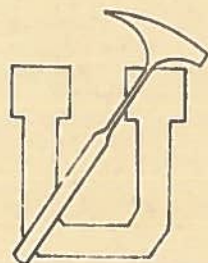


**ANTECEDENTES PETROGRAFICOS Y
PETROLOGICOS DEL CORDON DEL
CERRO MANQUEHUE, SANTIAGO.**

Mario VERGARA M



**SANTIAGO — CHILE
1971**

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

ANTECEDENTES PETROGRAFICOS Y
PETROLOGICOS DEL CORDON DEL
CERRO MANQUEHUE, SANTIAGO.

MARIO VERGARA M



AGRADECIMIENTOS

Se agradece al extinto Profesor Jorge Muñoz Cristi, el estímulo e interés puesto para la iniciación y desarrollo de este trabajo con la ayuda de continuas sugerencias y antecedentes sobre el área, de la cual poseía un profundo conocimiento.

Se agradece también al Profesor Luis Aguirre la lectura crítica y valiosas sugerencias realizadas a este manuscrito. La colaboración de numerosos alumnos en la molienda de rocas y separación de minerales también se considera altamente valiosa. Entre éstos últimos es necesario mencionar la cooperación del Sr. Andrés Mestre.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTOS	ii
LISTA DE TABLAS	iv
LISTA DE FIGURAS	v
RESUMEN	1
ABSTRACT	1
 INTRODUCCION	 2
Generalidades	2
Geología General	2
Método de estudio y clasificación de las rocas	2
 GEOLOGIA Y PETROLOGIA DE LAS ROCAS INTRUSIVAS	 3
Generalidades	3
Andesitas de piroxenas	4
Mineralogía	6
Feldespatos	6
Piroxenas	6
Andesitas de anfíbola	10
Mineralogía	11
Feldespatos	11
Anfíbola	12
Rocas filonianas andesíticas.....	13
Curso de la cristalización y Petrogénesis.....	13
Quimismo	16
 CONCLUSIONES	 19
REFERENCIAS	20

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
1	Análisis modales de seis muestras de la facies de andesitas de piroxenas	5
2	Propiedades ópticas y composiciones de las piroxenas determinadas en algunas muestras de la facies de las andesitas de piroxenas	8
3	Análisis modales de cuatro muestras de la facies de andesitas de anfíbola	9
4	Propiedades ópticas de algunas hornblendas de muestras de la facies de andesitas de anfíbola	12
5	Esquema de cristalización de las facies intrusivas del Cordón del cerro Manquehue	15
6	Análisis químicos y normas C.I.P.W., tipo de plagioclasa normativa y modal, y relación entre el feldespato alcalino y el feldespato total de nueve muestras de rocas intrusivas del Cordón del cerro Manquehue.....	17
7	Análisis químicos promedio de cada facies intrusiva aquí estudiada comparada con las andesitas de CHAYES (1963)..	18

LISTA DE FIGURAS

- Fig. 1 Bosquejo Geológico del Cordón del cerro Manquehue. VERGARA M., (1966), con leves modificaciones.
- Fig. 2 Cordón del cerro Manquehue vistos desde el sur (del C° San Luis). Se observa al centro de la fotografía la cumbre del cerro Manquehue (1.638 m), a la derecha cumbre del cerro Manquehue chico (1.311 m). En el llano, parte de Las Condes, Santiago.
- Fig. 3 Fenocristal de hiperstena (Orp) con borde de reacción opacítica y microgránulos de augita subcálcica (Clp) (Muestra M-85).
- Fig. 4 Microfenocristal de augita entrecrecida con magnetita y plagioclasa. Pl= plagioclasa, Aug= augita. Mt= magnetita. ClPY= gránulos de clinopiroxena. V= inclusión de vidrio. (Muestra M-69). Nícoles paralelos x 90.
- Fig. 5 Fenocristal de clinopiroxenas con borde de reacción opacítico. (Muestra M-63). Nícoles paralelos x 100.
- Fig. 6 Relación entre la composición de las piroxenas cálcicas y deficientes en calcio de las muestras aquí estudiadas. Las composiciones han sido determinadas ópticamente con medidas de los índices de refracción y ángulo $2V +$ Ortopiroxenas se les consideró con 5% de wollastonita; clinopiroxena; línea punteada una piroxenas coexistentes en una misma muestra, cuyo número aparece marcado.
- Fig. 7 Xenolito de anfíbola feldespatizada con bandas leucocráticas que penetran desde el exterior. Rinconada de Conchalí.'
- Fig. 8 Diagrama AFM de las muestras químicamente analizadas.

RESUMEN

Las rocas intrusivas del Cordón del cerro Manquehue, intruyen a rocas estratificadas de la formación Farellones (Cretácico Superior-Terciario inferior) y pertenecen a dos tipos: a) andesitas de piroxenas (ortopiroxenas y clinopiroxenas) y b) andesitas de anfíbola (hornblenda). Ambos tipos son contrastados y no hay facies de transición entre ellos. La mineralogía de ambas facies y el estado estructural de la plagioclasa, asociado a los rasgos estructurales de contacto, determinan un carácter intrusivo subvolcánico para ellas. Las rocas son mineralógica y químicamente andesitas aluminosas con un elevado porcentaje de Na_2O , similares a las rocas volcánicas del Cenozoico Superior de los Andes chilenos. De acuerdo a la secuencia de cristalización se concluye que ella tuvo lugar en un medio con elevada presión de oxígeno.

ABSTRACT

The intrusives (Upper Cretaceous - Low Tertiary) rocks from Manquehue hills, Santiago, belong to two main types: a) pyroxenes andesites (ortho and clinopyroxenes) and b) amphibole andesites (hornblende). The two types are contrasted and they are not transition facies. The mineralogy and the structural state of the plagioclases from both facies, and the structural field relations indicate an intrusive subvolcanic rock type. The rocks are aluminous andesites with high Na_2O content, similar to the Upper Cenozoic volcanics from the Chilean Andes. From the paragenesis it is deduced that the crystallization took place under high oxygen pressure.

INTRODUCCION

GENERALIDADES

En este trabajo se dan a conocer los principales rasgos petrográficos, mineralógicos y químicos de las rocas que constituyen el complejo intrusivo del cordón del cerro Manquehue, ubicado inmediatamente al norte de la ciudad de Santiago. Este trabajo representa la continuación del estudio de las rocas intrusivas de esta área elaborado en base a las muestras y antecedentes de terreno cuya información preliminar fue anteriormente publicada (VERGARA, M., 1966). La fig. 1 muestra las principales unidades intrusivas de este estudio.

Entre otros antecedentes sobre la geología del área deben mencionarse el trabajo de MORICKE (1896), que describe la petrografía de las principales unidades que afloran en el cordón del cerro Manquehue y el de KATSUI y VERGARA (1966) quienes publicaron los primeros antecedentes petrológicos del cerro San Cristóbal, correspondiente a la prolongación austral del área aquí estudiada.

GEOLOGIA GENERAL

En la región estudiada las rocas intrusivas constituyen aproximadamente el 60% de la superficie reconocida e intruyen a rocas estratificadas de naturaleza volcánica y sedimentaria.

Las rocas estratificadas, todas de origen continental, corresponden a lavas y piroclásticos andesíticos, conglomerados y areniscas, y han sido atribuidos por CARTER y AGUIRRE (1964) a la formación Farello nes de edad cretácica superior o terciaria inferior. En su mayor parte tienen suave buzamiento al este, sólo interrumpido al este de la cumbre del cerro Manquehue por una falla de rumbo NW que baja el bloque oriental y se prolonga en las rocas intrusivas (Figs. 1 y 2).

METODOS DE ESTUDIO Y CLASIFICACION DE LAS ROCAS

En terreno se recolectaron alrededor de 150 muestras de las cuales 70 se estudiaron en corte microscópico; en diez de ellas se realizaron análisis modales de aproximadamente 2.000 puntos en cada muestra. Los minerales máficos fueron determinados utilizando la platina universal de cuatro ejes y en las piroxenas fueron determinados los índices de refracción con líquidos de inmersión.

La composición, estructura y tipo de macla de la plagioclasa se determinaron mediante el uso de los diagramas de SLEMMONS (1962). Se midió un mínimo de tres cristales en cada muestra y se promediaron los

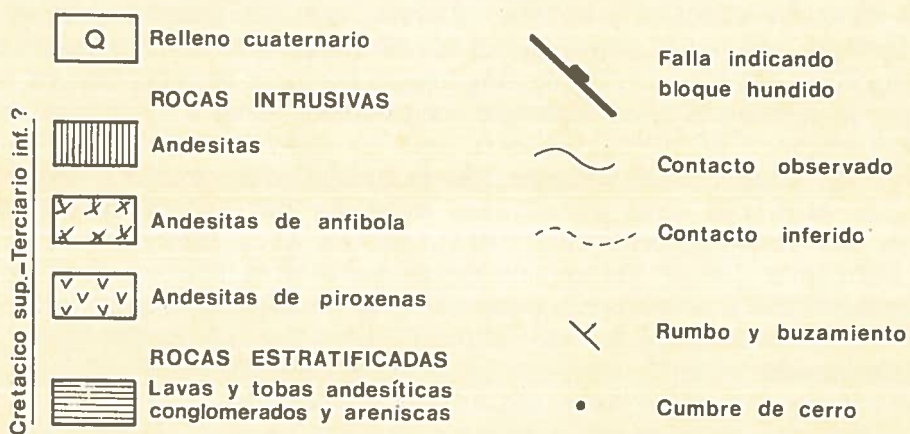
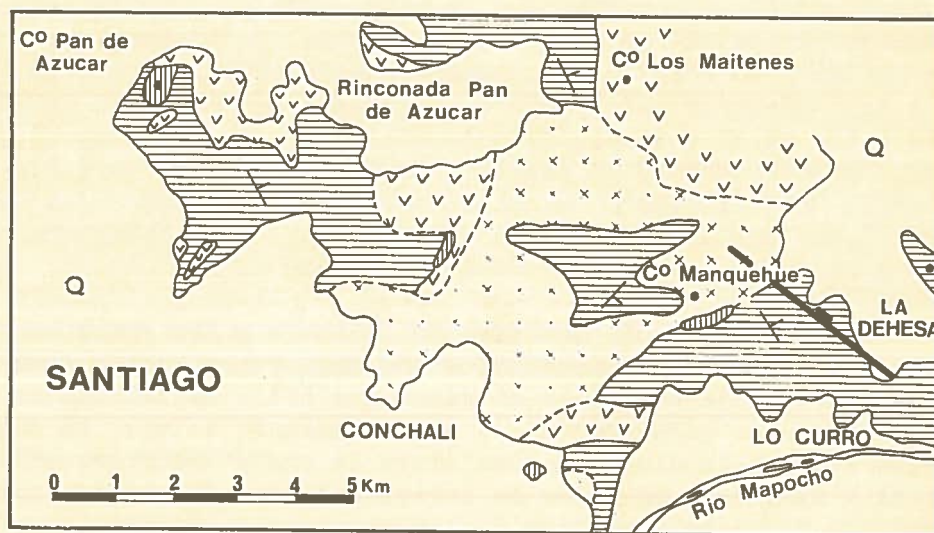


Fig.1..BOSQUEJO GEOLOGICO DEL CORDON DEL C°

MANQUEHUE

(CON LEVES MODIFICACIONES DE VERGARA M,1966)

valores obtenidos. El estado estructural de las plagioclasas fue corroborado, para plagioclasa de composición conocida, por el método de difracción de rayos X: 2θ (131) - 2θ (131) y 2θ (131) - 2θ (220) según los diagramas de SLEMMONS (1962 a). Se utilizó el equipo de rayos X de la Sección Cristalografía del Departamento de Física de nuestra Facultad.

Se incluyen ocho análisis químicos realizados en el laboratorio químico del Departamento por el señor Jorge Villalobos.

La clasificación de las rocas se hizo atendiendo principalmente a su composición mineralógica y en parte química. La denominación de andesitas de piroxenas se aplica aquí a rocas con plagioclasa modal más cálcica que An_{50} en asociación a ortopiroxenas y clinopiroxenas. De acuerdo a las 50 muestras químicamente analizadas su contenido de sílice es variable entre 49.32 y 53.41, lo que señala un rango de composición entre básico a intermedio y su plagioclasa normativa es variable entre An_{50} - An_{60} . El feldespato alcalino normativo de estas rocas es mayor que $1/3$ y menor que los $2/3$ del feldespato total y su índice de color es inferior a 31.

Se denomina aquí andesita de anfíbola a las rocas con plagioclasa modal y normativa menos cálcica que An_{50} y hornblenda como mineral máfico; su porcentaje en sílice es mayor que 55% y el feldespato alcalino normativo es aproximadamente $2/3$ del feldespato total. La mayor parte de este feldespato alcalino constituye la pasta micropegmatítica intersticial y su índice de color es inferior a 22. El elevado contenido de feldespato alcalino normativo de las muestras aquí estudiadas (común a otras rocas volcánicas mesozoicas y del Cenozoico Superior de Chile, VERGARA 1969), VERGARA y KATSUI (1969), VERGARA (1970) y VERGARA y GONZALEZ (1971), produce serias dificultades en la confrontación de los criterios químicos y mineralógicos para una clasificación petrográfica que se ajuste a los esquemas corrientes.

El valor de la proporción feldespato alcalino / feldespato total de las muestras aquí estudiadas es mayor de lo que se considera normal para las rocas andesíticas (WILLIAMS et al., 1968, p. 107). Sin embargo, debido a que el exceso de feldespato alcalino es un constituyente criptocristalino que sólo se detecta por análisis químico, nos parece más consistente definir la clasificación en función principal de la mineralogía presente en las muestras y químicamente en función del porcentaje de SiO_2 y del tipo de plagioclasa normativa.

GEOLOGIA Y PETROLOGIA DE LAS ROCAS INTRUSIVAS

GENERALIDADES

El complejo ígneo intrusivo está constituido principalmente por dos tipos de rocas: a) andesitas de piroxenas y b) andesitas de anfíbola. Ambas unidades son diferenciables en el terreno aunque parecen

representar elementos de un mismo ciclo intrusivo-volcánico y no se ha determinado una facies de transición entre ellas.

El contacto de las rocas intrusivas con las estratificadas es nítido y presenta una zona pequeña de alteración caracterizada por la presencia de abundante limonita y una textura mucho más fina en el intrusivo, (VERGARA, M., 1966, p.31). El cuerpo intrusivo correspondería a un stock de naturaleza subvolcánica, muy cercano a la superficie, ya que no existen fenómenos de metamorfismo de contacto.

Junto a las facies intrusiva principal aparecen numerosos filones, principalmente andesíticos, que atraviesan a todas las unidades geológicas y que parecen representar los últimos exponentes del ciclo intrusivo.

Respecto a la edad del cuerpo intrusivo, este atraviesa rocas volcánicas continentales atribuidas a la formación Farellones cuya edad ha sido tentativamente asignada al Cretácico superior o al Terciario inferior. No existen antecedentes para atribuir una edad mínima al cuerpo intrusivo, sin embargo, la estrecha similitud petrográfica de las rocas volcánicas estratificadas con las intrusivas, podría indicar un origen comagmático en un mismo ciclo-intrusivo-volcánico.

ANDESITAS DE PIROXENAS.

Son rocas principalmente holocristalinas de color gris verdoso oscuro en las variedades de grano grueso y grisáceo oscuro en los tipos finos. Presentan fenocristales de plagioclasa de color blanco hasta de 3 mm de largo, junto a otros tabulares de piroxenas de color negro, la masa fundamental es generalmente microgranular o afanítica y presenta en partes amígdalas de zeolita.. Estas rocas afloran en cuerpos masivos, en partes con estructura columnar; están generalmente libres de inclusiones excepto escasos xenolitos córneos.

Sus contactos con las rocas estratificadas son nítidos y tajantes, sin desarrollo de metamorfismo, excepto una limonitización incipiente. Los contactos con la facies intrusiva de andesitas de hornblenda, son confusos debido a la ausencia de buenos afloramientos, sin embargo, no se han encontrado facies de transición. La composición mineralógica es uniforme en toda la unidad, excepto en las zonas de contacto con las rocas estratificadas donde se observa una ausencia de minerales ferromagnesianos unida a la disminución del tamaño de los cristales. Los afloramientos ubicados en la Rinconada Pan de Azúcar (Fig. 1) son explotados como canteras proveedoras de adoquines para la ciudad de Santiago.

Los fenocristales son de plagioclasas tipo labradorita-bytownita (An_{50} hasta An_{80}), ortopyroxena y magnetita que aparece en menor proporción como fenocristal; clinopyroxena aparece principalmente como micro fenocristal.

La masa fundamental es principalmente holocristalina, consti-

tuida en su mayor parte por microlitas de plagioclasa de composición variable entre An_{28} y An_{67} , clinopiroxenas, escasa ortopiroxena; zeolitas, clorita, calcita, epidota, cuarzo, iddingsita y esfeno constituyen los minerales secundarios de alteración. Feldespato alcalino, cuarzo, tridimita y anfíbola cloritizada constituyen la micropegmatita intersticial. En la tabla 1 aparecen los análisis modales de 6 rocas que se consideran representativas de esta unidad.

T A B L A N° 1

ANALISIS MODALES DE MUESTRA DE LA FACIES DE ANDESITAS DE PIROXENA.

N°de Muestra	68	85 ₍₁₎	62 ₍₁₎	120	64 ₍₁₎	68 -x	
FENOCRISTALES	Plagioclasa	62	26	15	20	14,6	23
	Hiperstena	4,5	7,0	---	6,0	----	8,0
	Augita	----	----	---	----	----	1,0
	Hornblenda	----	----	---	----	----	1,0 ^(+ 4)
	Magnetita	----	3,5	---	1,0	----	1,0
MASA FUNDAMENTAL	Plagioclasa	28	40	52	61	9,0	53,5
	Clinopiroxena (3)	2,0	20,5	20	---	0,6	3,0
	Hiperstena	0,5	1,5	----	---	----	1,0 ^(+ 5)
	Hornblenda	----	----	----	---	----	0,5
	Magnetita	0,5	1,0	10	5,0	2,5	4,5
	Micropegmatita	---	0,5	----	---	----	1,5
	Vidrio	----	----	1,0	----	70,8	----
	Secundarios (2)	2,5	----	2,0	7,0	2,5	2,0

1) Muestra con análisis químicos.

2) Zeolitas, clorita, calcita, epidota, cuarzo, iddingsita y esfeno.

3) Incluye augita y augita sub-cálcica.

4) Xenocristales.

5) Anfíbola cloritizada escamosa y/o nontronita (?)

MINERALOGIA

FELDESPATOS. La plagioclasa es el mineral más común. Como fenocristal aparece en individuos tabulares de contornos alotriomorfos a sub-idiomorfos, o cristales fragmentados de tamaño variable entre 0,5 y 3,0 mm. La composición promedio de estos es de An_{65} y de las microlitas de la masa fundamental An_{48} . La estructura zonal es poco desarrollada; no se han determinado variaciones de composición entre el núcleo y el borde del cristal de más de 10% y en la mayoría de los casos la zonación es normal. Es frecuente encontrar un borde muy limpio de plagioclasa más sódica, que rodea a un núcleo de aspecto turbio debido a inclusiones.

Las maclas están bien desarrolladas y los tipos principales son los de albita y de Carlsbad; otros tipos como Baveno derecho con eje de macla normal a (021) y periclina, son escasos. Los individuos mayores presentan fracturamiento y leve curvatura de los planos de macla, sugiriendo cierto grado de deformación post-cristalina. Las plagioclasas de la masa fundamental de las rocas más cristalinas se presentan en formas cuadráticas y con zonación; en los tipos más afaníticos predominan las microlitas columnares.

Las inclusiones de la plagioclasa son principalmente de dos tipos según se trate de rocas muy cristalinas o de rocas afaníticas. En el primer caso, los gránulos corresponden en su gran mayoría a clinopiroxenas en parte cloritizados y magnetita y el fenómeno solo se presentan en escasos individuos dentro de cada muestra. En el segundo caso las inclusiones corresponden a vidrio oscuro y partículas de óxido de hierro. La concentración de las inclusiones en los cristales de plagioclasa se efectúa generalmente, ya sea en el centro del individuo o en una línea interna del cristal que sigue algún plano de zonación.

El porcentaje de fenocristales de plagioclasas con inclusiones de vidrio es menor en las rocas más cristalinas que en las afaníticas; también existen ejemplares donde solamente dos o tres granos presentan inclusiones diferenciándose del resto que está libre de ellas. En las rocas de textura más gruesa sólo esporádicos individuos presentan este fenómeno.

De las constantes cristalográficas y ópticas de los fenocristales de plagioclasa estudiados en la platina universal según el método de SLEMMONS (1962), se deduce que éstos presentan en general un estado estructural intermedio a volcánico. Por difracción de rayos X se obtuvieron los siguientes resultados en cuatro muestras (M-85, M-120, M-68, M-90) de labradorita y bitownita analizadas: 2θ (131) - 2θ (131) = 1.92 y 2θ (131) - 2θ (220) = 1.06 a 1.36, que de acuerdo a SLEMMONS (1962 a) corresponden a un estado estructural intermedio a alto (volcánico)

PIROXENAS. Ortopiroxenas, augitas y augitas sub-cálcicas

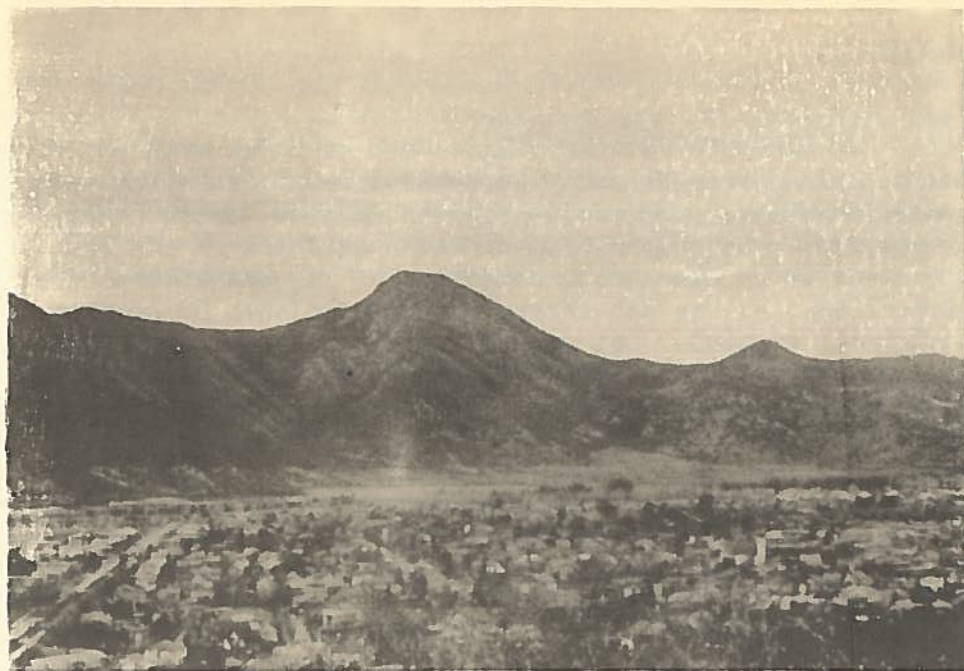


Fig. 2 Cordón del cerro Manquehue visto desde el Sur (del C° San Luís). Se observa al centro de la fotografía la cumbre del cerro Manquehue (1.638 m) a la derecha cumbre del cerro Manquehue chico (1.311 m). En el llano, parte de Las Condes, Santiago.

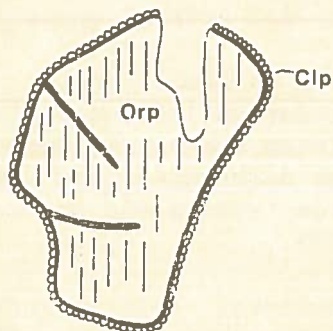


Fig. 3 Fenocristal de hiperstena (Orp) con borde de reacción opacítica y microgránulos de augita subcálcica (Clp) (Muestra M- 85)

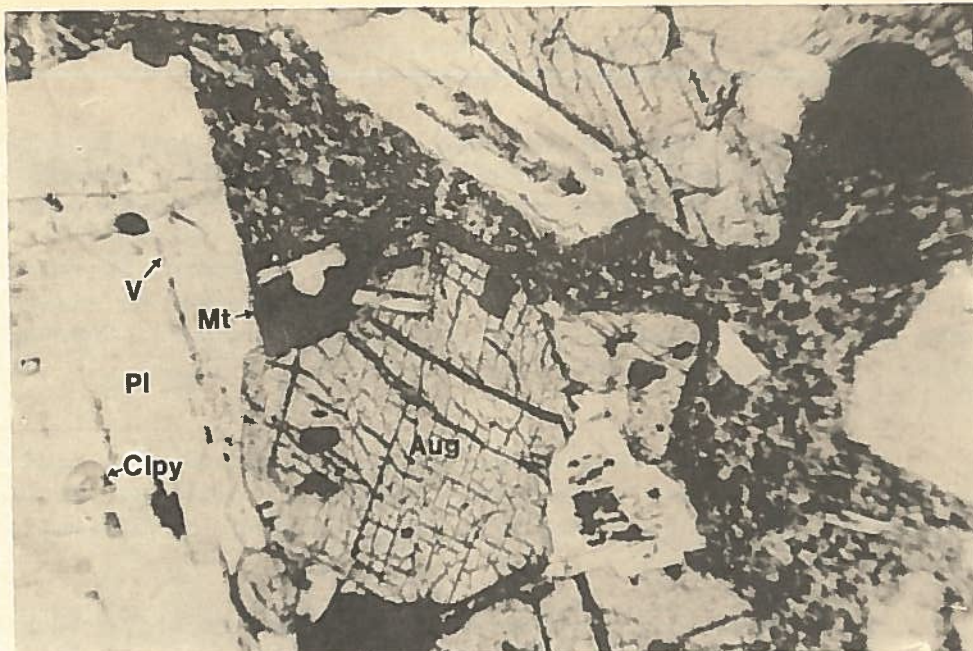


Fig. 4 Microfenocristal de augita entrecrecida con magnetita y plagioclasa Pl = plagioclasa, Aug = augita. Mt = magnetita. ClPY = gránulo de clinopiroxena. V = inclusión de vidrio. (Muestra M-69) Nícoles paralelos x 90.



Fig. 5 Fenocristal de clinopiroxenas con borde de reacción opacítico. (Muestra M-63) Nícoles paralelos x 100.

son las principales piroxenas en la facies de las andesitas de piroxenas. Sus propiedades ópticas aparecen en la Tabla 2.

La ortopiroxena se presenta generalmente como fenocristal y muy rara vez como constituyente de la masa fundamental. Aparece como cristales prismáticos de anchas caras pinacoidales y también como delgados granos subidiomorfos. La fórmula de pleocroísmo dominante es : Z = verde claro, Y = rosado claro, X = rojo claro. El índice de refracción Z varía desde 1.705 ± 0.003 a 1.718 ± 0.003 . El mineral es siempre ópticamente negativo con ángulo $2V$ variable desde 48° a 62° . Corresponde a hiperstena con un rango de composición desde En_{68} a $En_{57}Fs_{43}$, inferido de HESS (1951 y 1960).

Parece evidente del examen óptico de las muestras aquí estudiadas, que la hiperstena constituye una serie continua de reacción desde alrededor de En_{68} hasta cerca de En_{58} , siendo los últimos minerales más ricos en hierro.

Normalmente las hiperstenas presentan un borde de reacción opacítico con alteración según los clivajes y fracturas a iddingsita, magnetita y clorita. Igualmente los fenocristales de hiperstena aparecen generalmente rodeados por una corona granular de óxidos de hierro y gránulos de augita subcálcica, sin relación cristalográfica entre ellos, demostrando que corresponde a un fenómeno de reacción entre la ortopiroxena y el magma envolvente (Fig. 3).

Los microfenocristales (0.2-0.5 mm) corresponden principalmente a augita y los gránulos que se encuentran en el borde de reacción de las ortopiroxenas corresponden principalmente a augita subcálcica. Se ha observado entrecrecimientos de fenocristales de plagioclasas y de clinopiroxenas. Algunos microfenocristales de augita, que aparecen incluidos en los bordes de los fenocristales de plagioclasas, presentan el lado externo hacia la masa fundamental, opaco por reabsorción magmática y el borde con el cristal de plagioclasa totalmente limpio. Este fenómeno sugiere un origen intratelúrico para ambos individuos. También aparece magnetita incluida y entrecrecida con las piroxenas y plagioclasas. (Fig. 4).

Las clinopiroxenas aparecen como microfenocristales y gránulos menores de 0.2 mm dispersos en la masa fundamental y como pequeños cristales ubicados en los bordes de reacción de las ortopiroxenas. Rara vez se le ha encontrado como fenocristal y cuando aparece presenta un marcado borde opacítico,, (Fig. 5). Los cristales maclados según (100) son poco comunes.

En la Tabla 2 se indican las propiedades ópticas de algunas de las piroxenas determinadas. Las composiciones han sido inferidas de HESS (1951, 1960). La figura 6 representa la relación y composición entre las piroxenas cálcicas y deficientes en calcio de las muestras aquí estudiadas y cuyas composiciones han sido determinadas ópticamente (índices de refracción y ángulo $2V$). Se infiere del diagrama que

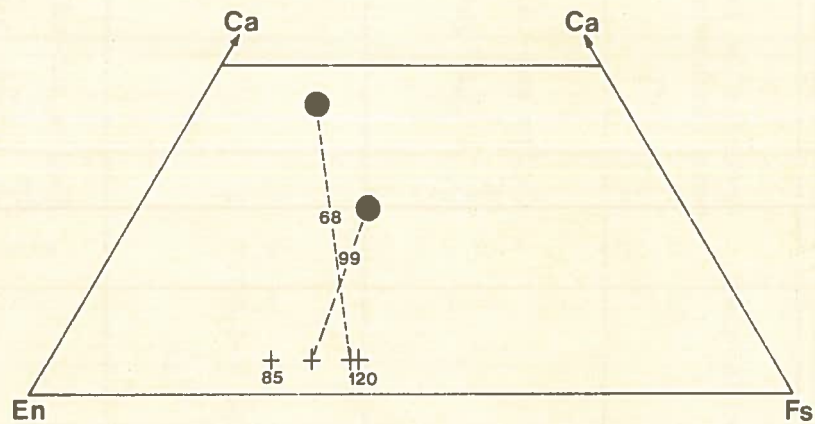


Fig. 6 Relación entre la composición de las piroxenas cálcicas y deficientes en calcio de las muestras aquí estudiadas. Las composiciones han sido determinadas ópticamente con medidas de los índices de refracción y ángulo $2V$ + Ortopiroxenas; se les consideró con 5% de wollastonita; ● clinopiroxena; línea punteada una piroxenas coexistentes en una misma muestra, cuyo número aparece marcado.

PROPIEDADES OPTICAS Y COMPOSICIONES DE LAS PIROXENAS DETERMINADAS EN ALGUNAS MUESTRAS DE LA
FACIES DE LAS ANDESITAS DE PIROXENAS

N° Muestra	Fenocristales	Microfenocristales	Gránulos de la masa fundamental	Gránulos del margen de los fenocristales
85	Hiperstena $2V_x = 62^\circ$ $N_z = 1705 \pm 0,003$ EN ₆₈ Fs ₃₂	Augita $2V_z = 56^\circ$	Augita sub-cálcica $2V_z = 10^\circ - 24^\circ$	Augita sub-cálcica $2V_z = 35^\circ - 38^\circ$
68	Hiperstena $2V_x = 48^\circ - 54^\circ$ $N_z = 1718 \pm 0,003$ EN ₅₈ Fs ₄₂	Augita $2V_x = 56^\circ$ $N_y = 1.690 \pm 0,003$ Wo ₄₆ En ₃₈ Fs ₁₆		
99	Hiperstena $2V_x = 57^\circ$ $N_z = 1710 \pm 0,003$ EN ₆₃ Fs ₃₇		Augita sub-cálcica $2V_z = 30^\circ - 35^\circ$ $N_y = 1.698 \pm 0,003$ Wo ₂₈ En ₄₂ Fs ₃₀	

existe una estrecha relación de la proporción de Mg/Fe entre las ortopiroxenas y clinopiroxenas determinadas, y que existe una tendencia del calcio a variar progresivamente entre ambos tipos.

T A B L A N° 3

ANALISIS MODALES DE CUATRO MUESTRAS DE LA FACIES
DE ANDESITAS DE ANFIBOLA

N° Muestra		34	42	111	25
FENOCRISTALES	Plagioclasa	35,0	29,3	57,4	43,0
	Hornblenda	8,0	5,0	16,0	5,3 (1)
	Magnetita	0,8	2,0	2,0	4,0
MASA FUNDAMENTAL	Plagioclasa	48,0	4,8	---	15,0
	Hornblenda	0,4	---	---	----
	Magnetita	1,5	1,0	1,0	2,0
	Micropegmatita	5,0	56,9	21,0	20,0
	Secundarios (2)	1,3	1,0	2,6	10,7

(1) Hornblenda epidotizada.

(2) Zeolitas, calcita, clorita, epidota, cuarzo, apatita, esfeno, iddingsita

ANDESITAS DE ANFIBOLA

Son rocas principalmente holocristalinas de color gris claro en las variedades de grano grueso y gris pardo en las de grano más fino.

Los contactos con las rocas estratificadas son nítidos y verticales, sin fenómenos de metamorfismo de contacto ni de brechización y tienen muy buena exposición en las partes altas libres de vegetación. Los contactos de esta unidad con las andesitas de piroxenas son contrastados, a pesar de que no se ha observado la traza del plano de separación entre ellas.

Las variedades de grano grueso, tipo pórfidos, predominan en el área de la Rinconada de Conchalí y en los cerros al norte de la cumbre del cerro Manquehue, en cambio las texturas más finas predominan en las cercanías de las zonas de contacto y en la parte alta del cordón del cerro Manquehue. Este último hecho fue por primera vez descrito por MORIKE (1896) y atribuido a diferentes condiciones de enfriamiento, directamente relacionado con la profundidad de la cristalización.

En el área de Conchalí se observaron numerosos xenolitos de color gris oscuro, microcristalinos, de límites bien contrastados con la roca principal, excepto bandas leucocráticas del pórfido andesítico de anfíbola que los atraviesan. Microscópicamente corresponde a anfibolitas porfiroblásticas constituidas por cristales de andesina con numerosas inclusiones de hornblenda y apatita y una masa fundamental granoblástica formada por plagioclasa, hornblenda, apatita y óxidos de hierro (Fig. 7)

Las rocas de esta facies son siempre porfíricas con fenocristales de plagioclasa, anfíbola y magnetita. La composición de los fenocristales de plagioclasa varía entre An_{25} y A_{51} . La anfíbola corresponde a hornblenda común, por lo general con alteración ya sea por un reemplazo a minerales secundarios o por un borde opacítico que en parte la reemplaza totalmente.

La masa fundamental es normalmente microcristalina y se caracteriza por la presencia de una abundante pasta micropegmatítica constituida por un agregado de feldespato alcalino, cuarzo tridimita y anfíbola. Los diagramas de rayos X de la masa fundamental (muestras N° 110, 111, 112) muestran fuertes reflexiones que señalan la presencia de albita-alta y cuarzo. También se observan microlitas de plagioclasa de composición variable entre An_{27} y An_{39} ; coexisten microlitas que aparecen turbias por alteración con otras muy limpias y que incluyen gránulos de hornblenda y apatita. Magnetita aparece en gránulos diseminados en todas las muestras. Feldespato alcalino (posiblemente anortoclasa) aparece además en la periferia de algunos de los fenocristales de plagioclasa. Los minerales de alteración son principalmente calcita, zeolita, epidotas, clorita, iddingsita, minerales de arcilla y esfeno.

En la Tabla 3 aparecen los análisis modales de cuatro rocas que se consideran que son representativas de esta unidad.

MINERALOGIA

FELDESPATOS. La plagioclasa es el mineral más común como constituyente de los fenocristales. Su tamaño varía entre 0,3 y 2,5 mm de largo y su composición promedio es An_{38} . Se presenta generalmente en cristales tabulares de contornos subidiomorfos, maclados principalmente según las leyes de albita, Carlsbad y periclina. La presencia de una fuerte zonación en la mayoría de los cristales disminuye el desarrollo y la nitidez de los planos de maclas. Se observa que la traza de éstos últimos se pierde al cruzar un área con zonación, en cambio se hacen nítidos a medida que el cristal se homogeniza.

La estructura zonal es el rasgo más distintivo de los fenocristales de plagioclasa, ya que se ha observado prácticamente en todos los cristales de las muestras estudiadas. La zonación en partes es inversa y recurrente con cambios hasta de 20% de anortita en zonas vecinas: en algunos cristales el núcleo interno tiene una composición similar a la zona más externa, pero ambos están separados por áreas con mayor contenido de anortita. Un delgado anillo de feldespato alcalino de difícil identificación, posiblemente anortoclasa, con aproximadamente $N_x 1.52$ y ángulo $2V_x = 50^\circ - 55^\circ$ rodea en continuidad óptica a algunos fenocristales de plagioclasas; se distingue del cuerpo principal del cristal por la limpieza y borde externo sinuoso.

Los fenocristales de feldespato de esta unidad forman una serie de reacción continua que se extiende desde el extremo cálcico, representado por la andesina cálcica (máx. An_{51}) hasta oligoclasa. El feldespato alcalino, que representaría el miembro final de la serie formando el borde más externo, introduce un quiebre brusco en la secuencia.

La composición y estado estructural de los fenocristales de plagioclasa, determinados con la platina universal según el método de SLEMMONS (1962), indica que la mayoría de ellas son de estado estructu-

ral intermedio a volcánico.

Por difracción de rayos X se obtuvieron los siguientes resultados en tres muestras (M-110, M-111, M-112) de fenocristales de andesina analizadas de diferentes rocas de esta unidad: 2θ (131) - 2θ ($\bar{1}\bar{3}1$) = 1.72 a 1.92 y 2θ ($\bar{1}\bar{3}1$) - 2θ (220) = 1.16 a 1.36 que de acuerdo a SLEMMONS (1962 a) señalan un estado estructural intermedio a alto (volcánico).

Las principales inclusiones de los cristales de plagioclasa corresponden a prismas de apatita, gránulos de magnetita y cristales de hornblenda. Epidota, calcita, minerales de arcillas y zeolitas también aparecen como inclusiones, pero parecen representar productos de alteración del feldespato original.

ANFIBOLA. La hornblenda representa el mineral máfico más significativo y que define a esta unidad. Aparece principalmente como fenocristal constituyendo aproximadamente el 10% del volumen total de las muestras estudiadas. Se observa en secciones prismáticas, tabulares y en secciones basales, normales al eje cristalográfico C. El tamaño de los granos varía de 0,5 a 2,3 mm y los contornos de los cristales son en su mayoría subidiomorfos. Algunos individuos presentan rasgos de reabsorción con la formación de contornos opacíticos o un reemplazo total por óxidos de hierro. Otros están alterados a clorita y epidota. Las propiedades ópticas de algunas de las anfíbolas estudiadas aparecen en la Tabla 4.

T A B L A N° 4

PROPIEDADES OPTICAS DE ALGUNAS HORNBLENDAS DE MUESTRAS
DE LAS FACIES DE ANDESITAS DE ANFIBOLA.

N° Muestra	Z C	2 x	Pleocroismo
27	16°	65°	Z = verde amarillento Y = verde claro X = amarillo pálido
42		64°	Z = verde amarillento X = pardo oscuro
110	15°	80°	Z = verde pálido Y = pardo muy claro X = verde oscuro

Las anfíbolas corresponden a hornblenda común (DEER, et al., 1966) con ángulos ópticos negativos variables entre 64° a 80° y ángulo Z C entre 15° y 18° . Un análisis de microsonda de una muestra de anfíbola (efectuado en el Laboratorio de la Comisión Nacional de Energía Atómica de Argentina, Buenos Aires, por el Dr. César M. Libanati) señaló que se trata de una anfíbola aluminosa (hornblenda), con inclusiones de ilmenita, magnetita, calcita y probablemente silicato de calcio. El contenido de Mg es del orden de 4%.

La estructura zonal se observa raramente y los cristales macclados según (100) son poco comunes. La hornblenda aparece en partes reemplazada, según las líneas de clivaje o a través de todo el cristal, por clorita, epidota, esfeno, calcita y zeolitas. En algunas 2V-; negativo de 72° a 75° y débil pleocroísmo. En algunos casos la epidotización es tan intensa que se produce el reemplazo total del mineral.

ROCAS ANDESITICAS FILONIANAS.

Se ha denominado de esta manera al conjunto de filones y cuerpos intrusivos de menores dimensiones que por sus características petrográficas y estructurales son diferentes al cuerpo intrusivo mayor. Principalmente son rocas de composición andesítica y textura microgranular de color verde o gris. En el bosquejo geológico (Fig. 1) sólo se han marcado las que por la magnitud de sus afloramientos permiten ser dibujadas.

En el cerro Pan de Azúcar, ubicado en el extremo del área, afloran andesitas microgranulares de color verde, que por alteración se transforman en una roca amarillenta. La parte fresca de ella sólo se encuentra en los núcleos de las labores de cantera que allí existen. Bajo el microscopio se observa constituida por fenocristales de andesina, en una masa fundamental traquítica muy porosa, con amígdalas de clorita y minerales de arcilla con guías de calcita.

Al sur del cerro Pan de Azúcar aparecen andesitas de color verde oscuro, moteadas con ,anchas de color gris claro rosado, que intruyen irregularmente a las andesitas de piroxenas que allí aparecen. Al microscopio estas rocas corresponden a andesitas de ortopiroxenas y hornblenda, constituida por cúmulos de cristales de andesina zeolitizada y microfenocristales de ortopiroxenas con borde de reacción, dispuesto en una masa fundamental que contiene abundante pseudomorfos de anfíbola, apatita, magnetita, calcita; también se encuentra amígdalas de cuarzo y zeolitas.

Existe en general en toda el área una red de filones de pequeñas dimensiones de andesitas afaníticas de color verde que cortan a todas las unidades mayores descritas.

CURSO DE LA CRISTALIZACION Y PETROGENESIS

La secuencia de cristalización de las facies intrusivas aquí estudiadas, deducida del análisis óptico de las muestras recolectadas, aparece resumida en la Tabla 5.

La plagioclasa constituye en ambas facies una serie de reacción continua que se extiende desde el extremo cálcico An_{80} (en las andesitas de piroxenas) y An_{51} (en las andesitas de anfíbola⁸⁰) hasta el extremo sódico An_{27} y An_{28} respectivamente, existiendo además en esta última facies una película de feldespató alcalino que parece representar un elemento de la fase de cristalización micropegmatítica.

La cristalización de las piroxenas aparece restringida a la facies de andesitas de piroxenas; la presencia casi constante de fenocristales de ortopiroxenas confirmaría para este mineral un origen intratélúrico. En base a estos mismos antecedentes se podría suponer que durante el emplazamiento del magma habría estado cristalizando una ortopiroxena más rica en magnesio la que habría continuado precipitando hasta que su composición alcanzó aproximadamente a $En_{58}Fs_{42}$, que representa dentro de las ortopiroxenas estudiadas la más ferríca. Las ortopiroxenas tienen generalmente un borde de reacción con la formación de augita subcálcica. La augita aparece principalmente como fenocristal (0.2 - 0.5 mm) y la augita subcálcica aparece también como gránulos dispersos en la mesostasis. Se supone que la clinopiroxena más rica en calcio que constituye la mayor parte de los microfenocristales, cristalizó en una primera etapa en equilibrio cotéctico con la ortopiroxena. Posteriormente habría derivado en solución sólida hasta la augita subcálcica que constituye la mayoría de los gránulos de la masa fundamental. Según KUNO (1955), en las piroxenas de las rocas volcánicas de Japón, existiría a temperaturas relativamente altas y en condiciones de rápido enfriamiento, una serie completa de solución sólida desde augita a pigeonita pasando por augita subcálcica. Igualmente BARTH (1962) considera que las piroxenas de los flujos de lavas son aptas para desarrollar extensas series de cristales mixtos. Basado en los antecedentes de las piroxenas aquí estudiadas se podría postular que sus condiciones de cristalización fueron las de un ámbito subvolcánico.

La hornblenda aparece restringida a la facies de las andesitas de anfíbolos. La presencia casi constante de fenocristales de hornblenda hace suponer que su origen es intratélúrico y que su cristalización fue principalmente en esa etapa. En algunos casos se ha observado la presencia de un borde opacítico que podría representar los efectos de una oxidación del cristal por cambios bruscos de las condiciones de presión en el magma generador de estas rocas, posiblemente relacionado con un mecanismo de intrusión y que revelaría condiciones volcánicas o subvolcánicas de emplazamiento.

Fenocristales de magnetita se han observado entrecrecidos con fenocristales de plagioclasa y ortopiroxena en la facies de las andesitas de piroxenas y de plagioclasa y hornblenda en la facies de las andesitas de anfíbolos respectivamente. Estos antecedentes revelarían

también un origen intratelúrico para la magnetita además de los pequeños granos distribuidos en la mesostasis de ambas facies, que señalarían también cristalización en la etapa intrusiva.

La micropegmatita intersticial, constituida por un entrecrecimiento, posiblemente de cristalización cotéctica de feldespatos alcalinos (albita alta y anortoclasa?), y tridimita (o cuarzo) y en partes prismas de anfíbola, constituye la fase residual de cristalización en ambas facies, pero de mayor importancia en las andesitas de anfíbola, donde en algunos ejemplares forma aproximadamente el 50% de las muestras, (Tabla 3)

La cristalización cotéctica de plagioclasa - magnetita y la asociación de anfíbola con un residuo rico en micropegmatita, identifican al proceso de formación de estas rocas con la secuencia de cristalización propuesta por OSBORN (1962), para un sistema con alta presión de oxígeno.

T A B L A N° 5

ESQUEMA DE CRISTALIZACION DE LA FACIES INTRUSIVAS
DEL CORDON DEL CERRO MANQUEHUE.

		Etapa intratelúrica	Etapa intrusiva
Andesitas de piroxenas	Plagioclasa	An ₈₀	An ₂₈
	Ortopiroxena	Fs ₃₂	Fs ₄₂
	Clinopiroxena	(?) Fs ₁₆	↓ Reacción Fs ₃₀ (?)
	Magnetita	---	---
	Micropegmatita	---	---
	Vidrio	---	---
Andesitas de Anfibola.	Plagioclasa	An ₅₁	An ₂₇
	Anfíbola	---	---
	Magnetita	---	---
	Micropegmatita	---	---

ANALISIS QUIMICOS, NORMAS C. I. P. W., TIPO DE PLAGIOCLASA NORMATIVA Y MODAL, Y RELACION ENTRE EL FEL-
DESPATO ALCALINO Y EL FELDESPATO TOTAL DE NUEVE MUESTRAS DE ROCAS INTRUSIVAS DEL CORDON DEL CERRO
MANQUEHUE

Muestra N°	A					B			
	Andesitas de Piroxenas					Andesitas de Anfíbola			
	22	62	64	85	25	34	35	42	111
SiO ₂	50.29	49.32	52.02	53.41	58.78	56.34	55.87	57.95	58.61
TiO ₂	0.77	1.05	0.58	0.53	0.50	0.66	0.78	0.75	0.51
Al ₂ O ₃	17.70	17.63	17.78	20.21	19.80	16.66	18.14	18.76	16.95
Fe ₂ O ₃	3.0	6.02	6.34	3.27	1.92	3.39	4.84	2.42	2.08
FeO	8.0	6.08	1.29	4.66	3.28	2.36	1.34	3.46	3.02
MnO	0.16	0.23	0.11	0.15	0.13	0.08	0.09	0.09	0.07
MgO	5.15	3.71	2.47	3.59	2.17	3.97	2.46	2.91	2.71
CaO	7.50	9.28	7.15	8.17	5.03	6.85	5.63	5.89	6.85
Na ₂ O	2.68	3.71	3.86	3.92	5.04	5.04	4.48	4.96	4.40
K ₂ O	0.38	0.30	2.57	0.60	1.09	1.08	1.25	1.00	1.05
P ₂ O ₅	0.12	0.46	0.28	0.33	0.26	0.33	0.25	0.32	0.29
H ₂ O (-)	2.64	2.01	1.72	0.49	0.32	1.40	1.82	0.54	0.38
H ₂ O	1.42	0.78	3.92	0.82	2.06	1.67	3.13	1.53	3.30
SUMA	99.81	100.58	100.09	100.15	99.66	99.83	100.09	100.58	100.22
Q	5.10	3.18	3.90	4.74	10.62	5.88	10.32	7.92	11.88
Or	2.22	1.67	15.01	3.34	6.67	6.12	7.23	6.12	6.12
Ab	22.53	31.44	22.49	33.01	42.44	42.44	37.73	41.92	37.20
An	35.31	30.58	23.63	35.86	23.35	19.74	25.85	25.85	23.35
CO	-----	-----	-----	-----	1.02	-----	-----	-----	-----
Wo	0.46	5.22	4.18	1.04	-----	4.99	0.23	0.52	3.60
En	12.90	9.30	6.20	0.0	5.00	9.90	6.10	7.30	6.80
Fs	11.09	4.75	-----	5.28	3.82	0.66	-----	3.30	3.17
Mt	4.41	8.82	2.78	4.64	2.78	4.87	2.32	3.48	3.02
Il	1.52	1.98	1.06	1.06	0.91	1.22	1.52	1.37	0.91
Ap	0.34	1.07	0.66	0.78	0.61	0.78	0.59	0.76	0.69
Hm	-----	-----	4.48	-----	-----	-----	3.20	-----	-----
Plagiocla- sa Norma- tiva	An ₆₀	An ₅₀	An ₅₁	An ₅₃	An ₃₅	An ₃₂	An ₄₀	An ₃₆	An ₃₆
Plagioclasa Modal	An ₇₅	An ₇₇	An ₅₀	An ₆₃	An ₃₀	An ₄₂	An ₄₇	An ₃₇	An ₃₉
Indice de color	30.38	30.67	18.70	21.02	14.14	21.64	21.64	15.97	17.5
or + ab	41.2	52	61.3	50.3	66.3	71.0	63.4	65.0	64.9
or + ab + an									

22 : Andesita de piroxena (KATSUI y VERGARA, 1966, p.6) perteneciente a la facies de andesitas de piroxenas.

62 : Andesita de piroxena: Punta de Huechuraba, cota 620 m; NW de Conchalí.

64 : Andesita de piroxena: Punta de Huechuraba, cerca camino NW de Conchalí.

85 : Andesita de piroxena del área del este del cerro Los Maitenes, cota 1270 m.

25 : Andesita de hornblenda: ladera norte de la Rinconada de Conchalí, cota 620 m.

34 : Andesita de hornblenda, aproximadamente 1 km al NE de la cumbre del Cerro Manquehue, cota 1420 m.

35 : Andesita, cumbre del cerro Manquehue, cota 1638 m.

42 : Andesita de hornblenda: ladera este de la Rinconada de Conchalí, cota 570 m.

111 : Andesita de hornblenda: cantera de la ladera NW de la Rinconada de Conchalí, cota 710 m.

T A B L A N° 7

ANALISIS QUIMICOS PROMEDIO DE CADA FACIES INTRUSIVA AQUI ESTUDIADA
COMPARADA CON LAS ANDESITAS DE CHAYES (1968)

	1	2	3
SiO_2	51,25	57,51	58,17
TiO_2	0,73	0,64	0,80
Al_2O_3	18,33	17,91	17,26
Fe_2O_3	4,65	2,93	3,07
FeO	5,00	2,69	4,17
MnO	0,14	0,09	- -
MgO	3,73	2,84	3,23
CaO	8,02	6,05	6,93
Na_2O	3,53	4,78	3,21
K_2O	0,96	1,09	1,61
P_2O_5	0,29	0,29	0,20
H_2O	1,71	0,89	+ 1,24
H_2O	1,73	2,33	
$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	4,50	5,87	4,82
$\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$	3,66	4,4	1,99

1. Promedio de las andesitas piroxenas del área estudiada.
2. Promedio de las andesitas hornblenda del área estudiada.
3. Promedio de las andesitas cenozoicas (1775 análisis, según CHAYES, 1968, p. 2, tabla 1).

Las rocas intrusivas aquí estudiadas presentan una asociación mineralógica de alteración constituida principalmente por calcita, zeolitas, epidota, clorita, esfeno iddingsita y minerales de arcilla. El examen de una zeolita encontrada en una amígdala en rocas de la facies de las andesitas de piroxenas, en el área de la Rinconada Pan de Azúcar, dió los siguientes resultados: $N_z = 1.517 \pm 0.003$ y fuertes reflexiones en 2.87, 4.37 y 5.81 Å , que concuerdan con las características de la Scolecita según TROGER (1967, vol.2, p.769).

Esta asociación mineralógica secundaria podría derivar fenómenos deutéricos asociados al proceso de consolidación de estas rocas o bien ser consecuencia de un metamorfismo de carga tal como ha sido señalado por LEVI y CORVALAN (1964) para las rocas volcánicas del Geosinclinal Andino. La distribución irregular de esta mineralogía de alteración dentro de ambas facies intrusivas hace más consistente asociarla a a fenómenos de origen deutérico que a un tipo de metamorfismo de carga; sin embargo, para poder tener una idea clara del origen del fenómeno se necesitarían estudios más detallados en este aspecto, tanto de las rocas intrusivas como de las estratificadas por ella atravesada.

QUIMISMO

Se analizaron ocho muestras de rocas consideradas representativas de las dos unidades intrusivas aquí estudiadas. Se incluye también la muestra Sc-22 (KATSUI y VERGARA, 1966), que no es estrictamente del área estudiada, sino que del Cerro San Cristóbal, pero que pertenece a la facies de andesitas de piroxenas. Los análisis fueron hechos por J. Villalobos en el laboratorio químico del Departamento de Geología, y aparecen en la Tabla 6.

La parte A de la Tabla 6 corresponde a cuatro análisis de la facies de las andesitas de piroxenas. El porcentaje de sílice que varía de 49.3% a 53.4% señala el carácter transicional de básico a intermedio de estas rocas. La parte B del mismo cuadro corresponde a cinco análisis de rocas de las facies de andesitas de anfíbola; su porcentaje de sílice es variable entre 55.8% a 58.7%, lo que señala el carácter químico intermedio de estas rocas. Las rocas de ambas facies son saturadas, señalado por la presencia de cuarzo normativo, y presentan alto contenido de alúmina (promedio de 17.63% y 20.21% respectivamente) y álcalis (promedio de 4.5% y 5.87% respectivamente para ambas facies).

En la Tabla 7 se compara el promedio químico de ambas facies intrusivas aquí estudiadas con el promedio químico de las andesitas de CHAYES (1968). Se observa que las rocas del Cordón del cerro Manquehue tienen un mayor porcentaje de alúmina y álcalis y entre éstos últimos, la proporción de Na_2O es mucho mayor.

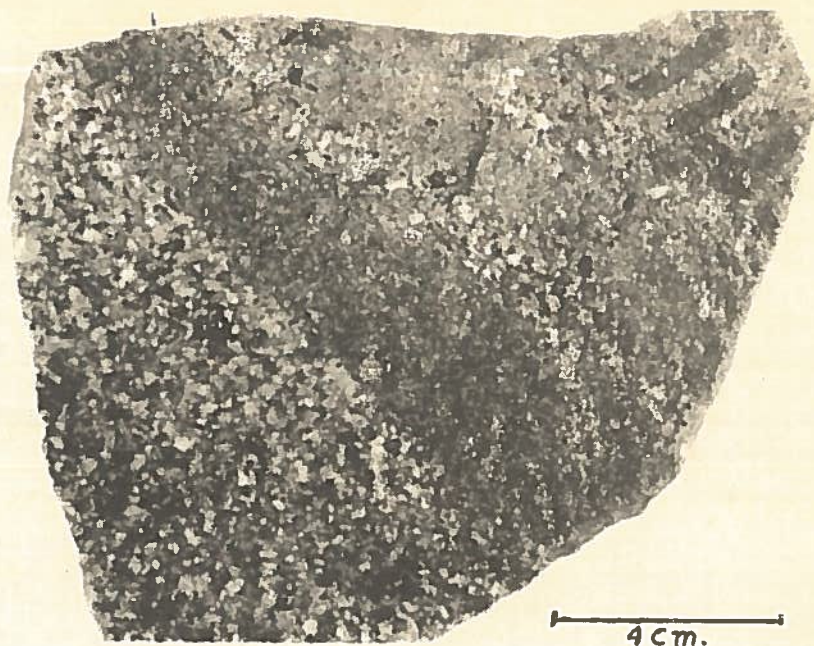


Fig. 7 Xenolito de anfíbola feldespatizada con bandas leucocráticas que penetran desde el exterior. Rinconada de Conchalí.

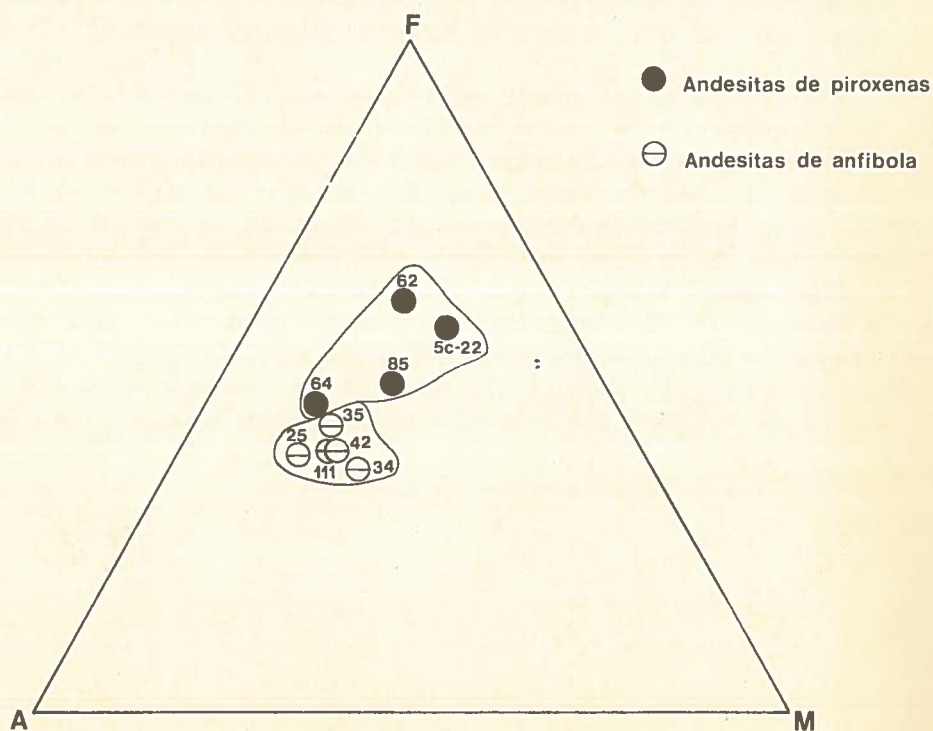


Fig. 8 Diagrama AFM de las muestras químicamente analizadas.

El mayor contenido de alúmina y álcalis relaciona a las rocas aquí estudiadas con los rasgos químicos que caracterizan a las andesitas pertenecientes a la serie del "High alumina basalt" definida por KUNO (1960, 1968) para las rocas volcánicas e intrusivas del Japón, exceptuando el mayor porcentaje relativo de Na_2O de las muestras objeto de este estudio. Este exceso de Na_2O ha sido también encontrado en las rocas volcánicas chilenas del Cénozoico Superior, VERGARA y KATSUI (1969), VERGARA (1970) y VERGARA y GONZALEZ (1971) y parece representar un rasgo característico de la provincia petrográfica Andina Chilena. A pesar de que no existen rocas lo suficientemente básicas que permitan comparar e inferir el origen del magma parental de las rocas intrusivas aquí estudiadas, los antecedentes tales como un alto contenido de alúmina y álcalis permitirían clasificar químicamente a estas rocas como andesitas aluminosas.

La figura 8 corresponde al diagrama triangular AFM: en cada vértice se expresan las razones químicas del MgO , $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ y $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ respectivamente. Se observa que las rocas aquí estudiadas aparecen distribuidas en dos áreas bien definidas: la facies de andesitas de piroxenas en la parte superior muestra un mayor enriquecimiento relativo en hierro que la facies de andesitas de anfíbola que se concentran en la parte media del diagrama en la dirección de fraccionamiento de los magmas calcoalcalinos. También se observa que faltan rocas suficientemente básicas que permiten visualizar el sentido del fraccionamiento del magma o de los magmas que dieron origen a estas rocas.



CONCLUSIONES

Basados en los antecedentes petrográficos, mineralógicos y químicos descritos de las muestras de las rocas intrusivas del cordón del cerro Manqueñue se pueden plantear las siguientes conclusiones. Las rocas de ambas facies intrusivas son andesitas aluminosas con un elevado porcentaje de álcalis. Constituyen una serie de naturaleza calcoalcalina, sin tipos suficientemente básicos que permitan inferir el origen del magma parental. La presencia de una fase residual micropegmatítica, asociada a clinopiroxenas subcálcicas relaciona mineralógicamente a estas rocas con la serie toleítica (TILLEY, 1950), pero el elevado porcentaje de alúmina y álcalis, las conectan más directamente con la serie del "high alumina basalt" (KUNO, 1960), la que también incluye estos rasgos mineralógicos. Excepto algunas diferencias e específicas como el mayor porcentaje de Na_2O , que parece ser un rasgo característico de la provincia petrográfica andina y que la distingue también de las andesitas de CHAYES (1968), las rocas aquí estudiadas son mineralógica y químicamente asimilables a la serie del "High Alumina Basalt".

La asociación mineralógica de ambas facies; ortopiroxenas con borde de reacción, diferentes tipos de piroxenas monoclinicas, estado estructural de las plagioclasas de intermedio a volcánico y oxidación de las anfíbolas, indica un carácter de cristalización preferentemente volcánico. Esto se corrobora por la falta de metamorfismo de contacto y por la texturas principalmente de grano fino de las rocas.

La cristalización de magnetita tanto en la etapa intratelúrica como intrusiva asociada en esta última etapa a micropegmatita intersticial, señala condiciones de cristalización en un medio con elevada presión de oxígeno, similar a las condiciones que rigen en la cristalización de series de rocas típicamente calcoalcalinas. Como se han encontrado facies de transición entre las dos principales unidades intrusivas, se postula que correspondan a intrusiones separadas, asociadas a un mismo ciclo magmático. Las diferencias texturales observadas dentro de cada facies intrusiva parecen estar directamente relacionadas con las cercanías a las zonas de contacto, más que con la profundidad de cristalización como fue postulado por MORIKE (1896)

REFERENCIAS

- BARTH T. F. W., 1962, Theoretical Petrology. Second Edition. John Wiley & sons, Inc., New York.
- CARTER W., AGUIRRE L., 1965, Structural Geology of Aconcagua Province and its relationship to the Central Valley graben, Chile. Bull. Geol. Soc. Amer., 76, 651-664.
- CHAYES, F., 1968, The chemical composition of Cenozoic Andesite. Andesite Conf. Soc Rep. 16, Oregon, p. 1-11.
- DEER, HOWIE y ZUSSMAN, 1966, An introduction to the Rock Formins Minerals. New York, John Wiley & sons 528 p.
- HESS H. M., 1951, Orthopyroxenes of the Bushuold type ion substitutions, and changes in unit cell dimensions. Amer. J. Sci., Bowen vol., 173, 187.
- HESS H., 1960, Stillwater igneous complex, Montana. The Geol. Soc. Am. Memoir 80.
- KATSUI, Y. y VERGARA M., 1966, Antecedentes petrológicos del cerro San Cristóbal, Santiago, Chile, Rev. Minerale, N°92, p. 9-23.
- KUNO H., 1955, Ion substitution in the diopside-ferropigeonite series of clinopyroxenes. Am. Miner. Vol. 40, p. 70-93.
- _____, 1960, High-alumina basalt. J. Petrol., vol 1, p. 121-145.
- _____, 1968, Differentiation of basalt magmas: Basaltic rocks: Treatise on rocks of Basaltic Composition, New York, John Willey & sons, Inc., p. 623-688.
- LEVI, B., y CORVALAN J., 1964, Metamorfismo regional de las rocas del Geosinclinal Andino. Santiago, Rev. Minerale, N°86, p.6-15.
- MORIKE W., 1896, El distrito eruptivo del San Cristóbal, cerro de Santiago (trad. del Alemán). Bol. Soc. Nac. Minería (Rev. Minera), Santiago, N°93, p. 131-135.
- OSBORN E. F., 1962, Reaction series for subalkaline igneous rocks based on different oxigen preassure conditions. Am. Miner, vol. 47, 211-226.
- POLDERVAART A., and HESS H., 1951. Pyroxenes in the cristallization of basaltic magma. Jour. Geology, vol. 59, p. 472-489.
- SLEMMONS D., 1962, Determination of volcanic and plutonic plagioclases using a three or four-axis Universal Stage. Geol. Soc. Amer., Special Paper 69, 64 p.

- SLEMMONS D. , 1962 a, A method of evaluating order-disorder, In: Observation on order-disorder relations of natural plagioclase. Copenhagen, Norsk Geol. Tidsskr., vol. 42, pt.2, p.533-554.
- TILLEY, C. E. 1959, Some aspects of magmatic evolution. Quart Jour. Geol. Soc. London, vol. 606, p. 37-61.
- TROGER W. E., 1967, Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale. Teil 2. Stuttgart, Schweizerhart'sche Verlagbuchhandlung.
- VERGARA M., 1966, Informe geológico preliminar sobre el cordón del cerro Manquehue, Rev. Minerales N°94, p.27-32.
- _____, 1969, Rocas volcánicas y sedimentario-volcánicas, Mesozoicas y Cenozoicas en la latitud 34°30' S, Chile. Depto. de Geología, Univ. Chile, Publ. 32, 36 p.
- _____, y KATSUI Y., 1969, Contribución a la geología y petrología del volcán Antuco, Depto. de Geología, Univ. Chile, Publ. 35, p.25-47.
- _____, 1970, Note on the zonation of the upper cenozoic volcanism of the Andean area of central south Chile, and Argentine. Conferencias sobre Problemas de la Tierra Sólida. Proyecto Internacional del Manto Superior. Buenos Aires. (in Press).
- _____, y GONZALEZ O., 1971, Structural and petrological characteristics of the late Cenozoic Volcanism from Chile Andean Region and West Antarctic. Krystalinikum N°9 Praga, Checoslovaquia, (in Press).
- WILLIAMS M., TURNER F., and GILBERT CH., 1968, Petrografía, introducción al estudio de las rocas en secciones delgadas. Argentina, Compañía Editorial Continental S. A.