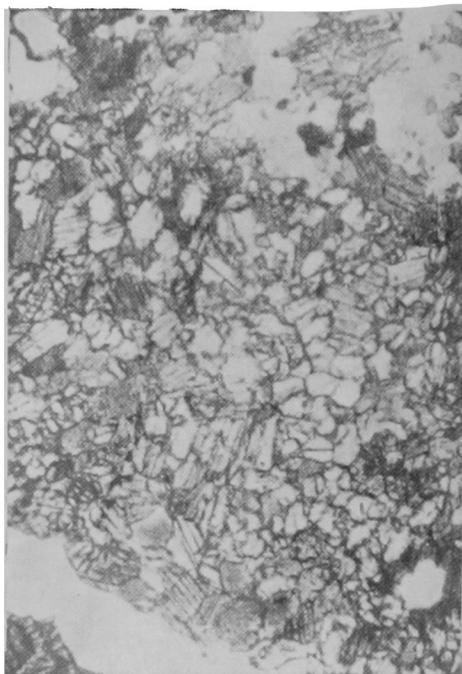
Pizarras Paleozoicas fuertemente plegadas en Quebrada Domeyko.



Niveles de erosión en el cordón que bordea por el N. la quebrada Llanca.



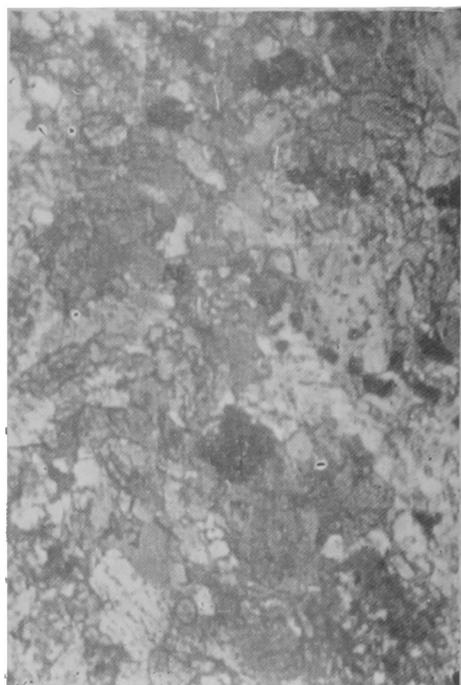
Hi—263. Roca Córnea de Plagioclasa y Anfíbola.  
Con analizador. Aumento 50 x. Pág. 25.



Hi—215. Agregado de Anfíbola en Roca Córnea.  
Sin analizador. Aumento 25 x. Pág. 26.



HP—109. Granulita de Albita y Biotita. Con  
analizador. Aumento 25 x. Pág. 38.



Hi—229. Microdiorita de Anfíbola y Andesina.  
Con analizador. Aumento 25 x. Pág. 55.

Hi-35 Roca córnea de plagioclasa, anfíbola y diópsido.

Aj-43 Roca córnea de plagioclasa, enstatita, biotita y anfíbola.

Hi-18 Roca córnea de plagioclasa, cuarzo y diópsido.

Hi-263 Roca córnea de plagioclasa y anfíbola.

CUADRO I

Muestra: Grupo	Hi-22 e	Hi-18 d	Hi-19 c	Hi-35 e	Hi-16 c	Aj-43 h	Hi-263 f
SiO <sub>2</sub> .....	57.22	66.80	53.20	58.50	46.90	57.53	52.90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	17.36	13.57	15.36	15.30	15.54	14.00	16.89
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	3.81	1.20	2.61	3.37	5.27	6.26	5.94
FeO.....	2.53	3.53	3.89	3.89	4.13	4.80	4.33
MgO.....	3.75	3.08	4.32	3.89	12.11	2.05	3.90
CaO.....	10.54	7.69	14.75	10.17	11.06	3.96	6.71
Na <sub>2</sub> O.....	2.52	2.74	3.20	2.68	3.20	4.56	6.15
K <sub>2</sub> O.....	1.61	1.02	2.01	1.83	1.10	2.85	1.53
TiO <sub>2</sub> .....	0.16	..	0.21	..	0.10	0.41	0.06
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	..	..	..	..	..	..	..
H <sub>2</sub> O+.....	0.18	0.21	0.14	0.19	0.32	1.18	0.31
H <sub>2</sub> O-.....	0.21	..	..	0.09	..	1.25	..

PARÁMETROS DE NIGGLI

Muestra: Grupo	Hi-22 e	Hi-18 d	Hi-19 c	Hi-35 e	Hi-16 c	Aj-43 h	Hi-263 f
si.....	160.5	239	130.1	166	93.5	188.5	140
al.....	28.7	28.4	22.1	25.7	18.1	26.9	26.2
fm.....	29.8	30.4	28.7	32.8	51	38.8	36.5
c.....	31.8	29.4	38.5	30.8	23.4	13.9	19.1
alk.....	9.7	11.8	10.7	10.7	7.5	20.4	18.2
k.....	0.29	0.20	0.29	0.32	0.19	0.29	0.14
mg.....	0.53	0.54	0.56	0.50	0.71	0.26	0.42
c/fm.....	1.06	0.97	1.36	0.94	0.46	0.35	0.52
corte.....	VI	V	VI	V	IV	III	IV

## ANÁLISIS MODAL

	Hi-18	Hi-19	Hi-35
Cuarzo .....	5		
Plagioclasa .....	78	27	55
Anfíbola .....	..	4	16
Ortopiroxena			
Cli-no Ortopiroxena .....	17	65	22
Biotita			
Magnetita .....			7

## ORIGEN DE LAS ROCAS CÓRNEAS

Como en toda la región no encontramos ningún lugar donde se observa el paso de las rocas metamórficas a las originales, es imposible asegurar cuál es el tipo de material que por metamorfismo se transformó en rocas córneas. Además faltan totalmente estructuras residuales que pudieran suministrar algún indicio. Por otra parte, el ubicar los análisis en el tetraedro de Niggli todos ellos caen en el campo de las rocas eruptivas; pero esto no significa necesariamente que el material original era eruptivo, pues también podría corresponder a sedimentos arcillosos dolomíticos y si agregamos el antecedente que casi todos los sedimentos intercalados en la formación porfírica contienen una proporción apreciable de material tobífero no es de extrañar esta posición en el tetraedro.

Muy diferente es el metamorfismo en los mantos porfíricos superpuestos donde se puede trazar las diversas etapas que han experimentado desde la roca original hasta las más fuertemente afectadas por el metamorfismo.

Una razón que nos induce además a considerar estas rocas como de origen sedimentario es el hecho que las curvas representativas de los análisis no muestran una tendencia bien definida como ocurre con las rocas ígneas, especialmente donde aparece la anfíbola y la biotita que hacen subir, considerablemente el *alk* (muestras H<sub>1</sub>-263 y Aj-43). En cambio en las rocas donde predomina el diópsido y la anfíbola aparece en proporciones subordinadas, las curvas de variación son bastante regulares, especialmente aquella que corresponde a la suma de  $c+fm$ , es decir que en los minerales ferromagnesianos la cal, magnesia y hierro varían en conjunto en proporción inversa a la sílice.

Como hemos visto más arriba la anfíbola representa, al parecer, un elemento extraño introducido de preferencia en aquellos lugares donde ha sido más fácil la circulación de flúidos y por esto no es raro que las rocas que la contienen den puntos erráticos en las curvas de variación.

Si prescindimos de la anfíbola se observa en general un equilibrio bastante perfecto por la similitud de la composición mineralógica en los diversos miembros. Además la existencia de plagioclasas zonares es escasa y se puede atribuir más bien a fenómenos metasomáticos posteriores que han producido la alcalinización de las partes externas de los cristales. Para llegar a este estado de equilibrio seguramente per-

sistió durante largo tiempo la alta temperatura, pero seguramente por debajo de la necesaria para la consolidación del batolito.

Según *Eskola* (1939) nuestras rocas pertenecen a la facies de Rocas Córneas de Piroxena producidas por un metamorfismo de contacto de alta temperatura desarrollado en la parte interna de las aureolas metamórficas que rodean intrusiones plutónicas en regiones montañosas plegadas. *Turner* (1948, pág. 70) estima que la temperatura necesaria para producir esta facies en contacto con macizos gábricos debió ser de 700 a 750° como mínima, pues allí se produce la transición a la facies de hornblenda. Esta última se presenta de un modo bien definido sólo en el contacto NE. del macizo de metadiorita.

### FILONES EN LAS ROCAS CORNEAS

En toda la zona abarcada por las rocas córneas son relativamente abundantes los filones, que casi en su totalidad derivan probablemente del batolito subyacente y representan diversas etapas en la diferenciación de dicho batolito, razón por la cual hemos considerado el metamorfismo que dió origen a las rocas córneas muy anterior al batolito en la forma que lo conocemos.

Desde el punto de vista petrográfico estos filones los podemos clasificar del siguiente modo:

#### LAS MICROPEGMATITAS

Estas rocas aparecen de preferencia en forma de filones, con potencias de pocos centímetros hasta 2 m., en el faldeo occidental del cerro de la Higuera con rumbo NE. y con inclinaciones de 10 a 20° SE. Donde el cerro está más libre de escombros se pueden observar una serie de estos filones a escasa distancia unos de otros, de modo que los farellones de rocas córneas aparecen veteados por ellos. Tal cosa ocurre, por ejemplo, en el farellón situado al poniente del desmunte triangular de la veta Tránsito. También se los encuentra al N. de la veta Federico. Posiblemente ellos son frecuentes en la parte baja del cerro, pero sus afloramientos son escasos. Todos estos filones tienen sus salbandas bien definidas.

Estas rocas tienen color blanco rosáceo con una masa fundamental de aspecto sacaroide en la cual se destacan algunos cristales de feldespatos blancos y rosados, cuarzo gris y hojitos de biotita y de hematita. Bajo el microscopio aparece un entrelazamiento gráfico de microclina-micropertita o micropertita y cuarzo, el cual está dispuesto radialmente en torno de pequeños cristales de albita, es decir tiene el aspecto de la diferenciación de esferolitas en los granofiros. Hay algunas hojitas de biotita fuertemente pleocroica dispersas en la masa micropegmatítica. Dada la homogeneidad de los filones se podría pensar que estas rocas se hayan originado por la cristalización de un magma formado por feldespatos potásicos y cuarzo, en proporción eotética alrededor de los cristales de albita de primera consolidación, los cuales sirvieron de núcleos de cristalización; pero se ven también pequeños cristales de albita dentro de la micropertita. En algunos filones aparecen guiecillas de epidota.

### LAS APLITAS

Estas rocas se presentan generalmente poco definidas, aparecen en manchas lenticulares con transición gradual hacia las rocas córneas, es decir, se ha producido un reemplazo de estos últimos por material aplítico inyectado. Dentro de ellas se conservan, a veces, restos del material de las rocas encajadoras fuertemente digeridos.

Estas aplitas son rocas de color blanco rosáceo de grano fino, textura sacaroides. Están constituidos por cuarzo y feldespato blanco rosáceo. A la observación microscópica presentan un aspecto heterogéneo: ciertas áreas están constituidas por un agregado de cristales hipidiomorfos de oligoclasa  $An_{15}$ , cuyo tamaño oscila entre 0.2 y 1 mm.; hay otras áreas de 4 a 5 mm. ocupadas por cuarzo, que encierran cristales de oligoclasa dispersos y algunos de anfíbola, con pleocroísmo muy débil, y de diópsido. La anfíbola suele encontrarse transformada parcialmente en biotita verde que lleva inclusiones diminutas de zircón, en torno de las cuales se han formado aureolas pleocroicas muy débiles. La magnetita es relativamente abundante.

Por estos caracteres se deduce que las aplitas no son verdaderas inyecciones magmáticas, sino que deben su origen al reemplazo de las rocas córneas de plagioclasa y diópsido por líquidos ricos en  $SiO_2$  y álcalis, de modo que los feldespatos originales se han alcalinizado y gran parte de los minerales melanocráticos desaparecieron, aunque a veces se han recristalizado para formar individuos mayores.

### PEGMATITAS DE ANFÍBOLA

Estas rocas aparecen también como manchas lenticulares, lo cual indica que se han formado por reemplazo. Ellas se presentan como un agrupamiento de cristales de anfíbola negra, cuyo tamaño varía de pocos milímetros hasta varios centímetros, dentro de los cuales existen algunas inclusiones de feldespato blanco rosáceo y en los contactos la anfíbola suele estar transformada en epidota. La anfíbola tiene el siguiente pleocroísmo: Z = pardo amarillento claro a verdoso, X = incoloro, Y = verde aceituna. Esta anfíbola, en los contactos con el feldespato suele tomar color verdoso. Otras veces se encuentra allí algo de epidota, la que también existe en el interior de la anfíbola.

El feldespato es antiperfítico y la mayor parte del área corresponde a oligoclasa. En la vecindad de la anfíbola está fuertemente arcillizado. Posiblemente hay también algo de sericita.

En la base del desmonte de la veta Federico, frente al camino al Barco, aparecen pegmatitas análogas, las cuales llevan además de feldespatos y anfíbola, algo de cuarzo y biotita.

En el portezuelo, entre los cerros Jote y León, la pegmatita de anfíbola forma manchas lenticulares en las cercanías de otras de carácter aplítico, lo cual parece indicar que las primeras derivan de las segundas y representarían la depositación de los materiales extraídos de las rocas córneas cuando fueron hibridizadas por las aplitas, según hemos visto más arriba.

### LOS LAMPROFIBROS

En la superficie los afloramientos de estas rocas son escasos debido a la facilidad con que se alteran. Casi siempre se presentan en grupos de varios filones paralelos, como ocurre en la cercanía del escorial de la mina Casas, donde tienen rumbo N.S. e inclinación de  $65^\circ$  O. Las potencias varían de 0.30 a 1.50 m. Sus características petrográficas son las mismas que presentan los filones análogos que describiremos en el sector del batolito, es decir, se trata de espesartitas.

En el socavón Juan Muñoz puede apreciarse mejor la distribución y características de estas rocas.

### TONALITAS PORFÍRICAS

En las vecindades de la veta Ají, frente a la estación 850 aparece una red de filones irregulares de tonalita de anfíbola porfírica que han formado una verdadera brecha por la inclusión de trozos esquinados de las rocas córneas en la roca eruptiva. Ellos son filones asquísticos introducidos seguramente en una época temprana de la diferenciación magmática, es decir en la etapa ortomagmática y antes que se produjeran los filones aplíticos.

Estas rocas son de color gris oscuro, grano medio. Bajo el microscopio muestran textura hipidiomorfa granular ligeramente porfírica con fenocristales de plagioclasa y hornblenda en una masa fundamental de plagioclasa, cuarzo y anfíbola. En dicha masa se distinguen manchas de cuarzo, relativamente grandes, que encierran cristales idiomorfos de plagioclasa de 0.2 a 0.4 mm. con estructura zonar fuertemente marcada, los núcleos son de andesina y las periferias de oligoclasa, a veces la estructura zonar está fuertemente marcada, con núcleos de andesina y periferias de oligoclasa y en ciertos casos es recurrente. Hay también algunos cristales de hornblenda con pleocroísmo entre verde botella y verde amarillento en las secciones según (010).

Los fenocristales de plagioclasa tienen hasta 4 mm. de largo y presentan estructura zonar recurrente muy acentuada, con núcleos de andesina y periferias de albita; ellos están surcados por venillas de ortoclasa; a veces contienen en su interior manchas de titanita que se ha introducido por los planos de maclas.

La magnetita es abundante y penetra tanto en los feldespatos como en la anfíbola, es decir, ha cristalizado en una etapa avanzada.

El cuarzo que encierra a los otros minerales parece ser posterior a la magnetita.

### LAS GRANULITAS

Dentro de la granodiorita se encuentran en la falda SE. del cerro Cimarroña, más o menos a 650 m. s.n.m. hay una inclusión de sedimentos metamorfoseados que forman una pequeña loma; pero su extensión no se puede establecer con certeza por la abundancia de escombros de falda.

El material más abundante corresponde a granulita de albita y biotita que es una roca de color blanco rojizo, textura sacaroidea porfiroblástica. La masa fundamental está constituida por un mosaico de cristales de albita An, que tienen con-

tornos poligonales bien definidos; su diámetro varía de 0.2 a 0.4 mm. En el mosaico hay también escasos granos de cordierita. Sobre este mosaico se superponen porfiroblastos de biotita y muscovita. La primera está fuertemente limonitizada, lo que le da el color rojizo a la roca (lámina III, figura 3).

En este mismo sector se encuentran cuarcitas feldespáticas, que son rocas de color blanco, algo foliadas, textura sacaroides, grano fino y están constituidas por feldespato blanco y cuarzo gris. Bajo el microscopio se observa una estructura en fajas. El fondo de la preparación es un mosaico de granos de cuarzo con contornos muy irregulares, los cuales están dispuestos en fajas discontinuas separadas por otras, también discontinuas, formadas por feldespato. El tamaño de los granos de cuarzo es de 0.2 a 0.8 mm. Donde las fajas feldespáticas están mejor definidas, aparece éste en forma de granos alctriomorfos alargados, con contornos indecisos entre los diversos granos, los cuales tienen diámetros del orden de 0.03 a 0.05 mm. y maclas rudimentarias. Su composición no se pudo determinar con seguridad, pero corresponde, en general, a oligoclasa sódica. En partes el feldespato se ha extendido en forma de manchas a partir de las fajas, las que tienen hasta 2 mm. de largo y son de forma aproximadamente lenticulares; pero ellas siempre son bastante heterogéneas con textura en criba por las inclusiones de cuarzo. A medida que se libera el feldespato de las inclusiones comienza a desarrollar maclas, las cuales al principio son encorvadas. La ley más general es la de Albita y menos frecuente las de Carlsbad y Periclina. Algunos cristales tienen estructura zonar bien acentuadas. Estas rocas llevan pequeñas cantidades de titanita, actinolita y al parecer también diópsido (pero éste no se vió en la preparación microscópica).

Estas rocas representan probablemente los equivalentes metamórficos de quartzíferos que pudieron existir por debajo de los sedimentos que dieron origen a las rocas córneas.

#### ZONA DE CONTACTO CON EL BATOLITO

En la zona del contacto de las Rocas Córneas con el batolito, en la parte SO. del Cerro Higuera, ellas han experimentado cierta transformación, aunque no muy acentuada, la cual se manifiesta principalmente por una recristalización y transformación de las piroxenas en anfíbolos; al mismo tiempo se observa un enriquecimiento en minerales titaníferos y a veces también introducción de algo de apatita.

En el tipo intermedio la roca córnea tiene todo el aspecto de una roca eruptiva, es de color gris, grano medio y está constituida por plagioclasa blanca, diópsido verde grisáceo, anfíbola café negruzca y rutilo rojizo. Muestra una estructura en fajas poco acentuada por la mayor concentración de los minerales ferromagnesianos en ciertos sectores. El tamaño de los granos es de 2 a 4 mm.

Bajo el microscopio exhibe textura granoblástica. La plagioclasa es una oligoclasa  $An_{15}$  con maclas de albita generalmente poco acentuadas y a veces también periclina. La piroxena aparece en manchas irregulares bordeando los feldespatos y tiene las siguientes características ópticas:  $Z=c=41^\circ$   $Z-X=0.031$ .

Algunos granos están uralitizados por transformación del diópsido en una anfíbola débilmente pleocroica con pleocroísmo café claro a verdoso en las secciones longitudinales. Los cristales uralitizados llevan casi siempre en su interior prismas de

rutilo hasta de 0.4 mm. de largo. También se suele ver un reemplazo por apatita. Cuarzo existe en muy pequeña cantidad. Titanita y magnetita aparecen en pequeña proporción. Algunos granos de piroxena han experimentado una transformación a talco.

En un grado de transformación menos avanzado las plagioclasas tienen composición más cálcica y muestran estructura zonal, variando la composición entre  $An_{45}$  y  $An_{15}$ . Las maclas aparecen mejor definidas y la alteración urafítica y talcosa es mucho menos pronunciada.

Donde la acción termal ha sido muy intensa estas rocas se presentan con aspecto muy irregular y están constituidas por feldespatos blancos sacaróideos en granos irregulares de 1 cm. y anfíbola verde oscura ligeramente fibrosa en prismas hasta de 2 cm., la cual tiende a formar guías irregulares.

Bajo el microscopio muestra también una textura muy irregular. Aparecen cristales de oligoclasa en granos alotriomorfos hasta de 5 mm., sin ninguna cara propia. Los contornos entre los granos son endentados. Ellos están completamente turbio por la gran abundancia de inclusiones que no son reconocibles. A veces el núcleo está más fresco y lleva maclas polisintéticas, mediante las cuales se puede reconocer la composición de  $An_{25}$ ; pero aun en estas partes más transparentes abundan los granos de epidota y clinzoisita.

En las partes marginales, además de la alteración ya mencionada, existe abundante sericita, pirofilita y caolinita.

La anfíbola forma cristales diseminados, muy irregulares. Es débilmente pleocroica con  $X$ =incoloro;  $Z=Y'$ =verde amarillento muy pálido;  $Z : c = 15^\circ$ ;  $Z-X = 0.028$ .

Corresponde a actinolita y está en parte cloritizada, pero su alteración es mucho menor que la del feldespatos.

La titanita es relativamente abundante y aparece en granos hasta de 1 mm. Mineral opaco casi no existe.

En la falda oriental del Cerro Higuera las rocas córneas muestran una modificación intensa por la acción del batolito, habiéndose transformado en rocas de color blanco, grano medio a fino, de textura pan alotriomorfa granular, constituida por un agregado de cristales de albita  $An_7$  de 0.5 a 5 mm. que se penetran mutuamente; algunos llevan maclas polisintéticas. La albita encierra inclusiones de rutilo que llegan a tener 1 mm. y suelen estar rodeadas por titanita. Hay además apatita en granos de 0.5 mm. y en menor proporción algo de epidota.

La presencia de estos minerales y la composición del feldespatos demuestra claramente el efecto de los flúidos derivados del magma para producir el transporte de la cal, magnesia y hierro a niveles superiores.

En el sector situado al NO. del pueblo existe, seguramente, un contacto entre el batolito y los esquistos cobertizos, pero no se puede precisar porque en esta parte casi todo el terreno está cubierto por rodados grandes provenientes del relleno del bolsón cuyo fondo estaba a la altura de la Alameda. Entre estos rodados abundan los de rocas córneas y también los de granodioritas con sus diferentes diferenciaciones marginales, de modo que es probable que se trate de un techo muy delgado de las primeras rocas mencionadas sobre una cúpula del batolito, ya que en la falda N. de este

cordón, al lado del escorial, casi no existen filones dentro de las rocas córneas, a pesar de estar muy cercano el contacto.

Esta probable cúpula batolítica ha producido cierta mineralización que describiremos más abajo.

*Granitización de las Rocas Córneas.*—Esta granitización se ha producido principalmente en las vecindades del contacto con el batolito. Por efecto de ella las rocas córneas toman un aspecto muy heterogéneo, apareciendo algunas manchas de color gris verdoso y textura sacaroides, constituidas por plagioclasa blanca, diópsido verde, anfíbola negra verdosa, magnetita negra y titanita café; las cuales pasan gradualmente a otras de carácter aplítico con color blanco rosáceo y formadas por plagioclasa blanca, ortoclasa rosada y cuarzo gris. La penetración de este material aplítico que produjo la granitización se efectuó a lo largo de guías irregulares de espesores variables, las cuales han reemplazado gradualmente las rocas córneas.

Los restos menos afectados por la granitización muestran textura cristaloblástica. La plagioclasa corresponde a una oligoclasa con composición variable entre  $An_{10}$  y  $An_{25}$ , a veces con estructura zonar poco acentuada. Sus maclas polisintéticas están generalmente desarrolladas sólo en una parte del cristal, terminando en cuña hacia el otro extremo; en los intersticios entre las plagioclasas existen pequeñas cantidades de ortoclasa. El diópsido se conserva en gran parte con las mismas características que en los esquistos normales y con la misma distribución; pero una parte se ha transformado en hornblenda con pleocroísmo verde pasto y amarillento en las secciones según (010). La titanita aumenta considerablemente, apareciendo en los intersticios entre los otros minerales y muchas veces va asociada con magnetita.

En las partes vecinas a las guías aplíticas el agregado cristaloblástico ha desaparecido en gran parte habiendo sido reemplazado por gran cantidad de cuarzo y ortoclasa. El diópsido desapareció enteramente y queda sólo pequeñas cantidades de anfíbola junto con la plagioclasa original.

A veces se encuentran filones de aplitas constituidas por albita, perlitita y cuarzo, con algunos cristales de anfíbola actinolítica diseminados y apatita, los cuales son muy análogos a las albititas que aparecen cerca del contacto en la estocada a la veta Cortada, dentro del socavón. En sus cercanías se observa cierta epidotización y mantos de magnetita, pero no está claro si éstas tienen que ver algo con los filones referidos. Donde aparecen estos filones suele encontrarse en las vecindades filones de pegmatitas de anfíbola, las cuales pueden ser los términos extremos de la diferenciación de estos materiales, ya que existen todas las gradaciones desde las albititas, enteramente exentas de anfíbola, pasando por las aplitas de albita, cuarzo y anfíbola a las verdaderas pegmatitas de anfíbola.

Las transformaciones mencionadas más arriba indican claramente que en la primera etapa de la intrusión el fenómeno predominante fué la recrystalización de los materiales originales; pero a medida que avanza la diferenciación del batolito, generándose una fase flúida (líquida o gaseosa), estos elementos comienzan a actuar, transformándose el diópsido en hornblenda y después en actinolita que tiende a formar guías que atraviesan el mosaico constituido por la oligoclasa, es decir tendríamos un avance del frente ferromagnésico.

Un fenómeno muy característico en este metamorfismo de las partes marginales es la producción de abundantes minerales titaníferos que impregnan las

rocas córneas, ya sea rutilo o titanita y también, aunque con menos frecuencia, la producción de apatita.

Llama la atención en estos sectores del contacto la falta de alcalinización, es decir, la generación de minerales alcalinos provocada por la transferencia de álcalis a partir del magma, lo mismo que el transporte de sílice. Así la sericitización y la silificación son muy escasas.

En la transformación experimentada por estas rocas en las cercanías del contacto con el batolito, podemos distinguir dos etapas: una de más alta temperatura y otra de baja temperatura. La primera sería de carácter neumatolítico y la segunda hidrotermal. La primera se caracteriza por la penetración de titanio y fósforo y la segunda por el transporte de la anfíbola y la formación de talco a expensas de los minerales ferromagnesianos.

## LAS PORFIRITAS Y LAS METAPORFIRITAS

### LAS PORFIRITAS

A juzgar por las relaciones que guardan las rocas córneas y las porfiritas, parece que estas últimas cubrieron los sedimentos por cuyo metamorfismo se originaron las rocas córneas de plagioclasa, diópsido y anfíbola.

Las porfiritas abarcan gran parte del área occidental de la zona en estudio, como puede verse en el bosquejo geológico escala 1 : 50,000; ellas aparecen en toda la cuesta Buenos Aires del camino longitudinal y continúan por el *divortio-aquarum* entre la costa y el bolsón de la Higuera. En esta región, a pesar de encontrarse vecina al batolito, su metamorfismo termal es insignificante y éste aumenta gradualmente hacia el oriente, de manera que en las vecindades de La Higuera está muy acentuado y se hace difícil distinguir las metaporfiritas de las rocas córneas, debido a la tendencia que tienen estas últimas a desarrollar porfiroblastos de feldespatos que se asemejan mucho a fenocristales.

En la cuesta de Buenos Aires las porfiritas se presentan como rocas de color gris negruzco con masa fundamental microcristalina y pequeños fenocristales de feldespato que a veces llevan núcleos de epidota. Bajo el microscopio muestran textura porfírica con masa fundamental intergranular y fenocristales de plagioclasas y anfíbola. La masa fundamental está constituida por un agregado confuso de feldespato y anfíbola en granos cuyo diámetro es del orden de 0.01 mm. La anfíbola, de color verde pálido, en gran parte está en vías de transformación a material clorítico. El feldespato corresponde a andesina sódica. Los fenocristales de plagioclasa tienen 1 a 2 mm. de largo, siempre están maclados según la ley de Albita y en ciertos casos exhiben maclas de Carlsbad, Periclina y Baveno; su composición es andesina  $An_{45}$ . A veces en el contacto con la masa fundamental están fuertemente arcillizados. Los fenocristales de anfíbola son menos abundantes que los de plagioclasa, pero sus dimensiones son análogas. Las secciones según (010) tienen pleocroísmo débil entre verde muy pálido e incoloro; generalmente están llenos de puntitos de magnetita originados posiblemente por la alteración que tiende a transformar la anfíbola en materiales cloríticos y serpentinosos. La magnetita suele encontrarse también en manchas mayores dentro de la anfíbola y en las fajas arcillizadas de la periferia de

los feldespatos. Todos estos hechos demuestran que fué introducida por las soluciones hidrotermales post magmáticas.

Un análisis de estas rocas figura en el cuadro II, pág. 109 bajo la denominación Hi-104 y según la clasificación de Niggli corresponde al magma gabrodiorítico de modo que corresponde perfectamente a nuestra designación de porfirta.

Otras variedades tienen un desarrollo porfírico más acentuado y en general una cristalización más definida, alcanzando los cristales de plagioclasa de la masa fundamental a 0.5 mm. y los fenocristales a 5 mm.

A veces aparece en estas porfiritas guías de titanita con magnetita, apatita y epidota, sin que se observe una mayor alteración en la roca vecina.

En esta zona las porfiritas están atravesadas por algunos filones de microgabros de anfíbola, que los hemos descrito en el capítulo sobre el batolito.

En el portezuelo de Totoralillo las porfiritas han sido ligeramente afectadas por la vecindad de las dioritas; pero sin que se puedan llamar propiamente metaporfiritas. En su aspecto megascópico son idénticas a las porfiritas corrientes. Bajo el microscopio muestran textura intergranular, con cristales tabulares de oligoclasa  $An_{20}$  de más o menos 0.1 mm. de largo, bien transparentes con distintas orientaciones, los espacios entre ellos están ocupados por un agregado floculento de biotita y anfíbola en el cual se han producido algunas recristalizaciones formándose manchas homogéneas hasta de 0.1 mm. Esta biotita tiene pleocroísmo entre verde pardusco e incoloro, es decir, es muy análoga a la anfíbola. Ella a veces atraviesa en guías a los feldespatos.

El análisis de esta roca aparece bajo la designación HP-20 en el cuadro II.

Aun cuando las porfiritas constituyen xenolitas dentro del batolito en la cuesta de Totoralillo, su composición no varía considerablemente de la normal.

### LAS METAPORFIRITAS

En las vecindades de la Higuera encontramos las porfiritas con una intensa alteración metamórfica termal, mediante la cual se han transformado en rocas que denominaremos metaporfiritas.

En su aspecto más normal, es decir, exenta de modificaciones hidrotermales, dichas porfiritas tienen color gris negruzco a verdoso, aspecto sacaroide, textura ligeramente porfírica con pequeños fenocristales de feldespato blanco dentro de una masa microcristalina negruzca. Pero ellas no constituyen áreas homogéneas porque aparecen manchas más claras dentro de las cuales se conservan sólo algunas listas residuales del material oscuro.

Estas rocas cuando tienen colores oscuros aparecen bajo el microscopio formadas por elementos diversos, pudiendo diferenciarse claramente las siguientes:

a) Fenocristales de plagioclasa alargados hasta de 2 mm.; maclados según la ley de Carlsbad. Por el aspecto muy fresco se deduce que ellos han sido recristalizados. La composición mineralógica corresponde a andesina sódica.

b) Masa fundamental granoblástica, constituida por un mosaico de granos de plagioclasa y piroxena más o menos en igual proporción. El tamaño de los granos es alrededor de 0.05 mm. Los feldespatos generalmente carecen de maclas o las tienen

muy rudimentarias. En algunos casos en que estaban bien desarrolladas se pudo determinar la composición de  $An_{45}$ . La piroxena es una augita con  $Z : c = 35^\circ$ ;  $Z - X = 0.022$ .

c) Pequeños fenocristales de diópsido alargados, con tendencia al idiomorfismo.

d) Areas lenticulares constituidas por un mosaico de cristales de diópsido. Dentro de estas segregaciones se encuentran algunos cristales de hornblenda que en las secciones según (010) tienen pleocroísmo fuerte entre verde aceituna e incoloro. No se ve claro si estos cristales son relictos de la hornblenda primitiva o de formación posterior, aunque es más probable lo segundo.

e) Fajas constituidas casi exclusivamente por granos de plagioclasa, que forman un mosaico irregular, dentro del cual aparecen escasos granos de piroxena. Esta plagioclasa es también andesina como la de la masa fundamental.

f) Manchas irregulares y guías de titanita.

Cuando la modificación metamórfica no ha sido muy intensa se conservan las maclas polisintéticas en los fenocristales de feldespato, pero reducidas en número, de modo que aparecen listas anchas. En ellas se conservan también algunos fenocristales de anfíbola. Las líneas de maclas de los feldespatos están generalmente algo encorvadas, lo cual indica que simultáneamente con el metamorfismo actuaron presiones.

Los ejemplares de porfirita en los cuales predominaban los fenocristales sobre la masa fundamental han conservado esta característica al metamorfosearse debido a la persistencia del feldespato, pero la anfíbola se transformó totalmente en piroxena diópsídica con abundantes maclas según (100), probablemente por la acción de presiones.

En algunos ejemplares se observa la presencia de epidota, pero ella ha tenido su origen tal vez en acciones hidrotermales.

Muchas veces cuando se ha producido epidota aparece también anfíbola rodeando la piroxena, lo cual se debe a influencias hidrotermales. Se trata de una hornblenda con el siguiente pleocroísmo:

X = amarillento;

Y = verde oliva;

Z = verde pasto.

En estos casos la titanita es más abundante y está siempre ligada a la magnetita. Suele aparecer además algo de apatita.

En la cumbre del Cordón de la Cimarrona y a muy poca distancia del contacto con el batolito, que predomina en las caídas hacia Quebrada Honda, las metaporfiritas se presentan con un aspecto muy especial. Son rocas de color blanco, con textura sacaroide, constituidas casi exclusivamente por feldespatos; en parte tienen color ligeramente grisáceo. Están atravesadas por guías cortas e irregulares de anfíbola verdosa de 1 a 3 mm. de espesor y en sus vecindades existen granitos de epidota dispersos en la masa blanca. Bajo el microscopio la roca aparece constituida, en su mayor parte, por un agregado granoblástico de cristales de andesina de 0.1 a 0.2 mm. de diámetro, en el cual se destacan grandes áreas ocupadas por cristales irregulares de feldespato de más o menos 1 ó 2 mm. de diámetro, con abundantes maclas de albita y periclina, las cuales se presentan generalmente algo encorvadas, demostrando que

han estado sometidas a presiones después de su formación. Estos cristales encierran pequeños restos del agregado granoblástico.

El conjunto de granos de feldespato está atravesado por guías de minerales meta-nocráticos constituidas por un entrecrecimiento de anfíbola y piroxena. La anfíbola tiene color verde pálido con pleocroísmo poco pronunciado  $Z : c = 21^\circ$ , es decir, se trata de actinolita. La piroxena es de la serie diópsido-clino enstatita que hemos visto en la generalidad de las metaporfiritas.

De estos caracteres se deduce que en estas rocas, al mismo tiempo de producirse la feldespatización ha tenido lugar la transferencia de los minerales ferromagnesianos desde la masa fundamental granoblástica a las guías.

Para que haya tenido lugar este proceso se requieren dos condiciones: un fracturamiento y la presencia de soluciones que hayan efectuado el transporte. Como las guías atraviesan a los grandes porfiroblastos de feldespato el fluido que sirvió de vehículo para el transporte pudo ser el mismo que contribuyó a la formación de los fenocristales.

En algunas muestras la hornblenda verde pálido ha invadido enteramente la roca a partir de las guías primitivas. En estas muestras aparecen también guías de titanita acompañadas de magnetita posteriores a la hornblenda.

La presencia de los minerales ferromagnesianos en las guías atravesando el agregado granoblástico de feldespato nos indica, desde luego, una segregación producida por agentes fluidos que circularon por las grietas, los cuales, al mismo tiempo de retirar los minerales ferromagnesianos de la masa granoblástica, introdujeron sustancia feldespática a ella, produciendo entonces el mosaico homogéneo y también el reemplazo de parte de este mosaico por los grandes porfiroblastos. Los feldespatos que se han generado de este modo son ligeramente más albiticos que los correspondientes a las rocas en las cuales el agregado granoblástico consta de plagioclasa y diópsido.

Como acción póstuma se observa una escasa sericitización en los feldespatos con segregación de epidota y zoisita.

Pero la existencia de estas rocas con fuerte diferenciación metamórfica no es general en las vecindades del contacto, pues 1.5 km. más al sur de las anteriores, en las vecindades mismas del contacto encontramos otras con el color gris verdoso de las porfiritas normales debido a que la masa fundamental granoblástica, aunque ha experimentado cierta segregación metamórfica con reunión del diópsido en ciertas guías, estos cristales aparecen también diseminados irregularmente en el mosaico feldespático. El diópsido en parte está transformado en hornblenda con pleocroísmo entre verde pasto y amarillento en las secciones según (010) y a veces con tonos azulados, indicando cierta proporción de álcalis. Los fenocristales de plagioclasa que muestran generalmente sus líneas de maclas polisintéticas encorvadas, llevan con frecuencia guécillas muy diminutas de ortoclasa.

Un análisis químico de esta roca figura en el cuadro II, bajo la denominación HP-101 y allí se puede ver que no hay gran diferencia con la porfirita original HI-104.

Llama la atención en las metaporfiritas la ausencia casi absoluta de magnetita.

## QUIMISMO

En el cuadro de análisis figuran los correspondientes a las siguientes muestras:  
 HI-104 Porfírita fresca en la Cuesta Buenos Aires.

HP-20 Porfírita con poco metamorfismo termal en el portezuelo del camino a Totoralillo.

HP-101 Metaporfírita en la falda del Cerro Cimarrona.

HP-52 Metaporfírita en el cordón de Cerro Grande a Portezuelo-Guayacán.

HP-53 Metaporfírita en el mismo cordón.

HI-126 Xenolita de porfírita intercalada en el batolito, al norte de la Quebrada El Sauce.

Si se comparan los parámetros de Niggli de esta serie con los correspondientes a las rocas córneas, se observa que no hay diferencias fundamentales, pues en ambas series los diversos valores oscilan entre los mismos límites. Esto podría atribuirse a que los sedimentos de los cuales se originaron las rocas córneas provengan de materiales porfíricos.

En la curva respectiva puede verse la gran analogía para *c*, *fm*, *al* y *alk* entre las muestras Hj-104 y HI-126, las cuales muestran poco metamorfismo termal. Prescindiendo de estas dos muestras la curva *c+fm*, *al* y *alk* son relativamente regulares, lo cual demuestra que la proporción de CaO y (Fe'O Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+MgO) varían en proporciones inversas.

También puede observarse que la tendencia de las curvas de las rocas córneas es diferente, pues en las primeras, a medida que sube *si* baja *c+fm* y suben *al* y *alk*; mientras que en las segundas con el aumento de *si* sube *c+fm* y bajan *al* y *alk*.

Es preciso considerar que el número de muestras analizadas es escaso para sentar una regla general.

CUADRO II

Muestra Grupo	HI-104	HP-20	HP-101	HP-53	HI-126	HP-52	Hi-229	Hi-167	Hi-76
SiO <sub>2</sub> .....	52.89	62.00	50.51	56.50	53.11	55.80	51.21	48.60	50.20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	15.68	10.37	18.45	15.18	12.39	15.10	15.18	15.24	16.90
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	8.73	7.38	5.75	2.72	5.65	4.44	4.60	5.43	3.13
FeO .....	7.45	6.06	4.21	5.03	7.15	4.01	5.42	4.27	9.61
MgO .....	2.95	2.21	4.21	2.97	3.55	5.95	6.02	6.63	4.60
CaO .....	5.76	9.04	6.31	10.85	4.79	7.76	8.16	10.01	6.71
Na <sub>2</sub> O .....	3.25	2.31	4.86	4.00	4.06	4.01	4.70	4.98	4.11
K <sub>2</sub> O .....	0.93	1.19	1.24	1.72	2.47	1.82	1.82	2.03	1.99
TiO <sub>2</sub> .....	0.04	..	1.30	..	..	0.06	0.41	0.34	0.01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	..	..	..	0.12	..	..	0.80	..	..
H <sub>2</sub> O+110° ..	0.37	0.02	1.13	0.31	0.74	0.29	0.98	..	0.59
H <sub>2</sub> O-110 .....	..	0.08	0.25	..	0.53	..	..	..	..

## PARÁMETROS DE NICOLI

Muestra Grupo	HI-104	HP-20	HP-101	HP-53	HI-126	HP-52	Hi-229	Hi-107	Hi-76
si .....	145.5	190	133	156.1	173	147.5	126	110.3	126.5
al.....	25.3	18.7	29.2	24.6	21.8	23.3	21.9	20.3	25
fm .....	47.4	42.5	38.0	29.5	46.4	41.5	42.2	40.6	43.6
c .....	17.0	29.6	18.2	32.2	15.4	21.9	21.5	24.9	18.3
alk.....	10.3	9.2	14.6	13.7	16.4	13.3	14.4	14.2	13.1
k.....	0.16	0.26	0.14	0.22	0.29	0.23	0.22	0.22	0.24
mg.....	0.26	0.24	0.45	0.42	0.34	0.57	0.53	0.57	0.40
c/fm .....	0.36	0.70	0.48	1.09	0.33	0.52	0.51	0.61	0.42
corte .....	III	V	IV	VI	III	IV	IV	IV	III
Magma	Gabro Diorítico								

## LAS METADIORITAS

Estas rocas constituyen un pequeño macizo cuyo afloramiento tiene forma más o menos elíptica, su eje mayor, con rumbo NO. corresponde a la quebrada que baja de la mina San Ramón. El borde NE. es algo sinuoso, pero en general sigue más o menos cercano a la quebrada Higuera y el SO. pasa por la quebrada Tránsito. Hacia el SE. el límite va por las inmediaciones del camino carretero a la mina Tránsito. El límite NO. no es visible porque está cubierto por los rodados modernos.

La composición petrográfica de este macizo es muy heterogénea tanto por las diferenciaciones primarias como por las distintas características texturales impresas por el metamorfismo; pero la pobreza de afloramientos, la gran analogía que presentan las diversas facies en su aspecto megoscópico y las transiciones graduales entre uno y otro tipo, hace casi imposible una planificación correcta de estas diversas facies, salvo que se dedique a ello un tiempo apreciable y se lleve simultáneamente el estudio de terreno con el estudio microscópico, lo que no se justifica dadas las finalidades de esta monografía. Por tal motivo hemos planificado toda el área como un solo conjunto.

Este macizo se pone en contacto hacia el N. y E. con las Rocas Córneas de la Higuera y hacia el S. con las Metaporfiritas.

Considerando la distribución areal de estas rocas no queda lugar a dudas de que se trata de una inyección dentro del grupo metamórfico constituido por las Rocas Córneas Higuera y las Metaporfiritas, ya que en la parte SE. del distrito, estos dos grupos se ponen en contacto normal sin que aparezcan indicios de las Metadioritas. En cuanto a la edad de la intrusión, ella es posiblemente anterior a la del batolito andino, pues ha sido afectada por el metamorfismo de modo que podemos considerarla como la facies intrusiva de las porfiritas jurásicas.

Un hecho interesante de observar es que todas las vetas de cobre terminan bruscamente al encontrarse con este macizo, lo cual sugiere la idea que fuera posterior

a ellas; pero como sabemos que dichas vetas son posteriores a la consolidación del batolito, tal idea no se justifica de modo que el desaparecimiento es preciso atribuirlo sólo a condiciones estructurales.

En esta inyección de metadiorita es muy abundante siempre la magnetita que aparece finamente diseminada en la roca, en proporción de más o menos 5 a 10% y también se encuentran en ella algunas vetas de magnetita con anfíbola, pero de poca importancia. Además es relativamente frecuente la apatita, pero su distribución es mucho más errática que la de magnetita y ella se ubica de preferencia en vetillas que siguen grietas de enfriamiento o en lugares esporádicos de la roca provocando en este caso una cristalización de los feldespatos y anfíbolos en forma algo más gruesa que la normal.

Desde el punto de vista de su composición mineralógica todo el macizo es bastante homogéneo. Los minerales predominantes son siempre hornblenda y plagioclasa con composiciones variables entre oligoclasa y andesina. A veces aparece también algo de clinopiroxenas. Pero desde el punto de vista textural se presentan diferencias bien apreciables, tanto de carácter primario como metamórfico. Esto hace pensar que se trata de inyecciones sucesivas, es decir que el primer cuerpo magmático haya sido atravesado por filones sucesivos caracterizados por una textura porfírica muy acentuada.

#### PETROGRAFIA DE LAS METADIORITAS

A continuación describiremos los distintos grupos en que hemos reunido los tipos petrográficos que componen este macizo:

a) *Microdioritas con escaso metamorfismo.*—Estas son rocas de color negro, ligeramente verdosas, de grano muy fino a fino constituido por feldespato y anfíbola.

Bajo el microscopio aparecen formadas por plagioclasa hornblenda y en cantidades menores biotita, titanita, apatita y magnetita. La textura es hipidiomorfa granular en las variedades de grano más grueso, con tendencia a diabásica en las más finas. La plagioclasa se presenta en cristales tabulares de 1 a 4 mm., predominando los primeros, lleva maclas de albita y en casos raros de periclina. Su composición es andesina  $An_{45}$ . La mayor parte de los cristales tienen composición casi homogénea; pero en algunos casos aparece estructura zonar acentuada. La mayoría llevan en su interior inclusiones negras diminutas del orden de 1 micrón, orientadas según los planos de maclas y clivajes y a veces contienen cristalitas de anfíbola y apatita. La anfíbola es una hornblenda con el siguiente pleocroísmo:

X=amarillento; Y=verde pasto; Z=verde pasto claro; se presenta en cristales hasta de 4 mm. de largo; con frecuencia está llena con inclusiones de magnetita y a veces en el contacto entre estos 2 minerales se produce algo de epidota; algunos exhiben maclas según (100). La biotita aparece en pequeñas cantidades y con pleocroísmo poco acentuado. La titanita está generalmente en granos pequeños, pero en ciertos casos forma manchas mayores por la agrupación de varios cristales.

Aunque en este grupo predomina la textura hipidiomorfa, se suele notar entre los granos, agregados granoblásticos formados por feldespato y anfíbola. En ellos es más frecuente la apatita, la cual se encuentra también, pero raras veces, en granos relati-

vamente grandes, reemplazando la anfíbola. Esto parece indicar que el metamorfismo ha sido simultáneo con la segregación de los hiperfusibles provocada por acciones dinámicas y termales.

El hecho de que estas rocas muestren un metamorfismo tan escaso y, sin embargo, lleven feldespatos negros por las inclusiones, parece indicar que éstas no tengan un origen metamórfico sino que sean primarias.

El análisis de un ejemplar característico de este grupo figura en el cuadro de análisis II, bajo la denominación Hí-229, pág. 109.

Según estos valores la roca corresponde al magma gabrodiorítico (Niggli, 1923, pág. 126).

El cálculo de la norma no da resultados satisfactorios porque parece que la anfíbola contiene cantidades apreciables de sílice y alcalis, lo cual falsea el cálculo de los feldespatos.

b) *Microdioritas porfíricas con masa fundamental parcialmente granoblástica.*— Estas rocas muestran un metamorfismo algo más acentuado que las del grupo anterior, aunque en su aspecto megascópico son casi idénticas.

Tienen siempre textura porfírica con una masa fundamental microgranular y fenocristales de plagioclasa y en menor proporción de anfíbola.

Los fenocristales de plagioclasa se presentan con tamaños variables de 2 a 4 mm. con maclas de albita y a veces también de periclina. Su composición es en general oligoclasa-albita, con variaciones entre los dos extremos. En algunos ejemplares los feldespatos contienen las mismas inclusiones negras que hemos visto en los tipos anteriores. En ciertos individuos aparece una periferia formada por los feldespatos con las inclusiones negras, mientras que el centro lleva abundante biotita y una anfíbola alcalina verde azuleja.

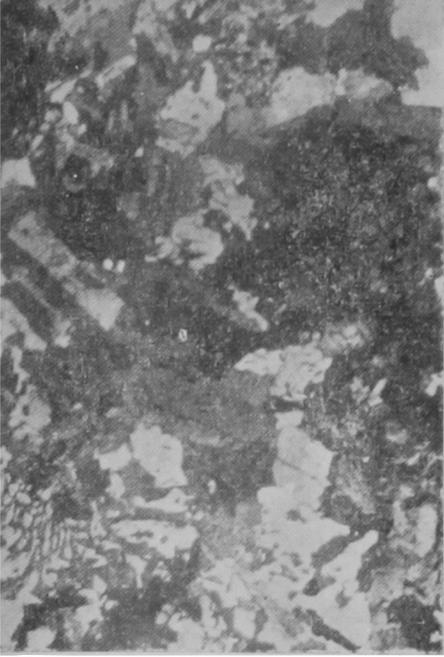
Se encuentran también pequeños fenocristales de anfíbola verde pálida, análoga a la de la masa fundamental.

A veces los fenocristales de feldespato muestran fenómenos de presiones que se manifiestan por el encorvamiento de las líneas de maclas y este fenómeno casi siempre va acompañado de una textura paralela en la masa fundamental, la cual se encorva en las esquinas de los granos de feldespato.

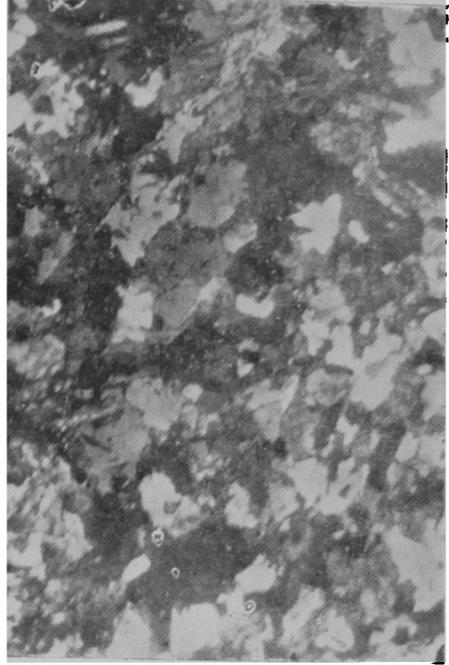
Muchas veces los fenocristales de feldespato encierran inclusiones de otros feldespatos o de anfíbola correspondientes a la masa fundamental. Además es frecuente que los contactos entre la masa fundamental granoblástica sea indeciso, lo cual parece indicar que los fenocristales fueron corroídos por esta última o bien que los feldespatos han crecido en forma de porfiroblastos. A juzgar por las inclusiones que llevan es más probable esta última suposición.

Llama la atención el hecho que cuando los fenocristales encierran inclusiones de feldespatos correspondientes a la masa fundamental, estos últimos son bien transparentes, en cambio los otros tienen aspecto enteramente turbio por las inclusiones. Sin embargo, dentro de estos feldespatos turbios se encuentran algunas áreas que corresponden a una recristalización, mediante la cual el feldespato se ha liberado de las inclusiones, las cuales han recristalizado en forma de granitos de anfíbola.

A veces los fenocristales están atravesados por granos de anfíbola pálida con algo de titanita, los cuales parten de la masa fundamental.



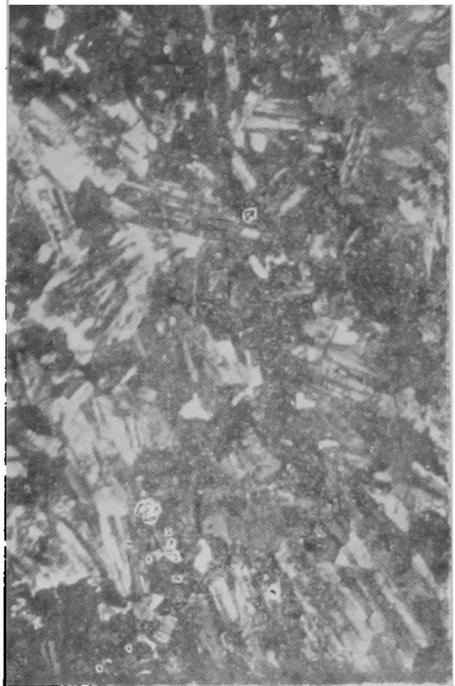
HP-11. Granodiorita rosada constituida por Plagioclasa, Ortoclasa, cuarzo, anfíbola, biotita y agregados grafo graníticos. Con analizador. Aumento 25 x. Pág. 73.



HP-19. Granito constituido por Ortoclasa, Plagioclasa, cuarzo y Biotita. Con analizador. Aumento 25 x. Pág. 75.



HI-108. Microgabro porfírico de Anfíbola y Plagioclasa. Con analizador. Aumento 50 x. Pág. 77.



HP-76. Meladiorita de Anfíbola y Andesina. Con analizador. Aumento 25 x. Pág. 79.



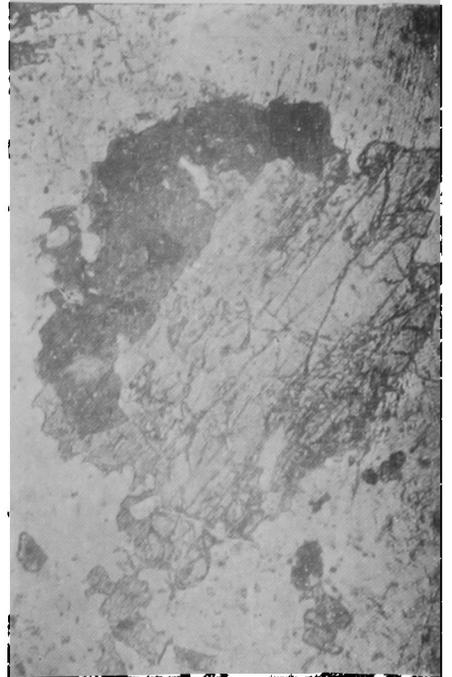
HP-75. Granodiorita de Anfibola y Biotita. Con analizador. Aumento 25 x. Pág. 81.



Cortada 2. Diorita de Anfibola y Magnetita. Con analizador. Aumento 25 x.



Hi-274. Hiperita constituida por labradorita, augita, enstatita, anfibola, biotita y magnetita. Con analizador. Aumento 25 x. Pág. 88.



HP-57. Cristal de enstatita rodeado por anfibola y biotita en Grano Hiperita. Sin analizador. Aumento 50 x. Pág. 89.

En ciertos casos los fenocristales han sido rotos por la presión de la masa fundamental, la cual los atraviesa.

Los fenocristales de anfíbola son más escasos y pequeños que los de feldespato y se han formado generalmente por la unión de varios cristales de anfíbola de la masa fundamental. También sus características ópticas son análogas, es decir con pleocroísmo Z=verde pálido; Y=verde pardusco claro; X=amarillento.

En algunas muestras la anfíbola encierra granos de una piroxena que tiene mucha analogía con la que se encuentra en las rocas córneas y al transformarse la piroxena en anfíbola se ha producido muchas veces segregación de titanita que aparece rodeando los prismas de anfíbola.

La masa fundamental está constituida principalmente por oligoclasa, anfíbola y magnetita. Esta última suele ocupar el 10% de la roca. Los primeros se presentan en granos alotriomorfos de 0.1 a 0.2 mm.; a veces en forma de un agregado hipidiomorfo granular y en otras como un mosaico de granos cristaloblásticos.

c) *Microdioritas porfíricas con masa fundamental granoblástica*.—Estas rocas en su aspecto megascópico son también muy análogas a las anteriores. Tienen color negro a ligeramente verdoso, textura porfírica con masa fundamental sacaroide, de grano muy fino a fino y fenocristales de feldespatos de tamaños variables entre 2 y 20 mm.

La masa fundamental muestra textura granoblástica y está constituida por plagioclasa y anfíbola en cristales xenomórficos, generalmente redondeados, cuyo diámetro oscila alrededor de 0.2 mm.; generalmente no llevan maclas o ellas están poco definidas; cuando aparecen mejor desarrolladas se puede observar las de albita y periclina. Su composición no es uniforme en los diversos ejemplares estudiados, pero siempre quedan encerradas en el cantón de la oligoclasa.

La anfíbola aparece también en cristales xenomórficos; pero tiene la tendencia a desarrollar las caras laterales. Es débilmente pleocroica con Z=verde claro; Y=X=incoloro.

En raros casos muestra maclas según (100). Por sus características corresponde a hornblenda. La proporción de anfíbola a feldespato varía más o menos entre 1 : 1 y 1 : 2.

La magnetita es abundante apareciendo algunos ejemplares casi en la misma proporción que la anfíbola.

En ciertos casos hay granos de titanita y apatita formando parte del agregado granoblástico y con dimensiones análogas a las que tienen los granos de este último. A veces los granos de apatita tienden a formar guías. También suele encontrarse algo de piroxena y en casos muy raros lazurita.

En algunos ejemplares la masa fundamental presenta áreas en las cuales ha experimentado una mayor recristalización, apareciendo un mosaico de oligoclasa en cristales de 0.5 a 1 mm. de diámetro con maclas más desarrolladas que en el caso corriente y entonces la anfíbola también adquiere dimensiones mayores, lo mismo que la titanita. Al avanzar más aún esta recristalización se empiezan a formar porfiroblastos de feldespato que encierran individuos menores del mismo mineral.

Los fenocristales más abundantes son los de plagioclasa que muestran tamaños variables entre 2 y 20 mm. A veces tienen color blanco lechoso. La composición es variable entre andesina cálcica  $An_{45}$  y oligoclasa  $An_{20}$ . En los miembros más cál-

cicos aparece una estructura zonar bien desarrollada con núcleos más cálcicos y periferias más alcalinas. La transición entre núcleos y periferias se produce a veces por capas, en otros casos es continua. Las maclas más frecuentes son las de albita, pero en ciertos casos aparece también la de periclina.

En algunos ejemplares existen dos tipos de porfiroblastos: unos aislados y bien individualizados y otros formados por el agrupamiento de diversos cristales que se han generado por el avance de la recristalización de la masa fundamental. Estos grandes porfiroblastos, que tienen dimensiones hasta de 2 cm., muestran características muy variables. El área principal del cristal tiene aspecto turbio por una gran cantidad de inclusiones en granitos de 1 micrón y menos, en forma de pequeñas fibras. Cuando están recristalizadas o tamaños mayores tienen las características de la hornblenda. Por la presencia de estas inclusiones el cristal toma el aspecto de un feldespató meteorizado, pero debido al hecho que dentro del mismo cristal meteorizado hay áreas ocupadas por otros feldespatos idiomorfos bien transparentes, siendo brusca la transición entre unos y otros hace suponer que las inclusiones no tengan nada que ver con la meteorización. Estos cristales de feldespató límpidos llevan maclas bien definidas según las leyes de Carlsbad y Albita, y encierran pociloblásticamente granitos de anfíbola. Además, dentro de la masa principal del porfiroblasto aparecen algunas áreas cuadráticas, también llenas con inclusiones, pero con distinta orientación óptica que el cristal principal y en la periferia de ellas se ha producido una acumulación de granitos de anfíbola. Por estas características debemos considerar tales porfiroblastos como formados en la etapa inicial del metamorfismo, con una estructura cristalina poco definida, pero a medida que avanzaba el metamorfismo termal las diversas substancias empezaron a ordenarse. Como la apatita los reemplaza en parte, ella habrá penetrado al final del proceso.

Hay ciertos fenocristales de feldespató cuyas partes centrales están transformadas en un agregado fibroso de sericita con algunas inclusiones de biotita y escasas manchas de epidota. Llama la atención el hecho que a pesar de encontrarse los fenocristales fuertemente afectados por la alteración antes mencionada, los de la masa fundamental granoblástica están completamente frescos, lo que sugiere la idea que tal alteración es previa al metamorfismo, es decir que se trataría de fenocristales primitivos alterados deutéricamente y los procesos que produjeron la recristalización de la masa fundamental habrían afectado solamente las partes marginales de dichos fenocristales. Un hecho que parecería corroborar tal suposición es la presencia de hojitas diminutas de biotita provenientes de la reacción de la sericita con la clorita.

En ciertos casos queda de manifiesto la formación de los porfiroblastos simultánea con la masa fundamental, porque esta última aparece empujada por el feldespató.

Mediante un proceso análogo al descrito se han formado porfiroblastos de anfíbola por el agrupamiento y recristalización de la anfíbola diseminada en la pasta.

Por sus características metamórficas acentuadas parece que estas rocas fueran inclusiones del techo dentro del macizo de microdiorita; pero solamente en el caso de la muestra Hi-230 queda bien visible que se trata de un bloque de más o menos 2 m. dentro de la microdiorita a la cual corresponde el análisis que hemos dado más arriba (Hi-229) (lámina III, figura 4).

d) *Microdioritas porfíricas con masa fundamental granoblástica y fuerte segregación de anfíbola.*—En estas rocas la anfíbola se ha concentrado en manchas relativamente grandes, tomadas por un agrupamiento de granos de este mineral, quedando así áreas extensas ocupadas exclusivamente por el agregado granoblástico de feldespato. Cuando la segregación está más avanzada los granitos de anfíbola pierden su individualidad y se reúnen para formar cristales mayores, los cuales se diferencian de los granos primitivos no solamente por el tamaño sino también en el color, pues el pleocroísmo se hace intenso con Z=verde oscuro a pardusco, de modo que esta anfíbola es muy semejante a la que existe en las rocas córneas de plagioclasa y anfíbola que envuelven por el E. a este macizo de metadiorita. También la mayor segregación de anfíbola va acompañada por apatita y titanita relativamente abundantes y se forma algo de epidota.

e) *Microdiorita leucocrática.*—Ellas aparecen en áreas relativamente reducidas y se caracterizan por un contenido muy escaso en anfíbola, la cual se presenta en guías de 1 a 2 mm. de espesor, pero podría tratarse de una roca correspondiente a las Rocas Córneas Higuera.

f) *Seudo Dioritas.*—Estas rocas que aparecen en manchas aisladas son de color gris verdoso con todo el aspecto de una diorita anfibólica normal constituida por granos de feldespato blanco y anfíbola verdosa de modo que se diferencian totalmente en su aspecto megascópico de las que hemos visto anteriormente, las cuales tienen un carácter homogéneo casi afanítico.

Sin embargo, a la observación microscópica se revelan idénticas a los microdioritas porfíricas, con la diferencia que la anfíbola se ha segregado en ciertas manchas que le dan el aspecto de cristales homogéneos. Ella suele aparecer en guías largas que atraviesan la masa fundamental y los fenocristales del feldespato, y en estas guías es frecuente la presencia de apatita y titanita.

En algunas muestras existe también una anfíbola azuleja alcalina y algo de epidota.

Cuando los cristales de anfíbola adquieren formas más definidas, encierran inclusiones poeciloblásticas de oligoclasa bien transparente y sin maclas.

En estas rocas está evidente la segregación de la anfíbola efectuada por los procesos metamórficos que provocaron la concentración de hiperfusibles en lugares esporádicos.

g) *Filones de Pórfidos Dioríticos con Feldespatos Negros.*—Estos filones atraviesan las rocas anteriormente descritas con rumbo general NO. y potencia que varía de 2 a 20 m. aproximadamente. Los describimos en este acápite porque tienen gran analogía con ellas.

Son rocas porfíricas con masa fundamental microcristalinas y fenocristales de feldespato tabulares de 5 a 20 mm. de largo, de color enteramente negro. Algunos llevan también fenocristales de anfíbola, pero en muy escasas proporción.

La textura varía al parecer según la potencia del filón en el sentido que la masa fundamental es más fina mientras menor sea la potencia. Describiremos a continua-

ción tres tipos para apreciar las diferencias de textura, ordenadas según el grado decreciente de los cristales de la masa fundamental.

Hi-137—Macr. Roca de color negro, porfírica. Masa fundamental microcristalina; fenocristales negros de feldespato tabulares hasta de  $5 \times 1$  mm.

Micr. La masa fundamental tiene textura pilotaxítica y está constituida por cristallitos de feldespato alargados hasta de 0.05 mm., sin formas propias, con maclas poco desarrolladas. Su composición es oligoclasa, pero no se puede determinar con precisión. Entre los feldespatos y más o menos en igual proporción, existen cristales alotriomorfos de anfíbola con pleocroísmo poco marcado entre verde pálido e incoloro. Participan también, en la composición de la masa fundamental, abundantes granos de magnetita y algunos escasos de titanita, que a veces llegan a tener dimensiones relativamente grandes (hasta 0.3 mm.). Esta masa fundamental tiene la apariencia de haber sido recristalizada, pero no hay antecedentes claros que permitan asegurarlo.

Los fenocristales son de feldespato y anfíbola. El primero, cuya composición corresponde a andesina  $An_{45}$ , aparece en cristales alargados con maclas de albita y a veces también de periclina. Lleva, como en las muestras que describiremos más adelante, inclusiones diminutas orientadas a lo largo de los planos de clivaje y en los maclas. En algunos casos las inclusiones negras se han acumulado en la periferia del cristal y de ellas parten guías transversales constituidas por un enjambre de las inclusiones negras. Los fenocristales de anfíbola se presentan en prismas alargados hasta de 1 mm. de largo, generalmente llevan maclas según (100); su pleocroísmo es débil  $Z$ =verde esmeralda;  $Y=X$ =incoloro. Algunos ejemplares están algo cloritizados y contienen en parte las mismas inclusiones diminutas como los feldespatos. Hay escasos fenocristales de biotita provenientes de la alteración de la anfíbola; ella se presenta también en guías, junto con magnetita, atravesando la masa fundamental y los fenocristales de feldespato.

Hi-167—Macr. Roca de color gris negruzco, porfírica con masa fundamental de grano muy fino constituida por anfíbola negra y feldespato blanco grisáceo. Los fenocristales son de feldespato negro con forma tabular hasta de 15 mm. de largo.

Micr. La masa fundamental tiene textura bostonítica y está constituida por cristales de plagioclasa de 0.2 a 0.4 mm.; maclados según la ley de Albita; su composición es andesina sódica. Estos cristales están dispuestos desordenadamente y entre ellos aparece hornblenda con pleocroísmo entre verde pálido y verde amarillento. A veces los cristales de anfíbola están agrupados y sólo en raros casos se encuentran cristales individuales que alcancen una longitud de 1 mm. En la masa fundamental se encuentran también escasos granos de cuarzo, abundante titanita en granos xenomórficos, bastante magnetita en contacto con la titanita o anfíbola y pequeñas cantidades de apatita.

Los fenocristales de feldespato están bien maclados según la ley de Albita y a veces también Periclina. Algunos tienen composición relativamente homogénea y corresponden a andesina  $An_{45}$ . Otros muestran estructura zonar pronunciada con núcleos de labradorita y periferias de oligoclasa. El color negro de estos feldespatos se debe a inclusiones que aparecen como puntitos negros con diámetro de 0.001 mm. y menos, las cuales están orientadas a lo largo de los planos de maclas y de clivaje; algunas de ellas se reúnen para formar enjambres en forma de plumas como escopu-

litas o triquitas. También se encuentran a lo largo de los planos de clivaje hojitas de biotita muy finas, de más o menos 0.001 mm. de espesor. Dentro de los feldespatos hay además granos de anfíbola y magnetita dispersos.

Hi-170—Esta roca casi no tiene las características porfíricas de las anteriores, tal vez por corresponder a la parte central de un filón, en la cual la cristalización se ha podido producir de un modo más perfecto.

Macr. Roca de color negro, ligeramente verdoso, textura granular de grano muy fino, constituida por feldespato blanco grisáceo y anfíbola negra verdosa.

Micr. Textura hipidiomorfa granular, constituida por plagioclasa, hornblenda y en cantidades menores biotita, titanita, magnetita y apatita. La plagioclasa se presenta en cristales tabulares de 1 a 4 mm., predominando los primeros; lleva maclas de albita y en casos raros de periclina, su composición es andesina  $An_{45}$ . La mayoría de los cristales son homogéneos; pero otros muestran estructura zonar acentuada. La mayor parte de los cristales de feldespato llevan en su interior las inclusiones diminutas que hemos descrito para la muestra anterior, orientadas según los planos de maclas y clivajes. Dentro de la plagioclasa se suelen encontrar también cristallitos de anfíbola y apatita.

La anfíbola es una hornblenda con el siguiente pleocroísmo Z: =verde pasto claro; Y=verde pasto; X=amarillento. Ella se presenta en cristales hasta de 4 mm. de largo y con frecuencia está llena con inclusiones de magnetita; a veces en el contacto entre estos dos minerales se produce algo de epidota, lo que demuestra su introducción en una etapa avanzada. Algunos individuos están maclados según (100).

La biotita aparece en pequeñas cantidades y tiene pleocroísmo poco acentuado.

En el contacto entre dos cristales suelen aparecer agregados granoblásticos formados por feldespato y anfíbola y en ellos es más frecuente la apatita.

La titanita se encuentra en algunos casos formando manchas relativamente grandes.

Estos tres tipos de rocas presentan el problema del origen de las inclusiones negras de los feldespatos. Un análisis del material escogido figura bajo la denominación Hi-167a en el cuadro II de análisis, pág. 109. En él llama la atención la gran analogía con la microdiorita Hi-229, lo cual se podría explicar suponiendo que el feldespato, al formarse, englobó una gran cantidad de material vítreo cuya composición era análoga a la de la roca considerada en su totalidad.

#### LOS FILONES EN LAS METADIORITAS

El macizo de metadiorita está atravesado por varios filones y vetas que los podemos agrupar del siguiente modo:

- a) Filones de anfíbolitas.
- b) Filones de pegmatitas de anfíbola.
- c) Albitófiros.
- d) Vetas de apatita y magnetita.

## ANFIBOLITAS

Son generalmente de corridas cortas y de potencias que varían de pocos centímetros hasta 5 m. El más largo tiene una corrida visible de 250 m., acuñándose en ambos extremos. Su rumbo es NO. y la inclinación vertical.

En estos diques la anfíbola forma un agregado compacto de color negro verdoso y aspecto sedoso. Bajo el microscopio aparece un agregado de cristales de anfíbola dispuestos desordenadamente. Los granos individuales tienen formas prismáticas con largos variables entre 0.5 y 1 m. Algunos ejemplares son equigranulares, pero en otros dentro de una masa de cristalización más gruesa aparecen lentes de cristalización más fina. Las características ópticas de esta anfíbola son:

$$\begin{array}{lll} Z = \text{verde esmeralda;} & Y = \text{verde oliva;} & X = \text{amarillento;} \\ Z : c = 16^\circ & & 2V = -72^\circ \end{array}$$

Un análisis de esta roca aparece en el cuadro II de análisis bajo la denominación Hi-76.

Según estos caracteres se trata de una mezcla de hornblenda con una proporción apreciable de anfíbola alcalina. Llama la atención que los parámetros de Niggli son casi idénticos en este filón de anfíbolita y en la microdiorita Hi-223 que ellos atraviesan, lo cual parece indicar que no se ha producido diferenciación química a medida que avanzaba el proceso de consolidación, o bien que los filones de anfíbolita son el resultado de la solución de los diversos elementos de la microdiorita por los flúidos residuales y depositación posterior en forma de anfíbola casi exenta de feldespatos. (La muestra analizada no tiene rastros de feldespatos).

A veces existen vetillas de cuarzo o de apatita dentro de la anfíbola.

Este tipo de vetas de anfíbola se encuentra solamente dentro del macizo de las metadioritas y son muy diferentes de las que constituyen las vetas metalíferas derivadas del batolito. Y además sus rumbos son muy distintos. Por tal motivo las consideramos como resultado de la diferenciación del macizo diorítico.

## PEGMATITAS DE ANFÍBOLA

Estas pegmatitas se presentan en forma de guías lenticulares de pequeña corrida. Están constituidas principalmente por hornblenda negra y feldespatos blanco rosáceos, ambos minerales en cristales de 2 a 20 mm. Se encuentra además en ellas pequeñas cantidades de diópsido verde amarillento junto con la anfíbola. El feldespato no se pudo determinar con certeza por la gran cantidad de inclusiones arcillosas que contiene, pero en general está entre oligoclasa y andesina; muestra maclas de albita algo rudimentarias, pues aparecen sólo en una parte del cristal, y a veces también de periclina. Dentro del feldespato hay algunas inclusiones de muscovita.

## ALBITOFIROS

En la región situada en la parte NO. del morro de las Apatitas aparece un filón de albitófiro formado por 2 ramas que en parte se unen y en otras se separan con rumbo general NO. La potencia de cada rama oscila entre 5 y 10 m., y la corrida visible es de 250 m.; pero hay antecedentes de que se continúa más al SE.

El material del filón es una roca de color gris ceniciento a rosáceo, holocristalina, de grano muy fino. Está constituida principalmente por feldespato blanco lechoso y pequeñas cantidades de anfíbola verdosa.

Bajo el microscopio nuestra textura holocristalina, ligeramente porfírica. La masa fundamental está formada por cristalitas de albita de más o menos 0.5 mm. de largo, dispuestos desordenadamente, con contornos mutuos. Su composición es aproximadamente albita  $An_{10}$ , pero no se puede determinar con seguridad porque los cristales están muy turbios debido a las inclusiones arcillosas; ellos exhiben maclas de Albita y a veces también de Carlsbad. Dispersos en la masa fundamental existen algunos cristalitas de anfíbola con pleocroísmo débil entre verde esmeralda e incoloro en las secciones según (010), lo cual indica su carácter alcalino. Hay además bastante magnetita y algo de titanita, apatita y cuarzo. Los fenocristales son también de albita  $An_{10}$  y encierran algunas inclusiones de anfíbola y titanita. La magnetita se suele encontrar también en granos hasta de 1 mm., encerrando diversos minerales de la roca.

Siguiendo por la corrida hacia el SE., más allá del término del filón, aparecen algunas manchas en que la diorita ha sido granitizada por él, transformándose en un agregado de oligoclasa-albita, anfíbola verde pálida y abundante cuarzo.

Entre las dos ramas del filón la microdiorita ha experimentado, también, un ligero metamorfismo que se manifiesta por alcalinización de la anfíbola.

Este filón de albitófiro es el único que existe en la región.

## LAS VETAS DE MAGNETITA Y DE APATITA

En la región ocupada por las metadioritas se presentan algunas vetas de magnetita que no guardan relación con las vetas de magnetita cuprífera que han sido explotadas en este distrito.

El afloramiento más importante de este tipo de vetas es el que aparece en la falda S. del cerro por donde va la línea de transmisión, más o menos frente a la entrada del socavón Juan Muñoz. Se trata de una serie de vetas de magnetita de rumbo NE y aproximadamente verticales que alternan con otras de anfíbola según el siguiente perfil de oeste a este:

- 1.00 m. Microdiorita muy alterada.
- 0.80 m. Microdiorita.
- 17.00 m. Roca muy descompuesta transformada en un material verdoso amarillento y guías de caolín.
- 0.80 m. Veta de magnetita.
- 0.80 m. Microdiorita muy descompuesta.

- 2.50 m. Material limonítido verdoso a rojizo con guías de magnetita.
- 0.40 m. Magnetita muy pura
- 0.20 m. Anfíbola con inclusiones de magnetita.
- 0.20 m. Magnetita.
- 0.20 m. Anfíbola en cristales largos.
- 0.60 m. Magnetita con escasas inclusiones de anfíbola.
- 0.20 m. Roca muy descompuesta.
- 0.30 m. Anfíbola en cristales largos dispuestos perpendicularmente a las salbandas.
- 0.60 m. Magnetita con inclusiones y guías angostas de apatita.
- 0.10 m. Lente de anfíbola.
- 1.20 m. Magnetita en partes con lentes de apatita.

Hacia el E. sigue el terreno encapado.

De este perfil se deduce que aquí el terreno está formado por la microdiorita con numerosas guías de magnetita de potencias reducidas.

El levantamiento magnético acusó en esta región una anomalía magnética considerable que alcanza a  $-8,000$  (considerando 0 como nivel de referencia), y la curva correspondiente abarca un área elíptica cuyo eje mayor tiene rumbo NE. y una longitud de 180 m.; el eje menor es de 70 m.

La existencia de esta anomalía parecería indicar la existencia de un cuerpo de magnetita de mayor importancia que lo que se puede deducir de los afloramientos, lo cual podría ocurrir si las diversas guías que aparecen en el perfil descrito se unieran hacia abajo.

Tal suposición se justificaría por el hecho que según el perfil anterior la zona de roca descompuesta que encierra a la magnetita y anfíbola tiene más o menos 25 m. de ancho, la cual podría mineralizarse totalmente en profundidad.

Hacia el sur de esta anomalía pueden verse en el plano magnético varias otras, aunque de menor importancia en los valores máximos. Como el terreno está muy encapado no se pueden hacer estudios geológicos superficiales, salvo que se despeje. Un hecho interesante es que en la superficie que corresponde a algunas de ellas abundan los rodados de magnetita.

Estos depósitos de magnetita, cuya importancia está muy incierta, podrían considerarse como segregaciones de las microdioritas o provenientes del batolito.

## EL BATOLITO

Como puede verse en el plano de escala 1 : 50,000, el batolito ocupa todo el cordón montañoso que se levanta hacia el N. de La Higuera y los faldeos orientales de los Cerros de San Juan (Cimarrona). También predomina en la falda occidental del cordón antepuesto a la costa, de modo que las rocas cobertizas correspondientes a la Formación Porfirítica vienen a constituir una faja relativamente estrecha a lo largo de la cumbre de este último cordón, la cual se ensancha hacia el sur, ocupando todo el subsuelo del llano en la latitud de La Higuera.

Este batolito es bastante heterogéneo en su composición y las rocas que lo integran varían desde gabros a granitos, las cuales se disponen de un modo relativamente desordenado. De todos estos elementos los que predominan son las granodioritas

y tonalitas que pasan de un modo gradual al gabro en algunos sectores, como ocurre en las vecindades de La Higuera.

Sus facies marginales en el contacto con las rocas cobertizas son también variables; pero por lo general existen contactos bruscos, salvo en algunas partes donde la porfirita ha sido fuertemente granitizada, como ocurre en el faldeo del cerro Cimarrona. Sin embargo, es preciso hacer notar que las relaciones no se observan con la debida claridad por la gran cantidad de escombros de falda que cubre gran parte de las laderas.

Como la discriminación entre las diversas facies es difícil de hacerla sin un muestreo muy prolijo, hemos preferido describir sus características independientemente para los distintos sectores.

### SECTOR OCCIDENTAL

Aquí encontramos la facies marginal del batolito representada por granodiorita rosada atravesada por numerosos filones irregulares de monzonita cuarcifera.

Esta granodiorita rosada se presenta a la observación megascópica como una roca de color gris rosáceo, textura granular constituida por feldespatos rosáceos, cuarzo gris, anfíbola y biotita negras. El tamaño de los granos es 1 a 2 mm. Bajo el microscopio muestra textura hipidiomorfa granular y se reconocen en ella plagioclasa, ortoclasa (microclina?), cuarzo, anfíbola y biotita muy alterada. La plagioclasa constituye generalmente cristales idiomorfos algo heterogéneos por la yuxtaposición de fragmentos con diversa composición. Cuando muestran estructura zonar bien desarrollada los núcleos son de labradorita  $An_{60}$  y las periferias de andesina  $An_{40}$ , pero en la mayoría de los casos los núcleos son de andesina y las periferias de oligoclasa. Los cristales mayores llevan frecuentemente inclusiones de fragmentos pequeños de biotita y anfíbola, los cuales a veces forman verdaderos enjambres, dando la impresión que la plagioclasa se hubiera formado como porfiroblastos. La plagioclasa está casi siempre rodeada por ortoclasa o microclina (esta última con las maclas finísimas y es posible que todo lo que aparece como ortoclasa sea en realidad microclina. El feldespato potásico es casi siempre micropertítico con venillas de albita producidas por desmezclamiento. El cuarzo es abundante y muchas veces constituye inclusiones dentro de la ortoclasa formando agregados grafograníticos. La anfíbola y biotita son posiblemente los restos de minerales mayores, atacados por los agentes deutéricos y por efecto de esta acción se ha generado algo de magnetita.

En el cuadro de análisis III, pág. 146 figura esta roca bajo la denominación HP-11. De los parámetros de Niggli se deduce que su posición en la sistemática de este autor queda entre granito normal y granodiorita, aunque el sí es relativamente alto para ambos casos (lámina IV, figura 1).

El cálculo de la norma de los siguientes valores: †

cuarzo . . . . .	33.90%	albita . . .	31.96%	CaSiO <sub>3</sub> ..	3.36%	FeSiO <sub>3</sub> . . . .	3.30%
ortoclasa ..	12.23 †	anortita .	6.39 †	MgSiO <sub>3</sub> ..	2.20 †	Magnetita .	4.64 †

A veces dentro de la granodiorita existen pseudo filones irregulares con una disposición zigzagueante y están cortados por numerosas fallitas ocasionados posiblemente durante la última etapa de la consolidación. Ellos son rocas negras afániticas con muy escasos puntitos blancos de feldespato. Bajo el microscopio muestran textura porfírica con una masa fundamental constituida por un agregado floclento de biotita en hojitas de 0.003 mm., con agujitas de feldespato (posiblemente albita), intercaladas, dándole a la masa un aspecto intergranular. En ella son muy abundantes los esqueletos de cristales de magnetita. Los fenocristales de plagioclasa se presentan como tablitas de  $0.3 \times 0.06$  mm., en los casos más frecuentes llevan maclas de albita y su composición corresponde a oligoclasa-albita. Muchas veces encierran algo de biotita de la pasta, dando la impresión que la plagioclasa ha reemplazado a la masa fundamental.

En el camino a Totoralillo, por sobre los 450 m. existe un terreno en el cual están íntimamente mezclados filones de granito rosado con las porfiritas del techo. Generalmente los contactos entre los restos de materiales porfíricos y el granito son bien nítidos y la porfirita muestra en las vecindades del granito una alteración intensa, pero casi exclusivamente de carácter hidrotermal. A veces los trozos de porfiritas son muy delgados de modo que parecen filones lamprofíricos, lo cual estaría corroborado por la fuerte alteración hidrotermal que ellos presentan; pero considerando la repartición areal de ambas rocas parece más probable que se trate de pseudo filones. Además en algunos sectores se ven grandes cuñas de la porfirita incluidas dentro del granito.

El granito cuya composición aparece en el cuadro de análisis III, pág. 146 bajo la denominación HP-19 (lámina IV, figura 2), que forma los filones, es de color rosáceo, grano medio y está constituido por feldespatos blancos y rosados, cuarzo gris y biotita negra; esta última forma más o menos el 10% de la masa total. Bajo el microscopio muestra textura hipidiomorfa granular. Se ven algunos cristales idiomorfos de plagioclasa con maclas polisintéticas cuyos núcleos son de andesina  $An_4$ , que hacia afuera pasa gradualmente a  $An_{35}$ ; en los bordes llevan un anillo más alcalino, posiblemente de albita. Algunos de estos cristales presentan las líneas de maclas encorvadas y a veces hay grietecitas transversales a lo largo de las cuales se han producido pequeños deslizamientos. Estos cristales de plagioclasa están envueltos dentro de un agregado pan alotriomorfo de micropertita y cuarzo; este último con extinción ondulosa y ligeramente granulado en los bordes. La biotita aparece en jirones hasta de 1 mm. y está bastante corroída por el cuarzo y el feldespato alcalino. Ella tiene pleocroísmo intenso entre pardo oscuro e incoloro y en las variedades más ricas en feldespato potásico está fuertemente alterada a clorita con pleocroísmo entre verde pasto e incoloro, la cual encierra granos de epidota que muchas veces llevan en su interior granitos de magnetita. Dentro de la biotita o clorita hay también granitos de zircón que en ciertos casos han producido aureolas pleocroicas poco acentuadas. La magnetita es relativamente abundante en forma de granos diseminados, especialmente en la vecindad de la biotita.

El cálculo de la norma de los siguientes valores:

Cuarzo .....	32.70%	CaSiO <sub>3</sub> .....	2.09%
Ortoclasa .....	11.12 »	MgSiO <sub>3</sub> .....	3.70 »
Albita .....	37.20 »	FeSiO <sub>3</sub> .....	2.64 »
Anortita .....	5.00 »	Magnetita .....	3.48 »
		Apatita .....	1.34 »
			97.07%

La proporción entre plagioclasa y ortoclasa es variable en los diversos ejemplares estudiados y parece que a medida que crece la proporción de plagioclasa aumenta la de biotita. Debido a esta variabilidad las rocas que estamos considerando oscilan entre monzonitas cuarcíferas y granitos.

La paragénesis es bastante clara en lo que se refiere a los minerales leucocráticos y es andesina→microlina—pertita→cuarzo; pero la posición de la biotita no está bien definida y parece estar entre las plagioclasa y la microclina pertita, tal vez simultáneamente con cierto período de la plagioclasa.

Considerando la tendencia al idiomorfismo que muestran las plagioclasas y sus señales cataclásticas, debemos suponer que al emplazarse los filones ellas han venido ya formadas, posiblemente también la biotita, quedando envueltas por el agregado pan alotriomorfo de microclina pertita y cuarzo al consolidarse el filón pero el movimiento del magma continuó hasta una etapa muy avanzada de la cristalización de este último, como lo demuestran las señales cataclásticas que presentan estos últimos minerales.

En estas rocas la alteración deutérica es escasa y se manifiesta sólo por la cloritización de la biotita y la sericitización del feldespato en pequeño grado; pero a medida que aumenta el material alcalino ella es más conspicua. Sin embargo, la existencia de abundantes constituyentes hiperfusibles queda de manifiesto por la intensa alteración que se produjo en las porfiritas encajadoras. Tal diferencia proviene, probablemente, del hecho que los minerales de los filones se han producido a temperaturas no muy diferentes de las que regían cuando tuvo lugar la liberación de los hiperfusibles.

Como se puede ver en el cuadro de análisis la composición química de estos granitos es muy análoga a la de las granodioritas que atraviesan, diferenciándose por un ligero exceso de sílice y álcalis.

Llama la atención en esta parte marginal la falta casi total de titanita que es tan abundante en el borde oriental del batolito.

En el portezuelo del camino a Totoralillo el granito lleva muchos pseudo filones, análogos a los descritos más arriba. En ellos se pudo determinar con mayor aproximación la composición de los fenocristales de plagioclasa que corresponden a oligoclasa An<sub>15</sub>. Aquí el agregado floculento de biotita se ha recrystalizado en parte, formando manchas más o menos homogéneas, hasta de 0.1 mm. de diámetro, que muestran pleocroísmo entre verde pardusco e incoloro. A veces los feldespatos están atravesados por guicillas de biotita.

En la cuesta de Buenos Aires no aflora el batolito, pues todo el cerro está formado por las porfiritas cobertizas; pero suelen aparecer algunos derivados hipabisales, entre

los cuales es muy interesante un microgabro de anfíbola que se encuentra entre el portezuelo y la primera curva (lámina IV, figura 3).

Se trata de una roca de color gris verdoso a ceniciento, de grano muy fino, constituida casi exclusivamente por feldespato y anfíbola. Bajo el microscopio muestra textura ligeramente porfírica, con fenocristales de plagioclasa hasta de 2 mm. dispersos en una masa fundamental de carácter diabásico. Esta plagioclasa, que aparece muy fresca, corresponde a labradorita  $An_{60}$  y lleva maclas de albita y periclina. El espacio entre los fenocristales está ocupado por un material diabásico constituido por plagioclasa y anfíbola en cristales de 0.5 a 1 mm.; la plagioclasa tiene composición análoga a la de los fenocristales y sus maclas también son semejantes. La anfíbola es una hornblenda de color pardo sucio debido a la alteración; los ejemplares más frescos muestran, en las secciones según (010), pleocroísmo entre verde oscuro e incoloro. En estos agregados diabásicos intersticiales se suelen encontrar segregaciones de apatita en granos irregulares junto con magnetita, titanita y pequeñas cantidades de cuarzo; la magnetita aparece también en relativa abundancia en la vecindad de la anfíbola. Este hecho es muy significativo porque demuestra que se ha producido cierta diferenciación magmática dentro del filón ya emplazado, quedando flúidos residuales que produjeron la apatita, titanita y magnetita, los cuales debieron ser pobres en álcalis ya que la alteración deutérica sericitica es muy subordinada. (Tendríamos así en escala microscópica el mismo fenómeno que dió origen a las vetas metalíferas del distrito).

Aquí hay también filones de propilita, con intensa alteración hidrotermal, constituidos por albita, epidota, anfíbola actinolítica, leucoxeno, que son enteramente distintos de los anteriores y deben corresponder a una etapa de diferenciación más avanzada.

### EL BATOLITO EN LA ZONA ORIENTAL

El batolito tiene un amplio desarrollo en la zona que corresponde a la hoya hidrográfica de Quebrada Honda y en la ladera norte de dicha quebrada; en el sector situado frente a los cerros de San Juan, abarca desde el fondo la quebrada hasta cerca de la cumbre. El contacto con las formaciones cobertizas es poco nítido porque se ha formado allí una facies marginal por la mezcla de las dos formaciones, condición muy diversa a la que existe en la parte occidental y septentrional de la zona que estamos considerando.

En esta área podemos distinguir dentro del batolito tres facies más o menos bien marcadas, pero el contacto entre ellas no es claro y su estudio se hace difícil por la gran cantidad de escombros de falda. Dichas facies son:

- 1) Meladiorita de Anfíbola.
- 2) Granodiorita de Biotita y Anfíbola.
- 3) Granito Rosado.

Las facies 1) y 2) tienen más o menos la misma repartición areal, en cambio la 3) es de propagación muy restringida. Las relaciones mutuas se pueden ver en el mapa 1 : 50,000.

*La Meladiorita de Hornblenda* (lámina IV, figura 4).—Es una roca de color gris negruzco, grano fino, constituida por feldespato blanco grisáceo y anfíbola negra. Bajo el microscopio muestra textura hipidiomorfa con prismoides de plagioclasa alargados, de 0.5 a 2 mm. de longitud, que muestran contornos mutuos entre los diversos granos, pero a veces llevan caras propias. Su composición media corresponde a andesina An<sub>45</sub>, sin embargo, los cristales mayores tienen estructura zonar recurrente y son bastante heterogéneos. La hornblenda aparece en granos alotriomorfos en los intersticios entre los feldespatos y a veces los envuelve enteramente, de modo que parece ser de formación posterior. Sus características ópticas son:

$$\begin{array}{ll} Z : C = 24^\circ; & Z - X = 0.023; \\ Z = \text{verde pardusco}; & X = \text{pardo amarillento}; Y = \text{pardo verdoso.} \end{array}$$

Algunos granos de hornblenda llevan en su interior piroxena incolora a ligeramente verdosa con ángulo de extinción de 43° y parece ser contemporánea con los feldespatos. La magnetita es relativamente abundante y aparece en granos hasta de 0.2 mm.; casi siempre incluidos dentro de la anfíbola. Cuarzo existe en cantidades variables. En algunos ejemplares la alteración es escasa; muy pocos granos de feldespato están sericitizados y la hornblenda recién comienza a cloritizarse. En otros la alteración está algo más avanzada y por ella la hornblenda pardusca pasa a otra verdosa, a veces con tintes azulejos. Se forma también algo de clorita fuertemente pleocroica y epidota.

Un análisis de estas rocas figura en el cuadro III, bajo la denominación HP-76. Por su contenido en *si* se asemeja al magma diorita cuarcífera de Niggli, pero se aparta de él especialmente por el valor de *fm*. En cambio, si se considera solo *-fm-c-alk* estaría en el magma gabrodiorítico.

El cálculo de la norma da los siguientes valores:

Cuarzo .....	22.28%	CaSiO <sub>3</sub> .....	10.44%
Ortoclasa .....	10.01 «	MgSiO <sub>3</sub> .....	5.00 »
Albita .....	28.30 »	FeSiO <sub>3</sub> .....	5.02 »
Anortita .....	8.90 »	Magnetita .....	10.21 »
			100.16%

Esta norma da feldespatos más alcalinos que los reales, lo cual se debe tal vez al contenido de álcalis de las anfíbolas.

La meladiorita suele presentarse en sectores restringidos con un aspecto diferente. A primera vista llama la atención el mayor tamaño de los granos, pues las manchas de feldespato y anfíbola en la muestra megascópica son de 3 a 6 mm. Bajo el microscopio aparece constituida por andesina An<sub>45</sub>, hornblenda y pequeñas cantidades de cuarzo y apatita. La andesina muestra una mayor alteración a sericita, epidota y tal vez pirofilita. La hornblenda tiene las siguientes características ópticas:

$$Z : c = 20^\circ; \quad Z = \text{verde pasto}; \quad Y = \text{verde oliva}; \quad X = \text{verde amarillento.}$$

Algunos de sus cristales encierran pequeños granos de plagioclasa. La alteración de anfíbola a clorita es incipiente. La apatita aparece en granos hasta de 0.2 mm. y el cuarzo hasta de 1 mm., atravesado por guías de ópalo. La magnetita está diseminada en granos hasta de 0.2 mm.

En algunas partes la meladiorita está afectada por una alteración hidrotermal relativamente intensa, que ha transformado gran parte de la hornblenda en actinolita verde muy pálida, la cual aparece en compañía de abundante magnetita; pero aun en estos ejemplares se conserva algo de la augita primitiva. Las soluciones que produjeron la alteración depositaron pequeñas cantidades de cuarzo, pero no actuaron de un modo muy intenso sobre los feldespatos. En ciertos ejemplares se observa la presencia de titanita en la vecindad de la actinolita y el cuarzo. Posiblemente ha favorecido esta alteración hidrotermal la existencia de un agrietamiento incipiente.

*Granodiorita de Anfíbola y Biotita.*—Estas rocas parece que envuelven al macizo de meladiorita y su origen podría estar en una inyección posterior, o bien como parte periférica del batolito en este sector, lo cual nos parece más probable en vista de que en muy pocas partes llega a ponerse en contacto la meladiorita con las rocas cobertizas, sino que se interpone la granodiorita.

En su aspecto megascópico estas rocas tienen una relativa uniformidad y corresponden muy bien a la roca denominada «ala de mosca» por los mineros. Siempre son de textura granular, color gris mediano a claro, según la proporción de minerales ferromagnesianos, a veces tienen un ligero tinte rosado. Están constituidas por feldespatos blancos, bien transparentes y otros ligeramente rosáceos, cuarzo gris, biotita y anfíbola negra. El tamaño de los agrupamientos de minerales claros y oscuros es de 2 a 8 mm. En algunas partes muestran estructuras planas por la concentración de mayor cantidad de biotita en algunas fajas; pero debido a la cubierta de escombros no se pudo hacer un levantamiento de ellas.

Bajo el microscopio aparecen constituyentes: plagioclasa, ortoclasa, cuarzo, biotita, anfíbola, magnetita, zircón, apatita, epidota y clorita (lámina V, figura 1),

La plagioclasa se presenta en prismoides de 0.2 a 2 mm. de largo. La macla más frecuente es la de albita, pero se suele presentar también la de Carlsbad y Periclina. Tiene generalmente estructura zonar recurrente con núcleos de andesina  $An_4$ , y periferias  $An_2$ ; en general existe poca uniformidad en la composición, debido a que la estructura zonar a veces está muy acentuada y otras casi no existe.

La mayor parte de la plagioclasa está encerrada por kilíticamente dentro de ortoclase, que se presenta ocupando áreas más o menos extensas, englobando plagioclasa, anfíbola, biotita y aun cuarzo.

El cuarzo aparece generalmente como granos alotriomorfos en los intersticios entre las plagioclasas o junto con la ortoclase. En algunos ejemplares con lineación más acentuada forma granos alargados siguiendo la lineación, lo mismo que la plagioclasa. El tamaño de los granos de cuarzo varía de 0.5 a 2 mm.

La anfíbola es una hornblenda con las siguientes propiedades ópticas:

$$\begin{array}{lll} X : c = 20^\circ; & Z - X = 0.020; & \\ Z = \text{verde pasto}; & Y = \text{verde oliva}; & X = \text{pardo amarillento claro.} \end{array}$$

Casi siempre está maclada según (100), a veces polisintéticamente y comúnmente en forma de jirones ocupando los intersticios entre plagioclasas, pero encerrada por la ortoclasa. El tamaño de los cristales individuales varía de 0.6 a 0.2 mm. y las manchas mayores visibles megascópicamente se originan por la unión de varios cristales. A veces sus bordes están transformados en biotita.

La biotita es más abundante que la anfíbola y se presenta en cristales irregulares hasta de 4 mm.; tiene pleocroísmo muy fuerte entre pardo negruzco y pardo amarillento. Cuando está en contacto con la anfíbola la penetra y en muchos de estos casos se ha formado epidota desapareciendo enteramente la anfíbola, de modo que quedan inclusiones hasta de 0.4 mm. de epidota dentro de la biotita.

La magnetita es relativamente abundante y existen algunas áreas hasta de 2×2 mm. ocupados por ella mediante el reemplazo de la biotita, de modo que encierran cristales de biotita y feldespato. A partir de estas áreas salen pequeñas guías de magnetita que se introducen en el cuarzo vecino.

Los otros accesorios importantes son apatita y zircón. La primera aparece en prismas bien perfectos dentro de las plagioclasas y el cuarzo, pero también en granos más irregulares que reemplazan la anfíbola.

La alteración es generalmente escasa y se manifiesta por la existencia de ciertos anillos dentro de la plagioclasa, especialmente en las partes centrales más básicas formadas por sericita, epidota, zoisita, clorita, caolín. La ortoclasa no ha sido afectada como lo indica el hecho que muchas veces un cristal de plagioclasa encerrado dentro de ortoclasa está alterado, mientras que esta última no ha experimentado ninguna modificación.

Junto a la biotita se ha formado, en ciertos casos, algo de clorita verde fuertemente pleocroica que encierra titanita y desde aquí parten guías de esta última que penetran por los intersticios entre dos cristales de ortoclasa. Junto con la titanita existe en las guías algo de magnetita.

Los cortes delgados de diversos ejemplares demuestran que el mineral más antiguo es la plagioclasa, seguida por la anfíbola, después biotita y por fin cuarzo y ortoclasa. La relación paragenética entre estos dos últimos no queda bien clara, pues a veces están los granos de ambos con contornos mutuos, otras los granos de cuarzo quedan encerrados por la ortoclasa y por fin hay casos en que hay apófisis de la ortoclasa hacia el cuarzo. Estos hechos parecerían indicar que ambos minerales se han depositado durante una misma etapa en el desarrollo de la roca.

La apatita corresponde posiblemente a dos períodos, al ortomagmático, durante el cual se formaron los prismas, bien perfecto encerrados por la plagioclasa y el neumatolítico o hidrotermal en que se depositaron los granos irregulares que corroen la anfíbola. Posiblemente a esta misma etapa corresponde la separación de titanita de la biotita juntamente con magnetita, ya que ella es posterior a la ortoclasa.

La alteración sericitica de los feldespatos habría sido provocada por los líquidos residuales a temperatura relativamente baja, los cuales seguramente fueron de carácter alcalino y potásico como lo demuestra el hecho que han atacado a las partes menos alcalinas de los feldespatos, y respetando la ortoclasa, y la escasa formación de arcilla.

En la parte marginal de la granodiorita, en el faldeo SE. del cerro Cimarrona, la granodiorita se presenta con características algo diferentes. En su aspecto megas-

cópico es una roca de color gris mediano, granular, constituida por feldespatos blancos y rosáceos, cuarzo gris, biotita y anfíbola negras. Tiene estructura linear por la orientación de los minerales ferromagnesianos.

Bajo el microscopio muestra en partes textura hipidiomorfa granular, pero predomina la pan alotriomorfa. Los minerales visibles son: plagioclasa, ortoclasa, cuarzo, biotita, anfíbola, pequeñas cantidades de apatita y magnetita relativamente abundante.

La plagioclasa aparece en cristales hipidiomorfos de 0.5 a 2 mm. de largo. Su composición corresponde por lo general a oligoclasa  $An_{25}$ ; pero a veces exhibe estructura zonar con núcleos de  $An_{30}$  y periferias  $An_{25}$  o aun más alcalina. Los cristales llevan siempre maclas de Albita y a veces también de Carlsbad. Los cristales de plagioclasa están envueltos en un agregado alotriomorfo de cuarzo y ortoclasa, en el cual los granos de cuarzo están casi siempre alargados en el sentido de la lineación, muestran extinción ligeramente ondulosa y contienen abundantes inclusiones. La ortoclasa se presenta en granos alotriomorfos hasta de 1 mm., lo mismo que el cuarzo, con el cual está casi siempre en contacto y con contornos mutuos; además se suelen encontrar guías de la ortoclasa dentro del cuarzo. La ortoclasa a veces es micropertítica. La mayor parte de la plagioclasa está orientada según el sentido de la lineación, pero hay otros cuyos ejes forman un ángulo elevado con esta dirección y entonces las líneas de maclas aparecen encorvadas y hasta rotas, lo cual indica que al producirse el movimiento del magma ellos ya estaban sólidos y se trasladaron en un medio viscoso.

La anfíbola es una hornblenda con las mismas características que en la granodiorita normal. Aparece en cristales corroídos hasta de 1.5 mm., pero por lo general se forman enjambres de cristales que están orientados según la lineación. Muchas veces sus bordes están transformados en biotita y en el contacto entre ambos minerales suele aparecer epidota. Estos agrupamientos de anfíbola tienen formas exteriores lenticulares y se originan por el agrupamiento de varios granos alotriomorfos que constituyen un mosaico.

La biotita está casi siempre en contacto con anfíbola, pero también en láminas independientes, las cuales se orientan en el sentido de la lineación.

La alteración ha afectado principalmente a los cristales de plagioclasa de formación temprana, cuyos núcleos están reemplazados en gran proporción por sericita y algo de epidota. La anfíbola está a veces algo cloritizada con separación de titanita. Tales alteraciones parece que son posteriores a la consolidación ya que hay manchas grandes de clorita encerrando cristales de anfíbola que no han sido deformados por escurrimiento.

La magnetita es relativamente abundante.

*Granito Rosado.*—En lugares restringidos aparecen pequeños macizos de granito de plagioclasa y biotita, análogos a los que predominan en la quebrada de Totoralillo. Son rocas de color rosado sucio, grano fino constituidas por feldespatos blancos y rosados, biotita negra en hojitas de 1 a 2 mm., cuarzo gris. Bajo el microscopio muestran textura hipidiomorfa granular y se reconoce plagioclasa, ortoclasa, cuarzo, biotita, anfíbola, magnetita y titanita.

La plagioclasa se presenta en cristales tabulares de 1 a 3 mm. con maclas poli-sintéticas; los granos mayores exhiben estructura zonar recurrente pronunciada con núcleos de andesina ( $An_{30}$ ) rodeados de oligoclasa. Los cristales más largos muestran las líneas de maclas encorvadas.

La ortoclasa casi siempre es micropértítica. Aparece en granos irregulares que muestran contornos mutuos con el cuarzo. A veces se encuentran granos de cuarzo encerrados por la ortoclasa, pero este cuarzo contiene también pequeños granitos de aquella, por lo que es de suponer que ha reemplazado a la ortoclasa. En contacto con la plagioclasa ha formado agregados myrmekíticos.

La biotita se presenta en hojitas de 0.2 a 1 mm., apareciendo a veces granos de titanita y magnetita abundante en su vecindad. La anfíbola está en cantidades muy subordinadas a la biotita y siempre en contacto con ella, pudiéndose observar su transformación a biotita. Esta anfíbola es una hornblenda con las mismas características ópticas que en la granodiorita. Zircón existe en muy pequeña cantidad dentro de la plagioclasa. Apatita no se observó.

#### SECTOR SEPTENTRIONAL

En la falda N. del Cerro Higuera el contacto de las rocas córneas con el batolito sigue aproximadamente por el camino al mineral El Barco hasta el portezuelo. Entre el contacto mismo y la quebrada El Sauce predomina la facies gábrica con diversos diferenciados; pero más al norte adquieren mayor importancia las granodioritas y tonalitas, atravesadas en parte por granitos plagioclásicos. En toda esta zona marginal, que la denominaremos en general «zona gábrica», la composición petrográfica es muy heterogénea, pero es difícil deslindar los diversos tipos por su gran semejanza en el aspecto megascópico y por la mezcla confusa en que ellos se presentan. Parece que la roca fundamental es una hiperita que ha sido hibridizada en parte por materiales potásicos para dar lugar a granogabros hasta granodioritas, pero de un aspecto muy diferente de las que hemos descrito para la zona occidental y la de Quebrada Honda.

La zona gábrica está atravesada por pegmatitas, aplitas, lamprofiros y propilitas de anfíbola. Estos dos últimos miembros siguen comúnmente a las vetas cupríferas.

*Las Hiperitas* (lámina V, figura 3).—En su aspecto megascópico son de color gris negruzco, a veces con tintes morados, grano fino a medio, constituidas por feldespato y piroxena. Con frecuencia se observa en ellas piritita. Bajo el microscopio muestran textura ligeramente porfírica con fenocristales de plagioclasa y una masa fundamental pan alotriomorfa.

Los fenocristales de plagioclasa son tabulares y su longitud varía de 1 a 3 mm.; están maclados según las leyes de Carlsbad y Albita y en ciertos casos las líneas de maclas están encorvadas; a veces llevan abundantes inclusiones en forma de varillitas, que no se pueden definir, dispuestas según dos direcciones bien marcadas. Su composición corresponde a labradorita  $An_{55}$ ; pero algunos cristales presentan estructura zonar confusa por la superposición de diversos cristales. La plagioclasa encierra a veces algo de augita, biotita y magnetita y apatita en prismas hasta de 0.2 mm. de largo.

La masa fundamental está constituida por un agregado de granos alotriomorfos de plagioclasa, piroxena, anfíbola, biotita y magnetita. La plagioclasa suele presentar maclas polisintéticas mediante las cuales se pudo determinar que corresponde a andesina  $An_{45}$  con estructura zonar pronunciada. La piroxena se presenta como enstenita y augita (lámina V, figura 4). La enstenita aparece en cristales hasta de 2 mm., pero por lo general en granos alotriomorfos de 0.2 a 0.5 mm.; tiene pleocroísmo débil entre rosado e incoloro en las secciones según (010); en parte está transformada en anfíbola con pleocroísmo entre pardo y verdoso en las secciones según (010). La augita está íntimamente ligada con la enstenita y lleva schlieron de magnetita. La biotita forma jirones aislados de 0.2 mm. que a veces se reúnen para formar manchas mayores. La magnetita es relativamente abundante lo mismo que la apatita.

Estas hiperitas están atravesadas por fajas de granogabros y meladoritas cuaríferas, lo cual parece indicar que la segregación del feldespatos potásicos se ha producido a lo largo de ciertas líneas a partir de las cuales la micropertita ha corroído los diversos constituyentes de la hiperita.

*Las Grano Hiperitas.*—Estas rocas en su aspecto megascópico son de grano medio y colores variables entre gris negruzco y negro grisáceo. Bajo el microscopio muestran texturo hipidiomorfa granular y aparecen constituidas por plagioclasa-ortoclasa, cuarzo, augita, enstatita, magnetita y apatita.

La plagioclasa se presenta en cristales alargados con maclas polisintéticas bien desarrolladas y estructura zonar con núcleos de labradorita  $An_{55}$  y periferias de andesina  $An_{35}$ . A veces toda la parte central está transformada en un agregado fibroso de sericita; pero por lo general los cristales tienen aspecto fresco y bien transparente. Existe más de una generación de plagioclasa, pues los anteriormente descritos suelen estar atravesados por otros con maclas encorvadas y poco desarrolladas, que son indudablemente posteriores. La plagioclasa está corroída por granos alotriomorfos de ortoclasa micropertítica y pertítica, apareciendo la albita en pequeñas agujas o venillas. La ortoclasa está maclada según la ley de Carlsbad, y encierra una regular cantidad de prismas de apatita; en el contacto entre la ortoclasa y plagioclasa se ha formado algo de myrmekita.

La piroxena se presenta en dos variedades: rómbrica y monoclinica; las cuales a veces están entrecruzadas, de modo que en las secciones longitudinales de la enstenita se ven agujitas de augita orientadas a lo largo de los clivajes, lo mismo que algunas pequeñas laminillas de biotita. La enstenita tiene las siguientes características ópticas:

$$Z - X = 0.010; \quad Z : c = 0^\circ; \quad 2V = -64^\circ.$$

Según las curvas de Winchell su composición es: enstatita 80%, ferrosilita 20%.

La augita está casi siempre rodeando a la enstenita y tiene las siguientes características ópticas:

$$Z : c = 45^\circ; \quad Z - X = 0.021.$$

La biotita, fuera de las inclusiones mencionadas más arriba, aparece también en cristales que parten del contacto entre plagioclasa y enstenita, penetrando en forma de bahías dentro de esta última, desde donde se reparte hacia el interior del

cristal. En condiciones semejantes existe algo de anfíbola con pleocroísmo entre verde pasto y amarillento claro en las secciones según (010):

$$Z : c = -10^{\circ};$$

$$2V = -64^{\circ}.$$

La magnetita es relativamente abundante y se encuentra generalmente como inclusiones dentro de los minerales ferromagnesianos, especialmente en la biotita, pero también dentro del feldespato.

El cuarzo corroe a todos los otros minerales.

De las relaciones mutuas entre los diversos minerales se deduce que la plagioclasa empezó a cristalizar antes que la enstenita y continuó hasta que se inicia la deposición de ortoclasa. La paragénesis para los minerales ferromagnesianos sería:

enstenita → augita → anfíbola → biotita

Durante todo el tiempo que dura la depositación de estos minerales se está formando plagioclasa, al final de la cual viene la ortoclasa y después el cuarzo. En estas rocas no se observa una alteración deutérica importante y ella se reduce sólo a una escasa sericitización del feldespato.

El análisis químico de esta roca figura en el cuadro III, pág. 146 bajo la denominación HP-57. El análisis modal de una preparación dió los siguientes valores:

Plagioclasa .....	32.5%	Anfíbola.....	3.8%
Ortoclasa .....	24.4%	Biotita .....	1.6%
Cuarzo .....	21.8%	Magnetita .....	4.0%
Augita.....	7.0%	Sericita .....	0.6%
Enstenita.....	5.3%		

Existen grandes discrepancias entre la norma y el modo, especialmente en lo que respecta a la cantidad de ortoclasa y de albita; lo primero lo podemos atribuir a la heterogeneidad en la distribución de la ortoclasa y lo segundo a la existencia de soda en las piroxenas o anfíbolas. Además debe influir el hecho que gran parte de la ortoclasa es micropertita. Según la clasificación de Niggli la roca corresponde a diorita cuarcífera y según el modo a granodiorita. La principal dificultad para encuadrarla dentro de las granodioritas de Niggli está en el bajo valor de *k*.

Las muestras descritas anteriormente son muy interesantes porque exhiben todas las etapas de la evolución que conduce a la formación una granodiorita; pero no en todas partes se manifiesta el fenómeno de un modo tan completo, pues, por lo general, desaparecen completamente algunas fases.

En ciertas áreas la distribución de la ortoclasa y cuarzo es más homogénea, apareciendo solo restos de los cristales de la hiperita envueltos en un agregado alotriomorfo de cuarzo y micropertita (aplitita), de modo que desde el punto de vista de composición mineralógica la roca corresponde a granodiorita, pero con textura muy diferente de la que presentan éstas en los casos normales. Los relictos de hiperita son grandes cristales de labradorita y enstenita, ésta última rodeada por un anillo de hornblenda con el siguiente pleocroísmo:

X = amarillento;                      Y = pardo verdoso;                      Z = verde pasto.

Esta misma hornblenda rodea los granos de cuarzo y feldespato del material aplítico. Al mismo tiempo han tenido lugar algunas modificaciones deutéricas con formación de clorita, epidota y sericita.

*Gabro Pegmatítico.*— En algunos sectores el gabro aparece con texturas más gruesas, en las cuales las manchas ocupadas por el feldespato y la anfíbola tienen de  $\frac{1}{4}$  a 1 cm<sup>2</sup>. en estos ejemplares abunda la magnetita y titanita, siempre muestran una acción deutérica intensa. Bajo el microscopio exhiben textura hipidiomorfa granular y se distinguen en ellos plagioclasa, anfíbola, titanita, magnetita.

La plagioclasa aparece en cristales hasta de 6 mm. de largo, casi siempre maclados según las leyes de Albita y Carlsbad; su composición corresponde a bitovinita An<sub>75</sub> con estructura zonar poco pronunciada. Estos cristales están generalmente encorvados y fracturados por un sistema de grietas transversales, las cuales han sido rellenadas posteriormente por clorita, caolinita, sericita y epidota, es decir los productos de alteración de los minerales ferromagnesianos. Además de estos cristales grandes de feldespato hay otros más pequeños (1 a 3 mm.), los cuales se reúnen para formar agrupamientos que le dan el aspecto pegmatítico a la roca.

La anfíbola está en proporción más o menos igual a la del feldespato; ella es una hornblenda con el siguiente pleocroísmo:

X = verde amarillento;                      Y = pardo verdoso;                      Z = verde pasto.

Se suele encontrar dentro de la anfíbola manchas irregulares de augita fuertemente corroídas por la anterior.

Existen algunas guías de 1 mm. de espesor, aproximadamente, rellenas por una agrupación de cristales de anfíbola algo fibrosa con pleocroísmo entre verde ligeramente azulejo y amarillento, las cuales llevan abundante titanita y magnetita, formadas, al parecer, en la etapa hidrotermal. Dichas guías demuestran en escala microscópica el fenómeno de diferenciación que dió origen a las vetas metalíferas.

Estos gabros de cristalización gruesa aparecen como manchas esporádicas dentro de la parte exterior del batolito y seguramente representan consolidaciones en un medio con abundante agua. De aquí la intensa alteración deutérica y la formación de guicillas con productos hidrotermales análogos a los que se encuentran en las vetas metalíferas de la región.

En la *Estocada a la veta Cortada*, que parte del socavón Juan Muñoz, a los 650 m. se puede estudiar la zona vecina al contacto con el batolito.

En el frente de la estocada referida aparece la meladiorita de anfíbola con gran proporción de minerales oscuros, los cuales forman más del 50% de la roca. Esta roca está constituida por andesina An<sub>45</sub> con estructura zonar poco pronunciada y a veces recurrente y hornblenda con pleocroísmo entre verde pardusco y amarillento, lo cual rodea los feldespatos indicando posiblemente su origen posterior. Pero ella con frecuencia encierra cristales de clinopiroxena y de plagioclasa. Junto a la hornblenda es frecuente la presencia de magnetita, de modo que hay bastantes antecedentes para suponer que el gabro original que aparece en otras partes de la región

ha experimentado en esta parte un enriquecimiento en fierro que produjo la transformación de la piroxena en hornblenda ferrífera y la depositación de abundante magnetita. En algunos sectores aparecen pequeños agregados granoblásticos de oligoclasa, los cuales se podrían explicar mediante granulación por acciones cataclásticas, ya que en sus vecindades la andesina muestra sus líneas de maclas encorvadas. En esta parte la acción de los otros hiperfusibles (P, Ti) es muy poco marcada, de modo que los efectos dominantes de la alteración tienen un carácter póstumo y ligado posiblemente a la penetración de los flúidos, gracias al aumento de permeabilidad provocado por las acciones cataclásticas. Un hecho que corrobora la suposición de que los feldespatos han sido modificados está en la gran heterogeneidad que presentan los cristales mayores (lámina V, figura 2).

Junto a la veta Cortada la meladorita pasa a diorita de anfíbola, la cual también está constituida por Andesina  $An_{40}$  y anfíbola más verdosa que en el gabro; pero también encierra cristales de clinopiroxena. Las anfíbolas de esta diorita a veces son bastante heterogéneas y están atravesadas por vetillas de una anfíbola azuleja (alcalina). En esta roca han tenido una importancia mayor los hiperfusibles, lo cual se manifiesta por la existencia de granos alotriomorfos alargados de apatita, que llegan a tener hasta 0.3 mm. de largo, los cuales han reemplazado la anfíbola, quedando guías residuales de esta última dentro de la apatita. También aparece en las vecindades de la apatita abundante titanita que atraviesa en guías irregulares el feldespato y la anfíbola. La magnetita es abundante, especialmente en la vecindad de la anfíbola.

Aunque por el estado de las labores no se puede apreciar la relación que guardan el gabro y la diorita con apatita y titanita, parece que esta última constituye una faja relativamente angosta dentro del gabro y en ella se ha formado la veta Cortada que allí está constituida por un agregado alotriomorfo de tremolita (con algo de actinolita) y epidota en gran abundancia, la cual encierra algunos granos idiomorfos de apatita. Dentro de la tremolita existe algo de epidota y titanita y cuarzo. La paragénesis parece ser anfíbola, apatita, titanita-epidota-tremolita-serpentina. Además hay bastante pirita.

En la zona del contacto entre la Diorita y las Rocas Córneas hay una zona de más o menos 10 m. de ancho con abundantes guías de albitas (albita sericítica de albita), las cuales han producido modificaciones importantes en las rocas córneas.

La albita es una roca blanca sacaroide, grano fino, con textura pan alotriomorfa y está constituida por granos de albita An, muy irregulares de 2 mm. aproximadamente. La mayor parte llevan maclas de albita, pero con desarrollo incipiente, es decir, se extienden sólo a una parte del cristal. El aspecto turbio que presentan se debe a la gran cantidad de inclusiones de sericita (paragonita?) fibrosa, algo de clorita y muchas manchas de dolomita junto a las cuales se encuentran abundantes granitos de goetita, los cuales deben provenir de la alteración de pirita.

A veces en las vecindades de estos filones se han formado rocas de albita y epidota que están constituidas por un agregado pan alotriomorfo de ambos minerales. La albita tiene las mismas características que en las albitas, y sus cristales están completamente mezclados con los de epidota. En algunos sectores aparece bastante anfíbola actinolítica ligeramente azuleja, la cual está de preferencia dentro del feldespato, y también mucha titanita. Se pueden observar las transiciones entre estas

rocas de albita y epidota con las albititas en las cuales los minerales ferromagnesianos aparecen sólo en indicios de modo que debemos interpretar su origen como debido a la penetración de materiales sódicos con gran proporción de agua, los cuales a veces produjeron el reemplazo total para constituir las albititas desapareciendo el Fe, Ca, Mg. Donde el reemplazo no fué total se formaron las rocas de albita y epidota, con desaparición de MgO y de gran parte del hierro.

En otros casos aparece un contacto más nítido entre los filones leucocráticos y las Rocas Córneas; pero se trata entonces de contactos con rocas de mayor afinidad magmática, pues corresponden a tonalitas. En uno de estos casos parece que la transición entre la roca córnea y la tonalita no abarca más de 1 cm. de ancho. La primera en el contacto tiene textura granoblástica bien definida y está formada por granos de oligoclasa  $An_{25}$ , sólo a veces maclados, y anfíbola igual a la que hemos descrito para estas rocas y muy diferente de la del gabro que existe al final de la estocada. El tamaño de los granos es de 0.2 a 0.4 mm. Hay además diópsido que suele predominar en algunas fajas sobre la anfíbola. Donde abunda este último aparece gran cantidad de magnetita.

La tonalita en contacto con la roca córnea muestra textura hipidiomorfa granular y está constituida por andesina  $An_{40}$ , cuarzo y anfíbola. Los cristales de plagioclasa varían de 1 a 4 mm., en general son muy irregulares en su composición interna y a veces muestran estructura ligeramente zonar recurrente. La distribución de las maclas también es muy irregular. Los feldespatos están casi siempre rodeados por cuarzo, con extinción algo ondulosa que los corroe. A veces hay pequeñas cantidades de ortoclasa dentro de la andesina.

La distribución de la anfíbola es muy irregular en un mismo filón: algunas fajas la tienen en abundancia, en cambio otras carecen casi totalmente de ella.

De las características de este contacto puede deducirse que a partir de los filones de tonalita se ha producido una penetración de hierro hacia la roca córnea que transformó el diópsido en anfíbola y también se depositó abundante magnetita.

De las observaciones que hemos mencionado en la estocada Cortada se puede deducir que la meladorita en la cercanía del contacto ha experimentado ligeras acciones cataclásticas y sus minerales primitivos se han transformado produciéndose un mayor enriquecimiento en hierro y pérdida de Ca y Mg. En las vecindades de las vetas se observa un enriquecimiento de P y Ti, los cuales se separaron en una etapa avanzada de la diferenciación, localizándose en fajas donde existió mayor permeabilidad y sobre estos mismos se formaron posteriormente las vetas.

En el contacto mismo entre las rocas córneas y el batolito hay abundante producción de materiales sódicos que originan diversos tipos de filones, en los cuales se observa el paso de materiales netamente magmáticos como tonalitas a verdaderas vetas de albita. En el primer caso los contactos entre filón y la roca córnea encajadora son bastante nítidos y la única modificación que se produce en los últimos es un incremento en su contenido en hierro. En cambio, cuando se trata de las vetas de albita, se originan modificaciones profundas en las rocas córneas, produciéndose rocas de epidota y albita con abundante titanita. Las albititas han traído también pequeñas cantidades de cobre a juzgar por los ligeros indicios de minerales oxidados que ellas llevan.

## LOS FILONES Y ROCAS ANÁLOGAS

En la zona comprendida entre el contacto meridional del batolito con las rocas córneas y la quebrada El Sauce aparecen diversas variedades que son el producto de la diferenciación magmática o de los procesos precursores de la mineralización, los cuales las podemos clasificar en la siguiente forma:

- a) Propilitas
- b) Pegmatitas
- c) Aplitas
- d) Lamprofiros
- c) Xenolitas

*Las Propilitas.*—En la región mencionada las rocas batolíticas están atravesadas en dirección aproximadamente ENE. por fajas relativamente angostas de propilitas, en las cuales la roca original ha sido fuertemente alterada hidrotermalmente con abundante formación de epidota y actinolita, alcalinizándose al mismo tiempo los feldespatos. Estas fajas acompañan siempre a las vetas metalíferas en su recorrido dentro del batolito. Por lo general hay varias fajas paralelas en las cuales la alteración va disminuyendo gradualmente hasta llegar a la roca fresca. Muchas veces llevan en su parte central una guía de epidota con espesores variables desde pocos mm. hasta 10 cm.

Las propilitas son rocas muy heterogéneas con textura granular. Están constituidas por feldespato blanco lechoso, anfíbola fibrosa verde oscura y epidota verde botella, a veces en cristales muy perfectos, titanita y apatita.

Bajo el microscopio la plagioclasa se presenta generalmente en cristales alotriomorfos, pero los hay también idiomorfos. Su composición corresponde a albita-oligoclasa, pero no se puede precisar por el grado de alteración; en ciertos casos se observa estructura zonar. Algunos cristales dejan reconocer todavía las maclas de Albita y Carlsbad, las primeras muchas veces encorvadas. La mayoría de los cristales de feldespato llevan abundantes inclusiones de sericita, zoisita, clorita y titanita. En otros el desarrollo de epidota es abundante y en tales casos la plagioclasa exhibe una recristalización avanzada, muestra maclas rudimentarias y su composición es poco cálcica (análoga a las de las albitas que aparecen en la zona marginal de la estocada a la veta Cortada).

La anfíbola se presenta en prismas largos fibrosos hasta de 5 mm., con maclas polisintéticas según (100). Tiene pleocroísmo débil con:

Z = verde muy pálido;      Y = incoloro;      X = pardusco claro;  
Z : c = 22°.

Se trata de una hornblenda.

Estos cristales de anfíbola envuelven con frecuencia granos de titanita hasta de 0.2 mm. y está transformada muchas veces en asbesto de tremolita.

Las relaciones entre la anfíbola y los feldespatos son más o menos las mismas que aparecen en los gabros, es decir, la primera tiene la tendencia de envolver a los segundos.

Estas propilitas están casi siempre en la inmediata vecindad de filones lamprofíricos y deben su origen seguramente a las soluciones hidrotermales que ascendieron por las mismas zonas débiles por donde penetraron dichos filones y que son las mismas que originaron las vetas metalíferas; de modo que generalmente los clavos mineralizados de las minas del Bajo se han formado por una mayor mineralización de piritita, calcopiritita, magnetita dentro de estas fajas y con carácter marcadamente lenticular. Así queda evidente que la mineralización proviene de niveles relativamente profundos del batolito.

En algunas partes las propilitas forman manchas lenticulares de algunas decenas de metros y se suele encontrar dentro de ellas ojos de una roca constituida por cristales de diópsido verde atravesado por prismas de escapolita que tienen hasta 3 cm. de largo.

*Pegmatitas de Feldespato y Anfíbola.*—En este sector son frecuentes las pegmatitas de feldespato y anfíbola, las cuales aparecen tanto dentro del batolito como en las rocas cobertizas.

Ya hemos descrito algunas de estas rocas al tratar de las Rocas Córneas.

En general este tipo de pegmatitas es posterior a las aplitas, pues muchas veces la atraviesan o aparecen como segregaciones dentro de ellas. Como según veremos más adelante, las aplitas se han formado generalmente mediante el reemplazo, ya sea del gabro o de las Rocas Córneas, por materiales sílico alcalinos; las pegmatitas de anfíbola vendrían a representar la depositación de los materiales lixiviados por dichos flúidos, en un medio bastante hídrico. Estas segregaciones anfibólicas dentro de las aplitas a veces carecen de feldespatos y están constituidas únicamente por anfíbola y cuarzo.

Las pegmatitas de anfíbola son más frecuentes cerca del contacto del batolito con las rocas cobertizas o bien en aquellos lugares donde aparecen xenolitas, de modo que ellas se han originado por una sustracción de calor más o menos rápida del almacenado en la roca eruptiva.

En la cuchilla entre las quebradas Sauce y Llanca el gabro está atravesado por filones apliticos que describiremos más abajo y pegmatíticos. Las pegmatitas se presentan en masas lenticulares de tamaños variables y demuestran haber estado sometidas a intensas acciones deutéricas.

Algunos de estos ejemplares petrográficos son rocas de color verdoso, constituidas por feldespato y anfíbola en cristales cuyo tamaño oscila entre 5 y 20 mm. La anfíbola tiene pleocroísmo poco pronunciado entre verde muy claro e incoloro en las secciones según (010)  $Z : c = 18^\circ$ , es decir, se trata de hornblenda. Los feldespatos corresponden a albita cálcica y en la mayoría de los casos están llenos de inclusiones de epidota, prehnita, zoisita y sericita en menor cantidad (o pirofilita?). A veces la epidota en forma de agregado granular fino los reemplaza totalmente. Dentro de la anfíbola aparecen algunas inclusiones de titanita.

En otros casos la roca está formada por hornblenda análoga a la descrita, prehnita blanca y titanita verde amarillenta. La prehnita forma manchas de varios  $\text{cm}^2$ , los

cuales constan de agregados tabulares que a veces pasan a ser fibrosos. Dentro de ellos hay cristales idiomorfos de hornblendas con el siguiente pleocroísmo:

X=amarillento muy claro; Y=verde pasto; Z=verde esmeralda; Z : c=18°.

En el borde de estas anfíbolos se suele encontrar una faja periférica de color verde azulejo. La titanita forma grandes cristales idiomorfos.

Si prescindimos de la alteración deutérica se ve que estas pegmatitas corresponden a las de oligoclasa y anfíbola, pero como por su posición geológica están muy al interior del batolito parece que la acción hidrotermal postmagmática ha sido más intensa aquí que en las partes superiores, de estos cuerpos pegmatíticos.

*Aplitas.*—Tanto dentro del batolito como en las rocas cobertizas es frecuente la presencia de rocas apliticas de características muy diversas desde el punto de vista de su composición mineralógica, pero de texturas análogas. Ellas forman generalmente guías, filones irregulares, aun pequeños macizos como ocurre con el cerrito del cordón de la veta Llanca.

Describiremos a continuación algunos de estos tipos:

En el cordón entre las quebradas Sauce y Llanca a 720 m.s.n.m. el gabro está atravesado por filones apliticos irregulares que a veces llevan nidos de anfíbola en cristales grandes con cuarzo, lo cual demuestra que estas pegmatitas son de edad posterior.

La aplita es una roca blanca, ligeramente verdosa con textura sacaroides. Está constituida por plagioclasa blanca, diópsido verde, cuarzo gris y algo de titanita café amarillenta. Bajo el microscopio muestra textura porfirica. Hay algunos porfiroblastos alargados de plagioclasa, hasta de 5 mm., cuya composición es albíta cálcica, envueltos por un agregado alotriomorfo de albíta, cuarzo, diópsido y titanita en granos de 0.2 a 1 mm. Las relaciones paragenéticas entre el diópsido y la plagioclasa no son claras y al parecer seían simultáneas.

Indudablemente, se trata de reemplazos efectuados por materiales alcalinos y silíceos sobre el gabro, produciéndose también la introducción de  $TiO_2$  que se fijó en forma de titanita. Llama la atención en esta roca la ausencia de epidota y en general de minerales hidratados, lo que parece indicar condiciones de alta temperatura que impidieron el desarrollo de la fase acuosa, en contraste con las pegmatitas de anfíbola que se encuentran en los mismos parajes e indudablemente corresponden a etapas más avanzadas de la evolución magmática. En los lugares más cercanos a las vetas las aplitas de plagioclasa y diópsido han experimentado cierta epidotización.

Otro tipo de aplitas que aparecen en manchas irregulares dentro del batolito tienen carácter monzonítico cuarífero. Estas son rocas de color gris rosáceo a verdoso de grano fino. Ellas están constituidas por plagioclasa, cuarzo y ortoclasa. La plagioclasa aparece en cristales idiomorfos de 0.5 a 1 mm., generalmente muy turbios por las abundantes inclusiones de sericita, epidota y substancias arcillosas, a veces también calcita. Donde la alteración es menos intensa se puede reconocer que su composición es albíta oligoclasa ( $An_{15}$ ). A veces una parte del cristal aparece bien transparente por recristalización y allí lleva la composición  $An_{10}$ . Estos cristales de plagioclasa están envueltos por ortoclasa en manchas irregulares hasta de 4×4 mm.

la cual encierra también algo de cuarzo. Ellos llevan abundantes inclusiones de sericita muy fina y de arcilla. El cuarzo forma áreas irregulares que envuelven cristales idiomorfos de plagioclasa. Hay además escasa cantidad de clorita muy pálida, acompañada generalmente de calcita; algo de titanita y de mineral de fierro.

Algunas de estas aplitas monzoníticas tienen cristalización algo más gruesa y muestran un intenso agrietamiento del cuarzo, lo que ha dado origen a la formación de cierta cantidad de epidota intersticial formada en la etapa hidrotermal. En estos casos suele encontrarse algo de minerales oxidados de Cu.

El cuerpo aplítico más importante es el que aparece en el cordón de la veta Llanca a poca distancia de ella. Tiene la forma de un pequeño macizo de contorno muy irregular de 400 m. de largo en sentido E-W y 100 m. en sentido N-S en la parte más ancha.

Este pequeño macizo está constituido por una aplita bastante heterogénea. En las partes marginales es una monzonita cuarcífera análoga a la descrita más arriba, es decir, aparecen áreas relativamente grandes ocupadas por cuarzo y ortoclasa, dentro de las cuales se destacan prismas de albita-oligoclasa  $An_{15}$ . Hay además y en relativa abundancia anfíbola parda verdosa fuertemente pleocroica y biotita.

Hacia el interior del macizo disminuye la cantidad de ortoclasa y la roca se transforma en tonalita. El mineral oscuro predominante es diópsido de color verde oscuro, en partes transformado a epidota. Es frecuente la existencia de titanita. La magnetita aparece en pequeña cantidad, lo mismo que apatita y calcita.

De las características anotadas se deduce que se trata de una roca híbrida producida por la acción de flúidos residuales con  $SiO_2$  y álcalis sobre el gabro.

Este macizo está atravesado por un filón lamprofírico.

También las propilitas de anfíbola atraviesan a las aplitas.

Un análisis de estas aplitas con abundancia del material básico original figura en el cuadro III de análisis, pág. 146 bajo la denominación Hi-295. El cálculo de la norma da los siguientes valores:

Cuarzo .....	19.80%	CaSiO <sub>3</sub> .....	4.06%
Ortoclasa .....	10.01%	MgSiO <sub>3</sub> .....	5.50%
Albita .....	34.58%	FeSiO <sub>3</sub> .....	5.15%
Anortita .....	13.90%	Magnetita .....	5.80%
			98.80%

Esta roca corresponde al magma cuarzo diorítico, de Niggli.

*Los Filones Lamprofíricos.*—En todo este sector abundan los filones lamprofíricos y generalmente las vetas corren al lado de ellos. No se observa diferencia entre los que están encajados dentro del batolito o en las rocas cobertizas. Su posición tectónica es muy variable y parece que no hay relación entre ésta y sus características petrográficas.

Desde el punto de vista petrográfico podemos distinguir dos tipos: los porfíricos y los afaníticos, aunque ambos corresponden a espesartitas.

Las espesartitas porfíricas son rocas de color gris verdoso con masa fundamental afanítica y abundantes fenocristales de feldespato hasta de 5 mm. Bajo el microscopio

muestran una masa fundamental hialofítica que reacciona débilmente a la luz polarizada, con magnetita diseminada. En ella se destacan cristales de oligoclasa sódica de 0.2 a 0.5 mm. de largo y algunos de augita de dimensiones análogas con estructura de reloj de arena. Hay además fenocristales de plagioclasa de 2 a 5 mm. de largo, cuya composición es ligeramente más cálcica que la correspondiente a los de la masa fundamental; pero su composición no se puede determinar con certeza porque están fuertemente transformados a prehnita y zeolitas. Los escasos fenocristales de minerales ferromagnesianos aparecen sustituidos totalmente por serpentina.

Las espesartitas afaníticas son de color gris negruzco con una masa fundamental afanítica verdosa y pequeños fenocristales de piroxena. Bajo el microscopio muestran una masa fundamental bostonítica constituida por listoncitos de plagioclasa de 0.1 mm. de largo correspondientes a oligoclasa  $An_{15}$ , e hiperstena con fuerte pleocroísmo entre pardo oscuro y pardo amarillento en las secciones según (010). Hay bastante magnetita diseminada. Los fenocristales son de pigeonita pobre en CaO ( $Z : c = 27^\circ$ ;  $Z_c - X = 0.016$ ), tienen 1 a 2 mm. de diámetro y están parcialmente transformada a serpentina verdosa. Cuando la alteración es más intensa se han convertido en talco.

Estos filones lamprofíricos son posteriores a las aplitas y pegmatitas.

#### EL BATOLITO EN EL CORDÓN DIVISORIO ENTRE QUEPRADA EL SAUCE Y QUEPRADA SECA

Cerca del camino longitudinal, frente a quebrada Seca, se presentan granodioritas con estructuras de protoneis y corresponden seguramente a las partes marginales del batolito. Ellas son rocas granulares de color gris rosáceo con una proporción de más o menos 30 % de mineral oscuro y muestran una foliación y bandeamiento muy acentuados y en partes con apariencia de neis en ojos. Están constituidas por plagioclasa, ortoclasa, cuarzo, hornblenda, biotita y magnetita. Bajo el microscopio se observa una alternación de fajas en que predominan los minerales leucocráticos con otras formadas casi exclusivamente por los félicos. En las fajas de feldespatos generalmente los contactos entre los diversos granos están granulados y los cristales mayores llevan las líneas de maclas polisintéticas encorvadas. Los gránulos de feldespatos así formados han sido reemplazados en gran parte por cuarzo, de modo que este último parezca haberse introducido con posterioridad a la cataclasis, aunque algunos hechos sugieren la idea que existiera otra generación de cuarzo afectada por la cataclasis, pero ello es dudoso.

Los cristales de plagioclasa más frecuentes tienen de 1 a 4 mm. de largo y están maclados según las leyes de Albita y Carlsbad; muchos de ellos llevan en su interior abundantes inclusiones en forma de varillitas dispuestas en las direcciones principales correspondientes a los clivajes. Ellas tienen más o menos 0.001 mm. de espesor y 0.02 mm. de largo, en las más gruesas se nota un color café rojizo y podrían ser de rutilo. La composición de los feldespatos corresponde a  $An_{40}$ ; pero algunos tienen estructura zonar recurrente.

El cuarzo aparece en granos alotriomorfos muy irregulares, lo mismo que la ortoclasa y esta última penetra en el cuarzo, encerrando algunos granos, por lo que parece

que su depositación hubiera sido más o menos simultánea. La ortoclasa en contacto con la plagioclasa ha dado origen a myrmekita.

La anfíbola y biotita aparecen, generalmente, unidas en fajas que muchas veces rodean los cristales de plagioclasa con maclas encorvadas. La biotita tiene pleocroísmo muy fuerte entre pardo oscuro y amarillento; se presenta generalmente en agrupamientos de láminas, las cuales muchas veces se han soldado para formar un solo cristal aparente, pero con extinción ondulosa. Estos conjuntos de láminas suelen encerrar granos de plagioclasa provenientes de la granulación de los cristales mayores, pero sus láminas también se presentan encorvadas; hornblenda aparece en cristales de más o menos 2 mm. con el siguiente pleocroísmo:

Z = verde pasto;      Y = verde oliva;      X = café amarillento.

En la parte central contiene muchas veces augita con separación de magnetita. Se suelen encontrar en la anfíbola granitos de zircón con aureolas pleocroicas relativamente bien desarrolladas. Aunque no están muy claras las relaciones paragenéticas entre anfíbola y biotita parece que fuera posterior la biotita, pero de todos modos esta última es anterior a la foliación.

La magnetita es relativamente abundante y casi siempre está inmediata a la biotita. Apatita se encuentra en granos dispersos hasta de 0.4 mm. de diámetro.

La alteración de esta roca es muy insignificante y se manifiesta por una ligera cloritización de la anfíbola y pequeñas manchas de sericita dentro del feldespato.

La intensa foliación que muestran estas rocas es análoga a la descrita por *Balk* (1948, pág. 67) para la Sierra Nevada en Estados Unidos, cuya tectónica ha sido estudiada con mucho detalle por *E. Cloos*. Según el autor citado «la foliación marginal « se hace muy intensa y pasa a un neis fuertemente foliado que no difiere de los « neises ordinarios que se ven en las regiones metamórficas. Este neis marginal está « atravesado por diques de grano fino no deformados». . . «La deformación extrema « de las rocas ígneas y encajadoras disminuye a 2 millas o menos del contacto. Así « la deformación intensa de la zona marginal se debe a los esfuerzos de cizalle ejercidos por la granodiorita; no es una estructura regional». Este tipo de estructura lo denomina *Cloos*, Schlieren arch.

La granodiorita néisica hacia el E. pasa a una granodiorita normal, cuya composición mineralógica es análoga a la anterior, pero carece totalmente de orientación y está atravesada por manchas irregulares de granito proveniente de la granitización de la granodiorita. En partes se pueden observar todas las transiciones entre la granodiorita néisica o normal con los granitos, lo cual indica claramente que estos últimos se han generado por el reemplazo con materiales potásicos.

Esta granodiorita ocupa todo el cordón divisorio de aguas entre la Quebrada Llanca y la Quebrada Seca y está atravesada en diversos lugares por filones aplíticos angostos constituidos por ortoclasa, micropertita, albita, apatita y titanita.

En las fisuras de esta granodiorita se suelen encontrar minerales oxidados de cobre, provenientes de la oxidación de piritas cupríferas. A veces estas venillas contienen algo de cuarzo, magnetita, especularita y calcopirita; en las que tienen mayor potencia se han hecho reconocimientos mineros sin resultados satisfactorios. Algunas de estas vetillas están en contacto con filones de espesartita. En las vecindades

de estas vetillas se suele encontrar dioritas fuertemente propilitizadas, las cuales corresponden, tal vez, a autolitas de gabro modificadas por las soluciones hidrotermales.

En el cordón que forma la ladera norte de la Quebrada El Sauce aparecen una serie de filones de rumbo aproximadamente E-O, con inclinaciones de más o menos 20° al N., los cuales a primera vista parecen corresponder a xenolitas de porfiritas incluídas dentro de la granodiorita; pero tienen también gran analogía con filones lamprofíricos.

En uno de estos cuerpos que se encuentra en el cordón divisorio entre las quebradas Llanca y Sauce, al O. del camino tropero que va de La Higuera a Quebrada Seca, aparecen las porfiritas verdosas, en partes afaníticas y en otras porfíricas, atravesadas por filones de granodiorita, a veces con bastante epidota y en algunos sectores se observan silicatos de cobre en las juntas. Estas xenolitas aparecen de un modo discontinuo a lo largo del cordón mencionado. La que está junto al camino tiene rumbo N. 60 O. y 40° de inclinación al NE. Su longitud en el sentido de las corridas, es de 100 m. aproximadamente. En la parte central lleva una intercalación de queratófiro con 5 m. de espesor.

La porfirita es una roca de color verdoso con textura porfírica. Su masa fundamental es fieltrosa y está constituida por listoncitos de plagioclasa de 0.1 a 0.2 mm. de largo, dispuestos desordenadamente. Su composición es albíta cálcica; en ciertas áreas aparece abundante calcita y clorita entre los feldespatos. Los fenocristales corresponden a plagioclasa y anfíbola. La primera tiene una composición análoga a la de la masa fundamental, su aspecto es relativamente fresco y las maclas polisintéticas están bien definidas; en su interior lleva muchas veces granos de epidota. Los fenocristales de minerales ferromagnesianos, que tienen dimensiones análogas a las de los feldespatos muestran una alteración más avanzada y algunos aparecen transformados en anfíbola de color verde muy pálido con cierta proporción de talco y otros con clorita. La magnetita aparece en muy pequeña cantidad.

El análisis químico preliminar de esta roca, aparece en el cuadro III, pág. 146 bajo la denominación Hi<sup>2</sup>-126.

La intercalación de queratófiro antes mencionada es una roca de color gris claro verdoso, con aspecto de porcelana y lleva pequeños fenocristales de feldespato de 1 a 2 mm. La masa fundamental se presenta como un agregado floculento muy confuso de una substancia feldespática (adularia?) con fibras dispersas de hidromuscovita. Los fenocristales corresponden a oligoclasa y llevan también abundantes inclusiones de hidromuscovita.

De estas características se deduce que el queratófiro ha sido afectado también por la alteración hidrotermal.

Si aceptamos que estas xenolitas corresponden a porfiritas, llama la atención el hecho que ellas estén afectadas únicamente por el metamorfismo hidrotermal y no por el termal como ocurre en la parte sur del distrito. Tal vez la razón de esto podría estar en que la meladiorita y la granodiorita correspondan a inyecciones separadas, la primera como un emplazamiento local y de alta temperatura y la segunda introducida a temperaturas más bajas, de modo que la acción hidrotermal pudo actuar de un modo intenso. Pero la decisión del problema requiere estudios mucho más detallados.

## QUIMISMO DE LAS ROCAS DEL BATOLITO

En el cuadro de Análisis III, pág. 120 aparecen los correspondientes a las siguientes rocas:

HP-11 Granodiorita rosada en el camino a Totoralillo.

HP-19 Granito en el camino a Totoralillo.

Hi-295 Epi-Granodiorita en el morro de las Aplitas (cerca Mina Llanca).

HI-203 Epi-Granodiorita en el morro de las Aplitas (cerca Mina Llanca).

HP-76 Gabro cuarcífero de hornblenda en Quebrada Honda.

HP-57 Grano Hiperita cerca camino al Barco.

En la curva de variación puede observarse una variación continuada entre la granohiperita HP-57 y el granito HP-19, es decir, a medida que aumenta *si*, al quedar más o menos constante, disminuyendo *c* y *fm*; y aumenta *alk*. Entre HP-57 y HP-76 la variación es más brusca, hacia la basicidad. Por lo tanto tenemos aquí, salvo raras desviaciones, la variación normal de la serie cal-alcálica. Las pequeñas variaciones se deben a la influencia de los flúidos residuales que pudieron actuar en mayor o menor grado. Una demostración de que la acción de estos flúidos ha sido algo irregular, la tenemos en las muestras de granodioritas aplíticas Hi-295 y HI-203 en las cuales a pesar de existir una diferencia de 43 puntos en *si* quedan casi constantes (*fm*, *e*, *al* y *alk*).

## PETROLOGÍA

De las descripciones anteriores se deduce que el batolito está integrado por los siguientes miembros:

Gabros, Hiperitas y Granogabros,

Meladioritas, Tonalitas, Granodioritas,

Granitos, Monzonitas.

La diferencia entre los distintos tipos de rocas reside no sólo en la proporción entre elementos melanocráticos y leucocráticos, sino que hay también dentro de los grupos en los cuales predominan los elementos melanocráticos variaciones apreciables en la calidad de los elementos leucocráticos. Así encontramos a veces en rocas que por sus elementos melanocráticos y plagioclasas deberían figurar entre gabros o hiperitas bastante básicos, una cantidad apreciable de feldespatos alcalinos, generalmente sódicos y potásicos y potásicos combinados, acompañados con porciones apreciables de cuarzo. Y a la inversa, en granitos muy ricos en *si* se encuentran a veces plagioclasas bastante básicas como andesinas cálcicas.

Hemos visto que hay diferencias apreciables en la distribución de los tipos petrográficos en la parte oriental, occidental y meridional del batolito, pudiéndose resumir las características de cada uno de ellos en la siguiente forma:

*Sector occidental.*—Predominio de granodioritas o granitos rosados con relativa abundancia de plagioclasas cálcicas residuales, atravesados por filones de granitos análogos, pero más ricos en sílice y álcalis.

*Sector oriental.*—En el contacto mismo con las rocas cobertizas, granodioritas de anfíbola y biotita (ala de mosca) y a mayor distancia del contacto manchas irregu-

lares de meladioritas, hiperitas y gabros con proporciones variables de materiales sílico alcalinos. Aquí son muy escasos los filones de verdaderos granitos.

*Sector meridional.*—Desarrollo de la facies melanocrática; con cantidades variables de materiales sílico alcalinos, en la zona del contacto y desarrollo de la facies granodiorítica de anfíbola y biotita (ala de mosca) hacia el norte. En este sector abundan los derivados hipabisales como aplitas, pegmatitas y lamprofiros, lo mismo que las vetas metalíferas.

De esta distribución de las diversas facies petrográficas, en las distintas regiones del contacto, se puede deducir que el proceso de la diferenciación magmática ha sido bastante complejo y que posiblemente corresponde al de una inyección unitaria.

Antes de entrar a considerar el mecanismo de la diferenciación es conveniente analizar, aunque sea someramente, las condiciones de emplazamiento, ya que un estudio más detenido de este problema haría necesario la investigación de todo el sector del batolito que aflora en la región.

En los últimos tiempos ha conquistado muchos partidarios la escuela que considera todos los grandes batolitos graníticos (incluyendo las rocas intermedias) como el resultado del metamorfismo de rocas preexistentes, con o sin la adición de materiales magmáticos que habrían llegado como jugos provenientes de regiones profundas.

Tal teoría es completamente inaplicable a nuestro caso, especialmente por el hecho que los contactos entre el batolito en cualquiera de sus facies y las rocas encajadoras son bien nítidos. Es evidente que donde la facies marginal es rica en materiales sílico alcalinos, se ha producido cierta granitización de la roca vecina, pero en escala restringida, lo cual no se presenta en los otros lugares.

Otro hecho muy sugestivo que habla en contra la granitización es la existencia de filones asquisticos en las rocas cobertizas.

Si descartamos en absoluto un origen metamórfico para el batolito, es preciso estudiar el mecanismo mediante el cual se ha producido el emplazamiento. Al respecto podemos considerar dos modalidades: emplazamiento forzado o arranque magmático.

El emplazamiento forzado, o sea aquel que considera al magma abriéndose paso por entre las rocas encajadoras no sería aplicable a nuestro caso, porque no aparecen rastros en las rocas cobertizas de que hayan estado sujetas a una acción deformante intensa, pues las foliaciones que se observan en las rocas córneas no guardan ninguna relación con los contactos con el batolito y si bien es cierto que en las vecindades del Camino Longitudinal se suelen encontrar granodioritas con texturas protoclásicas, ellas se explican fácilmente por la resistencia al escurrimiento en las partes marginales.

El arranque magmático (Dale, 1934, pág. 267) considera que el ascenso del magma tiene lugar por la presión hidrostática en una cámara cuyo techo y paredes se derrumban paulatinamente, tanto por las tensiones originadas por el calentamiento como por la penetración de apófisis que dejan trozos colgados. Se han formulado diversas objeciones a esta teoría, siendo una de las principales la dificultad para que las xenolitas originadas por el derrumbe del techo caiga a las partes profundas de la cámara magmática, donde puedan ser fundidas o asimiladas, dicha dificultad proveniría de la densidad menor que tienen muchas veces las rocas cobertizas y de la viscosidad del magma. Para nuestro caso la primera objeción no tiene mayor importancia, por cuanto las rocas córneas de plagioclasa y dióxido y las porfiritas son más densas

que la roca media del batolito y la viscosidad habría quedado muy disminuída por efecto de la gran cantidad de hipercusibles que pudo contener el magma. Por lo tanto podemos aceptar que el avance del batolito se haya producido mediante el arranque magmático.

El otro problema que debemos considerar es la diversificación de las rocas que habrían partido del mismo material magmático.

Según hemos visto al tratar del quimismo de las rocas que integran el batolito, hay en general 3 tendencias. En una parte del diagrama con el incremento de *si*, *alk* y *al* disminuyen de un modo apreciable *fm* y *c*. En la otra al aumentar *si* y *alk*, quedan más o menos constantes *al*, *c* y *fm*, y por fin, en una tercera con el incremento de *si* se hace más fuerte el aumento de *alk* y la disminución de *fm* y *c*. Es cierto que el número de análisis de que hemos dispuesto es relativamente pequeño, pero el estudio petrográfico de gran número de muestras justifica esta interpretación.

De estos antecedentes podemos deducir dos tendencias en la diferenciación magmática: una que se podría explicar mediante la cristalización fraccional, y otra por la hibridación de los tipos formados mediante el proceso anterior ocasionado por líquidos ricos en sílice y álcalis. Tal suposición queda completamente justificada por el estudio microscópico, ya que en los tipos más ácidos como HP-19 no faltan restos de plagioclasas intermedias y algunos minerales ferromagnesianos que los podemos considerar como relictos de facies petrográficas preexistentes.

Por la cristalización fraccional se llegó a la formación de facies relativamente básicas como son los gabros, hiperitas y meladoritas, constituidas por plagioclasas cálcicas a intermedias, augita, enstenita y hornblenda. Las relaciones entre estos diversos minerales las hemos detallado en la parte petrográfica y de allí se deduce que la evolución de los minerales ferromagnesianos ha seguido el siguiente curso:

enstenita - augita - hornblenda - biotita.

Debemos hacer notar que la enstenita y augita están casi siempre estrechamente ligadas, ya que por lo general guardan relaciones de desmezclamiento.

La existencia de entrecrecimientos de augita y enstenita puede tener su origen en la cristalización directa de pigeonita (augita subcálcica) que se desmezcla después. Ello estaría indicando un enfriamiento relativamente rápido para que se pueda formar la pigeonita.

La transformación de piroxena en anfíbola se produce mediante la penetración de (OH),  $Al_2O_3$  y  $Fe_2O_3$  y posiblemente álcalis en las piroxenas de constitución atómica más simple y por fin la biotita aparece sólo donde existe feldespato potásico y proviene de la transformación de los otros minerales ferromagnesianos.

Este grupo de rocas relativamente básicas está atravesado en muchas partes por abundantes filones aplíticos como se puede ver, p. ej., en las cercanías de la iglesia antigua, dentro de los cuales se presentan abundantes guías de epidota. En ciertos casos los materiales sílico potásicos han invadido la roca vecina formándose granogabros, pero entonces la repartición de estos materiales leucocráticos es muy irregular, lo cual parece indicar que no hay continuidad en la diferenciación hasta llegar al material aplítico, sino que se genera este último en cierta etapa de la diferenciación

y persiste durante un tiempo muy prolongado, correspondiente al enfriamiento hasta un grado relativamente bajo.

La repartición de estas rocas básicas es algo irregular. Así en la parte norte del cerro Higuera, ellas forman las facies marginal meridional del batolito, mientras que en la región de Quebrada Honda predominan en partes más alejadas del contacto.

Las condiciones que hemos descrito hasta aquí, es decir, de una concentración de materiales básicos, atravesados por filones de carácter aplítico, se puede considerar como los casos de excepción, siendo el caso más corriente el de una mezcla con variación gradual de ambos elementos mediante reemplazos que efectuaron los materiales silico alcalinos sobre las facies más básicas. Así desaparecen totalmente los piroxenas, la hornblenda pasa a variedades algo distintas, posiblemente más alcalinas, la cual a su vez se convierte parcialmente en biotita, al mismo tiempo que se deposita este mineral en abundancia de un modo independiente. En esta forma se desarrollan las granodioritas ala de mosca.

En la parte marginal del batolito, inmediatamente en contacto con las rocas cobertizas, se pueden ver la formación de ortoclasa y cuarzo, la que ha tenido lugar muy posteriormente a la de los ferromagnesianos y plagioclasas, pues el material que se deslizaba a lo largo del contacto, posiblemente por corrientes de convección, estaba en estado más viscoso, ya que los cristales de plagioclasa han experimentado deformaciones y rupturas. En cuanto a la anfíbola, ella también fué afectada por dichos movimientos y los cristales mayores se convirtieron en lentes de agregados de cristales en forma de mosaico.

Con los datos que tenemos es imposible establecer el mecanismo mediante el cual se produjo el estrujamiento del agregado ortoclasa-cuarzo, pues pudo ocurrir de diversas maneras, como por ejemplo:

1) Existía un material homogéneo que en cierta etapa de la cristalización consistía en un agregado de los minerales correspondientes a las rocas básicas (meladiorita, gabros, etc.), el cual llevaba intersticialmente un líquido silico-alcalino. Debido al asentamiento de la malla de cristales fueron concentrándose en las partes periféricas los materiales residuales, pero sin llegar a una separación absoluta. De este modo existe transición desde la granodiorita gris (ala de mosca) a la meladiorita. Tal sería el caso en la zona de Quebrada Honda.

2) En otras partes la facies marginal básica permaneció junto al contacto, tal vez por un enfriamiento más rápido y los materiales silico-alcalinos no tuvieron tiempo de buscar un equilibrio con la otra fase, de modo que se concentraron en las guías aplíticas o formaron melagranodioritas o granogabros. Es interesante anotar que en las regiones donde aparece esta anomalía en los procesos de diferenciación se ha producido una depositación más abundante de minerales metálferos. Por lo tanto parece que para tener un rendimiento alto en la separación de flúidos mineralizadores fué necesario que la consolidación se produjera de un modo relativamente brusco, a fin de crear condiciones anormales que impidieran la fijación de los materiales arrastrados por estos flúidos en las facies sucesivas de la diferenciación, y por lo tanto su dispersión.

Las razones que pudieron contribuir al enfriamiento rápido fué posiblemente la acumulación de abundantes xenolitas, las cuales sustrajeron calor al magma para ser asimiladas.

3) En el caso del contacto occidental, como ser en la cuesta de Totoralillo, está evidente una concentración abundante del material sílico alcalino que penetra en forma de filones de granito rosado y también reemplaza a las dioritas y granodioritas normales, transformandolas en granitos y monzonitas cuarcíferas. Este mismo fenómeno tiene lugar en las otras partes, pero con caracteres más restringidos.

Quedaría por considerar el origen del magma que produjo los diversos tipos de rocas en nuestro distrito; pero no podemos ahondar mucho en este terreno sin extender al campo de estudio a una región más amplia. Aceptando el mecanismo del arranque magmático para el emplazamiento, es preciso aceptar también que el magma no es exclusivamente de carácter juvenil, sino que debió jugar un papel importante la asimilación de las xenolitas.

CUADRO III  
ROCAS DEL BATOLITO

Muestra	HP-11	HP-19	Hi-295	HI-203	HP-76	HP-57
SiO <sub>2</sub> .....	71.10	71.52	63.80	68.43	60.71	60.24
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	10.80	11.17	13.65	12.08	10.64	13.22
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	3.17	2.38	4.00	3.01	6.98	6.55
FeO .....	3.26	2.51	4.63	3.79	5.88	4.31
MgO .....	0.89	1.46	2.21	2.42	2.01	2.31
CaO .....	2.92	2.15	4.74	4.61	6.96	4.25
Na <sub>2</sub> O .....	3.79	4.38	4.12	3.27	3.37	3.90
K <sub>2</sub> O .....	2.03	1.85	1.68	1.63	1.73	1.82
TiO <sub>2</sub> .....	..	0.54	..	0.02	..	0.21
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	..	..	..	..	..	0.53
H <sub>2</sub> O+ .....	1.05	0.70	0.72	0.61	0.83	0.80
H <sub>2</sub> O- .....	1.03	0.83	0.18	0.23	0.68	0.85
			99.73	100.10	99.89	98.99

PARÁMETROS DE NIGGLI

Muestra	HP-11	HP-19	HI-295	HI-203	HP-76	HP-57
si .....	341	351	227	271	195	225
al.....	30.5	32.1	28.4	28.0	20.1	26.6
fm .....	30.6	30.0	35.8	36.0	42.5	40.9
c .....	15.0	11.2	18.0	19.4	23.5	15.7
alk .....	23.9	26.7	17.8	16.6	13.9	16.8
k.....	0.27	0.22	0.21	0.24	0.25	0.23
mg .....	0.21	0.36	0.33	0.40	0.23	0.29
c/fm .....	0.49	0.37	0.50	0.54	0.55	0.38
Corte .....	IV	III	IV	IV	IV	
Magma.....	Granfi- co Nor- mal	Granfi- co Nor- mal	Cuarzo Diorfi- co	Diorita Cuarcí- fera	Gabro Diorita Cuarcí- fera	Diorita Cuarcí- fera

## LOS YACIMIENTOS DE MINERALES

## GENERALIDADES

## UBICACIÓN

En el distrito de La Higuera existen numerosas vetas cupríferas repartidas en todo el sector comprendido entre la cumbre de los cerros de San Juan por el este, el camino longitudinal por el oeste, el cordón de los cerros de Guayacán por el sur y Quebrada Seca por el norte; pero la mayor concentración está en el faldeo occidental de los cerros La Higuera, o sea el área situada entre la cumbre de estos cerros por el oeste, el pueblo de La Higuera por el este, la Quebrada Tránsito por el sur y la Quebrada San Juan por el norte. A esta área se refiere el plano topográfico-geológico en escala 1 : 5,000 que acompañamos y es en este sector donde se han realizado las explotaciones que durante el siglo pasado dieron fama al mineral de La Higuera como productor de cobre.

Las vetas que se hallan fuera del sector mencionado, han sido muy poco reconocidas, debido a que en ellas parece que no existieron minerales ricos cerca de la superficie, pero como gran parte de su corrida está encapada y sus características estructurales y mineralógicas son muy análogas a las que presentan las vetas que han sido intensamente explotadas, sería posible que ellas encierren también cantidades de minerales importantes, lo cual sólo se podrá conocer mediante exploraciones mineras basadas en investigaciones geofísicas. Otro factor que pudo contribuir a ocultar algunos cuerpos importantes de minerales es la lenticularidad con que aparecen los minerales útiles dentro de las vetas. Sin embargo, los problemas que presentan estas vetas en cuanto a variaciones de mineralización en hondura son de la misma índole que los que afectan a las vetas más explotadas, de modo que su solución deberá quedar supeditada a los antecedentes que se recojan en la exploración de estas últimas.

Además de las vetas cupríferas existen en el distrito algunos depósitos de apatita de muy escasa importancia económica, lo mismo que algunos de fierro a los cuales ya nos hemos referido.

## ESTRUCTURA

Las vetas de La Higuera están ubicadas a lo largo de fracturas por las cuales circularon las soluciones mineralizadoras, produciendo el reemplazo de la roca encajadora.

El sistema de fracturamiento es relativamente complejo, pero en él se pueden distinguir una dirección principal de rumbo N. 80° E. 70° de inclinación al S., a la cual corresponden las vetas más importantes del distrito y otra secundaria con rumbo N. 60° E. y 70° inclinación al sur. La existencia de estas dos direcciones predominantes ha dado origen a muchos cruzamientos donde se han ubicado los clavos más importantes.

Este sistema de fractura lo podemos suponer generado por esfuerzos de cizalle provocados por un par N. 80 E. de modo que las vetas principales serían de cizalle

y las secundarias corresponderían a fracturas de tensión derivadas del cizalle, por lo cual pueden tener potencias considerables en la cercanía de la fractura principal, pero corridas cortas.

Algunas vetas arman dentro del batolito, otras en las rocas cobertizas y por fin un tercer grupo atraviesa ambas formaciones, las cuales son también las más importantes; sin embargo, para todas ellas valen los sistemas de fractura que hemos definido más arriba, salvo la Panchila que tiene rumbo NO.

Parece que las vetas al atravesar la superficie de contacto entre el batolito y las rocas cobertizas han experimentado una fuerte ramificación, o sea que al penetrar hacia el interior del batolito va disminuyendo el número de ramos, lo que se puede apreciar muy bien en la veta Llanca.

Igual cosa se observa en las vetas situadas dentro de las rocas cobertizas, las cuales se ramifican al aproximarse al contacto con el batolito.

Posiblemente la misma bifurcación que se puede observar en proyección horizontal existe también en sentido vertical, pero no hay labores abiertas que permitan asegurarlo.

Esta ramificación se puede apreciar muy bien al observar en el plano el conjunto de las vetas Ají y Casas, las cuales en la parte situada dentro de las rocas córneas se reducen a 2 troncos con muy escasas ramificaciones; pero hacia el oriente, ya dentro del batolito, las ramificaciones son numerosísimas, siendo las principales las vetas Fortuna, Verde y Bronces. Esta última es la más persistente.

El caso inverso, es decir, de ramificación hacia las rocas córneas, lo tenemos en la veta Llanca que es un tronco del cual derivan innumerables vetas hacia el poniente, como ser Blanca, Florida, Estrella, San Jorge, San Juan, Aurora, San Carlos, Llanquita.

Hacia el sur del grupo Casas-Ají las vetas se van haciendo cada vez más cortas.

Las vetas principales del distrito, como ser Tránsito, Ají y Casas, terminan hacia el oeste, al llegar a la zona ocupada por las metadioritas, pero tal terminación no la podemos atribuir a que estas últimas representen una inyección posterior a las vetas sino al hecho que sus características petrográficas han sido desfavorables para que los esfuerzos regionales provocaran fracturas en ellas.

La forma en que desaparecen las vetas a lo largo de la corrida la hemos podido observar solamente en el caso de la veta Tránsito, en un socavón que parte de la Quebrada de este nombre o la cota 680 m.s.n.m. Allí se ve que la veta termina gradualmente hacia el poniente, pasando a una guía arcillosa de 20 cm. de espesor con muchas oxidaciones de fierro, la cual al fin termina como el filo de un cuchillo. Posiblemente todas las otras vetas desaparezcan en esta forma, a lo menos hacia el poniente, pues sus terminaciones orientales en el batolito esten señaladas por guías de epidota que acompañan a una faja de propilitas descritas en pág. 98.

La mayor parte de las vetas están ubicadas a lo largo de filones lamprofrícos, ya sean espesartitas u odinitas, las cuales tienen un marcado carácter lenticular, lo mismo que ocurre en las vetas. Debido a esta lenticularidad es frecuente el caso en que bajo afloramientos muy estrechos existen potencias apreciables que han permitido una explotación intensa. Pero no todos los filones o sus vecindades han sido mineralizados, porque a veces se encuentran varios de estos filones paralelos y la veta sigue sólo a lo largo de uno de ellos.

La relación entre filones y vetas es puramente estructural, pues ellos no tienen nada que ver con los procesos de mineralización y siempre son anteriores a ella, de modo que dicha relación proviene del hecho que sus contactos son zonas débiles que permitieron el desarrollo de una mayor permeabilidad a consecuencia de las acciones tectónicas y, por lo tanto, una más fácil circulación de las soluciones mineralizadoras.

Fuera de las vetas que podríamos llamar discordantes hay otras que denominaremos concordantes, las cuales se han formado por soluciones que circularon por los planos de foliación de las rocas córneas; pero su importancia es muy subordinada, pues han sido explotadas sólo en los afloramientos en las vecindades del pique San Pablo, donde aparecen varios mantos concordantes, con fuerte impregnación de magnetita y pequeñas cantidades de minerales cupríferos, los cuales han experimentado ciertas concentraciones cerca de la superficie. Sin embargo, tales mantos tienen una extensión relativamente grande en el sentido de la inclinación, pues ellos están cortados por el socavón Juan Muñoz por debajo del afloramiento, donde se pueden estudiar sus características mineralógicas. A veces la mineralización de los mantos es muy errática, presentándose sólo pequeños cuerpos lenticulares de magnetita, anfíbola, pirita y calcopirita a lo largo de ellos y separados unos de otros por trechos estériles.

#### LA MINERALIZACIÓN

Para apreciar las características de la mineralización poseemos solamente las informaciones suministradas por los afloramientos, los laboreos del túnel Juan Muñoz y los desmontes, ya que casi todas las labores antiguas están inaccesibles y solamente se dispone del plano de muestreo de la veta Casas, pero en él no se consignan las características mineralógicas de las muestras.

Por la imposibilidad de examinar los laboreos antiguos no podemos establecer de un modo claro las zonas de oxidación, cementación y primaria. Según informaciones antiguas parece que la zona de oxidación llegó más o menos hasta los 60 m. de profundidad, especialmente con malaquita y crisocola. Los minerales de cementación calcosina y covelina se habrían presentado de un modo esporádico, aunque algunas veces originaron clavos de consideración. Pero el mineral más importante siempre ha sido el primario, representado por calcopirita.

En los afloramientos todas las vetas muestran características análogas, es decir una estructura en fajas formada por anfíbola verde o magnetita, ya sea bastante puras o íntimamente mezcladas. Además existen cantidades apreciables de epidota, especialmente en las fajas de anfíbola. El cuarzo y la calcita aparecen en cantidades muy subordinadas, lo mismo que el granate y siderita. Entre los minerales oxidados, fuera de los óxidos de hierro, se encuentran minerales oxidados de cobre, especialmente malaquita y crisocola, esta última por lo general junto con calcedonia y ópalo.

Cuando las vetas arman en las rocas córneas, la única modificación que se produce en las rocas encajadoras es cierta epidotización provocada por numerosas guías angostas de epidota que las atraviesa; pero tal fenómeno no es exclusivo junto a las vetas metalíferas, pues tiene una gran difusión en el distrito. El caso es diferente para las vetas que arman en el batolito, las cuales siempre están dentro de una faja más o

menos potente de propilitas de anfíbola descritas más arriba, surcadas por muchas venillas de epidota.

En los laboreos correspondientes al túnel Juan Muñoz se puede apreciar que las vetas no tienen una mineralización continuada, sino que están formadas por una serie de lentes que se acuñan en ambos extremos y ligados por vetillas de muy poca importancia. En este nivel las vetas Casas y Sacramento muestran anfíbola en cantidades muy subordinadas, constituyendo casi todo el cuerpo de la veta una magnetita maciza, de modo que la anfíbola forma solamente pequeños lentes dentro de la primera. El hecho que en los desmontes de las minas explotadas en niveles superiores la anfíbola sea muy abundante, permite deducir que ellos se acuñan a profundidad.

El hecho que los lentes de anfíbola, ya sean de grandes dimensiones o de tamaños microscópicos, estén encerrados dentro de la magnetita indica claramente que esta última reemplazó a la primera. Pero no siempre se encuentra anfíbola como fase previa a la magnetita, como ocurre, por ej., en la veta Amalia al nivel del socavón, pues allí la magnetita rodea casi totalmente los granos del diópsido original y sólo muy pocos se hallan transformados en anfíbola. Esto lo podríamos atribuir al carácter de las soluciones que predominaron en dicha etapa de mineralización.

En algunos sectores restringidos la anfíbola ha sido reemplazada por grosularita, como ocurre en las vetas Federico y Aji.

Se podría pensar que esta transición de las vetas a magnetita significará la terminación de ellas, es decir, que se transformarán en vetas de magnetita hasta sus raíces; pero hay dos hechos que contradicen esta suposición, por una parte es evidente que la magnetita reemplaza a la anfíbola y por otra que si consideramos la posición de las distintas mineralizaciones en relación con las superficies isotermales, las cuales deben ser más o menos paralelas al contacto entre el batolito y las rocas encajadoras, volvemos a encontrar grandes cuerpos de anfíbola en niveles inferiores. (Ver perfil plano 4). Igual razonamiento haremos más adelante para los minerales cupríferos.

Damos a continuación dos análisis de anfíbola que se encuentran en las vetas: Hi-61, recogido en el desmonte de la veta Tránsito, y Hi-301, en la Federico:

	Hi-61	HI-301
SiO <sub>2</sub> .....	51.48	44.93
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	12.21	10.40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	2.54	6.48
FeO .....	2.85	5.23
MgO .....	6.22	10.01
CaO .....	15.81	15.01
Na <sub>2</sub> O .....	3.20	2.90
K <sub>2</sub> O .....	1.6	1.33
H <sub>2</sub> O+ .....	2.31	2.73
H <sub>2</sub> O- .....	2.83	1.21
	101.05	100.23

si.....	122	89.6
al .....	17.2	12.2
fm.....	32.7	48.5
c .....	40.3	32.0
alk .....	9.8	7.3
k .....	0.25	0.23
mg .....	0.68	0.58
c/fm. ....	1.24	0.66

Junto con la anfíbola es frecuente encontrar apatita; pero siempre en cantidades pequeñas, la cual reemplaza a la primera en manchas irregulares o forma pequeñas guías.

La relación entre apatita y magnetita no aparece muy clara. En el caso de las vetas en que todo el diópsido fué transformado en magnetita, la apatita es evidentemente anterior a la magnetita; pero donde se conservó el diópsido, como en la veta Amalia, aparecen guías de apatita atravesando la veta de magnetita y entre los granos que forman estas guías existen algunos de magnetita y de anfíbola pobre en hierro a juzgar por su débil pleocroísmo. Este hecho nos induciría a suponer que existieron dos generaciones de magnetita, una anterior a la apatita y otra posterior; pero posiblemente se trate de una sola etapa con depositación simultánea de ambos minerales, es decir, donde existía abundancia de agua u OH se depositó primero la apatita y en caso contrario la magnetita.

En el caso mencionado de las guías de apatita, algunos granos del diópsido están transformados en serpentinatas y epidota.

Un mineral muy frecuente es la titanita de depositación anterior o simultánea con la anfíbola.

La epidota existe en proporciones muy variables y casi siempre reemplazando a la anfíbola. Hay sectores en los cuales ella predomina, en cambio en otros es relativamente escasa, pero nunca falta, aun en los casos en que el diópsido no fué transformado en anfíbola, no escapó parcialmente a la epidotización. En cuanto a sus relaciones con la magnetita parece ser anterior a ella.

Llama la atención en todas las vetas la ausencia total de feldespatos residuales que hubieran quedado después de haber sido atacadas las rocas córneas por las soluciones mineralizantes, a pesar de que en ciertos casos los granos de diópsido se conservan bastante frescos. Sólo en la parte del túnel correspondiente a la veta San Francisco, donde ella está representada por guías angostas de magnetita, el feldespato de las rocas córneas se conserva enteramente sericitizado, sin haber sido atacado el diópsido. Este hecho nos demuestra que el primer trabajo de las soluciones circulantes fué hidrolizar los feldespatos para ser reemplazados en seguida por la magnetita o anfíbola. Los álcalis correspondientes parece que se fijaron en la anfíbola.

Con la depositación de la magnetita termina la primera fase de mineralización y comienza otra con minerales de más baja temperatura, en la cual se forma cuarzo, calcita, clorita, pirita y calcopirita. Ambas fases están separadas por una época de destrozamiento el cual es perceptible en los cristales de granate y de magnetita.

Como es relativamente frecuente la presencia de gotitas de calcopirita dentro

de la magnetita, sería posible que a lo menos parte de ella fuera de depositación simultánea con la magnetita.

La calcopirita con sus minerales acompañantes se la encuentra impregnando las vetas de magnetita o anfíbola, ya sea en inclusiones diminutas, de sólo fracciones de milímetros o en ojos de varios centímetros. Otras veces forma guías lenticulares.

Dada la circunstancia que hoy día no podemos ver ninguno de los parajes donde existió mineralización abundante, es imposible formarse una idea bien concreta y, tal vez, lo que más se acerca a lo que fueron los clavos explotados es el sector con mineralización cuprífera existente en el frontón Sacramento, al nivel del túnel Juan Muñoz, y que hemos descrito más arriba, es decir, que ésta se concentre de preferencia en ciertas guías junto con cuarzo y calcita.

Este mismo fenómeno se puede estudiar en escala microscópica en el cuerpo poniente de la veta Casas, descrito en pág. 148, del cual se deduce la siguiente paragénesis:

clorita — cuarzo — calcita — piritita — calcopirita.

Aquí la ley en cobre es ínfima, debido posiblemente a que estamos en el extremo oriental del clavo correspondiente a la mina Santa Isabel, cuyos planes seguramente están muy por debajo del nivel del socavón.

En todas estas labores la calcopirita va siempre en contacto de la ganga con la magnetita, como si esta última hubiera sido el agente precipitante; pero hay otros casos donde existe calcopirita incluida en magnetita sin que aparezca ninguna clase de ganga, lo cual induce a pensar en una primera depositación de calcopirita simultánea con la magnetita y concentrada posteriormente por las soluciones que depositaron al cuarzo y la calcita y circularon debido a la permeabilidad producida por la fracturación que ocurrió después de terminada la primera etapa de mineralización; pero no tenemos comprobaciones fehacientes para asegurar esta interpretación.

La segunda fase de mineralización, es decir la producida después del agrietamiento, la encontramos en todas las vetas del distrito, independientemente de los niveles isotermales primitivos. Así, por ejemplo, en la veta Llanca, que está bastante internada en el batolito, aparece cuarzo en drusas, lo cual indica condiciones de temperatura relativamente bajas; es decir, que cuando ocurrió el destrozamiento y la venida de las nuevas soluciones ya la influencia termal de la periferia del batolito era nula.

La acción tectónica que determinó el ascenso de soluciones cupríferas parece que fué relativamente débil porque originó sólo una microbrechización de la magnetita y otros minerales o rajaduras pequeñas y discontinuas, o bien tuvo lugar a gran profundidad donde la presión confinante era demasiado elevada para permitir un fracturamiento más intenso.

Fuera de los minerales ya mencionados se ha encontrado en las vetas Florida y Ají pequeñas cantidades de molibdenita, pero su posición en la escala paragenética no la conocemos.

Los sulfuros contienen una cierta proporción de oro, posiblemente en impregnación submicroscópica, pues las muestras estudiadas no han revelado su presencia.

El mecanismo mediante el cual se produjo el relleno de las vetas es evidentemente el metasomatismo, ayudado por fracturamientos ocurridos en diversas etapas, los cuales permitieron el acceso de las soluciones mineralizadoras.

## ORIGEN DE LAS VETAS

Al estudiar el origen de las vetas de este distrito es preciso diferenciar, primeramente, entre origen de las grietas que hicieron posible la circulación de las soluciones que depositaron los minerales de las vetas y el origen de estas soluciones. El primer punto ya lo hemos considerado al tratar de las generalidades estructurales, de modo que nos limitaremos en este capítulo a estudiar el origen de las soluciones y las modificaciones experimentadas por ellas.

La sucesión de los acontecimientos relacionados con este problema que se puede deducir de las observaciones geológicas hechas más arriba sería el siguiente:

- 1.º Intrusión del batolito.
- 2.º Diferenciación magmática principalmente por cristalización fraccional, la cual condujo a la formación de una periferia local de carácter melanocrático.
- 3.º Inyección de filones micropegmatíticos en las rocas córneas.
- 4.º Inyección de filones lamprofíricos.
- 5.º Agrietamiento según el esquema de las vetas.
- 6.º Circulación de soluciones que produjeron la formación de las vetas mediante procesos metasomáticos.

Las etapas 1 a 5 ya han sido consideradas al tratar de la historia petrológica, de modo que nos ocuparemos aquí sólo del origen de las soluciones que originaron las vetas.

Existe consenso de opinión en considerar que mediante los procesos de diferenciación de un magma se producen flúidos residuales ricos en álcalis que dan lugar a filones aplíticos y pegmatíticos; pero ellos no habrán tenido ninguna participación en la formación de las vetas donde predominan los minerales ferromagnesianos, los cuales están ausentes en las pegmatitas, de modo que los minerales ferromagnesianos depositados en las vetas habrán sido transportados por agua junto con otros mineralizadores como P, S, CO<sub>2</sub>, etc.

El problema que se nos presenta es entonces explicar cómo pudo producirse esta concentración de hiperfusibles y que no hayan sido arrastrados por los materiales pegmatíticos. Ello seguramente fué posible porque el H<sub>2</sub>O en la época en la cual salieron los residuos alcalinos estaba difundida en toda la roca, de modo que no tuvo por qué concentrarse en los líquidos alcalinos pegmatíticos y sólo cuando la temperatura bajó más allá de la crítica y se produjeron fisuras en la roca relativamente fría ésta empezó a actuar de un modo independiente.

La acción del agua sobre pegmatitas ya formadas la podemos ver en las pegmatitas, descritas más arriba, que aparecen en el cordón situado al N. de la quebrada El Sauce, pág. 105, en las cuales se formó abundante prehnita y anfíbola.

Es muy frecuente en Chile el hecho que dentro de filones aplíticos y pegmatíticos aparezcan guías de epidota, p. ej., en la cuesta de Pelvín y Tiltill, en la provincia de Santiago, Chigualoco en la de Coquimbo, etc., lo cual está demostrando que a continuación de la salida de los materiales aplíticos y pegmatíticos se produjeron grandes concentraciones de agua que arrastraron minerales ferromagnesianos.

Naturalmente que en ciertos casos se habrá podido producir una concentración de H<sub>2</sub>O en los materiales sílico-alcalinos para dar mayor fluidez al magma que conduce

a la formación de pegmatitas; pero esto no significa de ningún modo un acaparamiento de toda el agua difundida en el conjunto magmático. Como las pegmatitas siguen por lo general a las apatitas, este hecho sería una indicación más en favor de nuestra suposición de que el agua se va concentrando en regiones determinandas a medida que desciende la temperatura.

Lo que decimos para el agua parece ser también efectivo para el P; pero su concentración vendría en una etapa posterior y por fin para el CO<sub>2</sub>.

*Fenner* (1932, pág. 65) dice que muchas sustancias volátiles a temperaturas moderadas son solubles en mezclas silicatadas cuando están bajo presión y se formen así soluciones en las cuales las propiedades gaseosas de los volátiles quedan oscurecidas. De modo que las combinaciones existentes en los gases y vapores volcánicos se encuentran sólo en escasa proporción en las soluciones magmáticas. En estas últimas diversos ingredientes están ionizados, de modo que cada uno de los elementos en la solución está unido con otros elementos de acuerdo con ciertos factores desconocidos que no dependen de la volatilidad potencial, de modo que no tiene significado las condiciones de temperatura a la cual el agua u otros volátiles alcanzan su estado crítico al estar puros.

Por lo que respecta al P está bien evidente su amplia difusión en las rocas hasta el final de la historia magmática, ya que casi no hay roca del batolito andino que no muestre una repartición más o menos amplia de apatita, aunque en proporciones insignificantes, que se manifiesta como inclusiones de apatita dentro de los feldespatos. Sin embargo, las pegmatitas derivadas de estos mismos eruptivos carecen totalmente de concentraciones de apatita y cuando ellas aparecen, como ocurre en los yacimientos de las provincias de Coquimbo, siempre van ligadas con anfíbola y magnetita, con exclusión casi absoluta de minerales alcalinos como feldespatos.

En cuanto al CO<sub>2</sub> y S se puede decir algo análogo, es decir, que se hace presente en concentraciones sólo cuando la etapa magmática llegó a su fin.

A resultados análogos llegamos si se analiza la sucesión de las emanaciones volcánicas, aunque aquí las condiciones son algo diferentes por la escasa presión.

Mediante el proceso descrito tendríamos una concentración de agua capaz de hidrolizar los minerales de las rocas y así tomar en solución cantidades apreciables de FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO y posiblemente también algo de álcalis.

Pero no es preciso suponer que todas las sustancias depositadas por las vetas hayan sido llevadas por las soluciones circulantes, pues al proceder a los reemplazos metasomáticos los minerales reemplazados han contribuido con cantidades apreciables de sustancias a dichas soluciones.

Según *C. Ross*, 1935, pág. 54, las pequeñas alteraciones deutéricas que se producen en toda la masa de una intrusión pueden proporcionar cantidades mayores de materiales que las alteraciones profundas de las partes marginales. Para justificar esta suposición calcula, partiendo de la composición media de las rocas ígneas dada por *Clarke y Washington* (1924, pág. 16), la cantidad de sustancia liberada por procesos deutéricos insignificantes.

Al analizar el desarrollo de la mineralización metasomática dentro de las rocas córneas de diópsido y plagioclasa vemos que en las primeras etapas se produce la transformación del diópsido en anfíbola, cuya composición química es muy análoga a la de las rocas córneas, consideradas en conjunto y los mayores cambios que se ob-

servan son cierta disminución en  $\text{SiO}_2$  e incremento de la  $\text{MgO}$  y el  $(\text{OH})$ . Al mismo tiempo se deposita magnetita que substituye a los feldespatos, de modo que para explicar tales cambios bastaría suponer la existencia de soluciones ricas en  $\text{H}_2\text{O}$  y óxidos de fierro con pequeñas cantidades adicionales de otros compuestos como  $\text{MgO}$ .

Pero la transformación del diópsido en anfíbola no es general, pues hay casos en los cuales se ha producido mineralización con magnetita, quedando el diópsido sin ninguna transformación y, a veces, en una misma veta se presentan los dos tipos (Amalia), pero siempre ha desaparecido el feldespato. En este último caso hay un antecedente que permite suponer que se trata de una mineralización con magnetita muy temprana y es el hecho que la veta está atravesada por guías de apatita cuando lo corriente es que la magnetita sea posterior a la apatita y al presentarse estas guías de apatita se ha formado anfíbola. De estos hechos podríamos deducir que hay dos fases de formación de magnetita y además que la generación de anfíbola en las vetas está ligada a la penetración de soluciones capaces de transportar P, lo cual puede depender del PH. Como esta magnetita de formación temprana contiene algo de calcopirita diseminada, los sulfuros ya en esa época habrían emigrado; aunque en escasa proporción.

Para apreciar el origen de la magnetita es conveniente analizar lo que ocurre en las rocas ortomagmáticas. Así en la granohiperita HP-57, cuyo análisis figura en el cuadro III, pág. 150, aparece ortoclasa en los intersticios entre los otros minerales, lo cual indica que es el último de los minerales ortomagmáticos. Esta ortoclasa encierra poikilíticamente plagioclasa, minerales ferromagnesianos, apatita y magnetita, de modo que está evidente que su formación es posterior a la magnetita. Pero a su vez la ortoclasa está atravesada por guías muy finas de anfíbola débilmente pleocroica, las cuales parten de un mineral de piroxena transformado en anfíbola. Este hecho indica que con posterioridad a la formación de ortoclasa se generó anfíbola penetrándole en guías, lo cual habrá sido posible mediante el agua liberada por la cristalización de la ortoclasa. La mayor cantidad de magnetita está, generalmente, como segregación de la biotita y, a veces, también en la augita. En este último caso ella se ha dispuesto según los planos de clivaje, de modo que parece ser producto de desmezclamiento. De tales observaciones se deduce que la formación de magnetita es anterior a la depositación de la ortoclasa, de modo que al salir los magmas residuales de carácter pegmatítico por estrujamiento no arrastraron consigo a la magnetita y la parte de ellos que permaneció dentro de la malla de cristales ya formados reemplazó metasomáticamente algunos minerales de formación anterior, produciéndose así la disolución de la magnetita junto con otras sustancias que representan en promedio la composición global de la roca.

Por lo que respecta a los sulfuros, piritita y calcopirita, podemos suponer que ellos en un comienzo habrían estado diseminados en la roca cuando las soluciones hidrotermales aun no se manifestaban, lo mismo que pasa en un horno de fundición de minerales de cobre.

Según Ross (1935, pág. 55) todas las rocas ígneas contienen pequeñas cantidades de cobre (entre 0.01 y 0.03%); pero no hay uniformidad de pareceres respecto a la forma mineralógica en que ellos se encuentran, algunos estiman que son silicatos y otros sulfuros. Morozevics (citado por Ross) encontró en los basaltos de la isla Commander 0.04% de cobre en diques basálticos y llega a la conclusión que está en la

magnetita. En observaciones que hemos hecho en las dioritas del distrito de Gatico, de la provincia de Antofagasta, encontramos calcopirita dentro de magnetita, lo cual coincide con la opinión antes citada, de modo que parece que la magnetita es un buen colector de la calcopirita.

La separación de los sulfuros del magma la atribuye *Vogt* (1926, pág. 315) al hecho que mediante el enfriamiento se llegó al límite de solubilidad de los sulfuros, los cuales se habrían segregado en forma líquida. De igual opinión es *Bowen* (1929, pág. 172).

Los sulfuros diseminados en la roca, especialmente junto con la magnetita, habrán sido disueltos por líquidos alcalinos para ser depositados en las vetas, ya en conjunto o separadamente.

Mediante el mecanismo bosquejado tendremos una diseminación de magnetita pirita y calcopirita a lo largo de las vetas cuyo relleno principal habrá sido anfíbola u otros minerales ferromagnesianos.

Según hemos visto al tratar de la mineralización, una parte muy pequeña de la calcopirita se encuentra diseminada en la magnetita sin presentar relaciones con la etapa de mineralización que siguió al fracturamiento de la magnetita, pues la mayor parte de ella aparece en las guicillas dentro de esta última acompañada por cuarzo y calcita. Esta circunstancia sugiere la idea que la mayor parte de la calcopirita se hubiera movilizado junto con la sílice y carbonatos; pero sería posible también que las soluciones que depositaron estas gangas disolvieran la calcopirita diseminada en una etapa anterior para concentrarla en las fracturas generadas con posterioridad a la depositación de magnetita y en los planos de clivaje de la anfíbola.

Como el cuarzo y calcita se depositaron después de producido el agrietamiento, indudablemente la presión reinante fué inferior a la existente en la primera etapa de la mineralización, lo cual favoreció la separación del  $\text{CO}_2$  como fase libre y esto pudo facilitar la extracción de la  $\text{SiO}_2$  de los minerales de las rocas, ya que según *Clarke* (1924, pág. 484) la solubilidad de la  $\text{SiO}_2$  aumenta considerablemente por la presencia de  $\text{CO}_2$ .

## POSIBILIDADES MINERAS DEL DISTRITO

Para analizar las posibilidades mineras del distrito tendremos que prescindir de los laboreos antiguos pues están totalmente explotados quedando sólo algunos puentes de baja ley como lo demuestra el plano de muestreo de la veta Casas confeccionado por la Compañía Higuera Consolidada y entre los modernos el único que descubrió un pequeño clavo es el de la veta Sacramento a nivel del túnel Juan Muñoz, pero que es de muy escasa importancia. Entonces es preciso analizar las posibilidades de encontrar nuevos clavos en las vetas que fueron trabajadas antiguamente o nuevas vetas que hubieran escapado a la prospección visual.

Según hemos visto al describir la mineralización, los clavos que se explotaron antiguamente eran de carácter lenticular y de dimensiones variables. Algunos, como en la veta Tránsito, se extienden por 1,000 m. horizontales y, tal vez, en 400 m. según la inclinación. En cambio otros son pequeños ojos. La terminación de los clavos en sentido horizontal se produce por una disminución de la permeabilidad que permitiera la circulación de las soluciones mineralizadoras. Esta variación de la

permeabilidad está evidente en sentido horizontal, es decir, se suceden diversos clavos a lo largo de la corrida; pero en el vertical no tenemos ninguna comprobación. Lo único concreto que sabemos al respecto es que en los planes de la veta Casas ella se convirtió casi totalmente en una veta de magnetita con cantidades insignificantes de sulfuros y probablemente en muchas de las otras vetas del distrito habrá ocurrido lo mismo, ya sea que estén dentro del batolito o dentro de las rocas córneas.

Los planes de las diferentes minas están á profundidades variables con relación a la superficie de contacto entre el batolito y las rocas cobertizas (Plano N.º 4), a veces por encima y otras bajo ella. Entre las primeras podemos mencionar las vetas Florida y San Juan y entre las segundas las vetas Sacramento, Casas, Ají, Tránsito y Federico, es decir las del Alto. De este hecho podemos deducir que el broceo por transformación de la veta en magnetita no guarda una relación definida con la superficie de contacto y que por lo tanto no se puede afirmar rotundamente que una veta broceada en magnetita no pueda presentar otro clavo cuprífero a mayor profundidad, pues los clavos explotados en las vetas San Juan y Florida están muy por debajo de la superficie de contacto, que aun no ha sido alcanzada por las vetas del Alto.

La solución de este problema es fundamental para decidir si el distrito tiene o no expectativas de producir una cantidad importante de minerales en el futuro y su solución es relativamente sencilla porque ya se cuenta con el Túnel Juan Muñoz, de modo que bastaría habilitar algunas labores antiguas en este nivel para perforar sondajes que lleguen hasta una profundidad de más o menos 200 m. verticales por debajo del túnel. Indudablemente, que para ubicar los sondajes en lugares adecuados será menester correr también algunas estocadas.

Por lo que respecta a la extensión lateral de las vetas no es mucho lo que se puede esperar en las partes superficiales, ya que el distrito ha sido intensamente explorado durante los años de auge. Es cierto que en lugares alejados del sector principal hay varias vetas que han sido poco exploradas en sus partes superficiales y que, tal vez, pudieran suministrar en mayores honduras minerales cupríferos en abundancia, pero en ellas el problema es de la misma índole que el de las vetas principales, de modo que es aconsejable resolverlo primero en estas últimas.

A fin de tener antecedentes respecto a la posible extensión lateral de las vetas encapadas se hizo un levantamiento magnetométrico, pero aunque las vetas contienen cantidades de magnetita apreciables, sus indicaciones quedan enmascaradas por el campo magnético regional, que es bastante alto y determinado, tal vez, a lo menos en gran parte, por los mantos de rocas córneas magnetizadas. Para tener ideas más concretas al respecto, convendría ensayar los métodos eléctricos en aquellas vetas que han sido poco explotadas en las partes superficiales. De todos modos este es un problema secundario en relación con el descubrimiento de nuevos clavos en profundidad.

## DESCRIPCION PARTICULAR DE LAS VETAS

## VETA FEDERICO

Esta veta aflora en el portezuelo que separa los cerros Jote y León y se continúa hacia el E. atravesando la quebrada Jote. En dicho portezuelo aparece dividida en tres ramas, de las cuales dos se juntan hacia el W. La rama más meridional tiene rumbo variable entre N 65 E. y E-W, con inclinación de 60 a 70°S y una corrida de 150 m. conocida; pero se prolonga más aún; la potencia es de 2,5 m. La rama central tiene una corrida variable de 80 m., aproximadamente, empalmando después con la rama norte; su rumbo es algo sinuoso y varía entre N 75 E y E-W; la inclinación oscila entre 50 y 70°S; y tiene una potencia de 1.20 m., aproximadamente. La rama norte es la de mayor corrida, alcanzando a 400 m. en su parte visible; su rumbo varía entre N 65 E y N 80 E y la potencia es de 2.00 a 2.50 m. en la zona del portezuelo, disminuyendo hasta 0.40 cm. en la quebrada Jote.

Todos los afloramientos mencionados están encajados dentro de las Rocas Córneas, pero parece que la veta penetra también en el batolito, donde se conoce un solo afloramiento sin importancia.

De estas 3 ramas la que ha sido más trabajada es la norte, sobre la cual existe un rajo profundo en la zona del portezuelo, varios chiflones en la ladera y un socavón de 280 m. a partir de la quebrada, a la cota 820 m. en el cual se han explotado algunos rajos que llegan hasta la superficie y que corresponden a lentes de mayor mineralización cuprífera. En este socavón la veta aparece en forma de lentes de anfíbola verde, uno de 65 m. cerca de la entrada y otro de 120 m., separados ambos por un trecho estéril de 50 m. En estos lentes la anfíbola tiene una impregnación más o menos abundante de pirita, calcopirita y magnetita, a veces hay pequeñas guías de cuarzo con calcopirita, lo que parece indicar que ésta ha sido el portador de los minerales de cobre. En partes aparece algo de granate y calcita dentro de la anfíbola.

En las muestras con granate se observa una alteración hidrotermal muy avanzada, análoga a la que describiremos con mayores detalles para la veta Casas. Por efecto de esta alteración ha desaparecido casi totalmente el diópsido y plagioclasa de las rocas córneas y la roca muestra la siguiente paragénesis: Diópsido—anfíbola verde—grosularita—cuarzo—calcita.

Antes de la depositación de calcita el granate fué destrozado por movimientos tectónicos, como lo indica el hecho que sus fragmentos aparecen incluidos dentro de manchas de calcita.

Las rocas córneas en las cuales arma la veta estuvo atravesada por algunos filones lamprofíricos más antiguos que ella.

La rama meridional se presenta en los afloramientos formada por anfíbola, cuarzo y magnetita con algo de minerales oxidados de cobre, lo mismo que las otras dos y en general puede observarse que en la parte occidental el relleno de las diversas ramas es más abundante en magnetita que en la oriental, donde se presenta en muy pequeña cantidad diseminada en la anfíbola, que es la ganga predominante.

A juzgar por la pequeña importancia que tiene esta veta dentro del batolito posiblemente no haya penetrado muy profundamente en él, lo cual limitaría considerablemente sus posibilidades en hondura.

En el extremo oriental, es decir, cerca del contacto con el batolito la roca encajadora está fuertemente epidotizada y dentro de ella hay varios núcleos de anfíbola, guías de magnetita y algunas de cuarzo con minerales oxidados de cobre, que tienen una potencia hasta de 10 cm. A veces el cuarzo está en drusas.

Se encuentran también en este sector pegmatitas de anfíbola negra con oligoclasa, las cuales son muy anteriores a las vetas.

Un perfil característico para estas vetas es el que aparece en el portezuelo entre cerro Jote y cerro León y que tiene las siguientes fajas de pendiente a yacente:

0.10 m. Guía de cuarzo con magnetita, en parte muy limonitizada, y verdión (1).

0.45 » Cuarzo con magnetita, limonita, epidota y verdión.

0.40 » Roca blanqueada (descompuesta, corresponde probablemente a anfíbola verde).

0.05 » Salbanda arcillosa con magnetita y verdión.

Ocho metros hacia el sur existe otra veta con el siguiente perfil, de pendiente a yacente:

0.30 » Anfíbola verde, epidota, magnetita, cuarzo y algo de verdión.

0.10 » Cuarzo con magnetita, limonita, anfíbola, poca epidota y verdión.

0.40 » Roca córnea con guías de epidota, magnetita y cuarzo.

En general se observa en todos los perfiles una alternación de fajas constituídas principalmente por anfíbola verde, con otras en las cuales predomina la magnetita o el cuarzo. Esta misma disposición se encuentra en todas las vetas del distrito, aunque por lo general faltan las de cuarzo.

#### VETA TRÁNSITO

Esta veta, que figura entre las más importantes del distrito, aflora en la falda norte del cerro Jote y en la parte oriental se divide en 3 ramas, pasando en esta forma de las Rocas Córneas el gabro, casi sin penetrar en este último. En la parte central tiene dos ramas y en la occidental solamente una.

El rumbo general es N 70 E. (magnético) y la inclinación varía entre 60 y 70° sur. La corrida dentro de las rocas córneas es más o menos 1,100 m. y su prolongación dentro del gabro es insignificante. Hacia el este termina en cuña, presentando una masa arcillosa en su terminación. A lo largo de toda la corrida aparecen algunas ramificaciones.

La potencia es variable. En sus afloramientos situados en la ladera de la Quebrada Tránsito llega a 3 m. En otras partes varía entre 2.00 y 1.80 m.; aun hay sectores donde alcanza 5 m.

Un perfil en la parte oriental, de pendiente a yacente es el siguiente:

0.40 m. Anfíbola verde.

0.60 m. Magnetita con calcedonia, anfíbola, limonita, epidota y verdiones.

(1) Designaremos con el nombre de verdión a los minerales oxidados de cobre que corresponden casi exclusivamente a crisocola y malaquita.

2.00 m. Anfíbola fibrosa en cristales grandes y pequeños. Esta anfíbola está algo alterada y lleva además magnetita, specularita, cuarzo y gran abundancia de mineral oxidado.

En general la anfíbola aumenta considerablemente hacia el oeste, creciendo al mismo tiempo la cantidad de minerales oxidados de cobre.

En la cuchilla del cerro La Higuera, donde hay un desmonte de forma triangular muy característico, la veta se ramifica hacia el oriente. La rama central denominada Socorro tiene poco más de 200 m. de corrida y un rumbo entre N 70 E y N 60 E; su potencia varía de 1.50 a 2.00 m. La rama norte llega hasta las vecindades del contacto del batolito y tiene una corrida visible de más o menos 300 m.; en su parte central se pudo observar el siguiente perfil, de pendiente a yacente:

0.50 m. Epidota con anfíbola alterada, limonita, magnetita e impregnaciones de minerales oxidados de cobre.

1.00 m. Magnetita con limonita, arcilla y cuarzo.

0.50 m. Anfíbola alterada, epidota, arcilla limonita e impregnaciones de minerales oxidados de cobre.

En las cajas van algunas guías de epidota.

En un socavón que parte de la quebrada de Tránsito a 680 m.s.n.m. se observa que la veta termina gradualmente hacia el poniente, pasando a una guía arcillosa de 20 cm. con muchas oxidaciones de fierro. La apertura hacia el oriente es repentina.

La mineralización se puede deducir sólo de las muestras del desmonte. El mineral más frecuente consiste en anfíbola verde con ojos de calcopirita. Observada al microscopio aparece constituida por anfíbola actinolítica, apatita, epidota, siderita, clorita, cuarzo y escapolita, magnetita y sulfuros, que se han depositado en el siguiente orden.

El mineral más antiguo en la anfíbola actinolítica con pleocroísmo débil entre verde pálido e incoloro en las secciones según (010). En parte está asbestizada. La epidota es de color amarillento verdoso con fuerte pleocroísmo: ella reemplaza a la anfíbola. La apatita se presenta en grandes cristales alotriomorfos que encierran numerosos granos de epidota; generalmente en el contacto entre estos dos minerales hay algo de cuarzo que se pudo formar por la reacción del  $P_2O_5$  sobre la epidota, transformándola en fosfato y dejando  $SiO_2$  libre. Estas inclusiones de cuarzo, que a veces forman venillas, terminan bruscamente en los cantos de la apatita.

En las manchas de cuarzo que parten de la anfíbola a la apatita se encuentra a veces algo de clorita, la cual aparece también en contacto con la epidota. La clorita se habría formado por el Fe y el Mg de la anfíbola liberado durante la formación de epidota.

Posteriormente a la formación de los minerales ferromagnesianos y apatita, se produce la introducción de magnetita, posiblemente con algo de calcopirita como veremos para la veta Casas y después el cuarzo, carbonatos, pirita y calcopirita. Se suele encontrar algo de escapolita dentro de la siderita.

Esta veta ha sido intensamente trabajada a lo largo de toda la corrida y posiblemente hasta una hondura mayor que el nivel del socavón Juan Muñoz, a juzgar por los desmontes extraídos por el socavón que parte de la quebrada Tránsito a la cota 680 m. Los planes posiblemente estarán cerca del contacto, pero es dudoso que hayan penetrado al batolito.

La roca encajadora corresponde a rocas córneas, las cuales no han sido afectadas por la veta, salvo en algunas manchas donde hay formación de anfíbola, epidota y arcillización de los feldespatos.

#### VETA AJÍ

Esta veta que también es una de las más importantes del distrito, aflora en el faldeo N. del Cerro La Higuera. Hacia el E., en las vecindades del Pique Ají, se divide en 2 ramas, de las cuales la principal se denomina Ají Oriente y la otra Ají.

La veta Ají Oriente tiene rumbo variable entre N 70 E y N 80 E con manteo de 70° S. y su corrida variable es de 700 m., penetrando en la zona del gabro, donde se la conoce en una longitud de 400 m. con el nombre de veta Fortuna. Esta veta muestra varias ramificaciones, siendo la más importante una que va a empalmar con la rama N. de la veta Tránsito, casi en el contacto entre los esquistos Higuera con el batolito. La potencia varía entre 1.50 y 2.00 m.; pero en los empalmes llega hasta 3 y 4 m. Dentro del gabro la potencia es de 1 metro y en la parte final tiene sólo 0.50 m.

La mineralización en la superficie consiste en magnetita, especularita, anfíbola, epidota, cuarzo y minerales oxidados de cobre. En la zona del gabro va encajada dentro de una faja de propilita a lo largo de la cual se observan guías de epidota con anfíbola, magnetita y minerales oxidados de cobre.

La rama diagonal, a la cual nos referimos más arriba tiene potencias que varían entre 0.20 y 1 m. En un punto de ella se observó el siguiente perfil de pendiente a yacente:

- 0.01 m. Magnetita.
- 0.05 m. Anfíbola con verdiones.
- 0.05 m. Cuarzo con especularita y magnetita.
- 0.10 m. Anfíbola fibrosa.
- 0.05 m. Roca con mucha anfíbola.

Junto a la veta va un dique de espesartita con fuerte alteración hidrotermal mediante la cual gran parte de la augita se ha transformado en serpentina y calcita. Dentro de los feldespatos se ha producido epidota, hematita y talco.

La veta Ají Poniente tiene una potencia variable entre 1.40 y 2 m.; pero a veces llega a 6 m. Hacia el oriente empalma al parecer con la rama diagonal de la veta Casas y hacia el poniente termina en la zona de las rocas córneas anfibólicas, posiblemente del mismo modo que la Tránsito, de modo que su corrida es de 1,200 m. en total.

La mineralización es igual como en las vetas que hemos mencionado más arriba, la calcopirita aparece tanto dentro de la anfíbola, como en las zonas de magnetita, especialmente en la parte oriental; en estos casos la calcopirita está casi siempre en ojos de cuarzo dentro de la magnetita. A veces existe también especularita, molibdenita y granate.

Ciento ochenta metros al poniente del pique Ají se puede ver el siguiente perfil de pendiente a yacente:

- 0.50 m. Magnetita con algunos ojos de anfíbola y guías de verdión.
- 0.60 m. Anfíbola epidotizada y limonitizada.

- 0.50 m. Magnetita con ojos de anfíbola epidotizada. En el yacente lleva una guía de 0.10 m. de anfíbola epidotizada.
- 3.40 m. Roca alterada con guiecillas de limonita y de arcilla
- 0.40 m. Filón lemprofírico enteramente arcillizado.
- 0.10 m. Anfíbola epidotizada.
- 0.10 m. Limonita y sulfatos de fierro.
- 0.20 m. Magnetita limonitizada en las salbandas.
- 0.10 m. Guía de anfíbola epidotizada.

Esta veta atraviesa en parte rocas córneas surcadas por una red de filones tonalíticos que las han reemplazado parcialmente, originándose una especie de brecha. Esto demuestra que la apertura de la veta es muy posterior a la inyección diorítica y al desarrollo de la esquistocidad.

En la zona del gabro la veta tiene sólo algunas pocas explotaciones que no han llegado a gran profundidad. Más intensa ha sido la explotación en la parte oriental donde están las minas Pique San Pablo, Bellavista, Ratones y Santa Gertrudis. Tal vez todas ellas han llegado con sus explotaciones hasta niveles inferiores al del socavón Juan Muñoz, produciéndose el broceo seguramente al acercarse a la zona del contacto donde el mineral ha sido reemplazado por magnetita, lo mismo que en la veta Casas.

#### VETAS SANTA ANA E INTERMEDIA

Esta es una veta de poca importancia, situada entre las vetas Ají y Tránsito y tiene una corrida de más o menos 100 m. Su rumbo es N 70 E y el manteo varía de 65 a 70° S. La potencia oscila entre 0.40 m. y 0.60 m., llegando en algunos puntos a 1.40 m. Su relleno consiste en magnetita, anfíbola, epidota, limonita, arcilla, pequeños ojos de cuarzo con impregnación de verdión. Un perfil típico de pendiente a yacente es:

- 0.20 m. anfíbola alterada con epidota y trozos de roca.
- 0.40 m. guías de magnetita con algo de cuarzo, epidota e impregnaciones de verdión.

A lo largo de la corrida tiene 3 piques inclinados, uno de los cuales, ubicado en la parte de mayor anchura, tiene bastante profundidad.

Hacia el poniente del eje del socavón se encuentran algunos afloramientos de una veta que se los puede seguir en una longitud de 500 m. y parece que en la superficie no tiene ninguna importancia. Sin embargo, podría tenerla en profundidad si la parte superficial corresponde al término del lente.

#### VETA CASAS

Esta veta es, tal vez, la más importante del distrito. Ella aflora en el faldeo N. del cerro La Higuera y en partes está formada por varias ramas, conociéndose el conjunto en una longitud de 850 m. dentro de las rocas córneas y en 1,000 m. dentro del gabro, o sea, que la corrida total es cercana a 2 Km., de modo que es la más larga de todas.

Más o menos de la vertical del término del socavón Juan Muñoz se aparta una veta con rumbo N 80 W y 60 a 70° de inclinación al sur y posiblemente va a empalmar con la veta Aji. Esta rama ha sido intensamente explotada en partes hasta una hondura mayor que la cota del socavón. Su potencia es alrededor de 1.50 m. y en los afloramientos lleva magnetita, limonita, anfíbola, cuarzo e impregnaciones de verdiones. Las labores más importantes son: pique vertical Inocencia y pique inclinado Casas.

Desde el cruce mencionado hacia el oriente aparecen varias ramas, algunas de las cuales penetren bastante en el gabro, siendo las más importantes la Rica-Bronces y la Verde, es decir, con la veta Casas ocurre algo análogo a lo que pasa con la veta Aji, que se ramifica al acercarse a la zona del batolito, pero conserva la mineralización sus mismas características. Sin embargo, las explotaciones han sido relativamente superficiales, lo que parece indicar que sólo el mineral oxidado y el de cementación era explotable.

Desde la vertical del frente del socavón hacia el poniente la veta muestra un aspecto más regular y a lo largo de ella se encuentran las minas Santa Isabel y San Ramón, en las cuales se trabajó probablemente hasta por debajo del nivel del socavón. La veta termina al llegar al contacto con las metadioritas.

En los afloramientos las vetas de este grupo presentan las mismas características que en las anteriormente descritas. Como ejemplo citaremos el perfil siguiente de pendiente a yacente:

0.30 m. Magnetita y anfíbola verde.

0.15 m. Anfíbola verde.

0.30 m. Roca córnea con bastante anfíbola verde y guías de magnetita y epidota.

0.20 m. Salbanda arcillosa.

0.30 m. Roca córnea con guías de epidota y anfíbola.

Estos mismos perfiles se repiten a lo largo de toda la corrida, variando naturalmente la disposición y potencias de las diversas fajas.

A juzgar por los desmontes de las minas antiguas, la mayor parte de la calcopirita se encontró en la anfíbola verde y algo también en la magnetita.

Como la distribución de las diversas fajas varía a lo largo de la corrida, esta misma variación se debió producir en profundidad, de modo que había ciertos sectores en los cuales predominaba la anfíbola y en otros la magnetita.

La veta Casas, en la zona de los grandes laboreos antiguos que corresponden al pique Casas (según corte transversal de *J. Fonck*, está constituida por varias ramas, posiblemente paralelas, que se extienden en una zona de más o menos 90 m. de ancho y parece que ellos fueron explotados intensamente hasta la cota 570 m., o sea, 120 m. por debajo del afloramiento. Más abajo se redujo el número de ramas explotables, de modo que al nivel del socavón se habría trabajado sólo el más septentrional. El broceo se produjo seguramente por la disminución de la calcopirita, llegando a predominar la magnetita. Al mismo tiempo disminuyó la anfíbola.

En el nivel del socavón Juan Muñoz se puede apreciar que no existe una veta continuada, sino una serie de cuerpos lenticulares mineralizados principalmente con magnetita y escasas cantidades de piritita y calcopirita. Estos cuerpos son los siguientes (Plano 5): a) frente de la estocada de los 1,100 m., b) en el extremo O. del fron-

tón y c) en el frente E. del frontón. Este último corresponde al extremo O. del clavo explotado en los niveles superiores.

El cuerpo a) es una veta que se ha seguido en 6 m. rumbo S 30 E (magn.), pero no se sabe con seguridad su rumbo verdadero, pues no existen salbandas bien definidas y el avance es todavía demasiado corto para apreciarlo. En este cuerpo la observación microscópica revela que la magnetita rodea los granos de los minerales constituyentes de la ganga, los cuales consisten principalmente en anfíbola, tremolítica, transformada en parte a talco y calcita. Hay además guías de apatita que atraviesan la anfíbola, pero no se prolongan dentro de la magnetita, de modo que son anteriores a ella. Aparecen también pequeñas cantidades de piritita y calcopiritita en los contactos de la ganga con la magnetita. Los minerales de la ganga provienen indudablemente de la transformación del diópsido y plagioclasa de las Rocas Córneas, la cual pudo ser producida mediante las soluciones que depositaron la magnetita u otras posteriores que han circulado por las vetas, pues donde la mineralización es menos intensa los minerales primitivos de las rocas córneas se han conservado bastante frescos. Estas soluciones depositaron los sulfuros en los contactos de la magnetita y la ganga; pero también queda la duda respecto a si estos sulfuros son contemporáneos con la magnetita y que hayan sido removidos por las soluciones posteriores o que sean más modernos. En favor de la primera suposición se podría citar el hecho que en otros sectores se encuentran pintitas de calcopiritita dentro de la magnetita, sin aparecer nada de ganga.

En el frente de la labor aparece un pequeño lente de cuarzo de 10×20 cm. con núcleos de calcopiritita y piritita.

A medida que nos alejamos de la veta hacia el NE., siguiendo por la estocada, disminuye la cantidad de magnetita y también la alteración de los minerales de las rocas córneas, de modo que el diópsido aparece bastante fresco. Esto se puede apreciar mejor por las características de las siguientes muestras:

Aj-90—a 8 m. del frente de la estocada.—Roca córnea de diópsido y oligoclasea con bastante magnetita diseminada y algo de piritita y apatita. El diópsido está en parte cloritizado, serpentizado o transformado en talco. En las vecindades de la apatita el diópsido ha pasado a anfíbola. La muestra está atravesada por algunas vetillas de calcita más modernas que la magnetita. Los feldespatos están algo agrietados y dentro de estas grietas aparece calcita y minerales de arcilla.

Aj-83—a 15 m. del frente.—Roca córnea de plagioclasa, diópsido, titanita. Poca magnetita intersticial y a veces en su vecindad el diópsido reemplazado por clorita. Muy poca piritita. En parte los feldespatos arcillizados (meteorización?).

Aj-82—a 16 m. del frente.—Roca córnea de plagioclasa y diópsido. Abundante magnetita intersticial que envuelve los cristales de diópsido y plagioclasa, sin producir transformación. Hay partes con piritita relativamente abundante, pero allí parece existir algo de anfíbola o clorita.

Aj-81—a 17 m. del frente.—Roca córnea de diópsido; plagioclasa titanita con poca magnetita diseminada rodean los granos que tiende a formar guías. El diópsido casi no ha experimentado transformación. La roca está bastante agrietada. Escasas guicillas de calcita y algunas de epidota con piritita. La roca muestra textura paralela y las guías de magnetita y de piritita son oblicuas a ella. La piritita se ha difundido algo en la roca a partir de las guías.

Aj. —76—a 24 m. del frente.—Fuerte impregnación con magnetita que ha reemplazado especialmente al feldespato. Aparecen pequeños cristales de pirita y calcopirita en la ganga cerca de la magnetita.

Aj—64—a 34 m. del frente.—Roca córnea de oligoclasa, diópsido y hornblenda. Lleva algo de apatita, abundante magnetita, pequeña cantidad de pirita y epidota. La hornblenda suele encerrar cristales de diópsido y parece ser anterior a la magnetita, no observándose ninguna preferencia de esta última por el diópsido o por la hornblenda, de modo que ella debe corresponder a la etapa de metamorfismo. La magnetita a veces encierra granos de diópsido sin alteración y de apatita. Aparecen algunas vetillas finas de clorita que atraviesen todos los minerales, incluyendo la magnetita.

Los feldespatos están algo fracturados con formación de caolín en las fracturas y a veces muestran un sistema de muelas originado seguramente por presiones.

Aj—60.—Filón diabásico de grano fino. Los minerales ferromagnesianos totalmente alterados a calcita, clorita y epidota.

Aj—43—Roca córnea de oligoclasa ( $Al_2Si_2$ ), enstenita (rica en  $MgSiO_3$ ), biotita y magnetita diseminada. Ya en esta parte la introducción de magnetita en guías casi no existe. Estas rocas forman una faja de más o menos 2 m. de potencia.

A los 25 m. del cruce pasa una veta de arcilla de 0.10 m. de potencia que tal vez corresponda a una falla y en su caja yacente lleva algo de pirita.

En este tramo de la estocada se puede ver que ha existido penetración de magnetita con algo de pirita y calcopirita a lo largo de fisuras diminutas, las cuales han producido fajas mineralizadas de pequeñas potencias. Las guías arcillosas que atraviesan la labor también han servido de vehículo a una escasa mineralización en la que predominan los sulfuros.

En el tramo de la estocada comprendida entre el socavón y el frontón Casas también aparecen ciertas fajas con abundante magnetita, especialmente al lado de la chimenea que comunica con los trabajos antiguos. Existe también algo de mineralización en el pendiente de un filón lamprofírico sobre una anchura de 0.20 m., la cual contiene cuarzo, magnetita, especularita y calcopirita diseminada. A los 29 m. hay una guía de anfíbola de 0.5 cm. que lleva calcita y magnetita. A 35 m., en el yacente de un filón lamprofírico existe una guía de 0.15 m. con cuarzo, anfíbola y calcopirita de rumbo N 70 W/60° S W, la cual se adelgaza hacia el W.

La diferencia que existe entre este tramo de la estocada y el que está al interior del frontón Casas reside en que en este último aparece la magnetita impregnando gran parte de la roca, mientras que en el anterior abunda la epidota y calcita. En los lugares donde hay cierta cantidad de magnetita las rocas córneas de diópsido y oligoclasa han experimentado sólo una débil modificación que se manifiesta por la aparición de actinolita a partir del diópsido. Pero cuando la alteración es más intensa desaparece totalmente el diópsido y la roca se convierte en una masa de calcita que encierra poikilíticamente una gran cantidad de granos de epidota y en menor proporción de actinolita. También queda algo de feldespatos muy límpidos, provenientes de cierta recristalización; su composición es ligeramente más alcalina que la original. El fierro aparece sólo al estado de especularita.

A veces se suelen encontrar vetillas angostas de calcita con guiecillas de pirita y clorita en la salbanda y en el centro.

El cuerpo que aparece en la parte poniente del frontón Casas tiene forma algo encorvada y se acuña en el crucero con la estocada. En este cuerpo predomina la magnetita que lleva algo de anfíbola y una impregnación escasa de piritita y calcopirita. En el frente la magnetita ocupa todo el ancho de la labor. Bajo el microscopio aparece en algunos sectores el agregado granoblástico de anfíbola actinolítica, proveniente del reemplazo de los minerales de las rocas córneas. Los granos están rodeados por magnetita, la cual penetra también al interior de ellos. La actinolita aparece algo cloritizada. La magnetita, que es el mineral predominante, en partes está agrietada y aún brechizada, quedando los fragmentos envueltos por calcita.

Hay también guías finísimas rellenas por calcita, cuarzo y calcopirita; a veces aparecen estos 3 minerales en la misma guía y otras veces están separados, lo cual demuestra que todos ellos pertenecen a la misma etapa de mineralización. Pero siempre el mineral predominante es la calcita que parece ser ligeramente posterior al cuarzo y anterior a la calcopirita. En ciertos casos la calcita avanza más allá de las guías reemplazando la magnetita. Dentro de la calcita suelen presentarse una gran cantidad de inclusiones diminutas de actinolita y algunos granos de titanita formada posiblemente a expensas de la ilmenita contenida en la magnetita. También incluye pequeñas cantidades de epidota que debe pertenecer a la misma etapa que la clorita. Las vetillas de cuarzo encierran algunas masas de clorita isótropa verde que las interrumpen y podrían ser posteriores.

En algunas partes hay ojos mayores de calcopirita.

Este cuerpo es indudablemente el extremo oriental del sector de la veta Casas, en cual están las minas Santa Isabel y San Ramón, de modo que al avanzar las labores hacia el O. se caerá probablemente en los rajos de la Santa Isabel y la terminación en planes de estas dos minas tendrá las mismas características que en el cuerpo explorado en el socavón. Parece deducirse de estos antecedentes que la terminación de la veta se habría producido antes de entrar a la zona del batolito, de modo que existiría la posibilidad de otros lentes a mayor profundidad, relacionados con el explotado en la misma forma como se ligan los dos cuerpos del frontón Casas al nivel del socavón.

El cuerpo que se encuentra en la parte sur del frontón Casas presenta características análogas al anterior, salvo la diferencia que en gran parte corre a lo largo de un filón lamprofírico. El también termina en forma de cuña hacia el N. O. quedando sustituido por una guía de anfíbola con algo de apatita que lo conecta con el otro cuerpo antes descrito. La mineralización también consiste en magnetita con pequeña impregnación de piritita y calcopirita. Este cuerpo es indudablemente el extremo del que fué trabajado por el pique Casas hasta un poco más arriba que el nivel del socavón, en una longitud de más de 300 m., a la cual corresponden los laboreos indicados en el plano N.º 5.

#### VETAS RICA Y BRONCES

Estas dos vetas, que en realidad constituyen una sola, parecen corresponder a la prolongación oriental de la veta Casas dentro del batolito, prolongándose en una longitud de más o menos 1,000 m. con rumbo N. 65 E/70° S. Hay una rama diagonal como en casi todas las vetas de este distrito, que tienen 300 m. de corrida. La po-

tencia es muy variable: en los primeros afloramientos occidentales es de 1 m., después sube a 2 m. y antes de empalmar con la rama diagonal baja a 0.80 m. En el sector denominado Bronces varía de solamente 0.50 m. en la parte occidental a 1 m. y aun 2 m. en algunos lentes en la loma situada al O. de la quebrada Llanquita.

Esta veta arma también en la propilita de anfíbola y epidota y su relleno está constituido por epidota, anfíbola, magnetita, limonita y verdiones.

Un perfil observado un poco al O. del empalme con la rama diagonal es de pendiente a yacente:

0.10 m. anfíbola con verdiones;

0.30 m. magnetita;

0.50 m. anfíbola con verdiones; y

0.40 m. anfíbola con magnetita, epidota y roca.

En las otras partes los perfiles son análogos, es decir alternan guías de anfíbola con otras de magnetita, dando la impresión que ésta se ha introducido dentro de la anfíbola, la cual puede o no llevar epidota.

#### VETA LERMA

Esta veta forma parte del grupo que constituye la prolongación oriental de la veta Casas. Ella tiene un solo afloramiento visible al pie del escorial Casas, muy cerca del contacto entre el batolito y las rocas córneas de Higuera Alta, donde muestra rumbo N 60 E 60° de inclinación al sur y 1.50 m. de potencia. Un perfil de pendiente a yacente tiene la siguiente disposición:

0.40 m. anfíbola verde alterada con epidota, arcilla, trozos de roca y pintas de verdión;

0.50 m. magnetita con epidota, limonita, arcilla y verdiones; y

0.60 m. magnetita con algo de cuarzo.

Esta veta parece que fué explotada también por los laboreos del pique Casas.

#### VETA VERDE

Esta veta es una de las ramas de la veta Casas encajada dentro del batolito. Tiene una corrida de más o menos 600 m. y arma dentro de una faja de propilita.

El rumbo es algo sinuoso, pero en general se mantiene entre N 60 E y N 70 E y el manto es 70° S. La potencia en su extremo O. llega a 2 m. pero en la mayor parte de la veta es de 1.50 m.

El relleno visible en el afloramiento consiste en roca muy descompuesta, magnetita, limonita, epidota, anfíbola, guías de cuarzo que a veces llegan a 0.15 m. y poco mineral oxidado de cobre. En la parte oriental se puede ver el siguiente perfil de pendiente a yacente:

0.30 m. anfíbola descompuesta, epidota, trozos de roca e impregnaciones de verdiones.

0.60 m. limonita, arcilla, magnetita, epidota y anfíbola muy alterada.

0.60 m. anfíbola alterada, epidota, magnetita, poco cuarzo e impregnaciones de verdiones.

Más al oriente se ve el perfil:

0.40 m. anfíbola;

0.40 m. magnetita con limonita; y

0.50 m. guías de epidota, limonita e impregnaciones de verdiones.

En el afloramiento existen varios rajos o chiflones aterrados, los que demuestran que fué trabajada superficialmente en toda la corrida para explotar los minerales oxidados.

#### VETA SACRAMENTO

Esta veta aflora más o menos 100 m. al N. de la Casas y tiene una corrida visible de 70 m.

En un afloramiento situado junto al antiguo chiflón de explotación se ve el siguiente perfil de pendiente a yacente:

0.20 m. anfíbola verde en largos cristales;

0.10 m. magnetita;

0.10 m. anfíbola; y

0.10 m. magnetita.

En la vertical del socavón la potencia es mayor y está distribuída en las siguientes fajas de pendiente a yacente:

0.60 m. anfíbola verde con epidota, lentes de magnetita, arcilla, limonita, impregnaciones de verdión y guías de ópalo;

0.80 m. trozos de roca encajadora con limonita, arcilla, lentes de magnetita e impregnaciones de verdiones;

0.10 m. guía de anfíbola, en gran parte epidotizada y limonita; y

0.70 m. trozos de roca con anfíbola epidotizada, ojos de magnetita cubiertos con calcedonia y crisocola.

Esta veta ha sido cortada al nivel del socavón Juan Muñoz, es decir, 150 m. por debajo del afloramiento, donde se le ha reconocido en una longitud de 60 m. a partir de la estocada Centinela hacia el poniente. En toda esta longitud la veta está formada principalmente por magnetita con poca anfíbola verde e impregnaciones de pirita y calcopirita, la cual suele concentrarse en guías dentro de la magnetita.

Un muestreo efectuado por el ingeniero de la Caja de Crédito Minero señor Carlos Veyl arrojó los siguientes resultados:

Distancia muestra a estocadas	Ancho	Ley Cu %
0	1.70	2.15
4.50	1.20	1.80
9.00	0.80	2.15
13.50	..	Veta desecha
18.00	1.70	2.90
23.50	1.18	1.65
27.50	1.10	4.00
33.00	0.80	3.80
38.00	0.85	2.15
43.00	1.20	4.50
48.00	0.90	1.50

### Hacia el poniente broceo.

En una chimenea que está armada a 36 m. de la estocada se tomaron 3 muestras distanciadas en 5 m. y dieron los siguientes valores:

Muestra inferior.....	0.83	5.9%
Muestra intermedia.....	0.64	5.0%
Muestra superior.....	0.78	4.5%

El mineral escogido en una pequeña explotación dió 18% Cu. Los laboreos antiguos llegaron hasta el extremo poniente de esta labor, es decir, a la parte broceada. En su frente se puede ver que la veta estaba formada principalmente por magnetita con muy escasa impregnación de piritita y calcopiritita.

El estudio microscópico de algunas muestras de este frontón revela las mismas características que hemos descrito para los laboreos de la veta Casas. La masa principal de la veta consiste en magnetita que encierra abundantes cristales de actinolita poco pleocroica, la cual está transformada parcialmente a epidota junto a la cual se encuentran algunos cristales de titanita. Después viene la introducción de apatita seguida por magnetita. La magnetita está fracturada y en las grietas se depositaron cuarzo, calcita, piritita y calcopiritita, conjunto que tiende a ubicarse en guías o en lentes dentro de la masa de magnetita con actinolita, a veces aparece también especularita. En ciertos sectores el desarrollo de clorita es muy abundante.

El socavón corta la veta 70 m. al S. de la estocada, o sea, a una distancia de 55 m. del punto inicial del frontón descrito más arriba. Allí la veta, que tiene más o menos 2 m. de potencia, está enteramente broceada y consiste en la roca encajadora fuertemente epidotizada y cloritizada con manchas de magnetita análoga a la del frontón, la cual encierra inclusiones de telospato albitizado y silicificado y actinolita en gran parte transformada a epidota y clorita, apatita, cuarzo. A veces en el contacto entre la ganga y la magnetita aparecen pequitas de calcopiritita.

Sintetizando las observaciones anteriores se deduce que la veta Sacramento al nivel del socavón lleva un clavo de baja ley de más o menos 60 m. de largo, el cual desaparece tanto hacia el oriente, como hacia el poniente por disminución en primer lugar de los sulfuros y después de la magnetita, quedando solamente la roca anfibolitizada y epidotizada con pequeñas cantidades de apatita y anfíbola, o sea, que la repartición de los sulfuros se ha efectuado en una escala restringida. En el techo hay muchas filtraciones que han depositado yeso, lo cual parece indicar la existencia de rajos más arriba.

Esta labor demuestra también que dentro de la magnetita se pueden producir concentraciones importantes de calcopiritita en cuerpos lenticulares, las cuales terminan tanto lateralmente como hacia arriba y hacia abajo, lo cual sugiere la posibilidad de encontrar nuevos clavos por debajo de los broceos a donde llegaron las labores antiguas.

A juzgar por los desmontes esta veta, a pesar de la corta longitud del clavo ha sido bastante explotada, terminando las explotaciones hacia abajo en forma de embudo, al nivel del socavón.

La ley de los minerales explotados en estos laboreos seguramente fué reducida y tal vez no muy superior a la muestreada, y ello era posible porque mediante un esco-

gido a mano se pueden obtener minerales con leyes superiores a 15%. Además, como queda evidenciado en el frontón, la calcopirita suele concentrarse en guías angostas de alta ley.

A lo largo de la estocada Centinela, entre el socavón y la veta Sacramento, hay numerosas guicillas de magnetita a veces con epidota, que han producido en su vecindad una ligera impregnación con piritita y calcopirita. A 20 m. del socavón, p. ej., hay una vetilla de calcopirita con anfíbola verde y epidota, de 1 cm. de potencia; pero muchas veces aparece una impregnación difusa de magnetita con pequitas de calcopirita.

#### VETA SAN FRANCISCO

Esta veta aflora 60 m. al sur de la Sacramento. Su corrida visible es de más o menos 100 m. y tiene rumbo N 70 E, con 70° de inclinación al sur. La potencia varía entre 1.5 y 2 mts. La roca encajadora corresponde a las rocas córneas con foliación pronunciada y en las vecindades aparece un filón de micropegmatita. Un perfil en el afloramiento muestra la siguiente disposición de pendiente a yacente:

- 0.30 m. arcilla con limonita, anfíbola verde descompuesta y trozos de roca; y
- 2.40 m. roca quebrada con caolín, arcilla, epidota, algunos lentes de anfíbola descompuesta, limonita e impregnaciones de verdiones.

A juzgar por estas características se trata más bien de una zona quebrada con guías mineralizadas por anfíbola, epidota y muy escasos minerales cupríferos y por las labores aterradas que existen en el afloramiento parece que se explotaron solamente los minerales oxidados de concentración.

Esta veta no llega al socavón, pero en el sector por donde debería pasar hay abundantes guías de magnetita que han producido una alteración intensa de la roca córnea de diópsido; este último se ha conservado relativamente fresco, pero los feldespatos aparecen transformados en un agregado sericitico con algo de calcita y de arcilla, lo cual confirma lo que puede deducirse de los afloramientos.

#### VETA AMALIA

Esta veta que aflora 150 m. al N. de la San Francisco es poco visible en la superficie. Tiene rumbo N 80 E/70° S. y parece que está formada por varias ramas paralelas. La más austral se presenta como una zona de 5 m. de ancho con numerosas guías de epidota y magnetita limonitizada. Las guías de epidota continúan en una distancia considerable hacia el sur. Según los minerales del desmonte, el relleno de la veta en la parte explotada consistía principalmente en magnetita que a veces lleva ojos y guías de cuarzo con epidota y calcopirita. Aparecen algunas drusas de cristales de cuarzo de 2 cm. Se suelen encontrar guías de especularita (atravesando las esquistas magnetitizadas y las salbandas de estas guías) están formadas por cuarzo con piritita, pero este conjunto parece ser posterior a la especularita, pues los cristales de cuarzo penetran en ella. Los trabajos antiguos realizados a partir del pique Amalia llegaron hasta más abajo que el nivel del socavón y hay noticias de que encontraron un alcance importante en bronce negros (covelina?).

Esta veta está cortada por el socavón Juan Muñoz a los 685 m. y a 180 m. al oriente del pique, medido según la corrida. Allí tiene un metro de potencia y está formada por un agregado de cristales de diópsido de 1 mm. aproximadamente cementados por magnetita y escasos granos de apatita. Algunos cristales de diópsido están transformados en serpentina y epidota; pero esto ocurre cuando ellos encierran granos de apatita de modo que parece ser ella la responsable de la alteración, aunque este hecho no es general. Los feldespatos desaparecieron enteramente. Existen además algunas guías irregulares de pocos mm., formadas por apatita con actinolita que atraviesan toda la veta. La actinolita es anterior a la apatita.

En el mismo socavón y 20 m. al sur de la veta anterior aparece la otra rama de la veta Amalia con rumbo N 70 E/70° S. E, pero sólo la caja yacente está bien formada. El relleno es análogo al de la rama sur y consiste en magnetita con guías de apatita, diópsido, anfíbola, especularita y poca pirita.

Esta parte de la veta cortada por el socavón está solamente a 10 m. horizontales del contacto entre el gabro y las rocas córneas, de modo que se podría atribuir a este hecho la gran cantidad de magnetita.

En la misma corrida y 300 m. al O. del pique Amalia aparece una veta de 1.20 metros, cuyo relleno es exclusivamente limonita con algo de cuarzo, pero los reconocimientos no encontraron minerales cupríferos.

#### VETA COCINERA

Esta veta aflora en el pueblo de La Higuera y está totalmente dentro de las Rocas Córneas. Su afloramiento se puede seguir a lo largo de 150 m. con rumbo N 80 E/65° S. La potencia es 1.40 m. En él se observa magnetita, limonita, epidota, poca anfíbola, calcedonia, guías de cuarzo, calcita y pequitas de pirita y calcopirita.

Ella fué cortada por el socavón Juan Muñoz, más o menos a 60 m. bajo el afloramiento, pero en su parte occidental. Allí está representada por una guía de calcita finamente granulada de 15 cm. con algunas impregnaciones de verdión y serpentina junto a un filón lamprofírico de odinita de olivina, en el cual casi la totalidad de los fenocristales están transformados en talco. Hay otros de calcita que tal vez provengan del feldespato. Esta guía de calcita, que parece haber sido formada por soluciones descendentes, a juzgar por su aspecto pulverulento, se ha depositado posiblemente en una falla normal que corta la veta en este sector, puesto que es improbable la desaparición total de la anfíbola y magnetita que son los minerales preponderantes en hondura, ya sea dentro de la veta misma o en sus cajas. Además esta veta está dentro de una anomalía magnética originada por la fuerte depositación de magnetita. Estas vetas de calcita son muy frecuentes a lo largo del socavón y a veces llevan bastante yeso. Sus rumbos son variables entre N S y E-W. Los laboreos de la Cocinera en su parte oriental parece que llegaron a 120 m. de hondura (Est. Min. 1908-1909).

Entre las vetas Caprichosa y Cocinera se pueden ver en el socavón algunas vetillas con potencias hasta de 36 cm. de magnetita con bastante cuarzo, en ojos y guías. Los ojos mayores encierran a veces anfíbola. Dentro de la magnetita suelen encontrarse pequitas de pirita y calcopirita.

## VETA CAPRICHOSA

Esta veta tiene la mayor parte de su afloramiento bajo el pueblo de La Higuera, de modo que es muy poco visible. La corrida apreciable es más o menos 400 m. El rumbo N 70 E/ 70°S y la potencia 1.50 m. Hay 2 piques: uno cerca del techo y otro en las proximidades de la entrada del socavón Juan Muñoz. Las labores en esta veta llegaron hasta la profundidad de 250 m. (*Fuenzalida, J. del C. 1915, Bol. Imp. Geogr. y Min., pág. 188*).

## VETA COLORADA

Esta veta, situada en la quebrada de La Higuera, está muy poco visible. Su rumbo es N 80 W/70° S y la potencia 1.50 m. En los desmontes se ve mucha magnetita, cuarzo, limonita y pocos verdiones.

## VETA HORTALIZA

Está ubicada al sur de la Caprichosa y es muy poco visible. Su rumbo parece ser N 80 W.

## VETA PANCHITA

El afloramiento está casi totalmente tapado por los desmontes, por lo cual no se puede determinar el rumbo con seguridad, pero parece ser más o menos NW con 80° de inclinación al SW, por lo que se diferencia notablemente de todas las otras vetas. Sus laboreos llegaron hasta 350 m. de hondura.

En una muestra del desmonte aparece una gran proporción de cuarzo con algo de epidota, clorita y calcita. Las menas son magnetita, epirita, calcopirita. La epidota se encuentra formando cristales idiomorfos dentro del cuarzo. La magnetita lleva inclusiones diminutas de calcopirita y agujas de ilmenita. El cuarzo reemplaza parcialmente la magnetita y aparece rodeándola o en manchas en su interior. Entre los granos de cuarzo o en la epidota suele encontrarse algo de clorita verde pleocroica, a veces junto con calcita que encierra granos de clorita y cuarzo. En esta última etapa parece que se forman los sulfuros, piritita y calcopirita, incluidos a veces totalmente dentro del cuarzo.

La depositación de los sulfuros parece estar ligada a las soluciones que produjeron la formación de clorita, pues a veces se encuentra piritita encerrada en epidota y en los contactos la epidota transformada en clorita.

## VETA DIUCAS-FRAI ANDRÉS

Esta veta tiene una corrida de más o menos 550 m. y está casi totalmente dentro del gábrro, abriéndose en una taja de propilita de anfíbola y epidota. Lo mismo que la mayoría de las vetas del distrito tiene dos secciones con rumbo N 70 E, unidas por otro tramo N. 85 E. El manteo es 70° S. La potencia en la parte occidental varía

entre 1.60 y 3.00 m., llegando a veces a 5 m., en cambio en la oriental oscila entre 1 y 2 m. y lleva varias ramificaciones más angostas. El relleno de la veta consiste en magnetita, anfíbola, epidota, limonita, cuarzo, arcilla, verdiones, pequitas de piritita y muy escasas de calcopiritita.

Parece que la parte más explotada fué la occidental, donde hay varios piques inclinados y uno vertical, con desmontes relativamente abundantes.

#### VETAS DURAZNO Y SAN RAFAEL

La veta Durazno tiene dos ramas paralelas con una corrida de más o menos 150 m. cada una. Su rumbo es aproximadamente N 80 E y el manteo 70° S, es decir, corresponden a las vetas diagonales. La potencia oscila entre 0.60 y 0.80 m. Ambas ramas están constituidas por guías de epidota, anfíbola, limonita, ojos de magnetita, calcita, piritita, calcedonia y escasos verdiones.

La San Rafael es paralela a la anterior, tiene una corrida de 200 m. y 2 m. de potencia. La mineralización es también análoga.

Ambas vetas han sido trabajadas intensamente, pero al parecer hasta pequeña profundidad.

#### VETAS VALENCIANA-ROSARIO-CORTADA-PERUANA

La veta Valenciana está totalmente dentro del batolito y tiene una corrida visible de más o menos 550 m. con rumbo algo sinuoso. Ella consiste en una faja de propilita de anfíbola y epidota dentro de la cual hay guías de anfíbola, epidota y magnetita con algo de verdiones. La potencia varía de 1.00 m. a 0.50 m. y disminuye hacia el E. hasta desaparecer totalmente en la quebrada de la Llanquita.

Un perfil característico de pendiente a yacente es:

0.10 m. anfíbola con epidota;

0.10 m. material arcilloso;

0.20 m. anfíbola, epidota y magnetita;

0.10 m. arcilla y algo de cuarzo;

0.30 m. dique descompuesto;

0.20 m. arcilla con anfíbola, magnetita y verdiones.

Los laboreos se reducen a rajos muy superficiales en los cuales se han explotado pequeñas cantidades de minerales oxidados de cobre.

Junto a la iglesia antigua esta veta dobla hacia el sur (Rosario) y va a empalmar con la Cortada, que atraviesa el contacto del batolito y tiene una longitud de más o menos 200 m.; pero como el plano de contacto se hunde nuevamente hacia el poniente, aun las labores iniciadas en las rocas córneas han penetrado seguramente al batolito.

La mineralización en el afloramiento consiste en anfíbola, epidota, magnetita, limonita, piritita, cuarzo y verdiones. En la superficie la potencia es de 3 m. pero el relleno es en gran parte de la roca encajadora. El mineral del desmonte consiste principalmente en anfíbola con bastante piritita, algo de magnetita y muy poco cuarzo.

La veta Cortada parece que hizo un solo clavo relativamente importante, pero de corta extensión, el cual en la parte más profunda está trabajado por debajo del nivel del socavón.

En la parte occidental de su afloramiento la Cortada se cruza con la Peruana que tiene rumbo N 70 E e inclinación de 65° S. E. y 1 m. de potencia. En el desmonte de los trabajos antiguos se encuentra anfíbola con pirita y algo de magnetita. El cuarzo es muy escaso. Esta veta está cortada al nivel del socavón y se presenta allí dentro de un filón de diorita anfibólica con las siguientes características:

Macr. Roca de color gris negruzco, grano medio, constituida por feldespato blanco amarillento y anfíbola negra.

Micr. Textura hipidiomorfa granular, formada por plagioclasa, anfíbola, augita, titanita, epidota y magnetita. La plagioclasa se presenta en granos irregulares de 2 a 5 mm., a veces idiomorfos con maclas de albita y Carlsbad; y estructura zonar poco acentuada; su composición media andesina  $An_{40}$ . Otros, que envuelven a los anteriores, son más heterogéneos y muestran estructura zonar recurrente, pero su composición es análoga a la de los primeros. Algunos cristales presentan ligeros indicios de presiones por el encorvamiento de las láminas de maclas. La hornblenda aparece siempre en cristales alotriomorfos, en forma de manchas irregulares que rodean a grupos de cristales de plagioclasa encerrándolos a veces totalmente, y suelen contener inclusiones de augita. En ciertos ejemplares la hornblenda está atravesada por guías de una anfíbola azuleja.

Entre los cristales de anfíbola y feldespato aparecen a veces granos alotriomorfos alargados de apatita hasta de 0.3 mm. y han reemplazado a la anfíbola, quedando guías residuales de esta última dentro de la apatita. Cerca de la apatita, e independientemente de ella, hay abundante titanita que atraviesa en guías irregulares la anfíbola y el feldespato.

La magnetita es abundante, especialmente dentro de la anfíbola o en sus vecindades.

En esta roca se ve claramente que la formación de apatita, titanita y magnetita corresponde a una etapa avanzada del desarrollo magmático.

La veta misma tiene sólo 0.20 m. de potencia y consiste en un agregado de anfíbola verde fibrosa íntimamente mezclada con epidota, pirita y algo de yeso.

Bajo el microscopio aparece un agregado de cristales alotriomorfos de epidota amarilla verdosa con pleocroísmo acentuado, su tamaño es alrededor de 2 mm. Dentro de ella existen cristales fibrosos de hematita incolora, la cual a veces encierra granos de cuarzo. Además hay cierta cantidad de apatita y yeso. La paragénesis parece ser la siguiente:

Titanita.

Apatita-Actinolita.

Epidota.

Cuarzo-Pirita.

Yeso.

Las relaciones cronológicas entre la apatita y actinolita no se ven muy claras, parece que fuera más antigua la segunda.

En los últimos metros de la estocada a la veta Cortada hay varias vetillas análogas a las descritas, por lo que parece que la veta se ramifica hacia abajo.

Hacia el poniente la veta Peruana desaparece y en el socavón está representada por algunas guías de arcilla que al atravesar ciertos mantos de rocas córneas las han mineralizado con magnetita.

#### VETAS LLANCA - LLANQUITA - AURORA - SAN CARLOS - ESMERALDA

Estas vetas arman en el gabro y atraviesan el cordón que separa las quebradas de la Llanca y de la Llanquita. En la parte oriental ambas se unen para formar una sola. Como todas las vetas del batolito las guías que las forman están dentro de una faja de propilita de anfíbola.

La Llanca tiene una corrida visible de más de 400 m. la que parece prolongarse por 200 m. al W y 100 m. al E. La potencia varía entre 0.80 m. y 3.00 m., llegando en el crucero con la Llanquita a 6.00 m. El relleno consiste en anfíbola, magnetita, especularita, epidota, cuarzo, calcita y escasos verdiones. Un perfil de la veta, en un punto cercano a la quebrada Llanquita, de pendiente a yacente, es:

0.40 m. magnetita, limonita, anfíbola algo alterada, arcilla, calcedonia y verdiones;

0.60 m. propilita con guías de epidota e impregnaciones de verdiones; y

0.20 m. anfíbola alterada con algo de epidota, limonita e impregnaciones de verdiones.

Hacia el sur siguen varias vetillas angostas, una de las cuales tiene una corrida visible de más de 50 m., rumbo N 50 E y 50° de inclinación al sur. Su mineralización consiste en magnetita, epidota, especularita, cuarzo en drusas y calcita, es decir, los mismos minerales que aparecen en la veta principal.

La ramificación más importante es la veta Llanquita que tiene una corrida visible de cerca de 500 m. rumbo N 60 E e inclinación de 60 a 70° S.

Esta veta, cuya potencia varía de 0.80 a 1.50 m., está formada por guías de epidota, anfíbola, magnetita, limonita e impregnaciones de verdiones.

Las cajas son de propilita de anfíbola y epidota.

La Llanquita lleva también varias ramificaciones de menor importancia.

Hacia el oeste del pique Llanquita la veta se divide en dos ramas, la septentrional se conoce con el nombre de Aurora y tiene rumbo N 80 E/70° S, es decir, coincide con el de las vetas diagonales. La potencia varía de 0.50 a 0.80 m. y a veces alcanza a 1.00 m. Su relleno es igual al de las ramas principales mencionadas anteriormente.

Como continuación occidental de la Llanca se puede considerar la veta Esmeralda, que aflora en las vecindades de la iglesia nueva y tiene una corrida visible de 60 m. rumbo N 75 E/60° S. En su afloramiento se observan varios trabajos antiguos muy aterrados.

La veta San Carlos que aflora a poca distancia de la anterior y dentro de las Rocas Córneas, la podemos considerar también como continuación del sistema Llanca-Llanquita.

En las vetas Llanca y Llanquita se pueden ver varios trabajos antiguos relativamente importantes y algunos piques inclinados todavía hábiles porque se utilizan para extraer el agua que se envía al mineral del Tofo. Además existen restos de una antigua fundición, lo que demuestra que en cierta época fué una de las vetas importantes del distrito.

Según la Estadística Minera 1908-1909 los laboreos se extienden en 400 m. horizontales y llegan a la hondura de 240 m., estando los planes en broceo. La producción anual en esa época era de 600 tons. de minerales de 11%. El año 1903 se hizo un alcance importante dentro de los laboreos antiguos (Est. Minera, Vol. I, 1903).

#### VETA SAN JUAN

Esta veta figura también entre las más importantes del distrito. Tiene rumbo N 70 E/70° S y corrida visible de más o menos 200 m. Ella atraviesa el contacto de modo que una parte está en los esquistos y otra en el gabro.

Observando su posición en el plano 1 : 5,000 da la impresión que es una de las ramas que se desprenden del tronco común de la Llanca.

El afloramiento está encapado y en los lugares donde aparece es insignificante; pero a juzgar por los desmontes y los piques ésta debió ser una veta de gran importancia en hondura. Según *Fuenzalida J. del C.*, 1915, el año 1915 tenía 275 m. de hondura.

#### VETA FLORIDA - BLANCA

Está formada por tres ramas principales.

La sur tiene una corrida visible de 60 m. y rumbo N. 70 E/65° S. Su potencia varía de 0.50 a 0.80 m. y el relleno consiste principalmente en magnetita, epidota, anfíbola, cuarzo, calcedonia y verdiones. Las capas son de propilita de anfíbola y epidota. Esta rama corta oblicuamente a las otras dos.

La rama central es visible en 100 m. a lo largo de la corrida. El rumbo es N 70 W/75° S y la potencia 0.60 m. Ella consiste principalmente en guías de epidota con algo de verdiones dentro de la propilita. Su continuación occidental es la veta Blanca.

La rama norte aflora en dos puntos situados a más de 200 m. de distancial. Su rumbo es N 70 W/70° S. Potencia 0.50 m. y está formada principalmente por cuarzo ferruginoso, limonita y magnetita.

Esta veta ha tenido explotaciones importantes a juzgar por los desmontes que abarcan una gran extensión. La profundidad del pique principal es de 300 m. (Bol. Soc. Min., 1887, pág. 761).

En los desmontes suele aparecer algo de molibdenita.

#### VETAS SAN JORGE - ARCHIPIÉLAGO - ESTRELLA

Estas vetas están constituidas por diversas ramas de corridas relativamente cortas, que se extienden entre las vetas Florida y San Juan, de modo que pertenecen al mismo sistema, pero a juzgar por los desmontes han tenido poca importancia.