



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA**

**ANATOMÍA DEL COMPLEJO PLUTÓNICO QUENANTE:
IMPLICANCIAS PETROGENÉTICAS**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO

ISABEL MARGARITA GÓMEZ ZAVALA

PROFESOR GUÍA
MIGUEL ÁNGEL PARADA REYES

MIEMBROS DE LA COMISIÓN
MARIO VERGARA MARTÍNEZ
FRANCISCO HERVÉ ALLAMAND

SANTIAGO DE CHILE
DICIEMBRE 2006

ANATOMÍA DEL COMPLEJO PLUTÓNICO QUENANTE: IMPLICANCIAS PETROGENÉTICAS

El objetivo general del presente trabajo de título es determinar la anatomía superficial y sus implicancias petrogenéticas del Complejo Plutónico Quenante, expuesto en la sierra homónima de la Precordillera Andina de la Región de Antofagasta. El estudio consistió en identificar las distintas unidades del complejo y su distribución espacial y, en caracterizar litológica, mineralógica y estructuralmente sus componentes.

Se realizaron 15 Campañas de terreno de 5 días cada una, con el objeto de mapear los 213km² del Complejo Plutónico Quenante a escala 1:25.000. Se recolectaron 16 muestras para posteriores estudios petrográficos microscópicos. El trabajo de terreno se apoyó con imágenes satelitales GEOSCAN y base topográfica del Instituto Geográfico Militar (IGM) 1:50.000. Para la toma de datos se utilizó el programa computacional GVMapper, en tanto que para el tratamiento, edición y presentación de la información se utilizó el programa computacional ArcView.

Se lograron identificar seis unidades litológicas de este complejo, reunidas en dos plutones. Las unidades Monzogranito y Granodiorita de hornblenda y biotita, Leucogranito de biotita y Pórfido Microgranítico de biotita, conforman el plutón Quenante, el cual está caracterizado por presentar una zonación litológica concéntrica en planta. Este cuerpo fue intruido por el plutón Quimal, formado a su vez por las unidades Tonalita de biotita y hornblenda y Dioritas y Monzodioritas de hornblenda. Ambos plutones junto a una sexta unidad litológica independiente (Granodiorita fina de biotita) conforman el Complejo Plutónico Quenante, emplazado durante el Paleozoico Superior en rocas asignadas a la Formación Cas (Paleozoico Superior). Estas rocas de caja afloran en la zona de estudio como una sucesión volcánica de carácter intermedio a ácido y ha sido interpretada como manifestación de volcanismo medianamente intenso de carácter efusivo y explosivo, en un ambiente continental, ligado genéticamente al Complejo Intrusivo Quenante.

La presencia, en las unidades Leucogranito de biotita y Monzogranito y Granodiorita de Biotita, de enclaves microdioríticos con distintos grados de hibridación con su roca huésped, así como de contactos entre distintas facies al interior de la unidad Leucogranito de biotita sugieren que procesos de interacción entre magmas de distinta composición tuvieron un rol en el origen de dichas unidades, junto con los procesos de cristalización fraccionada.

AGRADECIMIENTOS

Gracias, gracias, gracias.

Gracias Madre, gracias Padre, gracias Hermano, gracias Hermano.

Gracias Novia, gracias Novio.

Gracias Bruja, gracias Profe, gracias Pancho.

Gracias Ayudantes.

Gracias Amigos.

Gracias Calama, gracias Desierto, gracias Sol, gracias Viento.

Y por supuesto

gracias Tierra.

Anatomía del Complejo Plutónico Quenante (CPQ): Implicancias Petrogenéticas

INDICE

	Pág.
I.- INTRODUCCIÓN	1
I.1.- Marco Geológico General	3
I.2.- Trabajos Anteriores	6
I.3.- Objetivos	8
I.4.- Metodología	9
II.- DEFINICIÓN DEL CPQ	10
II.1.- Presentación General	10
II.2.- Plutones y Unidades	12
II.3.- Roca de caja	13
II.4.- Rasgos Estructurales	14
III.- PLUTÓN QUENANTE	17
III.1.- Pórfido Microgranítico de biotita	17
III.2.- Leucogranito de biotita	24
III.3.- Monzogranito y Granodiorita de biotita y hornblenda	32
IV.- PLUTÓN QUIMAL	39
IV.1.- Tonalita de biotita y hornblenda	39
IV.2.- Dioritas y Monzodioritas de hornblenda	44
V.- GRANODIORITA FINA DE BIOTITA	47
VI.- DISCUSIONES	51
VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
VIII.- REFERENCIAS	56

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Calificativos y tamaño de grano.	11
Tabla 2. Resumen de unidades litológicas.	12
Tabla 3. Edades radiométricas K- Ar tomadas de Mpodozis et al. (1993)	13

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de ubicación regional del área de estudio	1
Figura 2. Mapa topográfico zona de estudio con puntos geográficos importantes	4
Figura 3. Mapa geológico sector Sierra Quenante	10
Figura 4. Roseta de rumbos de diques pertenecientes al CIQ	16

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. Pórfido Microgranítico de biotita.	18
Fotografía 2. Gabro de hornblenda de textura cumulada.	23
Fotografía 3. Leucogranito Porfídico.	25
Fotografía 4. Roca de mezcla granodiorítica.	30
Fotografía 5. Estructuras de schlieren.	30
Fotografía 6. Granodiorita Gris de biotita y hornblenda.	33
Fotografía 7. Tonalita de biotita y hornblenda.	40
Fotografía 8. Enclave diorítico en tonalita.	43
Fotografía 9. Diorita de hornblenda.	45
Fotografía 10. Granodiorita fina de biotita.	48
Microfotografía 1. Pórfido Microgranítico de biotita, muestra 116838.	19
Microfotografía 2. Pórfido Microgranítico de biotita, muestra 116838.	19
Microfotografía 3. Pórfido Microgranítico de biotita, muestra 116854.	21
Microfotografía 4. Pórfido Microgranítico de biotita, muestra 116854.	21
Microfotografía 5. Sienogranito porfídico de biotita, muestra 116931.	26
Microfotografía 6. Sienogranito porfídico de biotita, muestra 116931.	26
Microfotografía 7. Sienogranito de biotita, muestra 116861.	28
Microfotografía 8. Sienogranito de biotita, muestra 116861.	28
Microfotografía 9. Monzogranito de biotita y hornblenda, muestra 16938.	34
Microfotografía 10. Monzogranito de biotita y hornblenda, muestra 116938.	35
Microfotografía 11. Monzogranito de hornblenda y biotita, muestra 116841.	36
Microfotografía 12. Monzogranito de hornblenda y biotita, muestra 116841.	37
Microfotografía 13. Monzogranito de hornblenda y biotita, muestra 116841.	37
Microfotografía 14. Granodiorita de biotita. Muestra 118313.	49
Microfotografía 15. Granodiorita de biotita. Muestra 118313.	50
Microfotografía 16. Diorita de hornblenda como inclusión en Tonalita Quenante, muestra 118319.	41
Microfotografía 17. Tonalita de biotita y hornblenda Quenante, muestra 118319.	42
Microfotografía 18. Biotitas y hornblendas esqueletales de la unidad Tonalita Quenante, muestra 118319.	42

DOCUMENTOS FUERA DE TEXTO (uno en total)

- 1.- Mapa geológico de la Sierra Quenante

I.- INTRODUCCIÓN

El presente informe, de Memoria de Título, se enmarca en el trabajo de investigación y exploración desarrollado por CODELCO Chile, a través de su filial Exploraciones Mineras Andinas S.A.

Este informe pretende ser un aporte al conocimiento básico de la geología escala 1:25.000 de la Sierra Quenante, sector donde afloran principalmente rocas intrusivas y volcánicas del Paleozoico Superior, identificadas como el Complejo Intrusivo Limón Verde y la Formación Cas, respectivamente.

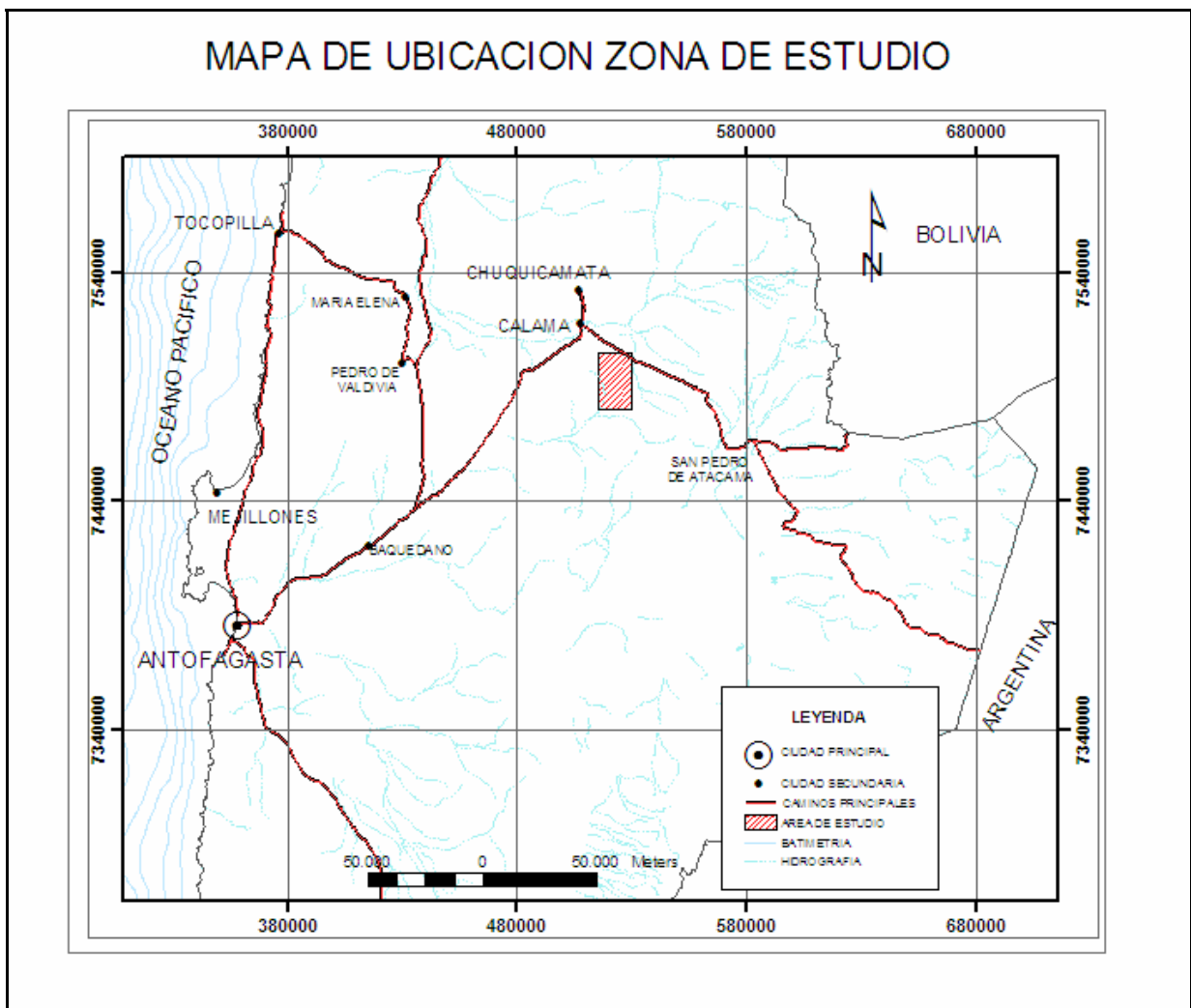


Figura 1. Ubicación regional de la zona de estudio.

La Sierra Quenante se encuentra en el Desierto de Atacama de la Región de Antofagasta, Chile y constituye el cordón oriental de la Sierra Limón Verde con alturas que sobrepasan los 3.000m. El área de estudio se ubica a unos 20km al Sursureste de la ciudad de Calama y sus puntos extremos corresponden a las coordenadas UTM: 7.480.000-7.505.000N y 519.000-530.000E según el Datum Provisorio Sudamericano de 1956 (figura 1). En total abarca una superficie de 213km².

La aproximación hasta el lugar se realiza a través de la ruta que une la ciudad de Calama con el pueblo de San Pedro de Atacama. En el km 14 se desvía al sur por un camino ripiado que conduce al proyecto minero Gaby. La ruta anterior atraviesa, en dirección norte-sur, la totalidad de la zona de estudio. La movilización dentro de la zona se realiza a través de huellas y caminos secundarios de tierra en vehículo 4X4, siendo posible el acceso a algunas de las zonas solamente a pie.

I.1.- MARCO GEOLÓGICO GENERAL

El borde occidental de América del Sur corresponde a un margen continental activo de subducción donde, al norte de la península de Taitao, la placa de Nazca subduce bajo la placa Sudamericana, cuyo vector de convergencia es oblicuo, con su componente mayor hacia el este y el menor al norte. La Cordillera de Los Andes corresponde a un arco volcánico continental desarrollado en un ambiente geotectónico de arco-fosa, la cual se extiende subparalela al margen continental. En su evolución se pueden reconocer tres etapas mayores con distintas organizaciones paleogeográficas, reflejando características propias del proceso de subducción imperante (Mpodozis, 1983).

La primera etapa corresponde al Ciclo Orogénico Pre-Andino (Paleozoico Medio a Superior), durante el cual se habría creado un prisma de acreción debido a un prolongado proceso de subducción. En la segunda etapa, comprendida entre el Triásico y el Cretácico Medio habría ocurrido un tipo de subducción intermedio entre los tipos chileno y mariano, desarrollándose arcos volcánicos de carácter calcoalcalino y cuencas ensiálicas de trasarco. La tercera etapa, que abarca desde el Cretácico Superior al presente, se caracteriza por tener subducción del tipo chileno, induciendo el desarrollo de arcos volcánicos de carácter calcoalcolino, pero sin formación de cuencas en la zona de trasarco (Rebolledo, 1985).

El área de estudio se ubica en el Norte Grande de Chile, donde es posible observar, de oeste a este, el conjunto morfoestructural Cordillera de la Costa - Valle Longitudinal o Depresión Intermedia - Precordillera - Cordillera Occidental - Altiplano – Cordillera Oriental. En estas latitudes, la Cordillera de los Andes se encuentra conformada por las últimas tres morfoestructuras mencionadas y se caracteriza por presentar, salvo en el altiplano, altitudes superiores a los 5000m y un marcado volcanismo cuaternario.

Un rasgo tectono-estructural sobresaliente en la zona, es la existencia de importantes fallas transcurrentes como manifestación de una fuerza paralela al margen de subducción producto de la descomposición del vector de convergencia oblicua: la Falla

de Atacama durante el Cretácico Inferior a lo largo del eje del arco magmático de la Cordillera de la Costa (Armijo y Thiele, 1990) y el Sistema de Fallas de Domeyko en el Eoceno (Maksaev, 1990).

Más específicamente, el área de estudio está inserta en la Precordillera Andina de la Región de Antofagasta y pertenece a la denominada sierra Quenante, el cordón oriental de la sierra Limón Verde, ubicada inmediatamente al oeste de la Cordillera de Domeyko (figura 2). La sierra Quenante consiste en un cordón montañoso con alturas entre los 2200 y 3500m de dirección N20°O, constituida fundamentalmente por terrenos volcánicos e intrusivos del Paleozoico Superior. En su límite occidental, la sierra Limón Verde se pone en contacto por un sistema de fallas de rumbo con las sucesiones volcánicas del Cenozoico Inferior de la Depresión Intermedia (Mpodozis et al, 1993).

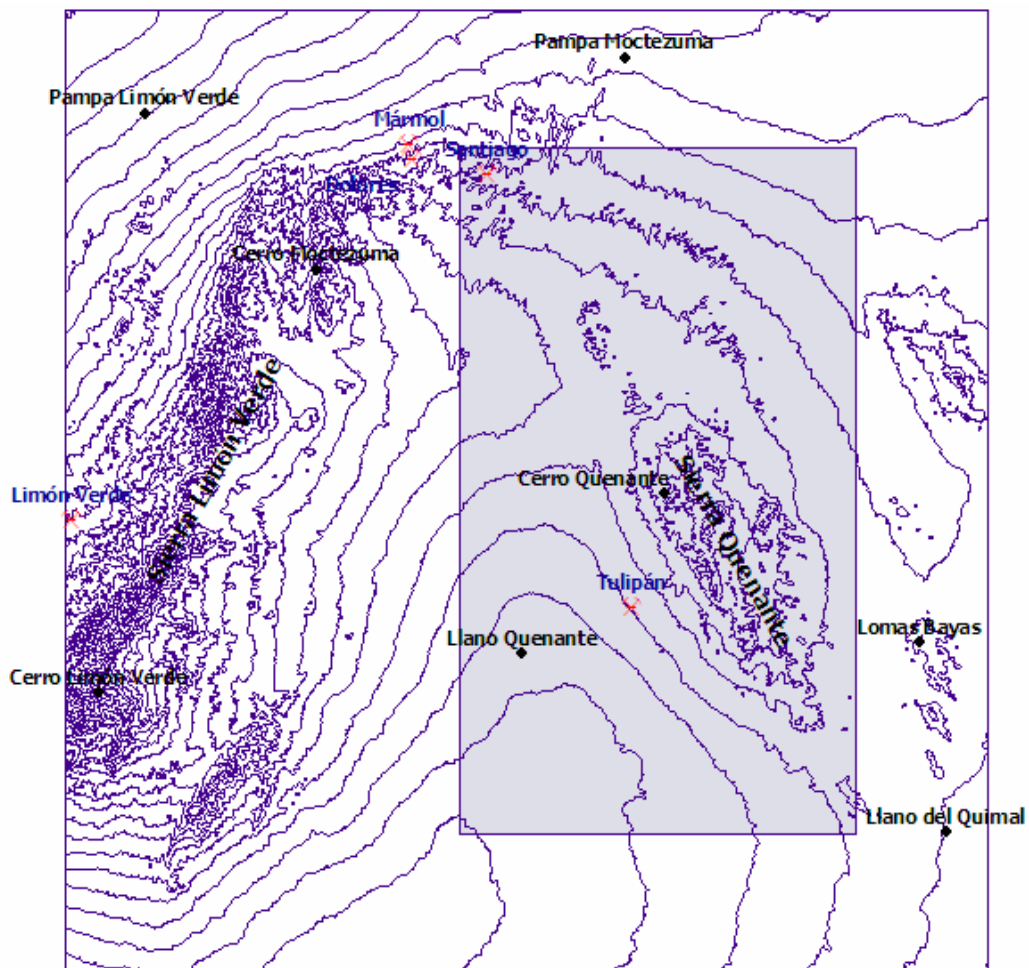


Figura 2. Mapa topográfico de la zona de estudio (en lila) con ubicación de los puntos geográficos más importantes.

Características climáticas son una atmósfera límpida con oscilaciones térmicas diarias fuertes y anuales tenues, baja humedad relativa con un promedio anual de 27%, baja nubosidad, viento este suave o ausente por la mañana y viento oeste fuerte desde el mediodía hasta antes de la medianoche. Las precipitaciones son escasas, principalmente estivales y, con ciclos de varios años, ocurren precipitaciones de origen ciclónico cuando suceden inviernos pluviométricos rigurosos en la zona central del país (Dirección Meteorológica de Chile, www.meteochile.cl; Marinovic y Lahsen, 1984).

I.2.- TRABAJOS ANTERIORES

A continuación se presenta una breve descripción de trabajos realizados anteriormente, los que consideraron o abarcaron parte de la zona de estudio o ésta en su totalidad.

El primer trabajo que hace mención a la zona de estudio postula la existencia de una discordancia entre capas liásicas y los ahí denominados "pórfidos cuarcíferos" (Muñoz Cristi, 1950). Posteriormente, Harrington (1961) levantó un perfil detallado del Lías marino de la zona de Moctezuma, definiendo la unidad homónima y mencionando también la existencia de rocas sedimentarias y volcánicas bajo los depósitos marinos. Pérez y Levi (1961) identificaron en Moctezuma un contacto deposicional entre rocas sedimentarias y volcánicas del Triásico Superior-Lías y un granito al que asignaron una edad mínima pre-liásica, además de redefinir la Formación Moctezuma. García en 1967 realizó una síntesis de la Geología del Norte Grande, indicando la presencia de rocas calcáreas marinas jurásicas recubiertas por potentes niveles de pelitas. Thomas (1969) confeccionó un mapa inédito de gran parte de la zona preandina de la II Región, mencionando la existencia de formaciones riolíticas que asignó al "Paleozoico Medio a Superior" e identificó, en el sur de Sierra Moreno, la existencia de rocas metamórficas y plutónicas que asignó al Paleozoico. Baeza (1976) entregó los antecedentes geológicos del área de Cerritos Bayos-Limón Verde compilados en un mapa a escala 1/50.000 y determinó, en base al estudio de las microfacies de las rocas marinas jurásicas, 3 ciclos marinos. Coira et al. (1982) hicieron una síntesis geológica del Norte de Chile y Argentina, tratando su evolución tectónica y magmática.

Marinovic y Lahsen (1984), en los levantamientos geológicos del I.I.G., publicaron la Hoja Calama a escala 1/250.000 en la cual, aunque no fueron diferenciadas unidades para el Complejo Intrusivo Limón Verde, éste fue correlacionado con un granito de biotita expuesto principalmente en los cerros de Chuquicamata, el denominado Granito Mesa cuya edad sería Paleozoico Superior. De los trabajos hechos en conjunto por CODELCO y SERNAGEOMÍN, destaca el Estudio Geológico- Estructural de la cordillera de Domeyko entre Sierra Limón Verde y Sierra Mariposas realizado por Mpodozis et al.

(1993), en el que fueron definidas 10 unidades litológicas distintas para el CILV a una escala de mapeo 1:100.000 y, estructuralmente, se interpretó este complejo como una mole rígida frente a la deformación transcurrente Eocena.

Baeza y Venegas (1984) plantearon que el Complejo Intrusivo Limón Verde está formado por una "asociación de rocas de emplazamiento múltiple y sucesivo". Por su parte, Hervé et al. (1985) dieron a conocer edades radiométricas del Complejo Metamórfico Limón Verde, indicando una edad de 309 ± 11 Ma para el episodio principal de metamorfismo, descartando una edad Precámbrica para el protolito del mismo y sugiriendo un emplazamiento en el lapso Carbonífero- Pérmico para el Complejo Intrusivo homónimo. Cordani y otros (1988) entregan una edad de 276 ± 24 Ma, obtenida de una Isócrona Rb- Sr en roca total de 8 puntos de granito, la cual correspondería a la intrusión principal de Limón Verde y una edad referencial de 300 ± 20 Ma y $R_i = 0,7038$, obtenida de una Isócrona Rb- Sr de 7 muestras en anfibolitas de granate, considerada la edad del metamorfismo regional. En este último caso, la baja razón isotópica inicial confirma el origen ígneo de las anfibolitas y sugiere una edad no lejana del protolito, asignando el basamento cristalino de la sierra Limón Verde netamente al Carbonífero Superior- Pérmico Inferior.

Yáñez (1992) asoció a la Sierra Limón Verde una "notable anomalía magnética positiva" de forma radicalmente discordante a la fábrica magnética de la Cordillera de Domeyko, la cual sería explicada por el efecto de un posible cuerpo moderadamente magnético emplazado a profundidades de 2 a 4 km. Yáñez y otros (2005), realizaron modelos gravimétricos en 8 transectas dentro del distrito Chuquicamata, a una escala 1:50.000. El perfil más meridional corresponde a la coordenada Norte 7.490.000 y atraviesa el área de estudio en su zona centro sur. En esta sección existe un efecto regional positivo, el cual se interpreta como la representación de un cuerpo de densidad 2,95 gr/cc ubicado a 14km de profundidad con un espesor de 8km.

I.3 OBJETIVOS

Objetivo General

Conocer la anatomía superficial de las rocas intrusivas expuestas en la zona de estudio, mediante la identificación de unidades y el estudio de sus litologías y estructuras, y la distribución espacial y temporal de cada una ellas, para establecer su petrogénesis.

Objetivos Específicos

1. Caracterizar las litologías de las rocas de la zona de estudio.
2. Caracterizar la mineralogía de cada tipo de litología plutónica de la zona de estudio.
3. Caracterizar, mediante sus relaciones de contacto, la edad relativa de las distintas unidades plutónicas presentes en la zona de estudio.
4. Caracterizar las distintas estructuras que afectan a cada una de las unidades de la zona de estudio.

Hipótesis

Tres unidades (monzogranito, sienogranito y pórfido microgranítico) constituyen un plutón litológicamente zonado, el cual, aún en estado plástico, fue intruido por un segundo plutón, formado a su vez por dos unidades (tonalita y dioritas- monzodioritas). Ambos plutones junto a una sexta unidad (granodiorita) conforman un complejo plutónico que se emplazó durante el Paleozoico Superior en una caja constituida por rocas volcánicas y en conjunto constituyen la actual Sierra Quenante.

I.4.- METODOLOGÍA

- A. 15 Campañas de terreno (de 5 días cada una) apuntadas al mapeo de la zona de estudio a la escala 1:25.000. Se realizan la identificación de litologías y estructuras y la recolección de muestras para posteriores análisis químicos o estudios microscópicos. El trabajo de terreno es apoyado por imágenes satelitales (GEOSCAN) y topografía del Instituto Geográfico Militar (IGM) 1:50.000. Para la toma de datos se utilizó el programa computacional GVMapper, en tanto que para el tratamiento, edición y presentación de la información se utilizó el programa computacional ArcView.
- B. Estudio petrográfico y mineralógico de 9 cortes transparentes en total, seleccionados para describir las distintas unidades reconocidas.
- C. Establecimiento de las relaciones de contacto entre las unidades. **Se está evaluando aún realizar alguna datación**
- D. Estudio y definición de los principales sets estructurales presentes en la zona, utilizando el programa Dips de RockScience.

II.- DEFINICIÓN DEL COMPLEJO PLUTÓNICO QUENANTE

II.1.- PRESENTACIÓN GENERAL

Se propone la denominación de "Complejo Plutónico Quenante", a un cuerpo de edad Carbonífero Superior- Pérmico Inferior, cuya forma es elíptica en planta con su eje mayor de 24km de largo, orientado en dirección N20°O y con un ancho máximo de 7km, cubriendo una superficie aproximada de 110km² (figura 3).

Del levantamiento geológico realizado se desprende que el plutón Quenante ocupa una extensión areal de 95km², en tanto el plutón Quimal y la Granodiorita Fina de biotita presentan en conjunto una superficie de 15km².

Los siguientes capítulos están destinados a describir los rasgos más importantes de cada una de las unidades litológicas existentes en la zona. En el caso de los calificativos utilizados para referirse al tamaño de grano de las rocas en estudio, se ha considerado como base el "esquema de clasificación para rocas ígneas" propuesto por el British Geological Survey (1999), esto es:

Calificativo tamaño	Diámetro cristalino
Grano muy grueso	> 16 mm
Grano grueso	> 2 mm y < 16 mm
Grano Medio	> 0.25 mm y < 2 mm
Grano fino	> 0.032 mm y < 0.25 mm
Grano muy fino	> 0.004 mm y < 0.032 mm
Criptocristalino	< 0.004 mm (4 μm)

Tabla 1. Asociación entre calificativo del tamaño de grano y diámetro del cristal.

La escala de tiempo geológica que se toma como referencia en este trabajo, es la que se encuentra en la "Carta Estratigráfica Internacional" del 2004, a cargo de la International Commission on Stratigraphy.

II.2.- PLUTONES Y UNIDADES

Plutón Quenante: se compone de tres unidades, las cuales muestran una estrecha relación genética entre ellas, ya que sus contactos son graduales y se distribuyen de manera concéntrica, diferenciándose hacia los bordes. Las unidades constituyentes de este plutón reciben los siguientes nombres:

- Pórfido Microgranítico de biotita
- Leucogranito de biotita
- Monzogranito y Granodiorita de biotita y hornblenda

Plutón Quimal: está conformada por dos unidades que juntas ocupan 8km² de superficie.

En contenido decreciente de cuarzo, éstas son:

- Tonalita de hornblenda y biotita
- Dioritas y Monzodioritas de hornblenda

Granodiorita fina de biotita: esta unidad no forma parte de ninguno de los plutones anteriores y es considerada independiente. Se ubica exclusivamente en el sector sur de la zona de estudio y ocupa una superficie de 7km².

En la tabla siguiente se presentan las seis unidades definidas en este trabajo junto a algunos de sus rasgos más relevantes.

Unidad Litológica	Textura dominante	IC	Tamaño promedio de grano	Enclaves
Pórfido Microgranítico de biotita	Porfídica fanerítica	5	M.F. (35%) 0,12-0,5mm Fxt 2,3mm	escasos
Leucogranito de biotita	Fanerítica Equigranular	15	2mm	si
Monzogranito y Granodiorita de biotita y hornblenda	Fanerítica Inequigranular	25	3mm	si
Tonalita de biotita y hornblenda	Fanerítica Inequigranular	32	2mm	si
Dioritas y Monzodioritas de hornblenda	Fanerítica Inequigranular	45	1,5mm	no
Granodiorita fina de biotita	Fanerítica Inequigranular	25	1mm	si

Tabla 2. Resumen de rasgos importantes de las 6 unidades definidas Complejo Intrusivo Quenante.

El trabajo más importante existente en la zona corresponde a un estudio de carácter regional realizado por Mpodozis et al. 1993 (1:100.000), en el cual fueron reconocidas sólo 4 de las 6 litologías distintas arriba mencionadas, y donde se recopilaron y realizaron dataciones para cada una de ellas. Estas edades se muestran a continuación.

MUESTRA	AUTOR (ES)	MÉTODO Y MATERIAL	LITOLOGÍA ORIGINAL	NORTE	ESTE	EDAD
LVN-292	Mpodozis et al, 1993	K- Ar en Anfíbola cloritizada	Microdiorita	7494000	504400	293 ± 12
MC-542	Marinovic y Lahsen, 1984	K- Ar en Biotita	Granodiorita de biotita	7482250	527700	291 ± 4
LVN-481	Mpodozis et al, 1993	K- Ar en Biotita	Monzogranito	7497000	521000	292 ± 7
LVN-505	Mpodozis et al, 1993	K- Ar en Biotita	Granito Porfídico	7488300	525700	274 ± 8

Tabla 3. Resumen de edades radiométricas obtenidas por el método K- Ar para 4 de las 6 unidades definidas anteriormente para el Complejo Intrusivo Quenante. Las coordenadas UTM fueron extraídas del mapa de ubicación de muestras correspondiente. Ver ubicación en figura 3.

II.3.- ROCA DE CAJA

La roca de caja corresponde a rocas volcánicas que han sido correlacionadas con la Formación Cas, de edad Paleozoico Superior (Ramírez y Gardeweg, 1982). Afloran sólo en el sector norte de la zona de estudio, en el borde noreste de la Sierra Limón Verde y al sur de la pampa homónima. Se presenta como una sucesión de lavas y tobas andesíticas y tobas riolíticas de colores pardo a gris cuyo espesor, estimado en terreno, corresponde a 550m y se distribuye en una franja de orientación general N10°E. En su borde occidental se aprecia un dominio de las lavas por sobre las tobas, apareciendo la toba andesítica solamente hacia el sur. Al noreste se encuentra la toba riolítica que se hace menos lítica hacia el sur. En la mayoría de los puntos de observación las lavas poseen fuerte diaclasamiento irregular. En el límite norte del afloramiento existe un sector con amígdalas de hasta 4cm de diámetro, levemente alargadas, con 3 tipos principales de relleno: clorita, clorita- cuarzo - epidota y calcita- feldespato potásico - clorita.

Las lavas andesíticas son de textura porfírica y contienen alrededor de un 40% de fenocristales de plagioclasa de entre 2,5 y 4mm de largo, euhedrales, ocasionalmente en cúmulos, levemente alteradas a clorita-epidota en sus núcleos; 5% de hornblenda, euhedral de 1,5mm de largo; 5% de sanidina subhedral de 2mm de diámetro; también biotita ocasional asociada con epidota en cúmulos y cuarzo accesorio, aunque estos dos últimos minerales, no aparecen juntos. La masa fundamental es de grano medio a fino y color pardo grisácea.

Las tobas andesíticas presentan estructura brechosa, con un contenido de 60% de líticos graníticos y un 20% de feldespatos subhedrales de 2mm de largo. En tanto, la toba riolítica contiene entre 5 y 30% de líticos monomícticos de composición granítica y tamaño lapilli grueso, y entre 30 y 60% de cristales: 5% de biotita subhedral, grano fino, cloritizada; 20-30% de ojos de cuarzo de 1mm de diámetro y 5-30% de

feldespatos subhedrales de entre 1 y 3mm de largo. Hacia el sur, en una ubicación cercana al contacto con la unidad de los Pórfido Microgranítico de biotita, esta toba riolítica presenta una zona de varios metros cuadrados con un escaso a nulo contenido de líticos. Ambas tobas se encuentran cornificadas principalmente en su masa fundamental.

II.4.- RASGOS ESTRUCTURALES

Al costado noreste, el Complejo Plutónico Quenante se encuentra limitado por la estructura más importante de la zona de estudio: la Falla Quenante. Esta falla, que se observa como un marcado lineamiento en imágenes satelitales, continúa hacia el norte y hacia el sur de la zona de estudio y no se manifiesta de manera clara en terreno, por lo que no fue posible encontrar evidencia alguna de su movimiento. Al este de esta falla se observan granitoides paleozoicos pertenecientes al Complejo Intrusivo Quenante, en tanto al oeste de la misma se encuentran sedimentitas de la Formación Moctezuma (Lías), las cuales presentan manteos hacia el noroeste y suroeste.

En su costado suroeste el Complejo Intrusivo Quenante se encuentra afectado por la Falla Tulipán. De rumbo noroeste, esta falla pone en contacto un bloque de la unidad de Monzogranito y Granodiorita de biotita y hornblenda con otro perteneciente a la unidad Pórfido Microgranítico de biotita.

El Plutón Quenante representa un 86% de la superficie del Complejo Intrusivo Quenante y se caracteriza por presentar una zonación litológica de tendencia concéntrica, donde el orden de las unidades de centro a borde es Leucogranito de biotita, Monzogranito y Granodiorita de biotita y hornblenda y Pórfido Microgranítico de biotita. El paso de una unidad a otra es un cambio paulatino de textura y composición, lo cual indica parentesco genético.

Otro rasgo a rescatar de este Complejo Intrusivo es la presencia local de numerosos a escasos enclaves máficos y diques sinmagmáticos, los que sugieren la interacción entre magmas graníticos y máficos durante su emplazamiento. Las rocas emplazadas de estas formas se consideran pertenecientes al plutón Quimal, específicamente a la unidad Dioritas y Monzodioritas de hornblenda.

Los diques se distribuyen en las unidades pertenecientes al plutón Quenante, a lo largo de toda su extensión y presentan composiciones que varían entre dioritas y monzodioritas cuarcíferas. Son de bordes difusos y formas sinuosas y en ocasiones poseen xenocristales de Cuarzo y Microclina, pertenecientes a la roca huésped. Sus rumbos presentan dos tendencias principales, siendo la más marcada de orientación N40°-60°O, ubicada preferencialmente en la mitad sur del Complejo Plutónico Quenante. La segunda de estas tendencias varía entre NS y N30°O, mostrando una mayor concentración en una orientación N10°-20°O, y se ubica en la mitad norte del Complejo Intrusivo Quenante (figura 4).

Los enclaves máficos se extienden a lo largo de todo el Complejo Plutónico. La ocurrencia de éstos varía según la composición de la roca huésped y aparecen en rocas de todas las unidades pertenecientes al Complejo Intrusivo Quenante, con excepción de la unidad de Dioritas y Monzodioritas Quenante a la cual pertenecen. Su composición varía de dioritas a dioritas cuarcíferas de hornblenda con o sin presencia de biotita subordinada. Se observa una alteración clorita- epidota afectando en distintos grados a hornblendas y biotitas y la plagioclasa se encuentra moderada a intensamente sericitizada.

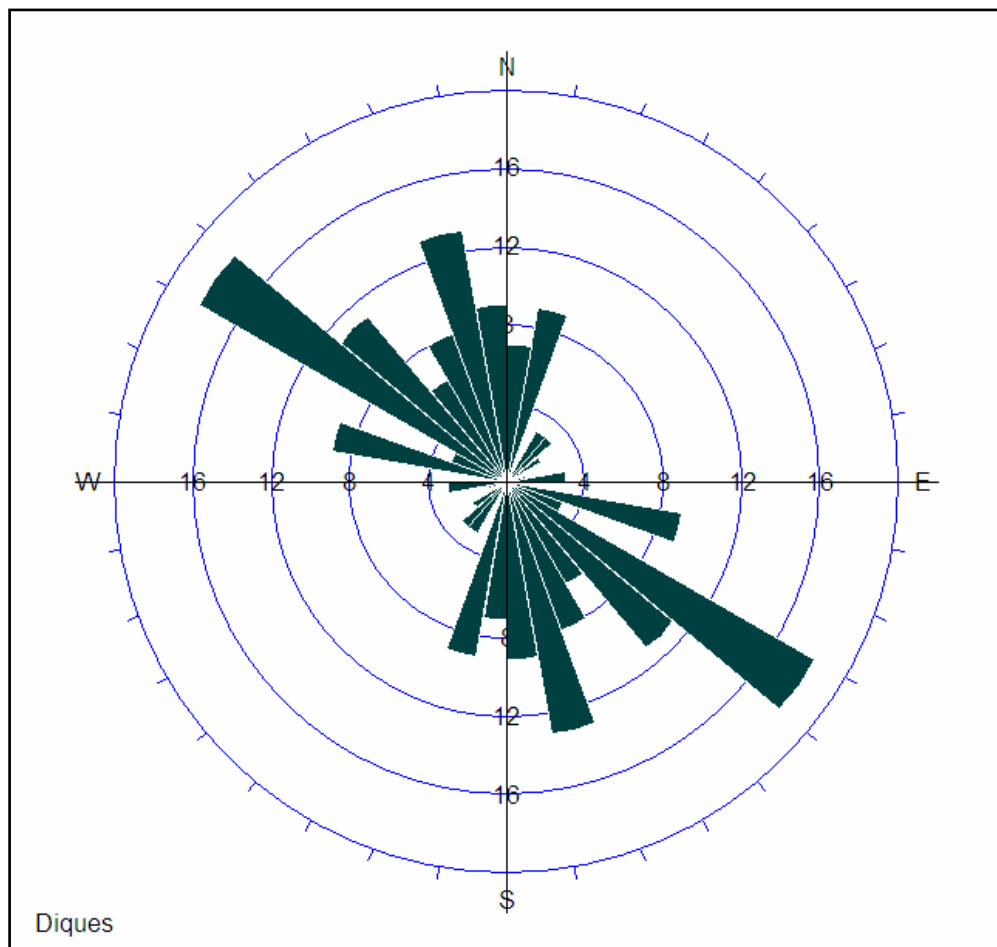


Figura 4. Roseta de rumbos de diques pertenecientes al CIQ.

El número de planos ploteados es 105.

El diámetro de estos enclaves varía de unos pocos milímetros a la decena métrica excepcionalmente y su moda se encuentra en el rango comprendido entre 10 y 15cm. Su forma es generalmente ovoide y en ocasiones se encuentran fuertemente elongados en dirección paralela a la foliación mostrada por la roca caja.

La foliación magmática mineral antes mencionada fue observada en las unidades Tonalita de biotita y hornblenda y Monzogranito y Granodiorita de biotita y hornblenda. Está definida por la orientación preferencial de cristales de hornblenda y, de forma menos marcada, biotita y plagioclasa. Las trayectorias de la foliación en la unidad Tonalita de biotita y hornblenda tienen una orientación concéntrica a los bordes del cuerpo, con manteos hacia las afueras del mismo.

III.- PLUTÓN QUENANTE

III.1.- PÓRFIDO MICROGRANÍTICO DE BIOTITA

Distribución y Relaciones de Contacto

La unidad Pórfido Microgranítico de biotita aflora en el borde norte, en el sector septentrional del flanco oriental y a lo largo de todo el flanco occidental de la Sierra Quenante. También se encuentran afloramientos de esta unidad separados 5km en línea recta al este de la Sierra y continúan fuera de la zona de estudio.

La unidad se extiende de manera alargada, paralelos a la orientación de la Sierra, cortada por quebradas de dirección principal N40°E y se dispone en la periferia del Plutón Quenante, cubriendo una superficie de aproximadamente 25km² (ver figura 1).

Las rocas de esta unidad se encuentran en contacto con las unidades Leucogranito de biotita y Monzogranito y Granodiorita de biotita y hornblenda, y en ambos casos este contacto consiste en un cambio gradual: en el primero el paso es de pórfido riolítico microgranítico a granito porfídico, y en el segundo, se ven cambios graduales a granitos de grano grueso.

Litología

La unidad Pórfido Microgranítico de biotita presenta una textura porfídica fanerítica, además de holocristalina e hipidiomórfica (Fotografía 1). Su masa fundamental es de tamaño medio a grueso y su proporción varía entre un 20 y un 50%. El índice de color de esta unidad la clasifica como leucocrática. Como mineralogía modal se encuentran fenocristales de Cuarzo de bordes corroídos en toda su extensión y en cantidades importantes (25-40%). Los cristales son de forma redondeada a subhedral, poco elongados y no presentan una dirección preferencial, los diámetros varían entre 1 y 4mm, con una moda de 3,5mm. El mineral máfico predominante es la biotita, presente en porcentajes que van de accesorio hasta 15%, aunque la mayoría representa un 10% de la roca. Los cristales de este mineral son subhedrales de largo 1 a 2,5mm.



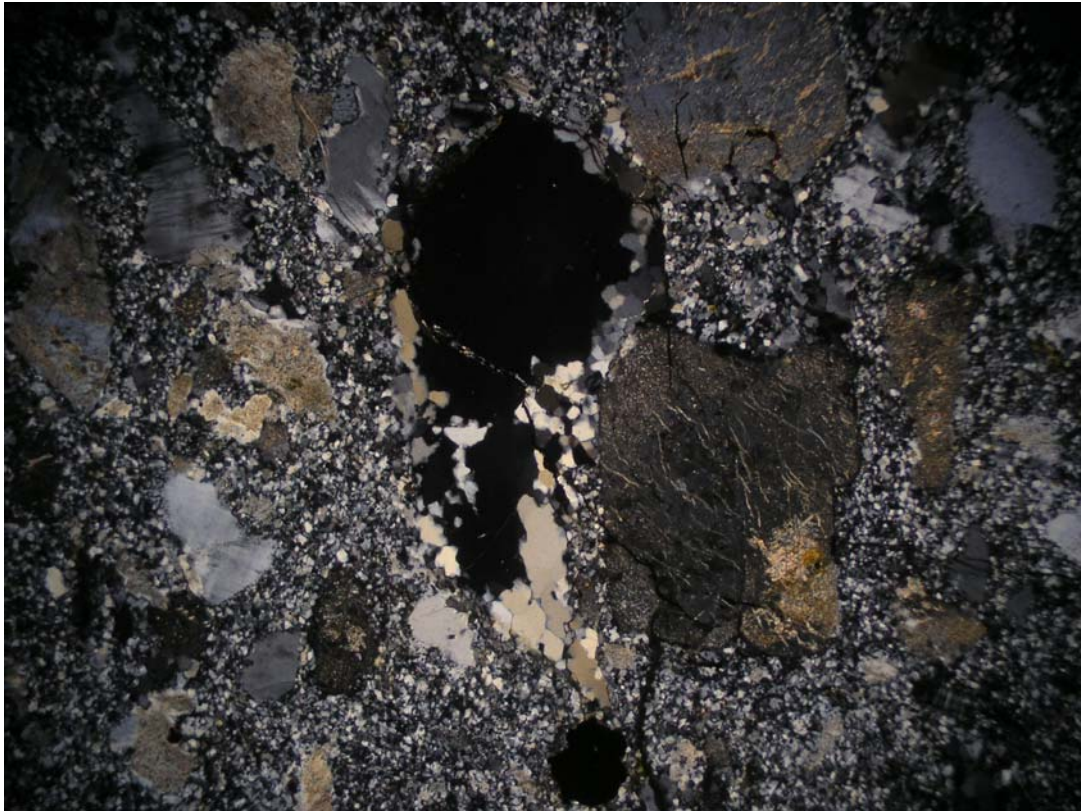
Fotografía 1. Muestra de roca de la unidad Pórfido Microgranítico de biotita. Cada rectángulo de la regleta ubicada a la izquierda de la fotografía tiene 1cm de longitud.

La descripción de los cortes transparentes realizados a las muestras 116838 y 116854 de esta unidad son las siguientes:

Pórfido Riolítico Microgranítico (Muestra 116838; microfotografías 1 y 2)

Su textura es holocristalina, hipidiomórfica y porfídica. Según lo indica el índice de color, es una roca leucocrática. Presenta vetillas de epidota y en mayor cantidad vetillas de Hematita.

COMPONENTES: Su masa fundamental es microcristalina (<25 μ m) y consiste en un agregado granular de cuarzo y feldespato potásico, probablemente sanidina.



Microfotografía 1. Pórfido Microgranítico de biotita. Muestra 116838. Nícoles cruzados. Aumento 4 x 10. 4mm de campo visual en el largo. Cuarzo con extinción ondulosa.



Microfotografía 2. Pórfido Microgranítico de biotita. Muestra 116838. Nícoles cruzados. Aumento 4 x 10. 4mm de campo visual en el largo. Microclina perfitica y cuarzo levemente deformado.

Los fenocristales son grano medio de hasta 5mm (50%): Cuarzo (18%) subhedral de hasta 4mm con moda 1,2mm; presenta bordes suturados y extinción ondulosa (ver en subgranos en microfotografías 1 y 2), además de fracturas abiertas rellenas por masa fundamental y embahiamiento. Plagioclasa (9%) en cristales subhedrales de hasta 2mm y moda 0,8mm con bordes corroídos, fuerte alteración sericítica y leve a epidota. También presenta arcillización. Microclina (20%) ocurre en cristales subhedrales de hasta 4mm de moda 1,5mm; muestra textura peritítica (microfotografía 2). Biotita (1%) como cristales subhedrales a anhedrales de hasta 2mm y moda 0,8mm. Se presenta asociada a opacos, hematizada y conteniendo parches de clorita y epidota. Los minerales opacos (2%) son microgranulares y sólo se pudo identificar hematita. Éstos se encuentran diseminados en la masa fundamental, aunque en ocasiones son de mayor tamaño y se encuentran asociados a epidota y/o biotita en cúmulos. Apatito presente como accesorio en cristales de hasta 50µm de largo.

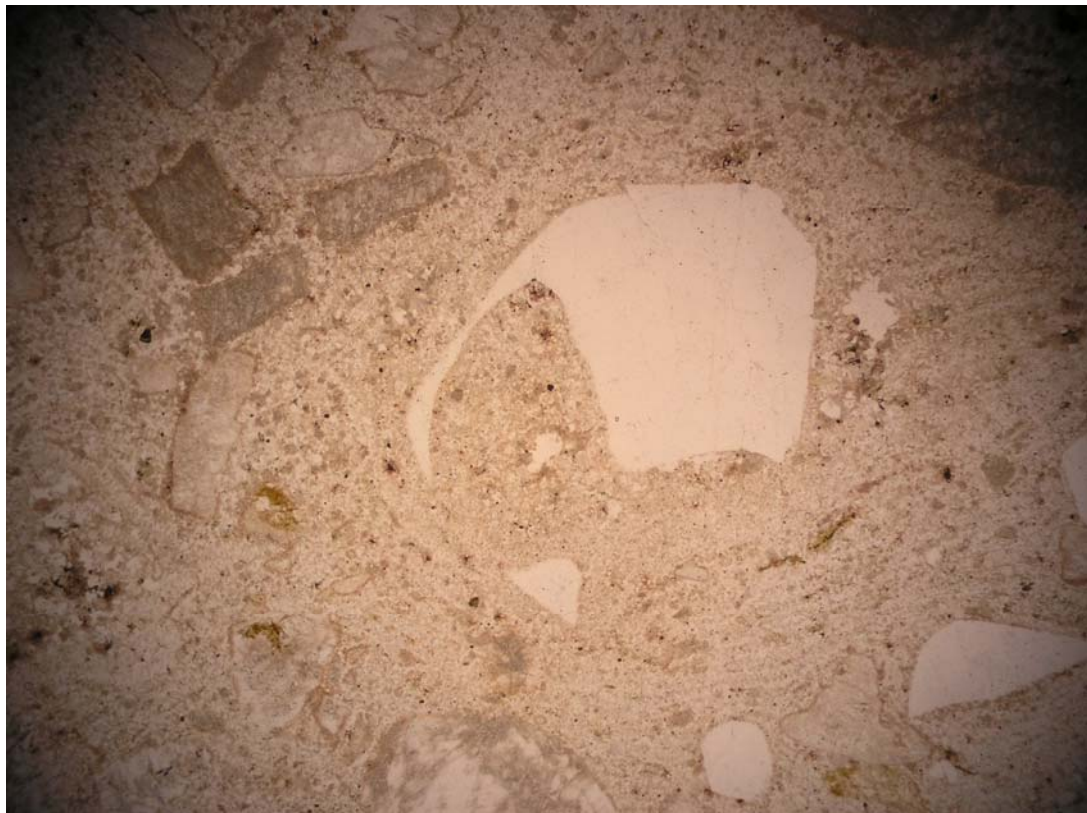
Pórfido Riolítico Microgranítico (Muestra 116854; microfotografías 3 y 4)

De textura holocristalina, porfídica, con un índice de color que la clasifica como leucocrática.

COMPONENTES: La masa fundamental (40%) es microgranular (<12,5µm) y consiste de un entrecrecimiento de cuarzo y feldespato potásico. Presenta textura fluidal y se encuentra epidotizada por zonas de menor tamaño y arcillizada. Posee fenocristales de grano medio e hipidiomórficos (60%): Cuarzo (26%) como "ojos" redondeados de hasta 6mm y moda 1,5mm. Se encuentran muy fracturados y embahados (microfotografías 3 y 4) y presenta vetillas de epidota. Plagioclasa (12%) en cristales subhedrales a anhedrales de hasta 0,8mm y moda 0,5mm. Se observa alteración sericítica leve diseminada por todo el cristal, alteración clorita- epidota muy débil y arcillización. Ortoclasa (16%) de hasta 2mm, alterada a sericita de mayor tamaño. Presenta una mayor arcillización que las plagioclasas.



Microfotografía 3. Pórfido Microgranítico de biotita. Muestra 116854. Nícoles cruzados. Aumento 4 x 10. 4mm de campo visual en el largo. Cuarzo fracturado y levemente embahiado.



Microfotografía 4. Pórfido Microgranítico de biotita. Muestra 116854. Nícoles paralelos. Aumento 4 x 10. 4mm de campo visual en el largo. Cuarzo embahiado.

Biotita (3%) en cristales subhedrales a anhedrales de hasta 1,2mm de largo. Incluye opacos y epidota. Opacos (3%) disseminados por toda la roca, con tendencia a asociarse con biotitas o incluidos en ella. Sus diámetros fluctúan entre 12,5µm y 50µm. Minerales accesorios no fueron observados.

Variaciones texturales y composicionales

En los afloramientos noroccidentales, al acercarse a las volcanitas de la caja, la masa fundamental de las rocas pertenecientes a la unidad Pórfido Microgranítico de biotita, va disminuyendo su tamaño de grano desde uno medio- grueso (0,25 a 1mm) a uno fino- muy fino (<0,12 a 0,25mm) hasta ponerse en contacto con tobas riolíticas. Hacia el sur de este lugar el tamaño de la masa fundamental es más grueso y tobas y lavas andesíticas presentan una marcada cornificación, evidenciando intrusión del pórfido microgranítico- riolítico en estas rocas. Siguiendo el flanco oeste hacia el sur, en el sector centro oeste de la distribución de esta unidad, se encuentran tres cerros aislados que presentan una leve variación composicional al aumentar su contenido de plagioclasa.

Rasgos estructurales

En la unidad Pórfido Microgranítico de biotita la aparición de enclaves es escasa, ya que sólo se observan en un 1% de los afloramientos. En este caso las inclusiones son de composición diorítica, donde el mineral máfico que predomina es la biotita. Además presentan tamaños milimétricos y bordes difusos, con una apariencia más bien nodular. Los diques máficos están ausentes en el sector noroeste y presentan formas sinuosas.

Un rasgo destacable es la relación de las rocas pertenecientes a esta unidad con escasos cuerpos gabroicos de dimensiones que llegan hasta la decena métrica. Estos gabros presentan cristales euhedrales de hornblenda (50- 70%) de largos entre 5 y 8mm, excepcionalmente de hasta 2cm y plagioclasa (30- 50%) en cristales de subhedrales a anhedrales de moda 4mm. Se distribuyen principalmente en los bordes del plutón Quenante y su característica sobresaliente es presentar textura cumulada de

hornblenda (fotografía 2). El contacto entre ambas rocas pareciera ser sinplutónico, puesto que no se observa ningún tipo de interacción entre ellas.

Existen numerosas vetas tardimagmáticas de cuarzo- feldespato potásico con características pegmatíticas y bordes sinuosos afectando esta unidad. En ocasiones se encuentra muscovita subordinada y en otras oportunidades, se observan en la roca caja fenocritales de cuarzo, fracturados y elongados de manera vetiforme.



Fotografía 2. Gabros de textura cumulada de hornblenda.

III. 2.- LEUCOGRANITO DE BIOTITA

Distribución y Relaciones de contacto

Esta unidad se dispone de forma alargada cubriendo una superficie aproximada de 30km², con una orientación paralela a la Sierra Quenante.

Aflora como un cuerpo de dimensiones importantes, ubicado en la zona que presenta las mayores alturas topográficas del área de estudio, el sector central de la Sierra, extendiéndose además en todo su ancho. Hacia el borde suroeste de la Sierra, se presenta como un grupo de cuerpos aislados de menor tamaño.

El cuerpo central antes mencionado rodea en planta y se encuentra limitado al norte y al sur por afloramientos de la unidad de Monzogranito y Granodiorita de biotita, presentando un contacto gradual con ella. En el sector noreste existe un área aproximada de 4km² en que la unidad aquí definida muestra contactos sinuosos con cuerpos de escasa dimensión y diques de composición diorítica a monzodiorítica cuarcífera.

Litología

Según su índice de color, las rocas de esta unidad son de carácter leucocrático y presentan texturas holocristalinas e hipidiomórficas. Respecto del tamaño de los cristales que la componen, la textura varía entre grano medio y grano grueso y, según el tamaño relativo de los mismos, la textura presente puede ser equigranular, inequigranular o porfídica de masa fundamental fina sacaroidal (fotografía 3).

El contenido de cuarzo varía entre 10 y 50% y se puede encontrar como granos anhedrales, subhedrales o como ojos redondeados y fracturados, con diámetros que varían entre 0,5 y 4mm y moda de 2mm. La ortoclasa (20-50%) se presenta principalmente como cristales subhedrales que van desde los 0,5mm hasta los 3mm de largo, aunque excepcionalmente pueden llegar a los 5mm; su moda es 1mm.



Fotografía 3. Muestra de roca de la unidad Leucogranito de biotita Quenante. Cada rectángulo de la regleta ubicada en el sector de abajo de la fotografía tiene 1cm de longitud.

La plagioclasa (10-30%), de subhedral a anhedral, presenta largos entre 1 y 3,5mm y una moda de 2mm. Los máficos suman desde un 2 a un 30%. La biotita es subhedral, de 0,5 a 3mm y moda 1,5mm y se presenta en mayor cantidad que la hornblenda. Esta última, subhedral, de 1 a 3mm de largo y moda 2,5mm; alterada a biotita y disgregada.

Al microscopio, se obtuvieron las siguientes descripciones de las muestras indicadas en cada caso.

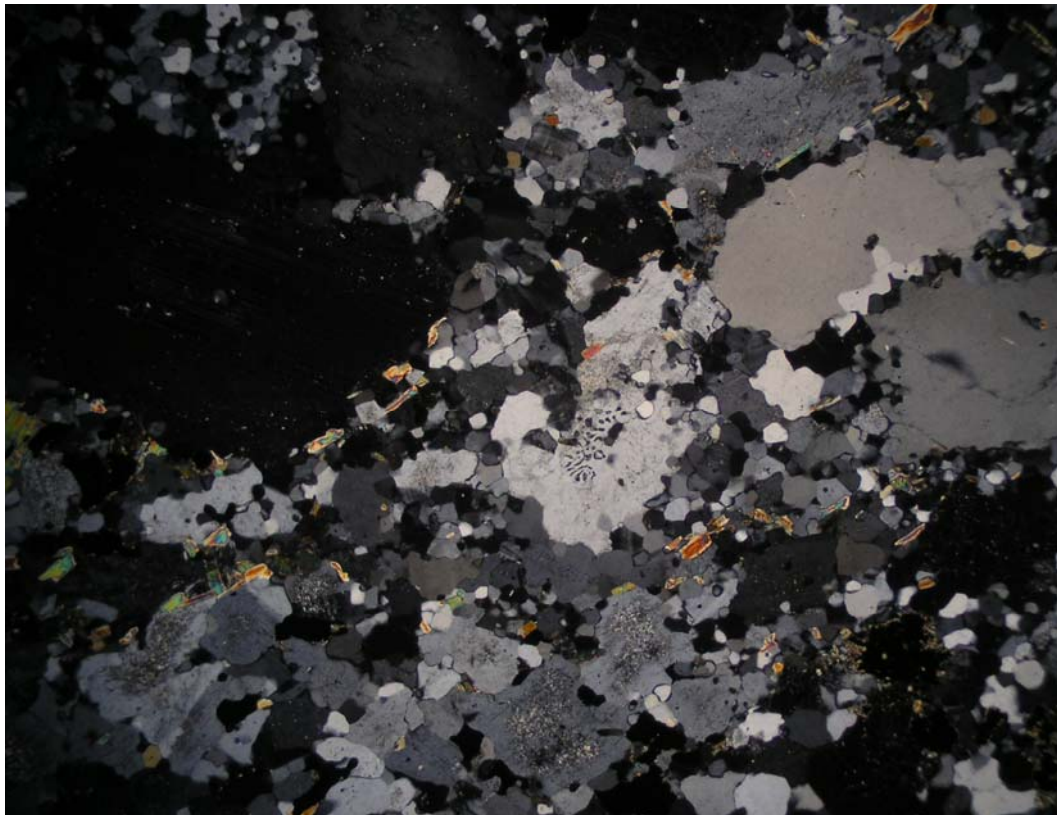
Sienogranito porfídico de biotita (Muestra 116931; microfotografías 5 y 6)

Presenta textura holocristalina, porfídica, hipidiomórfica. Su índice de color la indica como una roca leucocrática.

COMPONENTES: la masa fundamental de grano fino (50%) consiste en un agregado granular de cuarzo y feldespato potásico, cuyo diámetro promedio es 0,1mm.



Microfotografía 5. Sienogranito porfídico de biotita. Muestra 116931. Nícoles cruzados. Aumento 4 x 10. 4mm de campo visual en el largo. Cuarzo embahiado.



Microfotografía 6. Sienogranito porfídico de biotita. Muestra 116931. Nícoles cruzados. Aumento 4 x 10. 4mm de campo visual en el largo. Cuarzo con textura gráfica y feldespatos alterados en sus núcleos. Se observan cristales de epidota de similar tamaño diseminados homogéneamente en la masa fundamental. Presenta fenocristales de grano grueso de hasta 5mm (50%): cuarzo (11%) en granos anhedrales a subhedrales de hasta 5mm de diámetro y moda 1,2mm, presentan embahiamiento (microfotografía 5), extinción ondulosa y escasos cristales, textura gráfica (microfotografía 6). Plagioclasa (14%) en cristales subhedrales de hasta 3mm de largo y moda 0,8 con macla polisintética. Alteración sericítica moderada, concentrada en sus núcleos (microfotografía 6) y arcillización. Algunos cristales se presentan zonados. Ortoclasa (20%) en cristales subhedrales de hasta 2mm y moda 1,2mm con alteración argílica leve. Unos pocos granos presentan textura microperítica y hay presencia de escasa microclina. Biotita (4%) en cristales subhedrales a euhedrales en la masa fundamental, de hasta 0,5mm y moda 0,2mm. Diseminada o en cúmulos asociada con opacos y hornblenda subordinada. Opacos (1%) en cúmulos máficos, asociados con epidota. No fueron observados minerales accesorios.

Sienogranito de biotita (Muestra 116861; microfotografías 7 y 8)

Su textura es holocristalina, alotromórfica, equigranular de grano medio a grueso con cristales de hasta 3,5mm. Estructura homogénea. Según índice de color es una roca leucocrática.

COMPONENTES: cuarzo (41%) en granos anhedrales de hasta 2,5mm de diámetro y moda 0,8mm; con leve suturamiento entre algunas especies, también leve embahiamiento y extinción ondulosa (microfotografía 7). Plagioclasa (20%) en granos anhedrales a subhedrales de hasta 3,5mm de largo y moda 0,5mm con fuerte a intensa alteración sericítica y probable caolinita. Microclina (35%) en granos anhedrales de hasta 2,5mm y moda 0,8mm y escasos cristales de ortoclasa con textura perítica (microfotografía 8). Biotita (3%) en cristales subhedrales de hasta 2mm y moda 0,5mm, con moderada a fuerte alteración clorita-epidota.



Microfotografía 7. Sienogranito de biotita. Muestra 116861. Nícoles cruzados. Aumento 4 x 10. 4mm de campo visual en el largo. Inclusión diorítica a la izquierda. Contacto con cuarzos de extinción ondulosa. Microclina a la derecha.



Microfotografía 8. Sienogranito de biotita. Muestra 116861. Nícoles cruzados. Aumento 4 x 10. 4mm de campo visual en el largo. Microclinas y Ortoclasa de textura perthítica.

Opacos (1%) disseminados, cercanos a biotita o plagioclasas alteradas. Minerales accesorios no fueron observados.

Inclusión diorítica: cuarzo (30%) en granos anhedrales de hasta 0,8mm y moda 0,3mm con extinción ondulosa en algunos cristales. Plagioclasa (25%) en cristales anhedrales a subhedrales de hasta 0,5mm y moda 0,2mm, moderadamente alteradas a sericita. Hornblenda (13%) en cristales anhedrales a subhedrales de hasta 0,5mm, de color verde y fragmentada. Biotita (25%) en cristales subhedrales de hasta 0,5mm y moda 0,4mm. Granos de epidota disseminados o sobre la biotita. Opacos (5%) disseminados homogéneamente por la roca. Los minerales accesorios (2%) consisten en apatitos y esfeno. Los apatitos son de 0,1mm de largo máximo y se presentan en cristales alargados y otros prismáticos, en cantidades no despreciables. El esfeno se encuentra disseminado y en menor cantidad.

Variaciones texturales y composicionales

Como fue descrito más arriba, y queda demostrado en las descripciones y fotografías de los cortes transparentes de esta unidad, las rocas que la componen presentan variaciones importantes en su textura, donde en un extremo se encuentra un sienogranito porfídico y en el otro un sienogranito equigranular con tamaño de grano medio a grueso, pasando por la gran mayoría de las alternativas intermedias. El primer extremo se haya en las cercanías de la unidad más félsica, el Pórfido Microgranítico de biotita, en tanto el segundo de éstos se ubica cercano a la unidad de Monzogranito y Granodiorita de biotita y hornblenda.

Como se ha dicho anteriormente, cinco de las seis unidades pertenecientes al Complejo Plutónico Quenante presentan inclusiones máficas de distinta forma y con distinto nivel de interacción entre ellas y la roca que las alberga. De la interacción entre las rocas sienograníticas de esta unidad y sus inclusiones, resulta una roca de mezcla de composición granodiorítica con grandes xenocristales de ortoclasa y cuarzo (fotografía 4), la cual llega a extenderse por decenas de metros a partir del contacto, donde se encuentran estructuras de schlieren (fotografía 5).



Fotografía 4. Roca de mezcla de composición granodiorítica.



Fotografía 5. Estructuras de schlieren.

Rasgos estructurales

En los afloramientos de esta unidad, los enclaves máficos poseen tamaños que van desde varios milímetros a pocos metros de diámetro. Dichos enclaves tienen composiciones que varían entre dioritas, dioritas cuarcíferas y hasta tonalitas de hornblenda, de grano fino a medio. Dentro de ellos, el cuarzo se presenta de forma anhedral en las tonalitas o como xenocristales con forma de ojos disgregados en las otras dos composiciones.

Afectan a la unidad Leucogranito de biotita un número no menor de vetas compuestas de cuarzo y feldespatos potásicos de bordes poco definidos, cuyas potencias pueden llegar a los 50cm. Se observa una estrecha relación genética veta- roca albergante, donde esta última corresponde principalmente a la variación de grano fino sacaroidal y al igual que en la unidad Pórfido Microgranítico de biotita, hay casos en que se distinguen ojos de cuarzo fracturados y elongados al punto de presentarse de manera vetiformes.

En el borde occidental del sector centro sur del Complejo Plutónico Quenante, se encuentran pegmatitas con morfología de veta. La mayor expresión de éstas lo constituye la Mina de sílice Tulipán, cuya orientación es N45°O y su potencia visible es de 30m. La mineralogía de estas rocas consiste en gruesos cristales de microclina rodeados por cuarzo anhedral. Aunque subordinada, aparece biotita y se presenta en cristales de tamaños centimétricos con una muy leve alteración a clorita.

III.3.- MONZOGRANITOS Y GRANODIORITAS DE BIOTITA Y HORNBLENDA

Distribución y Relaciones de contacto

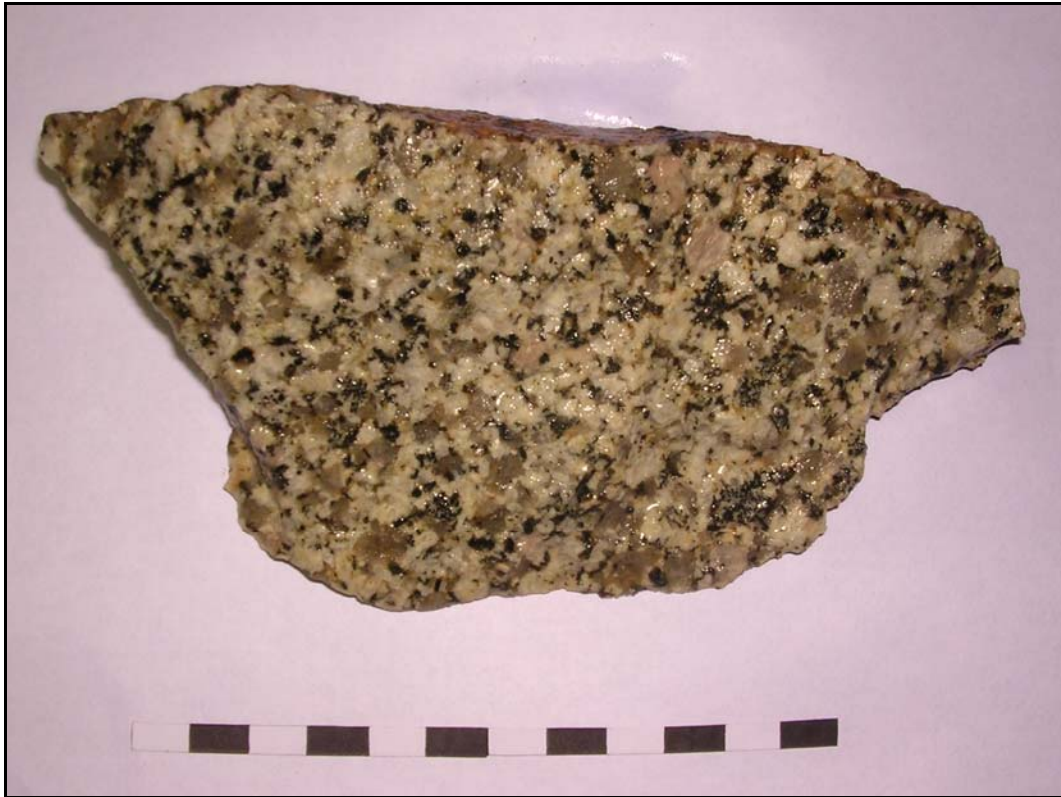
Esta unidad se expone en el sector centro norte de la zona de estudio con una prolongación menor hacia el sureste. Posee una orientación general N25°O, con una extensión norte- sur de 16km aproximadamente y un ancho este- oeste que va desde 1 hasta 3Km, adelgazándose hacia el Sur. Al norte los afloramientos se disponen en cordones de cerros de sentido N35°E y hacia el sur los afloramientos se vuelven cada vez más aislados, presentándose en cerros distribuidos erráticamente, aunque siempre conservando la continuidad del cuerpo.

Los contactos intrusivos son predominantemente gradacionales. Un monzogranito de biotita y hornblenda homogéneo, cambian su textura a una levemente más porfírica y aumenta su contenido de feldespato potásico, adquiriendo paulatinamente una composición sienogranítica, característica de la unidad Leucogranito de biotita.

Litología

Las rocas de esta unidad presentan textura holocristalina, hipidiomórfica, fanerítica inequigranular gruesa a media, aunque en ocasiones puede ser levemente porfídica, y su índice de color la indica como una roca mesocrática a melanocrática (fotografía 6).

Se encuentran localidades donde el cuarzo presenta dos familias de tamaño para sus cristales, siendo éstos anhedrales a subhedrales. Además, en algunos sectores se encuentra una escasa cantidad de ojos de forma redondeada. El mineral máfico predominante puede ser hornblenda y/o biotita, donde la primera puede presentarse disgregada y alterada a biotita y la segunda lo hace ocasionalmente en cúmulos. La plagioclasa es generalmente mayor en proporción y tamaño que la ortoclasa, además de presentar cristales mejor formados.



Fotografía 6. Granodiorita de biotita y hornblenda. Notar la presencia de xenocristales de microclina de 1cm de largo aproximadamente.

La mitad de las veces se observan en estas rocas inclusiones cuya composición corresponde a dioritas y dioritas cuarcíferas, en las cuales el máfico que predomina es la hornblenda acompañada en algunas ocasiones por biotita.

Al microscopio, las descripciones para dos de las muestras recolectadas durante la campaña de terreno son las siguientes.

Monzogranito de biotita y hornblenda (Muestra 116938; microfotografías 9 y 10)

Presenta textura holocristalina, hipidiomórfica, inequigranular grano grueso, con cristales de hasta 7mm. Su índice de color la clasifica como una roca mesocrática.

COMPONENTES: cuarzo (25%) en granos anhedrales de hasta 4mm de diámetro, excepcionalmente de 7mm y moda 2mm. Presenta extinción ondulosa (microfotografía 10), bordes suturados y en algunos cristales es posible encontrar fracturas rellenas con epidota con un espesor aproximado

de 30 μ m. Plagioclasa (33%) en cristales subhedrales de hasta 6mm de largo y moda 3mm, presentan arcillización fina fuerte y zonación (microfotografía 10). Ortoclasa (23%) en granos anhedrales de hasta 3mm de diámetro con una moda de 1,2mm, zonados (microfotografía 9). También se encuentra microclina, aunque escasa. Biotita (15%) en cristales anhedrales a subhedrales de diámetro hasta 1,5mm. Su alteración consiste en trazas de epidota y parches de clorita, aunque en algunos cristales ocurre fuerte cloritización. Hornblenda (2%) verde, subordinada, en cristales anhedrales de hasta 3mm de largo con moderada alteración a biotita y sobre ésta, en algunos sectores, débil cloritización. Opacos (2%) en cúmulos junto a biotita y hornblenda. Como mineral accesorio se encuentra rutilo de diámetros hasta 500 μ m, asociado a cúmulos máficos.



Microfotografía 9. Monzogranito de biotita y hornblenda. Muestra 116938. Nícoles cruzados. Aumento 4 x 10. 4mm de campo visual en el largo. Ortoclasa zonada.



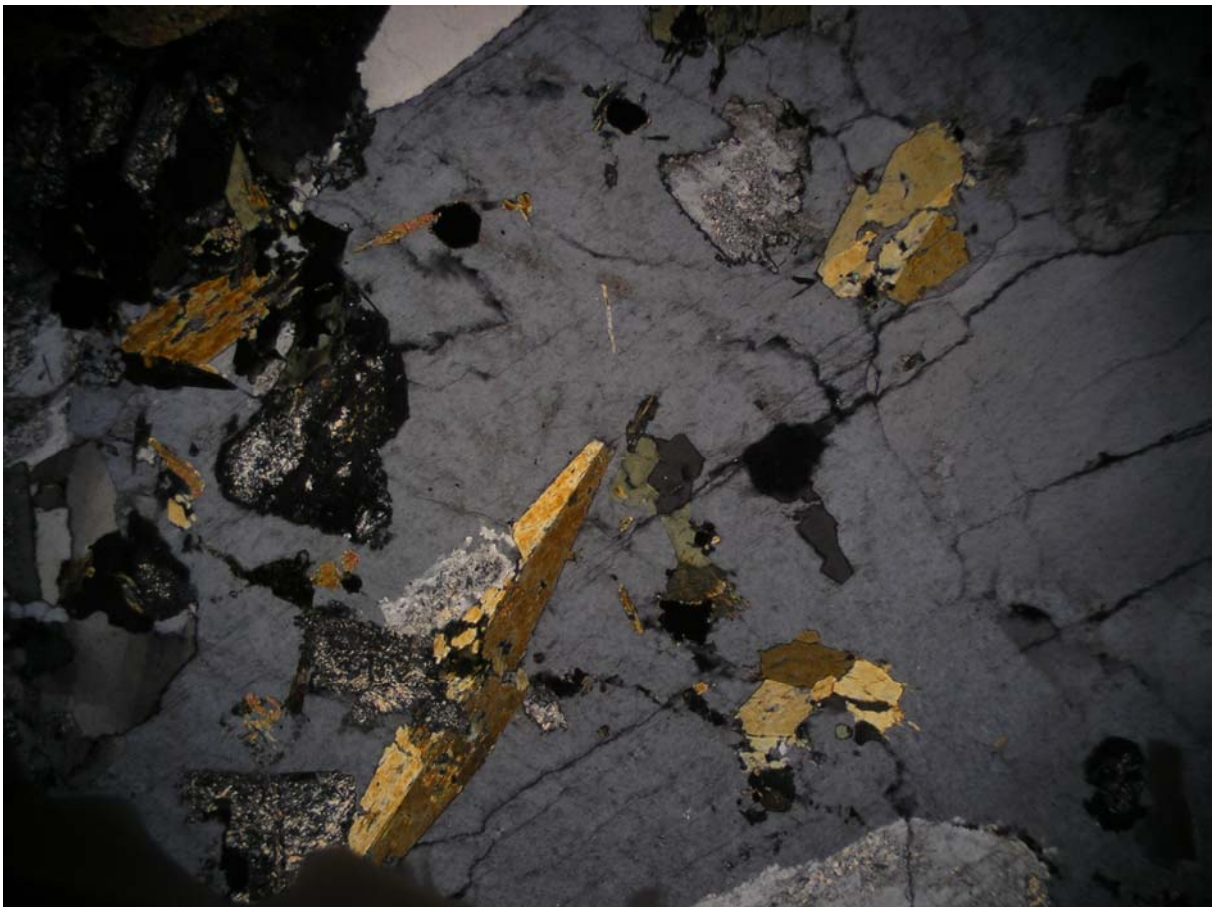
Microfotografía 10. Monzogranito de biotita y hornblenda. Muestra 116938. Nícoles cruzados. Aumento 4 x 10. 4mm de campo visual en el largo. Plagioclas zonada y cuarzo onduloso.

Monzogranito de hornblenda y biotita (Muestra 116841; microfotografías 11, 12 y 13)

Su textura es holocrystalina, inequigranular de grano grueso, hipidiomórfica y poikilítica, con un índice de color que la clasifica como melanocrática.

COMPONENTES: cuarzo (22%) principalmente intersticial, aunque también en granos anhedrales de hasta 3mm de diámetro y moda 0,6mm. Muestra leve suturamiento y extinción ondulosa en más de la mitad de los cristales (microfotografía 12). Plagioclasa (33%) en cristales subhedrales de hasta 5mm y moda 2mm, zonados con sus núcleos alterados a sericita (microfotografía 12) y probablemente caolinita y epidota en trazas. Ortoclasa (15%) en cristales subhedrales a euhedrales de hasta 3mm, excepto los albergantes y moda 1,5mm. Presencia de microclina, aunque escasa. Se observan grandes cristales (8mm) que contienen biotita, hornblenda, plagioclasa y cuarzo en su interior (microfotografía 11). Biotita (5%) en

cristales subhedrales a anhedrales, de tamaño promedio igual a su moda, 0,8mm; alterada a clorita en trazas. Hornblenda (20%) en cristales subhedrales de hasta 2,5mm y moda 0,5mm; esqueletales (microfotografía 11), con biotitización leve y conteniendo inclusiones de un mineral incoloro de alto relieve con birrefringencia de primer orden. Los cristales de mayor tamaño se encuentran diseminados, en tantos los más pequeños se presentan en cúmulos y con mayor alteración, fracturados y asociados a opacos. Opacos (5%) asociados a los cúmulos máficos (microfotografía 13). Como minerales accesorios se encuentran apatitos de 30 μ m de largo promedio y circones prismáticos de 10 μ m de largo promedio.



Microfotografía 11. Monzogranito de biotita. Muestra 116841. Nícoles cruzados. Aumento 4 x 10. 4mm de campo visual en el largo. Textura poikilítica y hornblendas esqueletales.



Microfotografía 12. Monzogranito de biotita. Muestra 116841. Nícoles cruzados. Aumento 4 x 10. 4mm de campo visual en el largo. Cuarzo de extinción ondulosa y plagioclasas zonadas con alteración sericítica concentrada en sus núcleos.



Microfotografía 13. Monzogranito de biotita. Muestra 116841. Nícoles paralelos. Aumento 4 x 10. 4mm de campo visual en el largo. Cúmulo de minerales máficos y opacos.

Variaciones texturales y composicionales

La mineralogía modal de esta unidad la sitúa en el límite composicional monzogranito-granodiorita y destaca la presencia de grandes xenocristales de feldespato potásico que muestran bordes de reacción y alcanzan largos de hasta 8mm (fotografía 6).

En sectores, es posible observar incorporación de minerales de la roca monzogranítica en sus inclusiones dioríticas, siendo los más notorios y recurrentes cuarzo en ojos asociados a cristales subhedrales de magnetita de 1mm de diámetro y xenocristales de feldespato potásico que se pueden encontrar enteros o con diferentes grados de disgregación e incluso reabsorción.

Rasgos estructurales

En la unidad de Monzogranitos y Granodioritas de biotita y hornblenda, los enclaves dioríticos presentan diámetros que varían de pocos milímetros hasta algunos metros, llegando localmente a formar hasta un 15% de la roca. Tienen formas levemente elípticas, con una ligera fábrica de origen magmático y bordes difusos. Además poseen una textura microgranular, que se vuelve paulatinamente más porfídica en su variante cuarcífera.

Se observó foliación magmática mineral, la cual está definida por la orientación preferencial de cristales de hornblenda y, menos notoriamente, plagioclasa.

IV.- PLUTÓN QUIMAL

IV.1.- TONALITA DE BIOTITA Y HORNBLENDA

Distribución y Relaciones de contacto

El mayor afloramiento se encuentra en el extremo sureste de la zona de estudio, cubriendo un área aproximada de 5km². Cuerpos de menor tamaño se distribuyen hacia el norte sin un orden aparente, asociados a las unidades Leucogranito de biotita y Monzogranito y Granodiorita de biotita y hornblenda.

Presenta una cantidad importante de inclusiones dioríticas de bordes sinuosos en toda su extensión y se encuentran diques disgregados de composición granodiorítica.

Litología

Las rocas pertenecientes a esta unidad muestran textura holocristalina, fanerítica inequigranular media a gruesa, hipidiomórfica y un índice de color que las clasifica como mesocráticas. La hornblenda es el mineral máfico predominante y siempre se le encuentra acompañada de biotita. Además, estas rocas presentan inclusiones melanocráticas de grano medio a grueso cuya composición corresponde a dioritas de hornblenda y biotita en su totalidad.

El cuarzo (15-35%) se presenta como ojos subhedrales redondeados, con diámetros desde 1 hasta 4mm y moda 1,2mm. La plagioclasa (30-50%) lo hace en cristales subhedrales a euhedrales de largos entre 1 y 2mm. En ocasiones se encuentra ortoclasa (<5%) subhedral de hasta 1mm.

Aunque predomina hornblenda sobre biotita, ésta lo hace de manera leve y ambas aparecen generalmente en cantidades similares, sumando entre 10 y 40%. La biotita es subhedral de 0,8 a 1,5mm de largo y la hornblenda, de subhedral a anhedral, presenta largos variando entre 2 y 4mm (fotografía 7).



Foto 7. Tonalita de biotita y hornblenda. A la izquierda de la fotografía se observa un enclave diorítico de bordes poco definidos, identificándose como una mayor concentración de minerales máficos de menor tamaño.

La siguiente descripción microscópica corresponde a la muestra 118319, pertenece a la unidad en definición.

Tonalita de hornblenda y biotita (Muestra 118319; microfotografías 16,17 y 18)

Presenta textura holocristalina, hipidiomórfica, inequigranular de grano medio a grueso y poikilítica. Su índice de color la indica como una roca mesocrática. En el corte se reconoce la presencia de una inclusión diorítica.

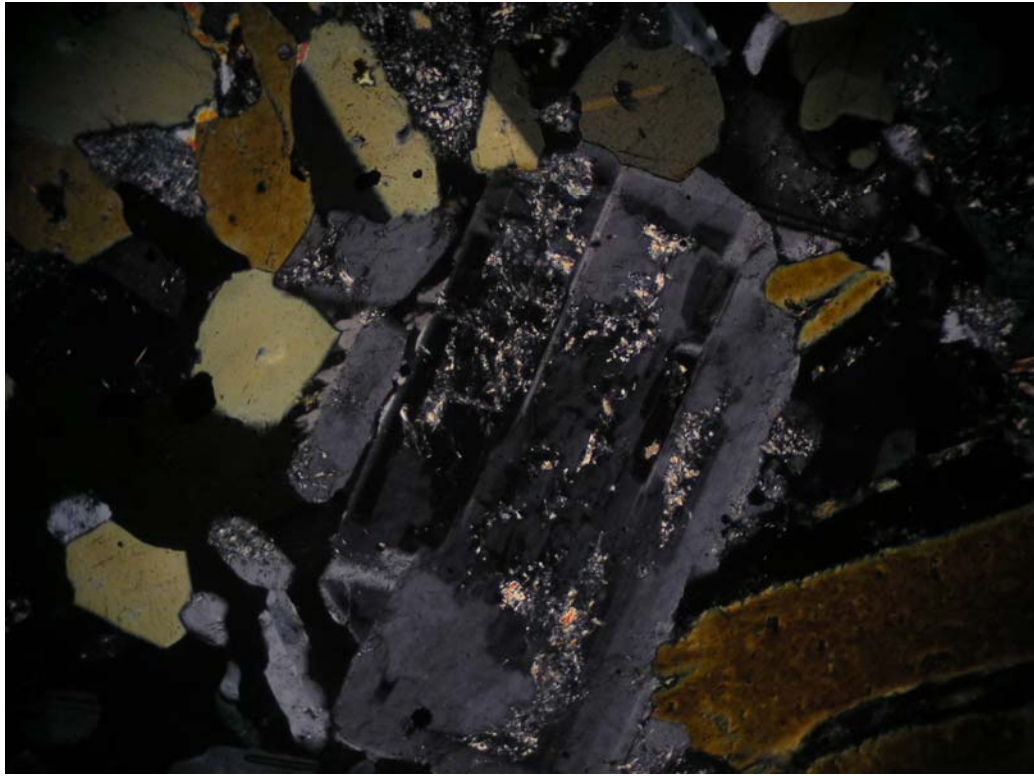
COMPONENTES: Cuarzo (35%) aparece en granos anhedrales de hasta 2mm de diámetro y moda 1,5mm, excepcionalmente mayores a 5mm en las cercanías de la inclusión diorítica presente, cuando este mineral alberga cristales más pequeños de plagioclasa, biotita y hornblenda. Algunos cristales se presentan embahadas. Plagioclasa (40%) ocurre en cristales zonados,

subhedral de 0,5 a 4mm de largo y moda 2mm, con una moderada a fuerte alteración a sericita (microfotografía 17) y débil a epidota. Biotita (15%) en cristales subhedral, fracturados en su mayoría, con largos entre 0,4 y 2,5mm y moda 1,5mm; alteración clorita- epidota incipiente y sectorizada. Unos pocos cristales presentan textura esquelética (microfotografía 18). Hornblenda (8%) en cristales de subhedral a euhedral de hasta 4mm y moda 0,8mm, algunas veces esqueléticas y/o asociados a opacos. Opacos (2%) diseminados en la roca concentrándose cercanos a los máficos presentes. Apatitos accesorios de hasta 100µm de largo.

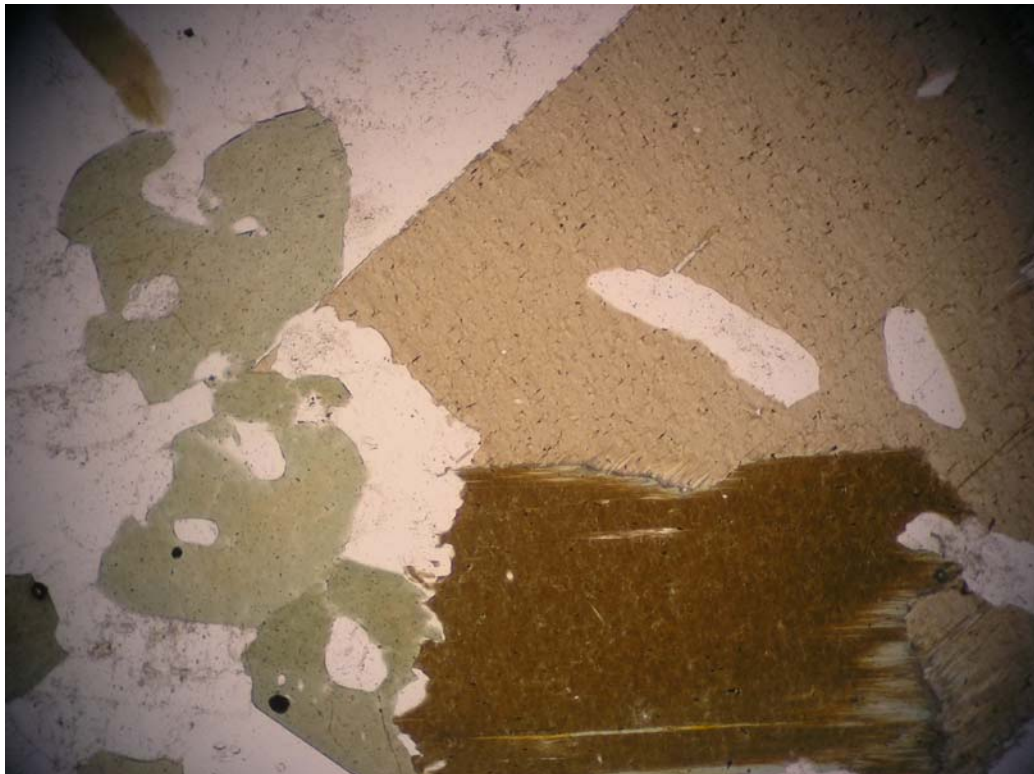
INCLUSIÓN DIORÍTICA (microfotografía 16): Plagioclasa (50%) en cristales subhedral de hasta 2,5mm de largo y moda 0,5mm, moderadamente alteradas a sericita. La hornblenda (33%) ocurre en cristales de subhedral a anhedral de hasta 1,3mm de largo y moda 0,5mm con apariencia esquelética. Este mineral alberga opacos y accesorios. Biotita (15%) en cristales subhedral, generalmente fracturados, de diámetros hasta 2mm y moda 1mm con algunas especies levemente cloritizadas. Los minerales opacos (2%) se encuentran diseminados y asociados a hornblenda.



Microfotografía 16. Diorita de hornblenda como inclusión en Tonalita de biotita y hornblenda. Muestra 118319. Nícoles cruzados. Aumento 4x10. 4mm de campo visual en el largo.



Microfotografía 17. Tonalita de biotita y hornblenda Quenante. Muestra 118319. Nícoles cruzados. Aumento 4x10. 4mm de campo visual en el largo. Plagioclasa zonada y alterada.



Microfotografía 18. Tonalita de biotita y hornblenda. Muestra 118319. Nícoles cruzados. Aumento 10x10. 2,5mm de campo visual en el largo. Biotitas y hornblendas esqueléticas.

Variaciones texturales y composicionales

Esta unidad se presenta más bien homogénea respecto de su textura y composición.

Rasgos estructurales

Existe en estas rocas una foliación magmática mineral que consiste en la orientación preferencial de los cristales de hornblenda y, de manera mucho más discreta, de los cristales de plagioclasa. Las trayectorias de la foliación muestran una disposición paralela a los bordes del cuerpo tonalítico con rumbos que varían entre N15°E y N25°E y manteos de 30° como máximo hacia las afueras del cuerpo. Estas foliaciones estarían indicando un mayor esfuerzo al momento del emplazamiento de esta unidad.

Los bordes de los enclaves son difusos y es común encontrar hornblenda de similar aspecto tanto en la roca caja como en la inclusión que junto a la disposición de éstas respecto de los bordes de los enclaves, sugieren un origen común de tales anfíbolos.

La forma de los enclaves es ovoide con su eje mayor variando entre 5 y 20cm de largo. Se encuentran fuertemente elongados en dirección paralela a la foliación de la roca caja y casi llegan a ser lineales (fotografía 8). En ocasiones se pueden encontrar nódulos de biotita que semejan inclusiones disgregadas.



Fotografía 8. Enclave diorítico elongado en la misma dirección que la foliación magmática.

IV.2.- DIORITAS Y MONZODIORITAS DE HORNBLENDA

Distribución y Relaciones de contacto

Las rocas de esta se concentran a lo largo del flanco oriental de la Sierra Quenante, aproximadamente 3km al norte y 3km al sur de su centro. Se presentan como cuerpos aislados de superficie máxima 1km², como diques de bordes sinuosos en las unidades de Pórfidos Micrograníticos de biotita, Leucogranito de biotita Quenante y Monzogranitos y Granodioritas Grises de biotita y hornblenda y como enclave en todas las unidades descritas para el Complejo Intrusivo Quenante, con mayor o menor interacción con cada una de las rocas albergantes.

Litología

Se han incluido en esta unidad dioritas, monzodioritas y dioritas y monzodioritas cuarcíferas de hornblenda y hornblenda y biotita, todas ellas de texturas más o menos semejantes.

Las dioritas son rocas meso a melanocráticas de textura holocristalina, hipidiomórfica. Respecto al tamaño de los cristales son faneríticas, principalmente inequigranulares y en algunas ocasiones llegan a ser porfídicas. En este último caso la masa fundamental es fanerítica, y los fenocristales poseen la misma mineralogía, distinguiéndose excepcionalmente, hasta tres familias de tamaños para cada uno de ellos. El tamaño del grano es de fino a medio. La plagioclasa (20-60%) presenta tamaños entre 0,5 y 4mm y moda 1,5mm en cristales subhedrales a euhedrales, ocasionalmente dispuestos en cúmulos y moderadamente arcillizados. El máfico predominante es la hornblenda (40-80%) y se presenta en cristales prismáticos euhedrales a subhedrales con tamaños variando entre 0,5 y 4mm con moda 1,5mm. En ocasiones se la encuentra disgregada y cloritizada, asociada a magnetita y en algunos sectores se encuentra orientada localmente. La biotita es subordinada y no está siempre presente, sus cristales son subhedrales de tamaño promedio 2mm (fotografía 9).



Fotografía 9. Diorita de hornblenda de grano medio.

Las monzodioritas poseen las mismas características descritas anteriormente, con la salvedad de presentar cristales de mayor tamaño, es decir, de grano grueso y la aparición de escaso cuarzo intersticial. El contenido de ortoclasa fluctúa entre 5 y 10% y se presenta en cristales subhedrales de hasta 3mm y moda 1,5mm.

Las variedades cuarcíferas contienen hasta un 10% de este mineral en granos anhedrales a subhedrales, ocasionalmente como ojos. Su diámetro varía entre 0,5 y 4mm, aumentando a medida que el cristal se encuentra mejor formado. Tienden a una textura más porfídica y se presentan sólo como diques o inclusiones.

La siguiente descripción microscópica, corresponde a una muestra tomada de un cuerpo diorítico aislado.

Diorita Cuarcifera de Hornblenda (Muestra 116869)

Su textura es holocristalina, equigranular de grano medio e hipidiomórfica. Se observa una fuerte arcillización en toda la roca. Mesocrático según lo indica su índice de color.

COMPONENTES: Cuarzo (7%) intersticial y en granos anhedrales de 0,25 a 0,5mm de diámetro, con extinción ondulosa. Plagioclasa (55%) en cristales subhedrales, con largos de hasta 2,5mm y moda 1,8mm; presentan fuerte alteración a sericita concentrada en el núcleo. También se encuentra epidota, clorita en menor cantidad y moderada arcillización. Biotita (15%) presente en cristales subhedrales de hasta 2mm y moda 1mm, con una intensa cloritización y epidotización menos importante. La mayoría de las veces se encuentra en contacto con cuarzo. Hornblenda (20%) presente en cristales de anhedrales a subhedrales de hasta 2,5mm y moda 1mm, levemente biotitizada, con bordes cloritizados y conteniendo epidota en menor cantidad. Cuando se muestra disgregada aparece como agregados de pequeños cristales de 0,2mm. Los opacos (3%) consisten en hematita de hasta 0,25mm de diámetro, reemplazando magnetita; se presentan diseminados y gran cantidad de veces asociados a epidota. Por su parte, los minerales accesorios consisten en apatitos de largo máximo 200µm y Esfeno de diámetro promedio 100µm en cristales de subhedrales a anhedrales. Este último incluye opacos y se encuentra asociado con la alteración clorítica presente.

Las rocas de la unidad Dioritas y Monzodioritas de hornblenda se presentan principalmente como enclaves que llegan a generar rocas de mezcla con la roca albergante en las distintas unidades del Complejo Intrusivo Quenante, o como diques de bordes difusos en el plutón Quenante, lo que las sugiere como representantes de un pulso inmediatamente posterior a dicho plutón.

V.- GRANODIORITA FINA DE BIOTITA

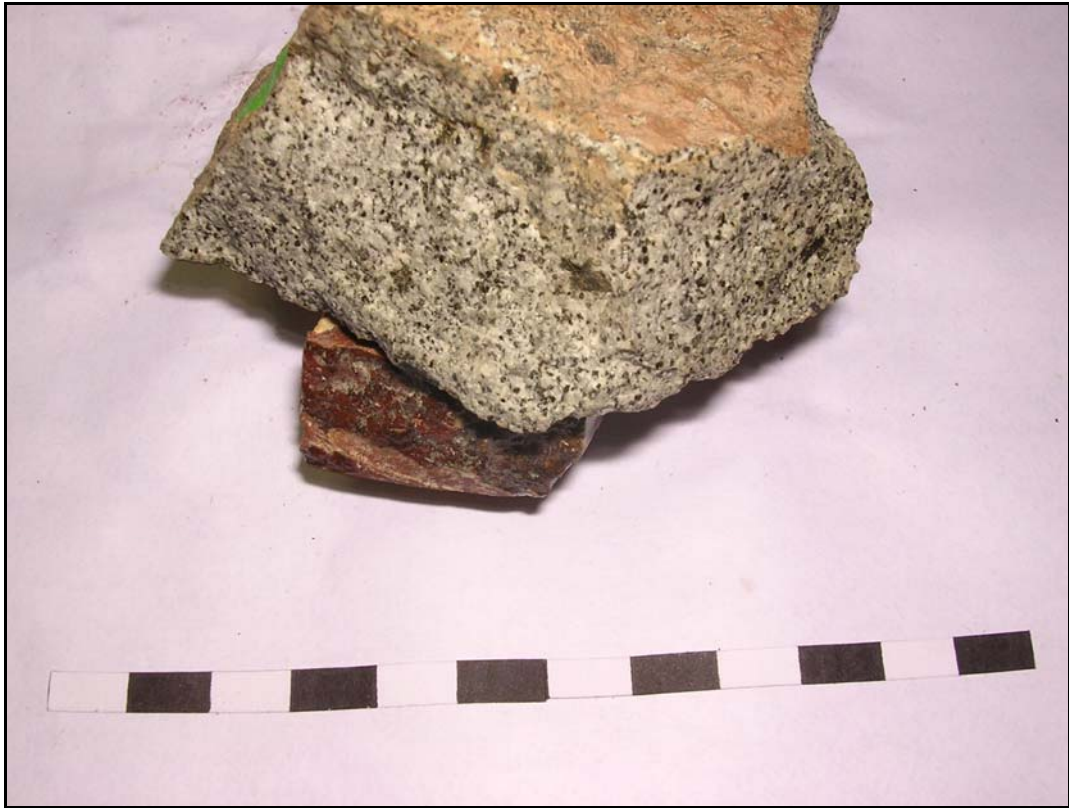
Distribución y Relaciones de contacto

La unidad Granodiorita Fina de biotita se dispone en un afloramiento de 7km² aproximados, levemente alargado en el rumbo de la Sierra Quenante, cerca del borde sureste de la zona de estudio.

Se pone en contacto con las unidades Tonalita de biotita y hornblenda y Dioritas y Monzodioritas de hornblenda. Se observa que hacia los afloramientos dioríticos la composición de estas rocas se va acercando a una algo más granítica y aparece como diques disgregados intruyendo a la unidad de tonalitas aún en estado plástico.

Litología

Las rocas de esta unidad presentan textura holocristalina, fanerítica inequigranular fina y según lo indica su índice de color, son rocas meso a melanocráticas. En algunos sectores es posible encontrar inclusiones dioríticas de hornblenda con biotita subordinada. El cuarzo corresponde a un 15-35% de la roca y se presenta en formas subhedrales a anhedrales, con diámetros variando entre 0,5 y 1,5mm, coexistiendo en la mayoría de los puntos con escasos ojos, todas las veces redondeados. El máfico predominante es la biotita con proporciones que varían entre 12 y 30% y tamaños que van de 0,3 a 1,2mm de largo. Ocasionalmente se presenta en cúmulos semejantes a inclusiones disgregadas. En algunas se encuentra hornblenda subordinada junto a la biotita. Porcentualmente, la hornblenda varía entre 10 y 20% y se presenta en cristales subhedrales, de largo entre 2 y 4mm, levemente biotitizada y disgregada (fotografía 9).



Fotografía 9. Granodiorita fina de biotita.

A continuación se describe al microscopio una muestra representativa de esta unidad:

Granodiorita de Biotita (Muestra 118313; microfotografías 14 y 15)

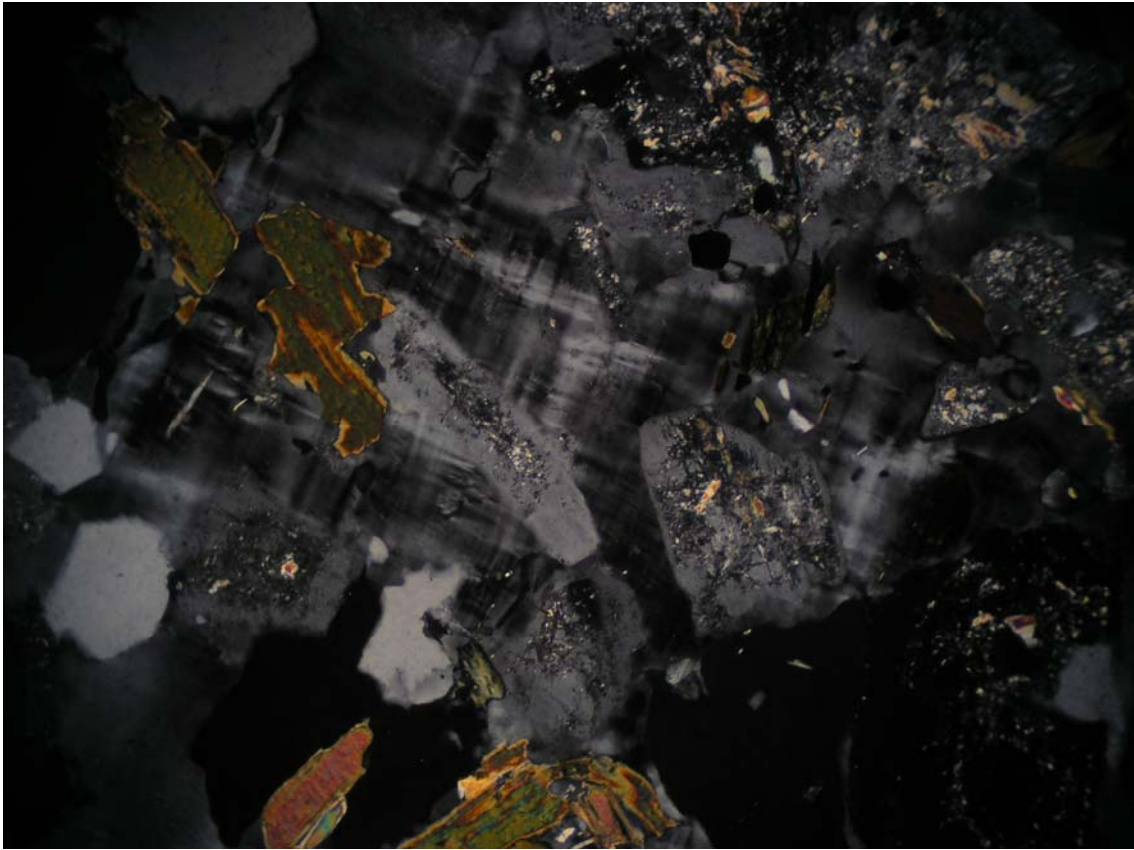
Presenta textura holocristalina, hipidiomórfica, poikilítica, "equigranular" de grano fino, con cristales de biotita diseminados. Mesocrático según índice de color.

COMPONENTES: Cuarzo (35%) en granos anhedrales a subhedrales de hasta 2,5mm de diámetro y moda 0,5mm. La minoría de los cristales muestra leve suturamiento. Plagioclasa (30%) en cristales subhedrales zonados de hasta 2,8mm de largo y moda 0,8 con sus centros de moderado a fuertemente alterados a sericita y en menor medida a epidota (microfotografía 14). Ortoclasa y escasa microclina (20%) en cristales subhedrales zonados de hasta 0,8mm y moda 0,6mm. Presentan textura poikilítica, por lo que excepcionalmente se encuentran granos anhedrales de diámetro 4mm, albergando otros minerales (microfotografía 15). Biotita (15%) en cristales

subhedrales, mayoritariamente, de diámetro hasta 1,5mm y moda 0,5mm. En ocasiones se presenta como mineral cumulado, libre de alteración. En otras ocurre también como cristales subhedrales, de mayor longitud, intensamente alterados a clorita y asociados a opacos. Los opacos (2%) tienen un tamaño que no supera los 0,3mm y aparecen diseminados. Cristales accesorios de apatitos de tamaño entre 50 y 100 μ m ocurren cercanos a los opacos. El esfeno aparece en menor cantidad que el apatito y con un diámetro máximo de 200 μ m.



Microfotografía 14. Granodiorita de biotita. Muestra 118313. Nícoles cruzados. Aumento 4 x 10. 4mm de campo visual en el largo. Plagioclasas zonadas y reabsorvidas.



Microfotografía 15. Granodiorita de biotita. Muestra 118313. Nícoles cruzados. Aumento 4 x 10. 4mm de campo visual en el largo. Microclina de textura poikilítica.

Variaciones texturales y composicionales

Como ya se ha dicho, la unidad en definición cambia su composición granodiorítica a una ligeramente granítica cerca del contacto con las dioritas de la unidad Dioritas y Monzodioritas de hornblenda, ubicadas inmediatamente al norte del único afloramiento de este tipo de roca.

Rasgos estructurales

En la unidad de Granodiorita fina de biotita, la composición de los enclaves corresponde a dioritas de hornblenda con biotita subordinada y a dioritas de biotita. Estas últimas, debido a sus bordes poco tajantes, pueden ser entendidas como una estructura nodulosa dentro de la roca. Además, esta unidad es intruida por diques andesíticos de bordes menos sinuosos que los dioríticos dispuestos a lo largo de toda la Sierra Quenante.

VI.- DISCUSIONES

El resumen de los datos geocronológicos disponibles, preexistentes para la zona de estudio es el siguiente:

Unidad Dioritas y Monzodioritas de hornblenda: 1 datación K-Ar en anfíbola cloritizada: 293 ± 12 Ma (Mpodozis et al, 1993).

Unidad Granodiorita fina de biotita: 1 datación K-Ar en biotita: 291 ± 4 Ma (Mpodozis et al, 1993).

Unidad Monzogranito y Granodiorita de biotita y hornblenda: 1 edad K-Ar en biotita: 292 ± 7 Ma (Mpodozis et al, 1993).

Unidad Pórfido Microgranítico de biotita: 1 datación K-Ar en biotita: 274 ± 8 Ma (Mpodozis et al, 1993).

El conjunto de edades radiométricas antes presentadas permiten atribuir las rocas de Complejo Intrusivo Quenante al Pérmico Inferior, y son interpretadas como edad de cristalización.

Los contactos graduales entre las tres unidades más félsicas y su distribución espacial mostrando una zonación litológica concéntrica, donde el contenido de sílice aumenta hacia los bordes, indica a estas tres unidades como un solo cuerpo plutónico, denominado en este trabajo plutón Quenante. Además de las evidencias arriba mencionadas, cabe señalar la presencia de gabros de hornblenda de textura cumulada en asociación con pórfidos micrograníticos, los cuales corresponderían a facies marginales y cuya distribución coincide con el que podría ser el borde del plutón Quenante. También mencionar la existencia de xenocristales en sectores también identificables como límites de este plutón.

El aspecto similar de las hornblendas presentes en la unidad Tonalita de hornblenda y biotita, con las pertenecientes a los enclaves dioríticos en ella y la disposición compartida de estos minerales en los bordes de los enclaves, sugiere que la fuente para

la roca caja y sus inclusiones sería la misma. Además, la existencia de escasos enclaves tonalíticos junto a los enclaves dioríticos en unidades del plutón Quenante, hacen pensar en un origen común y contemporáneo para las unidades Tonalita de biotita y hornblenda y Dioritas y Monzoriotas de hornblenda, y juntas conformarían el aquí denominado plutón Quimal.

Inclusiones máficas con incorporación de cristales de la roca caja y una roca de composición granodiorítica y textura porfiroide, con xenocristales de microclina y cuarzo, son el resultado de la interacción de dos pulsos magmáticos de distinta composición: los plutones Quenante y Quimal.

Aunque las evidencias de terreno indican una incipiente y compleja interacción entre estos dos magmas y sus residuos a medida que éstos fueron cristalizando, la probable diferencia de fuentes es un tema a ser comprobado mediante análisis geoquímicos para así descartar definitivamente que se trate del emplazamiento de un único magma que a medida que se diferenció fue dando origen a las distintas litologías.

Las rocas de la unidad Dioritas y Monzodioritas de hornblenda, ligadas genética y temporalmente a la unidad Tonalita de biotita y hornblenda, afloran principalmente como enclaves y diques afectando al resto de las unidades del Complejo Intrusivo Quenante, o como cuerpos menores junto a la falla Quenante, lo cual estaría indicando al plutón Quimal como un pulso inmediatamente posterior al emplazamiento del plutón Quenante.

VII.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El conjunto de edades radiométricas recopiladas en este trabajo permiten atribuir las rocas del Complejo Intrusivo Quenante al Pérmico Inferior.

Los datos geocronológicos preexistentes muestran valores traslapados para las unidades Dioritas y Monzodioritas de hornblenda, Granodiorita fina de biotita y Monzogranito y Granodiorita de biotita y hornblenda en la vecindad de los 290 Ma y una edad algo menor para la unidad Pórfido Microgranítico de biotita, la que podría entenderse como cristalización tardía debido a su composición.

Para las 6 unidades litológicas definidas en este trabajo para el Complejo Plutónico Quenante, se presume como roca de caja la Formación Cas (Paleozoico Superior), la cual se manifiesta en la zona de estudio como una sucesión volcánica de carácter intermedio a ácido, que se han interpretado como la manifestación de volcanismo medianamente intenso de carácter intermedio-ácido, tanto efusivo como explosivo, en un ambiente continental, ligado genéticamente a este Complejo, específicamente al plutón Quenante. En el contacto entre ambas unidades se observa un paso gradual de pórfido microgranítico a pórfido riolítico, donde este último se considera formando parte de ambas unidades.

Por encontrarse en contacto con la Formación Cas se indica la unidad Pórfido Microgranítico como la primera unidad intrusiva. En la zona norte de este contacto se observa un paso gradual de pórfido microgranítico a pórfido riolítico, donde este último se puede considerar como parte de ambas unidades ígneas.

Los datos recolectados en terreno acerca de la interacción entre las distintas félsicas, permiten concluir una estrecha relación temporal y genética en su emplazamiento, proponer estas tres unidades como un solo plutón zonado litológicamente por lo menos en planta y denominarlo Plutón Quenante. Apoya esta proposición la distribución espacial tanto de xenocristales, característicos de bordes plutónicos, como la de rocas

gabroicas de textura cumulada asociadas a pórfidos micrograníticos de la unidad homónima, donde las rocas máficas estarían representando el fraccionamiento de hornblenda y plagioclasa en los límites de una cámara magmática y las rocas ácidas, el líquido residual de esta primera cristalización.

Debido al aspecto similar mostrado por hornblendas pertenecientes a la unidad Tonalita de biotita y hornblenda y a los enclaves máficos presentes en ella, junto a la disposición de este mismo mineral en los bordes de los enclaves se propone una relación genética y coetánea de las unidades Tonalita Quenante y Dioritas y Monzodioritas Quenante y juntas se han denominado plutón Quimal.

La presencia, en las unidades Leucogranito de biotita y Monzogranito y Granodiorita de Biotita, de enclaves microdioríticos con distintos grados de hibridación con su roca huésped, así como de contactos entre distintas facies al interior de la unidad Leucogranito de biotita sugieren que procesos de interacción entre magmas de distinta composición tuvieron un rol en el origen de dichas unidades, junto con los procesos de cristalización fraccionada.

El plutón Quimal sería un pulso magmático máfico, posterior al pulso félsico que generó el plutón Quenante. El llegar a generar una roca de mezcla entre un enclave y su roca albergante implica que esta última poseía como máximo un 30% de su volumen cristalizado al momento de la ocurrencia del segundo pulso. En el otro extremo se encuentran estructuras de schlieren y enclaves sin incorporación de xenocristales ni bordes de reacción, indicando un volumen de cristalización no superior a 70%. La disposición errática de ambos casos dentro del plutón Quenante, junto con todas las posibilidades existentes entre ellos, evidencia complejas heterogeneidades de viscosidad en la cámara magmática, las que a su vez reflejan heterogeneidades de temperatura y/o presión dentro de la misma.

Por su parte, el cuarzo embahiado observado en las tres unidades que conforman el plutón Quenante, apoya la existencia de una intrusión máfica que le habría entregado mayor temperatura al sistema, provocando la reabsorción cristalina. En las dos unidades menos félsicas de este mismo plutón, se encuentran ,cristales subhedrales de cuarzo que presentan bordes de sutura y/o extinción ondulosa, señalando la existencia de procesos deformativos.

De acuerdo a la disposición de los enclaves máficos y a la mayor interacción de ellos con la roca albergante en el centro del plutón Quenante y apoyándose en literatura geofísica (Yáñez, 1992; Yáñez y otros, 2005) se plantea una asociación entre la anomalía magnética positiva existente en el área y el plutón Quimal como una raíz máfica del Complejo Intrusivo Quenante.

VII.- REFERENCIAS

Armijo, R.; Thiele, R., 1990. Active faulting in Northern Chile: ramp stacking and lateral decoupling along a subduction boundary?. Earth and Planetary Science Letters, v.98, p.40-61.

Baeza, L. G. 1976. Geología de Cerritos Bayos y áreas adyacentes entre los 22°30' – 22°45' Latitud Sur y los 68°55' – 69°25' Longitud Oeste, II Región, Antofagasta, Chile. Memoria de Título (inédito), Universidad del Norte, Departamento de Geología, 182 p. Antofagasta.

Baeza, L. A.; Venegas, R. 1984. El Basamento Cristalino de la Sierra Limón Verde, II Región de Antofagasta: consideraciones genéticas. Revista Geológica de Chile, No.22, p. 25-34.

Coira, B.; Davison, J.; Mpodozis, C.; Ramos, V. 1982. Tectonic and magmatic evolution of the Andes of northern Argentina and Chile. Earth-Science Reviews, N° 18, p. 303-332. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam, The Netherlands.

Cordani, U.; Kawashita, K.; Baeza, L.; Díaz M.; Evangelista, D. 1988. Geocronología de la Sierra Limón Verde, Antofagasta, Chile. Actas V Congreso Geológico Chileno, Santiago. Tomo II, p. E63-E74.

García, F. 1967. Geología del Norte Grande de Chile. Simposium sobre el Geosinclinal Andino. Soc. Geol. Chile, N° 3, 138 p. Santiago, Chile.

Gillespie, M. R.; Styles, M. T. 1999. BGS Rock Classification Scheme, Volume 1. Classification of igneous rocks. British Geological Survey Research Report, (2nd edition) RR 99–06.

Harrington, H. 1961. Geology of parts of Antofagasta and Atacama Provinces of northern Chile. American Association of Petroleum Geologists, Bulletin, Vol. 45, No. 2, p. 169-197.

Hervé, F.; Munizaga, F.; Marinovic, N.; Hervé, M.; Kawashita, K.; Brook, M.; Snelling, N. 1985. Geocronología Rb-Sr y K-Ar del Basamento Cristalino de Sierra Limón Verde, Antofagasta, Chile. Congreso Geológico Chileno, N°4, Actas, Vol. 3, p. 235-253. Antofagasta.

Maksaev, V. 1990. Metallogeny, geological evolution and thermochronology of the Chilean Andes between latitudes 21° and 26° south, and the origin of major porphyry copper deposits. Phd Thesis, Dalhousie University, p. 1-554, Halifax, Nova Scotia.

Marinovic, N.; Lahsen, A. 1984. Hoja Calama, región de Antofagasta. SERNAGEOMIN, Carta geológica de Chile N° 58, escala 1:50000, 140p. Santiago.

Mpodozis, C.; Ramos, V.A. 1989, The Andes of Chile and Argentina. *In* Geology of the Andes and its Relation to Hydrocarbon and Mineral Resources. CircumPacific Council for Energy and Mineral Resources (Ericksen, G.E.; Cañas, M.T.; Reinemund, J.A.; editors). *Earth Science Series*, Vol. 11, p. 5990. Houston, Texas.

Mpodozis, C.; Marinovic, H.; Smoje, I.; Cuitiño, L.1993. Estudio geológico-estructural de la cordillera de Domeyko entre la sierra Limón Verde y sierra Mariposas, Región de Antofagasta. Escala 1:100.000. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Corporación Nacional del Cobre de Chile.* Informe interno, p. 5-134.

Muñoz Cristi, J. 1950. Geología. In Geografía Económica de Chile, Tomo 2. Instituto Geográfico Militar (Chile), p. 55-187. Santiago.

Pérez, E.; Levi, B. 1961. Relación estratigráfica entre la Formación Moctezuma y el granito subyacente. Calama, Provincia de Antofagasta, Chile. Revista Minerales, apartado, Vol. 16, N. 74, p. 39-48. Santiago, Chile.

Pitcher, W.S. 1979. Anatomía de un Batolito, Lima. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú. Tomo 60, p. 13-57.

Ramírez, C. F.; Gardeweg, M., 1982. Hoja Toconao, Región de Antofagasta: Santiago, *Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile Nº 58* (1:250.000), p. 1-121, Santiago.

Rebolledo, S. 1987. Geología y análisis estructural del basamento metamórfico del área de Punta Claditas, Región de Coquimbo, Chile. Tesis de grado, Universidad de Chile, Departamento de Geología y Geofísica, 166 p.

Thomas, A. 1969. Resumen de la geología de las hojas Chuquicamata y Soledad, Provincia de Antofagasta. Inst. Invest. Geológicas (inédito).

Yáñez, G. 1992. Procesamiento e interpretación de datos aeromagnéticos de alta resolución en Chile Central. CODELCO Chile, Gerencia de Exploraciones (informe interno), 23 p., Santiago.

Yáñez, G; Castelli, J.C; Banchemo, L. 2005. Modelos gravimétricos distrito Chuquicamata. CODELCO Chile, Gerencia de Exploraciones (informe interno), 40 p., Santiago.