

MEMORANDUM FOR THE RECORD  
SUBJECT: [Illegible]

JUNO 1978

OFFICE OF THE DIRECTOR  
BUREAU OF GEOLOGICAL SURVEY  
WASHINGTON, D.C.

704  
66.1  
MPN  
LIBRARY

100  
100  
78-18



## REPUBLICA DE CHILE

PROGRAMA DE EXPLORACION MINERA

## INFORME DE RECONOCIMIENTO GEOLOGICO

## DEL AREA COIHUECO (ÑUBLE)-LONQUIMAY (MALLECO)

## CENTRAL-SUR DE CHILE

FASE III

JUNIO 1978

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 9. 27	704
登録No. 09181	66.1
	MPN

JICA LIBRARY



1027448[8]

GOBIERNO DE JAPON

METAL MINING AGENCY OF JAPAN

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

GOBIERNO DE CHILE

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES GEOLOGICAS

COMISION CHILENA DEL COBRE



## PREFACIO

El informe que se entrega corresponde a la tercera fase del programa de exploración minera conjunta chileno-japonesa que se inició, a requerimiento del gobierno de la Republica de Chile, en 1975.

En los dos primeros años, 1975 y 1976, el trabajo estuvo centrado en el norte de Chile, área El Abra-Quebrada Blanca. Como zona de trabajo para el 3er año se propuso el sector cordillerano de las VIII y IX Regiones, franja Coihueco (Ñuble)-Longuimay (Malleco), donde el Instituto de Investigaciones Geológicas (IIG) había realizado prospecciones cuyos resultados permitieron visualizar zonas con expectativas mineras. A lo anterior se agregaba el hecho que en esta región la información geológica básica tenía carácter preliminar y cualquier trabajo en detalle, como el propuesto para el año 1977, permitiría aclarar problemas geológicos.

En Japón, durante 1977, se efectuó el análisis de imágenes Landsat el estudio fotogeológico de las áreas elegidas. A partir de noviembre del mismo año se inició la campaña de terreno con dos grupos centrados en las áreas del Rio Queuco (VIII Región) y Sierra Nevada (IX Región), lugares donde se habían detectado 2 tipos distintos de mineralización (mantos cupríferos en la primera y mineralización tipo "cobre porfírico" en la segunda), ambas zonas amparadas legalmente por los gobiernos regionales respectivos.

El trabajo de campo incluyó el levantamiento geológico y geoquímico regional (escala 1:50.000) y la geología y geoquímica de detalle (escala 1:10.000) de las areas elegidas.

Como en los años anteriores, por el Gobierno de Japón actuó la Metal Mining Agency of Japan, a través de la Japan International Cooperation Agency y por el Gobierno de Chile el organismo ejecutor fue el Instituto de Investigaciones

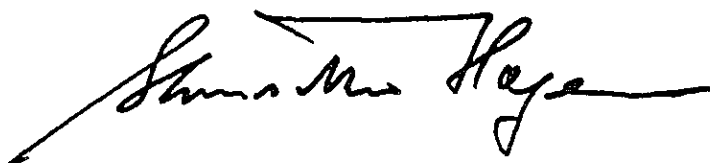


Geológicas, con la coordinación general de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) y la Comisión Chilena del Cobre.

Los resultados de este primer año de exploración conjunta en el sur de Chile son promisorios.

Esperamos que los trabajos iniciados en esta nueva zona continuen incrementándose con el objeto de conocer la potencialidad minera de la región, hasta ahora tan poco explorada.

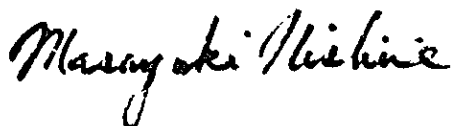
Junio 1978



Shinsaku Hogen

Presidente

Japan International Cooperation Agency



Masayuki Nishiie

Presidente

Metal Mining Agency of Japan

Director

Instituto de Investigaciones

Geológicas





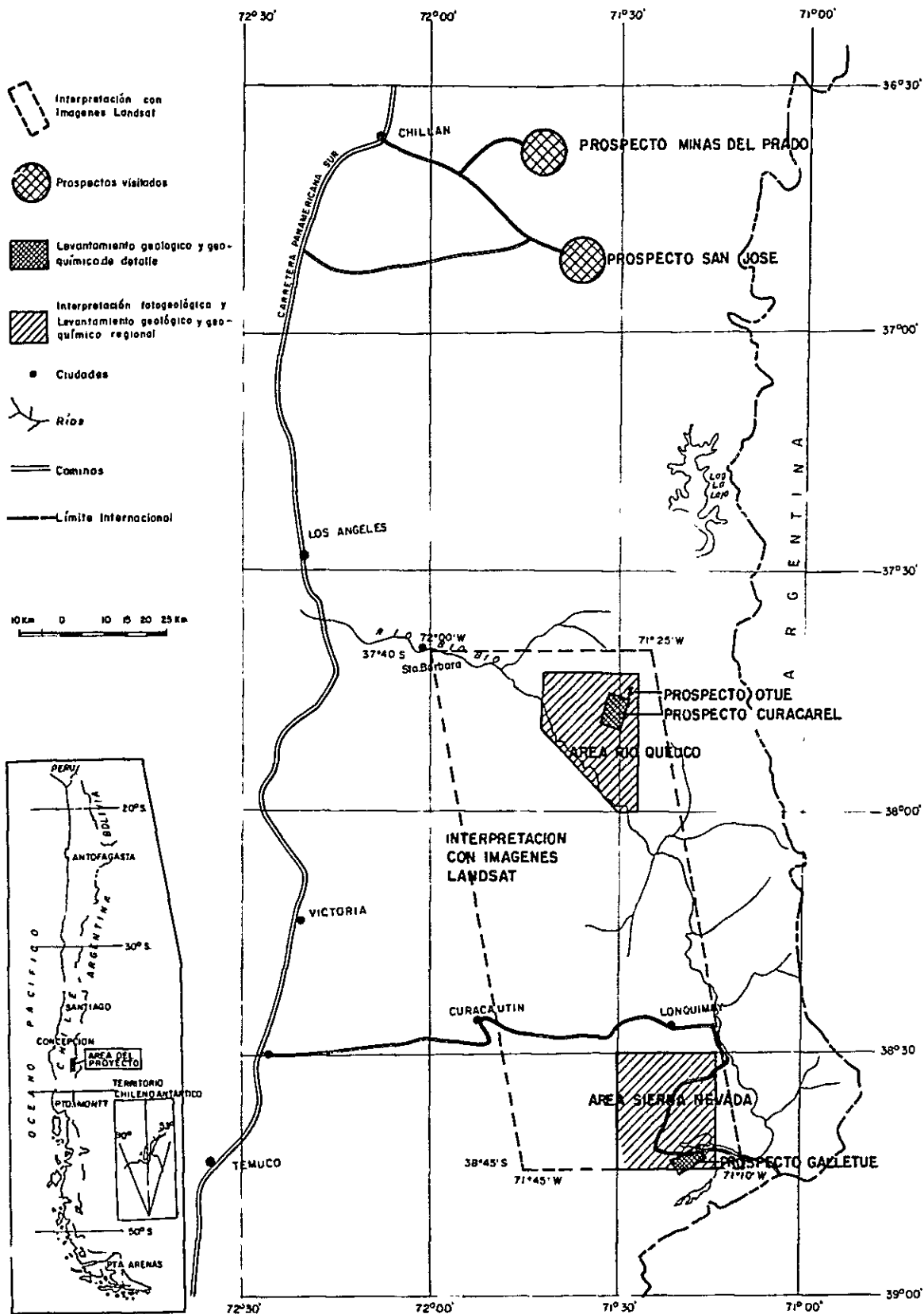


Fig. 1 MAPA DE UBICACION



## CONTENIDO

### PREFACIO

#### Mapa de Ubicación

Resumen .....	(1)
---------------	-----

### INTRODUCCION

Capítulo 1.	Objeto del Trabajo .....	1
Capítulo 2.	Trabajo Realizado en el 3er Año .....	2
2.1.	Método de trabajo .....	2
2.2.	Area de trabajo .....	2
2.3.	Cantidad de trabajo realizado .....	4
2.4.	Período de trabajo .....	5
2.5.	Miembros de los equipos .....	7
2.6.	Trabajos anteriores .....	8
2.7.	Generalidades sobre la geología y depósitos minerales del área estudiada. ....	11

## PARTE I

### ANALISIS DE DATOS LANDSAT E INTERPRETACION DE FOTOGRAFIAS AEREAS

I-I.	ANALISIS DE DATOS LANDSAT .....	14
Capítulo 1.	Generalidades .....	14
Capítulo 2.	Análisis .....	15
2.1.	Datos usados .....	15
2.2.	Método de análisis .....	16
Capítulo 3	Resultados .....	22



	3.1.	Resumen	22
	3.2.	Unidades geológicas	22
	3.3.	Estructura geológica	28
Capítulo	4.	Discusión	30
I-II. INTERPRETACION DE FOTOGRAFIAS AEREAS			31
Capítulo	1.	Generalidades	31
Capítulo	2.	Interpretación	32
	2.1.	Fotografías aéreas usadas	32
	2.2.	Método de análisis	33
Capítulo	3.	Resultados	34
	3.1.	Resumen	34
	3.2.	Unidades geológicas	36
	3.3.	Estructura geológica	38
Capítulo	4.	Discusión	39

## PARTE II

### GEOLOGIA Y GEOQUIMICA DEL AREA RIO QUEUCO

II-I. GENERALIDADES			40
Capítulo	1.	Antecedentes sobre el Area Río Queuco	40
Capítulo	2.	Geografía	41
	2.1.	Ubicación	41
	2.2.	Topografía	41
	2.3.	Clima y vegetación	42
	2.4.	Acceso	43



	2.5.	Recursos naturales .....	43
Capítulo	3.	Método de Trabajo .....	44
II-II. GEOLOGIA Y GEOQUIMICA REGIONAL .....			45
Capítulo	1.	Geología .....	45
	1.1.	Generalidades .....	45
	1.2.	Estratigrafía y litología .....	45
	1.3.	Rocas intrusivas .....	58
	1.4.	Estructura .....	64
	1.5.	Consideraciones .....	67
Capítulo	2.	Geología Económica .....	69
	2.1.	Generalidades .....	69
	2.2.	Mineralización y/o alteración hidrotermal .....	69
	2.3.	Consideraciones .....	80
Capítulo	3.	Geoquímica .....	81
	3.1.	Generalidades .....	81
	3.2.	Recolección de muestras .....	81
	3.3.	Análisis de las muestras .....	82
	3.4.	Tratamiento estadístico de los datos .....	82
	3.5.	Resultados y discusión .....	83
Capítulo	4.	Conclusiones .....	107
II. -III. GEOLOGIA Y GEOQUIMICA DE DETALLE EN EL AREA DE LA MINA CURACAREL .....			109
Capítulo	1.	Introducción .....	109
Capítulo	2.	Geología .....	110





Capítulo	3.	Geología Económica .....	112
	3.1.	Generalidades .....	112
	3.2.	Mineralización y alteración hidrotermal .....	112
	3.3.	Descripción de las zonas minaralizadas .....	116
	3.4.	Consideraciones .....	120
Capítulo	4.	Geoquímica .....	122
	4.1.	Generalidades .....	122
	4.2.	Recolección de muestras .....	122
	4.3.	Análisis de las muestras .....	122
	4.4.	Tratamiento estadístico de los datos .....	123
	4.5.	Resultados y discusión .....	123
Capítulo	5.	Conclusiones .....	129

### PARTE III

#### GEOLOGIA Y GEOQUIMICA DEL AREA DE SIERRA NEVADA

III-I.	GENERALIDADES .....	130	
Capítulo	1.	Antecedentes sobre el Area Sierra Nevada .....	130
Capítulo	2.	Geografía .....	131
	2.1.	Ubicación .....	131
	2.2.	Topografía .....	131
	2.3.	Clima y vegetación .....	132
	2.4.	Acceso .....	133
	2.5.	Recursos naturales .....	133
Capítulo	3.	Método de Trabajo .....	135



III-II.	GEOLOGIA Y GEOQUIMICA REGIONAL	.....	136
Capítulo	1.	Geología	..... 136
	1.1.	Generalidades	..... 136
	1.2.	Estratigrafía y litología	..... 138
	1.3.	Rocas intrusivas	..... 161
	1.4.	Estructura	..... 171
	1.5.	Consideraciones	..... 176
Capítulo	2.	Geología Económica	..... 182
	2.1.	Generalidades	..... 182
	2.2.	Mineralización y/o alteración hidrotermal	..... 182
Capítulo	3.	Geoquímica	..... 188
	3.1.	Generalidades	..... 188
	3.2.	Recolección de muestras	..... 188
	3.3.	Análisis de las muestras	..... 189
	3.4.	Tratamiento estadístico de los datos	..... 189
	3.5.	Resultados y discusión	..... 189
Capítulo	4.	Conclusiones	..... 198
III-III.	GEOLOGIA Y GEOQUIMICA DE DETALLE EN EL AREA DEL		
	PROSPECTO GALLETUE	.....	199
Capítulo	1.	Geología	..... 199
	1.1.	Generalidades	..... 199
	1.2.	Rocas estratificadas	..... 199
	1.3.	Rocas intrusivas	..... 201
	1.4.	Estructura	..... 204



Capítulo	2.	Geología Económica .....	206
	2.1.	Generalidades .....	206
	2.2.	Mineralización .....	206
	2.3.	Alteración hidrotermal .....	208
	2.4.	Consideraciones .....	210
Capítulo	3.	Geoquímica .....	212
	3.1.	Generalidades .....	212
	3.2.	Recolección de muestras .....	213
	3.3.	Análisis de las muestras .....	213
	3.4.	Tratamiento estadístico de los datos .....	213
	3.5.	Resultados y discusión. ....	213
Capítulo	4.	Conclusiones .....	214

#### PARTE IV

##### RECONOCIMIENTO DE LOS PROSPECTOS SAN JOSE Y MINAS DEL PRADO

Capítulo	1.	Generalidades .....	215
Capítulo	2.	Prospecto San José .....	216
Capítulo	3.	Prospecto Minas del Prado .....	217
Capítulo	4.	Conclusiones .....	218

##### CONCLUSION Y RECOMENDACION

Capítulo	1.	Discusión General .....	219
Capítulo	2.	Conclusiones y Recomendaciones .....	221
	2.1.	Conclusiones .....	221
	2.2.	Recomendaciones .....	221



ANEXO    INFORME SOBRE LAS DATACIONES RADIOMETRICAS DE ROCAS POR  
EL METODO K/Ar EN MUESTRAS DEL AREA COIHUECO

(ÑUBLE) - GALLETUE (LONQUIMAY)    .....    223





## LISTA DE TABLAS

Tab. 1	PERIODO DE TRABAJOS .....	6
Tab. I-1	DATOS LANDSAT ... ..	15
Tab. I-2	FOTOGRAFIAS AREAS USADAS .....	16
Tab. I-3	CUADRO DE CARACTERISTICAS DEL ANALISIS DE IMAGENES LANDSAT ... ..	23
Tab. I-4	FOTOGRAFIAS AREAS USADAS .....	32
Tab. I-5	CUADRO DE CARACTERISTICAS FOTOGEOLOGICAS .....	35
Tab. II-1	COLAMNA GEOLOGICA GENERALIZADA DEL AREA RIO QUEUCO .	47
Tab. II-2	ESTADISGRAFOS BASICOS DE LOS SEDIMENTOS FLUVIALES, AREA DEL RIO QUEUCO .....	87
Tab. II-3	MUESTRAS ANOMALAS, AREA DEL RIO QUEUCO .....	88
Tab. II-4	MATRIS DE CORRELACION (MUESTRAS DE SEDIMENTOS DEL AREA RIO QUEUCO) ... ..	89
Tab. II-5	ESTADISGRAFOS BASICOS DEL MUESTRO DE SUELOS DE LA MINA CURACAREL .....	125
Tab. II-6	MUESTRAS ANOMALAS DEL MUESTRO DE SUELOS DE LA MINA CURACAREL .....	126
Tab. II-7	MATRIS DE CORRELACION (MUESTRAS DE SUELOS DE LA MINA CURACAREL) .....	127
Tab. III-1	COLUMNA ESTRATIGRAFICA INTEGRADA DEL AREA SIERRA NEVADA .....	137
Tab. III-2	RELACION DE INTRUSIONES DE DIQUES .....	170
Tab. III-3	NORMA CIPW .....	177
Tab. III-4	ESTADISGRAFOS BASICOS DE LOS SEDIMENTOS FLUVIALES, AREA DE SIERRA NEVADA .....	192
Tab. III-5	MUESTRAS ANOMALAS, AREA DE SIERRA NEVADA .....	193
Tab. III-6	MATRIS DE CORRELACION (MUESTRAS DE SEDIMENTOS DEL AREA SIERRA NEVADA) .....	195



## LISTA DE FIGURAS

Fig. 1	MAPA DE UBICACION	
Fig. I-1	MAPA DE INTERPRETACION CON IMAGENES LANDSAT .....	24
Fig. II- 1	MAPA GEOLOGICO REGIONAL COMPARADO CON SERRANO (1975) .	46
Fig. II- 2	CROQUIS GEOLOGICO DEL PROSPECT OTUE .....	71
Fig. II- 3	GRAFICO DE FRECUENCIA ACUMULATIVA Zn Y Cu (AREA DEL RIO QUEUCO) . . . . .	90
Fig. II - 4	HISTOGRAMA DE DISTRIBUCION DE Zn Y Cu EN SEDIMENTOS (AREA DEL RIO QUEUCO) .....	91
Fig. II- 5	MAPA GEOLOGICO Y MUESTREO DE LAS MINAS N° 1 Y 2, CURACAREL (SUPERFICIE) .....	92
Fig. II- 6	MAPA GEOLOGICO Y MUESTREO DE LA MINA N° 1, CURACAREL .	93
Fig. II- 7	MAPA GEOLOGICO Y MUESTREO DE LA MINA N° 2, CURACAREL .	94
Fig. II- 8	SECCION GEOLOGICO DE LAS MINAS N° 1 Y 2, CURACAREL ....	95
Fig. II- 9	MAPA GEOLOGICO Y MUESTREO DEL LABOREO N° 3, SAN ANTONIO .....	96
Fig. II-10	MAPA GEOLOGICO Y MUESTREO DEL LABOREO N° 4 .....	97
Fig. II-11	MAPA GEOLOGICO Y MUESTREO DEL LABOREO N° 6 .....	98
Fig. II-12	MAPA GEOLOGICO Y MUESTREO DEL LABOREO N° 7 .....	99
Fig. II-13	MAPA GEOLOGICO Y MUESTREO DEL LABOREO N° 8 .....	100
Fig. II-14	MAPA GEOLOGICO Y MUESTREO DE LOS LABOREOS N° 9 Y 10 ...	101
Fig. II-15	MAPA GEOLOGICO Y MUESTREO DEL LABOREO N° 11, AGUILA ..	102
Fig. II-16	MAPA DE MUESTREO DE LA MINA N° 1, CURACAREL .....	103
Fig. II-17	MAPA DE MUESTREO DE LA MINA N° 2, CURACAREL .....	104
Fig. II-18	MAPA DE MUESTREO DEL LABOREO N° 6, CURACAREL .....	105
Fig. II-19	MAPA DE MUESTREO DEL LABOREO N° 7, CURACAREL .....	106
Fig. II-20	DISTRIBUCION DE LOS VALORES DE COBRE EN SUELOS .....	128



Fig. III- 1	COLUMNA DE UNA PARTE DE LA FORMACION PACUNTO EN LA CORDILLERA DE LONQUIMAY .....	145
Fig. III- 2	DISPOSICION DEL CONGLOMERADO BASAL DE LA FORMACION PEDREGOSO .....	151
Fig. III- 3	DIAGRAMA (Qz-K-Feld-Pl) .....	167
Fig. III- 4	DIAGRAMA $Mf-(Qz+K-Feld)-Pl$ .....	168
Fig. III- 5	EVOLUCION GEOLOGICA DEL AREA DE SIERRA NEVADA .....	174
Fig. III- 6	DIAGRAMA DE VARIACION .....	178
Fig. III- 7	DIAGRAMA MFA .....	179
Fig. III- 8	DIAGRAMA $Or-Ab-An$ .....	180
Fig. III- 9	GRAFICO DE FRECUENCIA ACUMULATIVA Zn Y Cu (AREA DE SIERRA NEVADA) .....	196
Fig. III-10	HISTOGRAMA DE DISTRIBUCION DE Zn Y Cu EN SEDIMENTOS (AREA DE SIERRA NEVADA) .....	197



## LISTA DE IMAGENES LANDSAT

- PL. I-1-1    IMAGENES LANDSAT BLANCO Y NEGRO (Banda 4)
- PL. I-1-2    IMAGENES LANDSAT BLANCO Y NEGRO (Banda 5)
- PL. I-1-3    IMAGENES LANDSAT BLANCO Y NEGRO (Banda 6)
- PL. I-1-4    IMAGENES LANDSAT BLANCO Y NEGRO (Banda 7)
- PL. I-2-1    IMAGENES LANDSAT COMPOSITIVAS DE COLORES COMPLE-  
MENTARIOS (IMAGEN TIPO NATURAL)
- PL. I-2-2    IMAGENES LANDSAT COMPOSITIVAS DE COLORES COMPLE-  
MENTARIOS (IMAGEN TIPO INFRAROJO)
- PL. I-3        IMAGENES LANDSAT COMPOSITIVAS DE COLORES ADITIVOS





## APENDICES

Tab. 1-1	Observaciones Microscópicas de las Secciones Transparentes .....	A -1
Tab. 1-2	Observaciones Microscópicas de las Secciones Pulidas .....	A-26
Tab. 2	Dataciones Radiométricas por el Método K-Ar .....	A-30
Tab. 3	Determinaciones por Rayos-X (difractometría) .....	A-32
Tab. 4	Análisis Químico de Menas .....	A-39
Tab. 5	Resultado del Análisis Químico de los Sedimentos Fluviales .....	A-53
Tab. 6	Resultado del Análisis Químico de Muestras de Suelo en el Area de la Mina Curacarel .....	A-59
Tab. 7	Análisis Químico de Roca Total .....	A-61
Fig. 1	Microfotos de las Secciones Transparentes .....	A-62
Fig. 2	Microfotos de las Secciones Pulidas .....	A-82



## LISTA DE MAPAS

- PL. I-1 MAPA DE INTERPRETACION CON IMAGENES LANDSAT (ESCALA APROXIMADA 1:250.000)
- PL. II-1 MAPA GEOLOGICO DEL AREA RIO QUEUCO (ESCALA 1: 50.000)
- PL. II-2 MAPA DE MUESTREO DEL AREA RIO QUEUCO (ESCALA 1: 50.000)
- PL. II-3 MAPA GEOQUIMICO EN EL AREA DEL RIO QUEUCO DISTRIBUCION DE Cu, Mo, Zn, Mn EN SEDIMENTOS (ESCALA 1: 50.000)
- PL. II-4 MAPA DE FACTORES, RIO QUEUCO FACTOR I Cu-Mo (ESCALA 1: 50.000)
- PL. II-5 MAPA DE FACTORES, RIO QUEUCO FACTOR II Zn-Mn (ESCALA 1: 50.000)
- PL. II-6 MAPA GEOLOGICO DEL AREA DE LA MINA CURACAREL (ESCALA 1: 10.000)
- PL. II-7 MAPA DE MUESTREO DEL AREA DE LA MINA CURACAREL (ESCALA 1: 50.000)
- PL. III- 1 MAPA GEOLOGICO DEL CUADRANGULO SIERRA NEVADA (ESCALA 1: 50.000)
- PL. III- 2 MAPA DE MUESTREO DEL CUADRANGULO SIERRA NEVADA (ESCALA 1: 50.000)
- PL. III- 3 PLANO TECTONICO DEL AREA SIERRA NEVADA (ESCALA 1: 50.000)
- PL. III- 4 MAPA GEOQUIMICO DEL CUADRANGULO SIERRA NEVADA DISTRIBUCION DE Cu, Mo, Zn, Mn EN SEDIMENTOS (ESCALA 1: 50.000)
- PL. III- 5 MAPA DE FACTORES DEL CUADRANGULO SIERRA NEVADA FACTOR I Cu-Mo (ESCALA 1: 50.000)
- PL. III- 6 MAPA DE FACTORES DEL CUADRANGULO SIERRA NEVADA FACTOR II Mo (ESCALA 1: 50.000)
- PL. III- 7 MAPA GEOLOGICO DEL AREA DEL PROSPECTO GALLETUE (ESCALA 1: 10.000)
- PL. III- 8 MAPA DE MUESTREO DEL AREA DEL PROSPECTO GALLETUE (ESCALA 1: 10.000)
- PL. III- 9 MAPA DE MINERALIZACION DEL AREA DEL PROSPECTO GALLETUE (ESCALA 1: 10.000)



PL. III-10 MAPA DE ALTERACION EN PROSPECTO GALLETUE (ESCALA  
1: 10.000)

PL. III-11 SISTEMA DE FRACTURAMIENTO DEL AREA DEL PROSPECTO  
GALLETUE (ESCALA 1: 10.000)



## RESUMEN





1. El trabajo realizado este año (3° fase del convenio) consistió en el estudio mediante imágenes LANDSAT del sector cordillerano comprendido entre el río Queuco (margen norte) y el lago Galletué (margen sur); el estudio fotogeológico de la misma zona; el levantamiento geológico y geoquímico regional a escala 1:50.000 de las áreas Río Queuco y Sierra Nevada; el levantamiento geológico y geoquímico de detalle a escala 1:10.000 de los prospectos Curacarel y Galletué y el reconocimiento preliminar de los prospectos San José y Minas del Prado.

2. El trabajo fue efectuado conjuntamente por geólogos japoneses y chilenos. Los estudios de imágenes LANDSAT y fotogeológicos fueron hechos previamente en Japón. Los levantamientos de terreno, divididos en dos zonas (Área Río Queuco y Área Sierra Nevada), fueron llevados a cabo por 5 geólogos japoneses y 4 geólogos chilenos.

3. Las áreas cubiertas durante el desarrollo del trabajo fueron:

Análisis de imágenes LANDSAT e interpretación fotogeológica 5800 km<sup>2</sup>

Levantamientos geológico y geoquímico regional 1151 km<sup>2</sup>

Levantamientos geológico y geoquímico de detalle 61 km<sup>2</sup>

Además se reconocieron preliminarmente los prospectos San José (Recinto-Chillán) y Minas del Prado (Coihueco-Chillán).

4. Resultados del análisis de imágenes LANDSAT y fotointerpretación.

El análisis de imágenes LANDSAT permitió reconocer 7 unidades que en general corresponden a unidades mapeadas en planos geológicos publicados. Además se distinguieron estructuras geológicas de gran longitud con dirección NNE-SSW y otras de menor importancia con rumbo NW-SE. La interpretación fotogeológica permitió distinguir 5 unidades en el Área Río Queuco y 6 unidades en el Área Sierra Nevada. Los lineamientos predominantes son NNE-SSE en las dos áreas.



5. Resultados de los levantamientos geológico y geoquímico regional.

1). Area Río Queuco. Se reconocen rocas volcánicas de la Formación Abanico (Aptiano-Santoniano Inferior), sobre ella yace en aparente discordancia depositacional los Estratos de Otué(Eoceno). Cubriendo gran parte de la región mapeada se dispone en actitud sub-horizontal la formación volcánica Cola de Zorro (Mioceno Superior-Pleistoceno Inferior). Asociada al estrato-volcán Callaqui se ha definido la Serie Efusiva Callaqui asignada al Pleistoceno Superior-Reciente. Casi la mitad del área está constituida por rocas plutónicas de composición tonalítica y granodiorítica. Estas rocas se han emplazado en el límite Santoniano-Campaniano, Paleoceno Inferior y Mioceno Superior. Las rocas sub-volcánicas están representadas por diques andesíticos, pórfidos granodioríticos, dacíticos y tonalíticos. Se ha inferido una discordancia depositacional entre la Formación Abanico (Aptiano-Santoniano Inferior) y los Estratos de Otué(Eoceno). Igual relación se constata entre la Formación Abanico y la Formación Cola de Zorro (Mioceno Superior-Pleistoceno Inferior). Se han comprobado plegamientos claros solamente en los Estratos de Otué. El resto de las unidades estratificadas presentan actitud monoclinas. Las fallas se presentan en dos sistemas de orientación NW-SE variables a WNW-ESE y NS variable a NNE-SSW. El levantamiento geológico y geoquímico regional permitió detectar una zona anómala por cobre en el sector del río Otué, dicha área consiste en una granodiorita fuertemente alterada y mineralizada. Otras zonas anómalas, carentes de importancia, se asocian a vetas de cobre y/o molibdeno de pequeña dimensión.

2). Area Sierra Nevada. En esta zona se reconocen rocas miloníticas asignadas tentativamente a el Paleozoico, sobre ellas se ha depositado una secuencia flyshoide del Jurásico Medio a Superior (Formación Pacunto); esta unidad infrayace discordan-



temente a andesitas cretácicas de la Formación Abanico la cual es cubierta a la vez por rocas piroclásticas y sedimentarias del Eoceno (Formación Pedregoso)/. Sobre los sedimentos eocénicos se disponen rocas volcánicas y lacustres del Mioceno las cuales infrayacen discordantemente a rocas volcánicas del Terciario Superior-Pleistoceno (Formación Cola de Zorro). Las rocas intrusivas corresponden a tonalitas y granodioritas emplazadas en el Cretácico Superior. La estructura geológica predominante en NE y subordinadamente los sistemas NS y NW. El reconocimiento geoquímico regional, además de confirmar la anomalía del prospecto Galletué, muestra una anomalía de zinc y molibdeno en el área de los ríos Pacunto y Pedregoso. El mapeo geológico permitió visualizar otras zonas mineralizadas y/o alteradas carentes de importancia económica.

6. Resultado de los levantamientos geológico y geoquímico de detalle.

1) Prospecto Curacarel. El levantamiento geológico del prospecto Curacarel concluyó que la mineralización es restringida arealmente y de pequeña magnitud aun cuando existen cuerpos de pequeño volumen con leyes de cobre superiores a 2%. El levantamiento geoquímico de detalle es negativo.

2) Prospecto Galletué. El levantamiento geológico del prospecto Galletué confirmó la presencia de una zona mineralizada (calcopirita, pirita, molibdenita) y alterada (sericita y clorita). La parte mapeada parece corresponder solo a una porción del prospecto quedando el resto cubierto por el relleno aluvial. El levantamiento geoquímico permite excluir la presencia de cualquier cuerpo satélite.

7. El reconocimiento geológico preliminar del prospecto San José señala la presencia de una zona con alteración hidrotermal, principalmente sericita y clorita, mineralización de cobre y pequeñas cantidades de molibdenita. El prospecto Minas del Prado corresponde a una brecha andesítica alterada, muy silicificada, con



diseminación de pirita y oro.

8. Como resultado del estudio se recomienda continuar explorando las siguientes zonas :

- 1). Prospecto Galletué
- 2). Prospecto Otué
- 3). Area San José-Minas del Prado
- 4). Río Pacunto
- 5). Mallín del Toro





# INTRODUCCION



## Capítulo 1 Objeto del Trabajo

Este trabajo corresponde al 3° año del Convenio de exploración minera entre los gobiernos de Chile y Japón. El 1° y 2° año se realizaron trabajos en el área de Quebrada Blanca y El Abra, sin resultados positivos como para continuar los estudios, por esta razón el trabajo del 3° año se programó para el área Coihueco (Ñuble)-Lonquimay (Malleco), al este de Concepción. Esta zona está cubierta por abundante vegetación y rocas volcánicas del Terciario Superior-Cuaternario, por lo cual el conocimiento geológico es escaso, aún cuando se han realizado trabajos de detalle que han permitido encontrar zonas mineralizadas con interés económico, que incluso pueden llegar a convertirse en yacimientos importantes. Si este hecho sucede debería cambiarse el esquema metalogénico del sector central-sur de Chile; desde este punto de vista el trabajo efectuado es importante, considerado económicamente. Este estudio permitirá obtener nueva información sobre la posibilidad de tener yacimientos minerales en la zona central-sur de Chile.



## Capítulo 2 Trabajo Realizado en el 3er Año

### 2.1. Método de trabajo

Este trabajo se ha realizado según la siguiente metodología:

- 1) Análisis de imágenes LANDSAT y análisis fotogeológico.
- 2) Geología y Geoquímica Regional (escala 1:50.000)
- 3) Geología y Geoquímica de detalle (escala 1:10.000)
- 4) Reconocimiento preliminar de los Prospectos San José y Minas del Prado

### 2.2 Area de trabajo

El área de trabajo es la siguiente:

- 1) Análisis de Imágenes LADSAT  
Límite norte : coordenadas..... 37° 40' Lat. sur  
Límite sur : coordenadas..... 38° 45' Lat. sur  
Límite este : coordenadas..... 71° 10' long. oeste  
Límite oeste : coordenadas..... 72° 00' long. oeste  
Area total : aproximadamente..... 5800 Km<sup>2</sup>
- 2) Análisis fotogeológico y geología y geoquímica regional. El área está dividida en:

- (1) Río Queuco: Está ubicada en el borde norte del área LANDSAT y en el centro del cuadrángulo Bío-Bío, parte sur del cuadrángulo Cordillera Tricauco y al oeste del cuadrángulo Queuco y del Volcán Callaqui.

Las coordenadas del área Río Queuco son :

Límite norte : 37° 43' lat. sur

Límite sur : 38° 00' lat. sur



Límite este : 71°27' long. oeste

Límite oeste : 71°43' long. oeste

El área de análisis fotogeológico y geología regional tiene 551 km<sup>2</sup>.

Número de muestras geoquímicas: 328

(2) Sierra Nevada: Corresponde al Cuadrángulo Sierra Nevada, ubicado 65 km al sur del área del Río Queuco. En adelante se denominará Area Sierra Nevada.

Límite norte : 38°30' lat. sur

Límite sur : 38°45' lat. sur

Límite este : 71°15' long. oeste

Límite oeste : 71°30' long. oeste

El área de análisis fotogeológico y geología regional tiene 600 km<sup>2</sup>.

Número de muestras geoquímicas : 345

3) Geología y geoquímica de detalle.

Para el levantamiento geológico y geoquímico en detalle se eligieron las siguientes áreas:

(1) Área de la Mina Curacarel

Está ubicada en la región del Río Queuco.

Límite norte : 37°46' lat. sur

Límite sur : 37°50' lat. sur

Límite este : 71°28'30" long. oeste

Límite oeste : 71°33'00" long. oeste

El área de geología de detalle abarca 35 km<sup>2</sup>

Número de muestras geoquímicas : 229





(2) Area del Prospecto Galletué

Esta área está ubicada en la parte suroeste del cuadrángulo Sierra Nevada, sus coordenadas son:

Límite norte : 38° 42' 11" lat. sur

Límite sur : 38° 45' 16" lat. sur

Límite este : 71° 17' 42" long. oeste

Límite oeste : 71° 23' 10" long. oeste

El área de geología de detalle abarca 26 km<sup>2</sup>

El número de muestras geoquímicas : 54

4) Areas de reconocimiento preliminar

(1) Prospecto San José. Este prospecto está ubicado a 95 km al norte del área Río Queuco y en el borde norte del cuadrángulo Recinto. Durante este trabajo se reconoció el curso inferior del río San José.

(2) Prospecto Minas del Prado. Este prospecto está ubicado 17 km al NNW del Prospecto San José y en el borde sur del cuadrángulo San Fabián de Alico.

Durante este trabajo se observó solo parte de los afloramientos mineralizados.

2.3 Cantidad de trabajo realizado

En esta compañía se realizaron la siguiente cantidad de trabajo:

1) Análisis de Imágenes LANDSAT	5800 km <sup>2</sup>
2) Análisis de fotogeología	1151 km <sup>2</sup>
3) Estudios geológicos :	
Geología Regional	1151 km <sup>2</sup>
Geología de Detalle	61 km <sup>2</sup>



4)	Geoquímica		
	Geoquímica Regional	673	muestras
	Geoquímica de detalle	283	"
5)	Análisis químico de menas	316	muestras
6)	Análisis de roca total	16	"
7)	Secciones transparentes	450	"
8)	Secciones pulidas	53	"
9)	Rayos-X (difracción)	74	"
10)	Dataciones Radiométricas	10	"
11)	Determinación de fósiles	7	"

#### 2.4. Período de trabajo.

La distribución temporal del trabajo está señalada en la Tab. 1.



Tab. 1 PERIODO DE TARABAJO

Tipo de Trabajo	Equipos de Trabajo	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Discusión del Programa de Trabajo	Japón 5 Chile 4		30 8	22 1							
Análisis LANDSAT y Fotogeología	Japón 3 Chile 0	15 31									
Geología Regional	Japón 3 Chile 2			9 21	2 13						
Geoquímica Regional	Japón 3 Chile 2			9 21	2 13						
Geología de Detalle	Japón 2 Chile 1			9 21	2 13						
Geoquímica de Detalle	Japón 2 Chile 1			9 21	2 13						
Reconocimiento Preliminar	Japón 5 Chile 2					14 16					
Redacción de Informe	Japón 5 Chile 4					17	6 31				30



Trabajo en Japón



Trabajo en Chile



## 2.5. Miembros de los equipos.

### 1. Japón.

Jefe del equipo : Yuya Furukawa (MMAJ) : Coordinación general, trabajo de terreno y preparación del informe.

Miembros : Takeshi Ishibashi (MMAJ) : Administración general.  
Tsuyoshi Konno (MMAJ) : Administración general.  
Tokichiro Tani (MMAJ) : Análisis LANDSAT, fotogeología, trabajo de terreno y preparación del informe.

Jinichi Nakamura (MMAJ) : Trabajo de terreno y preparación del informe.

Keiji Nakano (MMAJ) : Trabajo de terreno y preparación del informe.

Hiromitsu Nozawa (MMAJ) : Trabajo de terreno y preparación del informe.

Ken Obara (MMAJ) : Análisis LANDSAT y fotogeología.

Susumu Takeda (MMAJ) : Análisis LANDSAT y fotogeología.

Jiro Kamata (MMAJ) : Operación de instrumentos para análisis Landsat.

### 2. Chile.

Jefe del equipo : Guillermo Alfaro Hanne (IIG) : Coordinación general, trabajo de terreno y preparación del informe.

Miembros : Ricardo Guzmán Salaberry (IIG) : Trabajo de terreno y preparación del informe.

Hernán Vergara Luco (IIG) : Trabajo de terreno y preparación del informe.





Victor Maksaev Jurchuc (IIG) : Trabajo de terreno y  
preparación del informe.

2.6 Trabajos anteriores

Se conocen numerosos trabajos geológicos y mineros relacionados con toda la región estudiada o con parte de ella; la mayoría de estos informes son inéditos.

1) Trabajos para la totalidad del área

Alfaro, G., y Gajardo, A., (1978) - "Carta Metalógenica de la VIII Región Administrativa de Chile y Provincia de Malleco. IX Región". VII Congreso Geológico Argentino, Neuquén. Argentina

I. I. G., (1968) "Mapa Geológico de Chile escala 1:1.000.000"

2) Trabajos para el sector San José-Minas del Prado

Alfaro, G., (1978) - "el Prospecto San José (Chillán)" IIG. inf. inédito.

Ambrus, J., Soza, H. (1968) - "Reconocimiento geológico de las pertenencias Copihue 1-200". Inf. particular.

3) Trabajos para el área Río Queuco

Baranowky, S., - (1948) - "Informe sobre la mina La Unión". Inf. Particular, Biblioteca IIG.

Figueroa, E., (1956) - "Informe sobre la visita al yacimiento Curacarel de Cerro Buena Vista". Inf. Particular, Biblioteca ENAMI.

González, O. y Vergara, M., (1962) - "Reconocimiento Geológico de la Cordillera de Los Andes entre los paralelos 35° y 39° latitud sur". Instituto de Geología, Universidad de Chile.

Hemmer, A., (1938) - "Informe Geológico sobre el Terciario con esquistos



betuminosos en la región del curso superior del río Queuco". Boletín de Minas y Petróleo, Santiago.

Huber, M. , (1957) - "Informe sociedad Minera Curacarel". CACREMI.

Serrano, L. , (1975) - "Prospección Minera en la Región Cordillerana de la provincia de Bío-Bío". IIG, Inf. inédito.

Waisberg, R. , (1958) - "Informe sobre el yacimiento de cobre de Curacarel". CACREMI, Santiago.

#### 4) Trabajos para el área Sierra Nevada

Alfaro, G. , (1973) - "Geología General y Yacimientos Minerales de la Cordillera de Los Andes entre las latitudes 38°00' sur y 39°00' sur". IIG. Inf. inédito.

Alfaro, G. , (1974) - "Interpretación del levantamiento geoquímico de suelos en el Prospecto Galletué". IIG Inf. inédito.

Alfaro, G. , (1975) - "Interpretación del muestreo de suelos de los perfiles 100W-800E-1000E del Prospecto Galletué". IIG. Inf. inédito.

Bettancourt, E. , (1975) - "Estudio geofísico del lado sur de la laguna Galletué". IIG. Inf. inédito.

Burekhardt, C. , (1900) - "Coupe Geologique de la Cordillère entre Las Lajas et Curacautin". Anales del Museo La Plata, Argentina.

Chang, A. , Arratia, G. , Alfaro, G. , (1976) - "*Percichthys lonquimayensis* n. sp. from Tertiary of Chile" Journal of Paleontology. En prensa.

Chotin, P. , (1969 a) - "Presentation de la chaine andine a la latitude de Concepción (Chili)". Ann. Soc. Geologique du Nord, Lille Francia.

Chotin, P. , (1969 b) - "Le Jurassique du Lonquimay (Chili) Ses relations avec le jurassique du Neuquen (Argentine)". Bull. Soc. Geol. de France (7)



- Chotin, P. , (1975) - "Les Andes meridionales et la terminaison du bassin andine: le Lonquimay (Chili) et le Neuquen (Argentine)". Tesis presentada en la Universidad Pierre y Marie Curie para obtener el grado de Doctor en Ciencias Naturales. Paris.
- Cruzat, A. , (1974) - "Prospección geoquímica del yacimiento Galletué, provincia de Malleco". IIG. Inf. inédito.
- Knowles, P. , Bowes, W. , Serrano, M. , Moraga, A. - (1962) - "Reconnaissance for Uranium in the Lonquimay area, province". IIG. RME-4552.
- Love, J. , (1974) - "The Galletué Prospect". IIG, Inf. inédito.
- Ossandón, G. , (1976) - "Geología y Geoquímica del Prospecto Galletué, provincia de Malleco". IIG. Inf. inédito.
- Rivera, A. , (1974) - "Estudio geofísico preliminar lado sur laguna Galletué". IIG. Inf. inédito.
- Rodríguez, M. , Muñoz Cristi, J. , (1931) - "Estudio Geológico y económico de los esquistos betuminosos de Lonquimay". Bol. Soc. Nac. Minería, v. 43 # 282.
- Sandoval, R. - (1977) - "Estudio Geológico de la Región del Alto Bío-Bío, Comuna de Lonquimay, IX Región". Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geología, Universidad de Chile.



## 2.7 Generalidades sobre la geología y depósitos minerales del área estudiada.

El marco geológico de la zona estudiada corresponde al Ciclo Tectónico Andino (Frutos y Ferraris, 1973) que abarca desde el Mesozoico Inferior hasta el Reciente. Las rocas y sedimentos representativos de este ciclo corresponden principalmente a depósitos de la Cuenca Andina que conforman principalmente la Cordillera de Los Andes.

En la zona objeto del presente informe el Ciclo Tectónico Andino se inicia durante el Caloviano con el desarrollo de una cuenca liminar, flanqueada al oeste por la Dorsal de Concepción, constituida por rocas pertenecientes al Ciclo Tectónico Paleoídico. Durante el Oxfordiano Superior, debido a los efectos de la fase epirogénica Araucana (Stipanovic y Rodrigo, 1969) termina el ambiente marino, condicionando la depositación de facies regresivas. La tendencia positiva de la cuenca estuvo acompañada por una intensa actividad volcánica que se dispone sobre las facies volcánicas-marinas del Caloviano. La cuenca continuó emergida durante el Cenozoico caracterizándose por procesos sedimentarios y volcánicos continentales, muy bien representados en el área por los sedimentos eocénicos expuestos entre el río Queuco y Lonquimay y por los intensos procesos volcánicos del Terciario Superior y Cuaternario.

Durante el Cretácico Medio las secuencias jurásicas sufren los efectos compresivos de la fase sub-Hercínica o Mesocretácica, cuya poca intensidad en el área ha sido explicada por el hecho que esta región se encuentra en la porción terminal de la cuenca Andina (Chotin, 1975).

En el Cretácico medio Terciario inferior, posteriormente a la fase sub-Hercínica, se desarrolla un ambiente continental francamente positivo acompañado





por un proceso volcánico representado por lavas, brechas y tobas andesíticas (Formación Abanico, Aguirre, klohn, 1960 : González y Vergara, 1962 : 1960 ; Formación Curamallín Aguirre y Levi, 1964 ; Alfaro, 1973. Serrano, 1975). Al termino de la depositación de las series volcánico-clástico del Cretácico Superior se reconoce la fase compresiva Larámica (Cretácico Superior-Terciario Inferior) a la cual se asocian los granotoides que afectan las secuencias jurásicas y cretácicas.

La fase distensiva que siguió a la fase compresiva Larámica generó en el ámbito andino una cuenca continental que se rellenó con los materiales erosionados en las áreas volcánicas e intrusivas solevantadas (sedimentitas terciarias de Lonquimay, laguna del Barco y río Queuco). Estas secuencias están afectadas por la fase orogénica Incaica del Mioceno, última fase compresiva en el área. La erosión de las formas plegadas en la fase Incaica origina una peneplanicie que es afectada por los procesos distencivos que se desarrollan en el Mioceno y Plio-Pleistoceno y que dan origen a los ciclos volcánicos-andesíticos que se reconocen en el valle central y cordillera andina.

Estructuralmente las direcciones predominantes durante el Jurásico varían entre NNE y NE, en el cretácico NS, en el Terciario NS y en el Plio-Cuaternario entre NS y NNE.

Asociada a los intrusivos del Cretácico Superior, se han reconocido zonas con alteración hidrotermal y mineralización de cobre y molibdeno. Entre ellos destacan los prospecto Gelletué y San José caracterizados por un núcleo con alteración cuarzo sericítica y una zona marginal clorítica; los estudios geológicos, geoquímicos y geofísicos realizados en el primero de ellos permite visualizar un área con interés económico y desde el punto de vista geológico extrapolar la franja de cobre porfídico hasta la latitud 39° S.



Yacimientos vetiformes de cobre se encuentran emplazados tanto en el intrusivo como en las andesitas jurásicas y cretácicas; se caracterizan por la asociación mineralógica calcopirita-bornita-pirita y eventualmente magnetita; algunos de estos yacimientos fueron explotados incipientemente en la primera mitad del siglo debiendo parar su actividad por los altos costos.

Pequeñas vetas de plomo y zinc que se encuentran en volcanitas de la Formación Abanico, han sido descritas en el sector del río Queuco. Placeres auríferos fueron explotados en forma semi industrial en Lonquimay y río Bío-Bío.



PARTE I

ANALISIS DE DATOS LANDSAT E

INTERPRETACION DE FOTOGRAFIAS AEREAS



## I-I. ANALISIS DE DATOS LANDSAT

### Capítulo 1. Generalidades

Este análisis fue desarrollado con el objeto de obtener las unidades geológicas y estructura de un área de aproximadamente 5.800 km<sup>2</sup> que incluye las áreas Río Queuco y Sierra Nevada, ambas levantadas geológicamente este año.

En este análisis se ha hecho una interpretación sobre las imágenes en blanco y negro e imágenes de compósitos de color mediante la utilización de la película multibanda LANDSAT.

Para la utilización de imágenes de compósitos de color se recurrió al método de composición de color por procesamiento de fotos y compósitos de color adicional usando el Visor de Color Aditivo.

El área analizada está muy cubierta por vegetación, de tal manera que es difícil diferenciar unidades geológicas solamente desde imágenes de compósitos de color. Para los compósitos de color se ha investigado la composición que haga resaltar la textura y los efectos de luz y sombra de la topografía. Esta investigación permite determinar que composición de película negativa y positiva de la misma banda es efectiva. Los resultados de la interpretación fueron graficados sobre la imagen en blanco y negro de la banda 7 a escala de 1: 250.000, referidos a las imágenes de compósitos de color. Además de esto, la parte del área donde la geología es complicada se usaron fotografías para ayudar la interpretación.





## Capítulo 2. Análisis

### 2.1. Datos usados

Los datos LANDSAT y las fotografías aéreas que se han usado se muestran en las siguientes tablas.

Tab. I-1 DATOS LANDSAT

Número de Índice	Fecha	Coordenadas Punto Central	Sol
E-1224-13590	04 marzo 1973	S37°-11', W071°05'	Alt. 39° Az. 062°
E-1224-13592	04 marzo 1973	S38°-16', W071°33'	Alt. 38° Az. 062°

Estas dos imágenes fueron obtenidas en forma continua por el LANDSAT durante el final del verano. El área de interpretación no tenía nubes y la calidad de la imagen fue suficiente para cada banda.



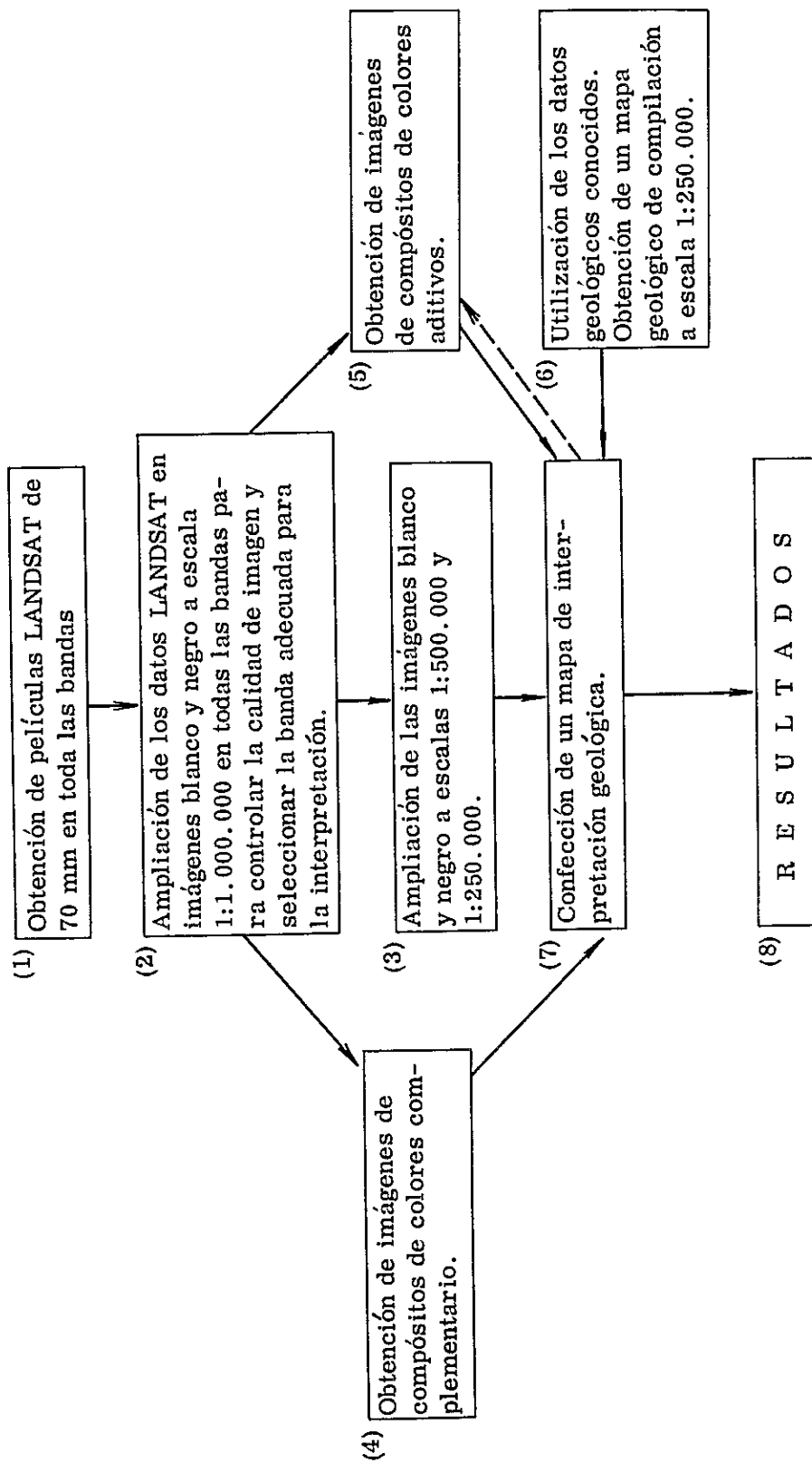
Tab. I-2 FOTOGRAFÍAS AERÉAS USADAS

Rumbo	Número de Foto	Cantidad de Fotos	Fecha	Dirección de Vuelo
36S	523-2672 } 2685	14	11-Dic-1961	N → S
35N	523-2731 } 2775	45	11-Dic-1961	S → N
34S	523-2789 } 2821	33	11-Dic-1961	N → S
34S	524-2835 } 2847	13	11-Dic-1961	N → S
33N	524-2850 } 2898	49	11-Nov-1961	S → N
32S	525-2910 } 2953	44	12-Dic-1961	N → S
31N	525-2986 } 3031	46	12-Dic-1961	S → N
30S	525-3040 } 3083	44	12-Dic-1961	N → S
29N	526-3160 } 3202	43	12-Dic-1961	S → N

2.2. Método de análisis

Este análisis fue desarrollado con el siguiente procedimientos:







(1) Película LANDSAT de 70 mm.

El satélite LANDSAT tiene instalado un barredor multispectral digital para barrer superficie de objetivos. El campo de visión en cada celda (pixel) es 79 x 79 m en el terreno. El sensor registra la intensidad de la energía reflectante en cada momento y en cada longitud de onda, por señales de espejo en la cinta de banda ancha. Estos datos son convertidos en señales digitales y enviados a las estaciones receptoras. En la estación los datos son incorporados, ya sea en película de 70 mm o CCT (cinta compatible con computador), dependiendo del propósito que se tenga.

La película de 70 mm tiene una escala de 1:3.369.000 y cubre un área de 185 x 185 km en el terreno. Cada escena consiste de 4 tipos de imágenes (bandas 4, 5, 6 y 7). Estas imágenes son obtenidas por cualquier país a través del CENTRO DE DATOS EROS (Centro de distribución de Datos LANDSAT de la NASA).

(2) Obtención de imágenes ampliadas a escala 1:1.000.000

Se obtienen ampliaciones en blanco y negro a escala 1:1.000.000 a partir de la película de 70 mm para controlar la calidad de la imagen seleccionar la banda adecuada para interpretar y obtener las características geológicas generales. Las dos imágenes que fueron usadas tienen buena calidad en todas las bandas.

Las bandas escogidas fueron la 5 (que tiene más información sobre vegetación) y la 7 (que muestra más claramente información geológica, por ejemplo, lineamientos). Estas imágenes se muestran en los PL.I-1-1~4.





- (3) Ampliación de las imágenes blanco y negro a escala 1:250.000 y 1:500.000.-

Se obtienen ampliaciones en blanco y negro a escala 1:500.000 de todas las bandas y ampliaciones en blanco y negro a escala 1:250.000, de las bandas 5 y 7 para interpretación. Después se hace un mapa interpretación en la imagen 1:250.000. La imagen 1:500.000 ayuda la interpretación, ya que la calidad de la imagen 1:250.000 baja al aparecer las líneas de barrido y su escala es demasiado grande para obtener información de estructuras y lineamientos mayores.

- (4) Imágenes de compuesto de color complementario

Estas imágenes son un tipo de imágenes de compuesto de falso color que se obtienen mediante el procesamiento de fotos, las cuales se componen de película blanco y negro con algunos filtros de color. En este análisis se usaron los filtros de la banda 5 de colores azules y rojos y el filtro de la banda 7 de color verde, los cuales producen una imagen tipo natural de falso color. También combinando la banda 5 con azul y verde y la banda 7 con rojo produce una imagen de falso color tipo infrarojo. Las imágenes de compósitos de color son ampliadas a 1:250.000, la misma escala que se ampliaron las imágenes en blanco y negro para interpretación. Estas imágenes son también usadas para interpretación. En ellas todas las características de las banda 5 y banda 7 aparecen de una sola vez, de tal manera que la imagen es suficiente para obtener mayor información topográfica y general. Estas imágenes se muestran en los PL.I-2-1 y 2.

- (5) Imágenes de compuesto de color aditivo

El instrumental que se usa para obtener estas imágenes es el Visor



Multibanda Modelo 6000 (manufacturado en I<sup>2</sup>S Company Limited). Las funciones y especificaciones de este modelo son las siguientes:

a) Función:

Compósitos de color son hechos de la combinación de filtros (los 3 colores primarios) y cuatro películas de cada longitud de onda (bandas 4 a 7 de las imágenes LANDSAT).

La posición de los lentes y la intensidad de luz para cada filtro y lente puede ser seleccionada independientemente por cada canal.

b) Especificaciones:

Registro	$\pm 0,19''$ para coordenadas x, y
Barrido	9" x 9"
Lentes	150 mm (4) f 5,6
Fuente de poder	110V, 50Hz - 60Hz, 25Amp
Tamaño	30" ancho x 24" largo x 44" alto
Peso	aprox. 45 Kg

Para obtener las imágenes se prepara primero el negativo y positivo de todas las bandas en 70 mm. En seguida se escogen 4 filmes que se instalan en el instrumental. Mediante el accionar sobre los controles de intensidad de luz y cambiando los diversos filtros se pueden observar las imágenes en la pantalla, las cuales se fotografian.

El área analizada está casi cubierta por una densa vegetación así que la delimitación de unidades geológicas solo por diferencias de color es difícil. En base a combinación de las intensidades en luz y sombra se trata de obtener la topografía y lineamientos. Algunas de estas figuras se muestran en la PL.I-3.



#### (6) Datos geológicos conocidos

El área analizada tiene poca información geológica detallada. La única carta que cubre todo el sector es el Mapa Geológico de Chile a escala 1:1.000.000 (IG, 1968); la zona estudiada está levantada parcialmente a escala 1:250.000 (Mapa Geológico del Sector Lonquimay-Villarrica, Alfaro, 1973 y Mapa Geológico de la región Cordillerana de la Provincia de Bío-Bío, Serrano, 1975). Las cartas a escala 1:250.000 fueron usadas como base y todas las unidades geológicas y estructuras fueron comparadas con estos mapas.

#### (7) Mapa de interpretación geológica

La interpretación geológica fue desarrollada con imágenes blanco y negro de banda 7 en la escala 1:250.000 consultando y ayudándose en las imágenes de los compósitos a color y los datos conocidos. A fin de prevenir confusiones, los lineamientos y unidades geológicas se dibujaron separadamente y finalmente se compararon en un transparente.

#### (8) Resultados

La interpretación global obtenida con el transparente fué dibujada. Además se hizo un cuadro con las foto-características para cada unidad geológica.

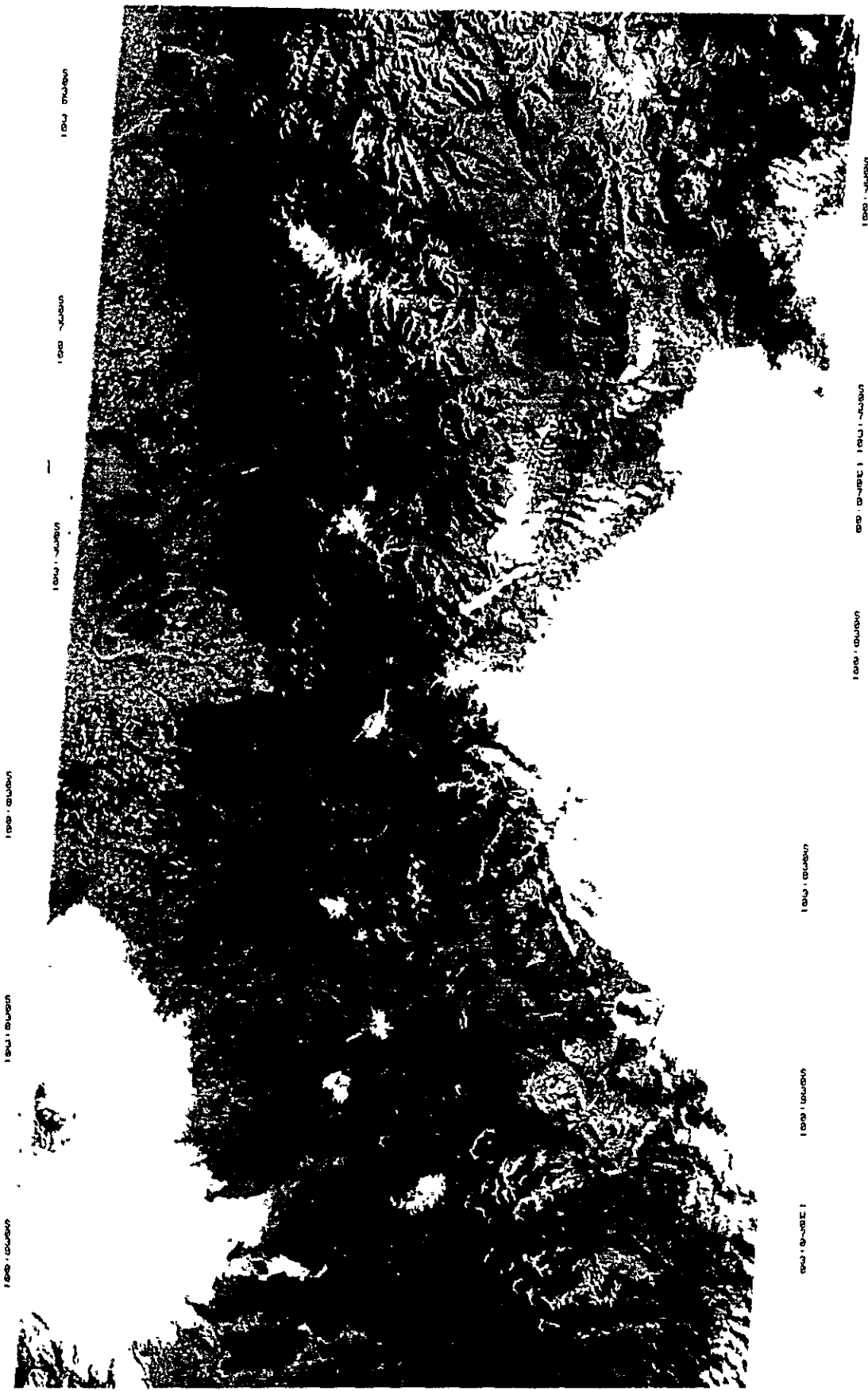


4071-301

4071-001

4073-301

4073-001



14072-30 4072-001 4071-301 5033-301 4071-001  
 044973 C 538 36/4071-33 N 538 36/4071-25 155 4 R SUN EL38 R2062 150-1121-R-1-1-1-D-2L NASA ERTS E-1224-13592-4 01

PL. I-1-1 IMAGENES LANDSAT BLANCO Y NEGRO (Banda 4)  
(E-1224-13590 Y E-1224-13592)





4871 381

4871 001

4870 38

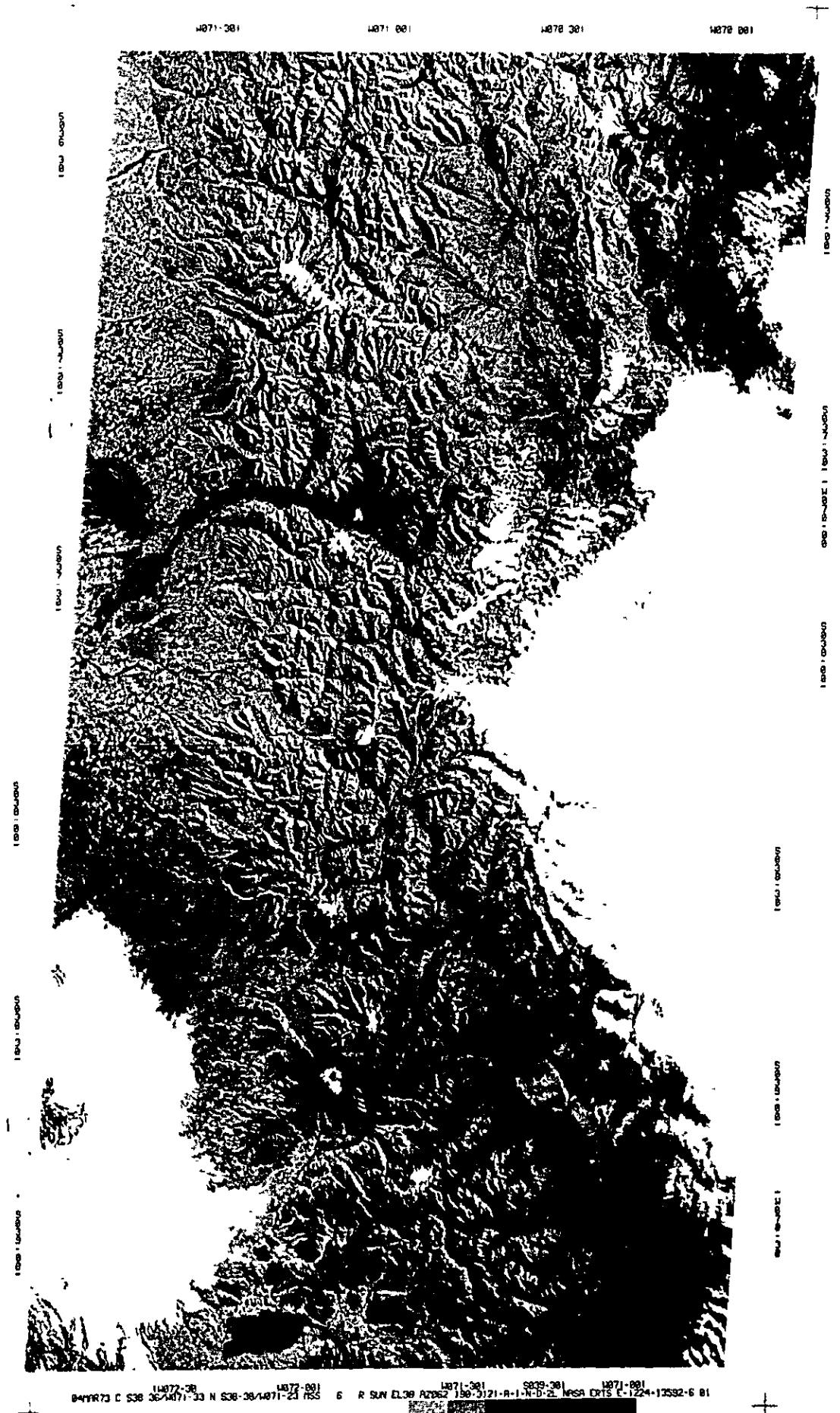
4870 001



4872 30 4872 00 4871 30 4871 00  
 2411473 ( S28 26'40" 33 N 528 38'40" 23 WSS \* R SUN EL 38 AZ 262 90 312 11 N D 21 AREA ERTE E 1224 13592 5 R)

PL. I-1-2 IMAGENES LANDSAT BLANCO Y NEGRO (Banda 5)  
 (E-1224-13590 Y E-1224-13592)





11877-38 1871-081 1871-381 5839-381 1871-081  
044R73 C 538 36/1871-33 N 538-38/1871-24 155 6 R SUN EL39 AZ062 136-3121-A-1-N-D-2 MSA EP15 E-1224-13592-6 01

PL. I-1-3 IMAGENES LANDSAT BLANCO Y NEGRO (Banda 6)  
(E-1224-13590 Y E-1224-13592)



14071-301

14071-001

14070-301

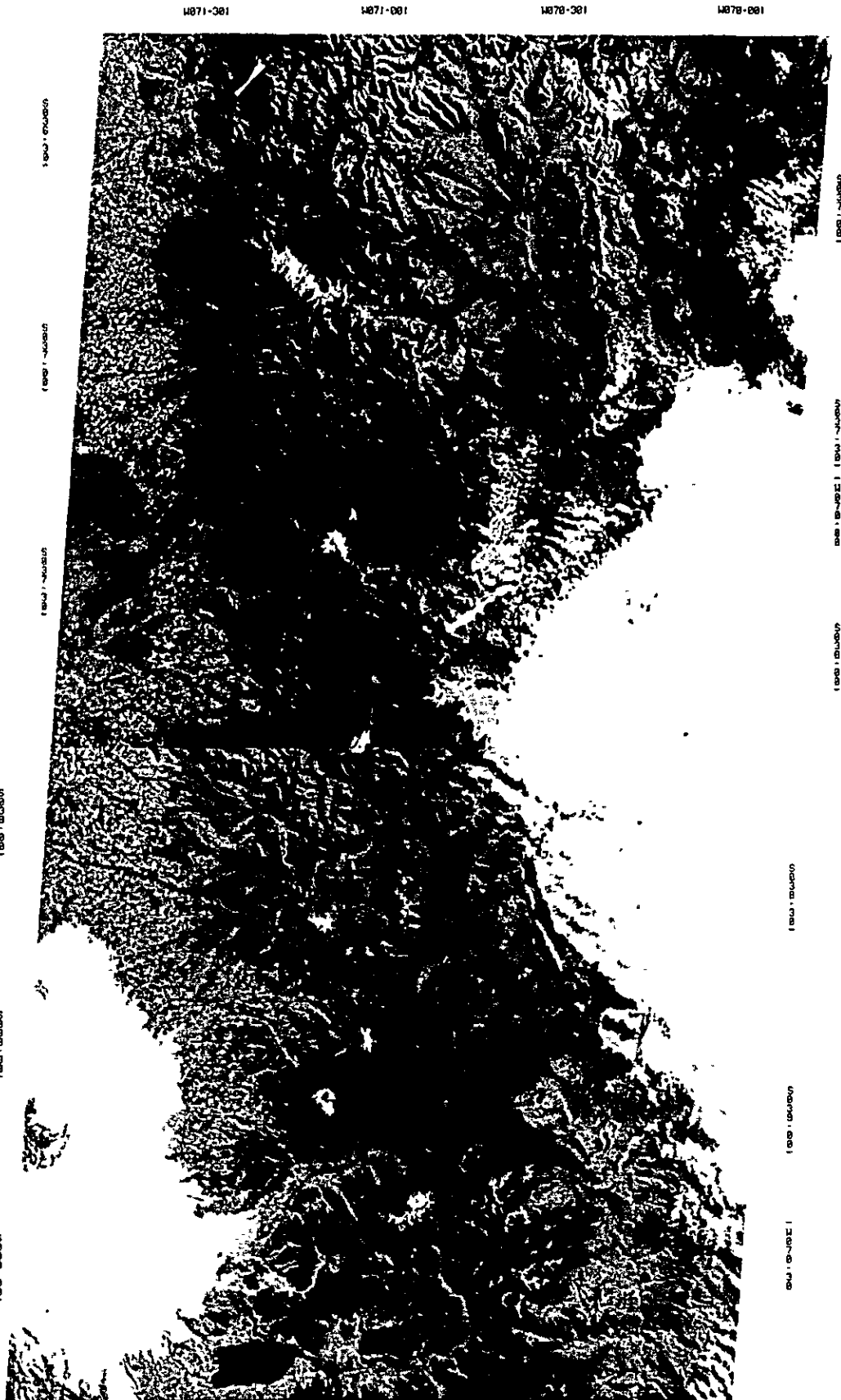
14070-001



14072-30 14072-001 14071-301 5033-301 14071-001  
 -0444473 C 530-36/14071-33 N 530-38/14071-23 PCS 7 R SUN EL39 AZ092 14071-321-R-1-N-D-IL MSA CRTS 5-1224-13532-7 81

PL. I-1-4 IMAGENES LANDSAT BLANCO Y NEGRO (Banda 7)  
 (E-1224-13590 Y E-1224-13592)





PL. I-2-1 IMAGENES LANDSAT COMPOSITIVAS DE COLORES COMPLEMENTARIOS  
(IMAGEN TIPO NATURAL)  
(Filtros azul y rojo para la banda 5, verde para la banda 7)  
(E-1224-13590 Y E-1224-13592)



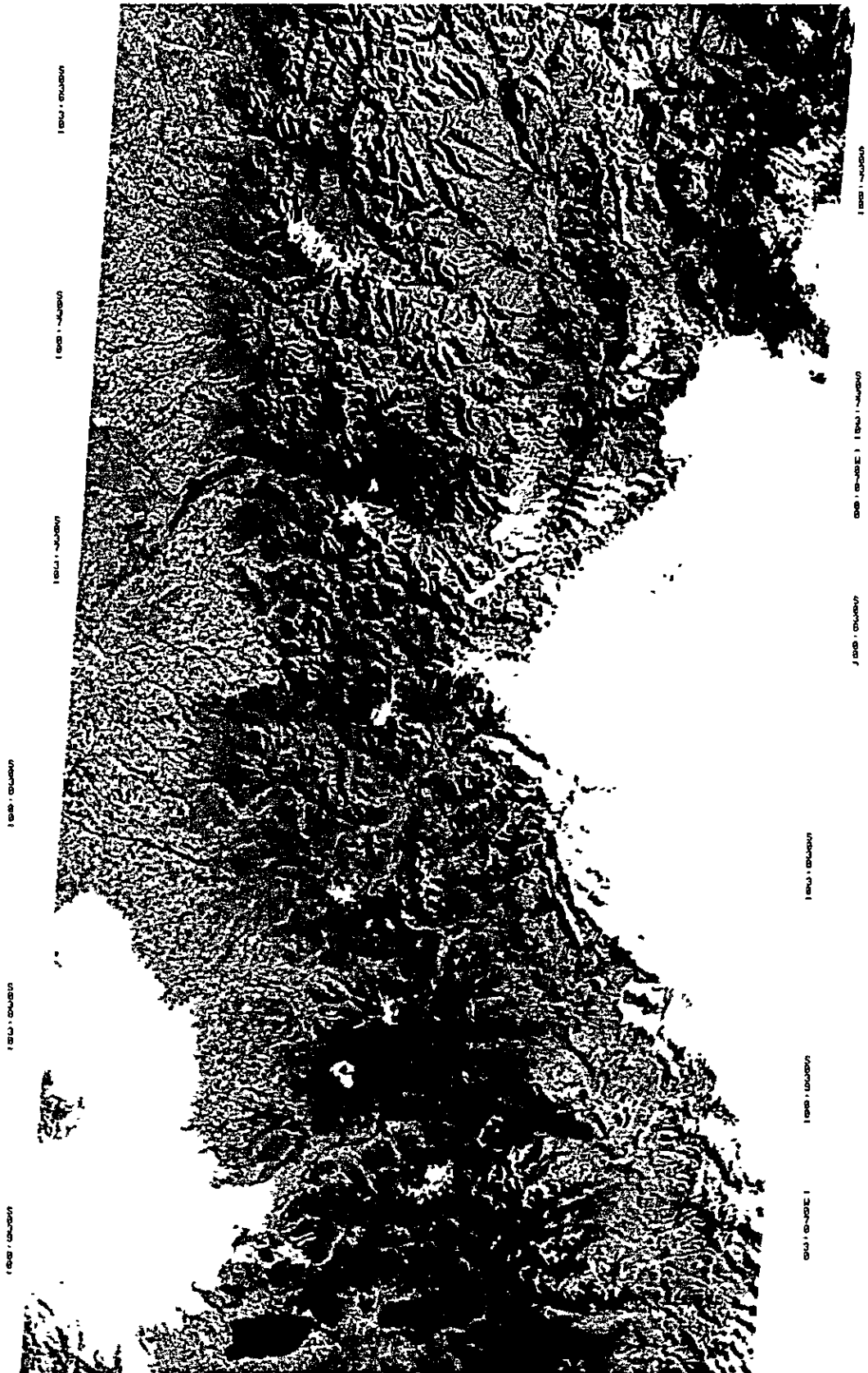


14871-381

14871-001

14870-381

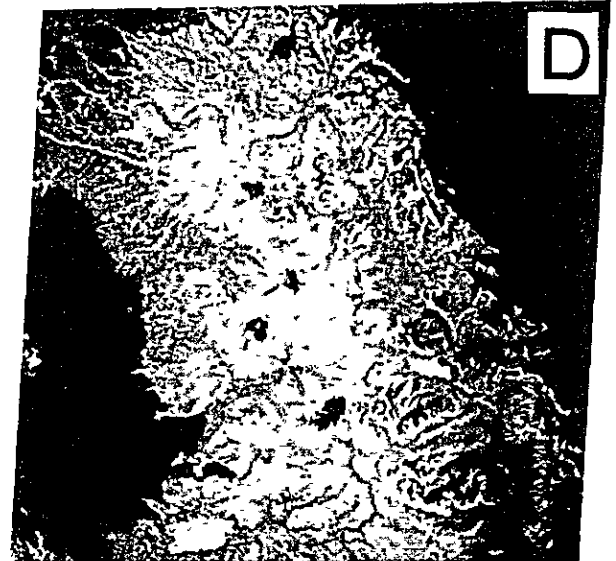
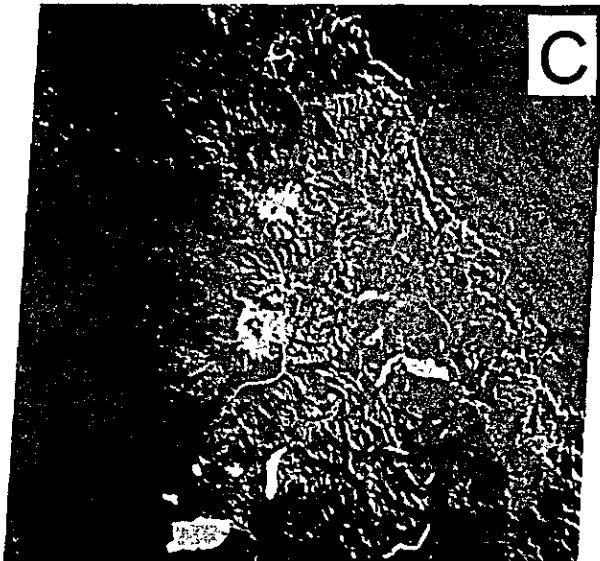
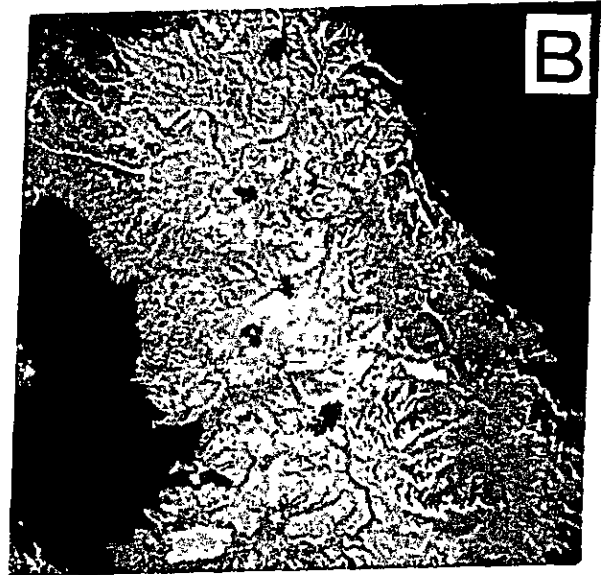
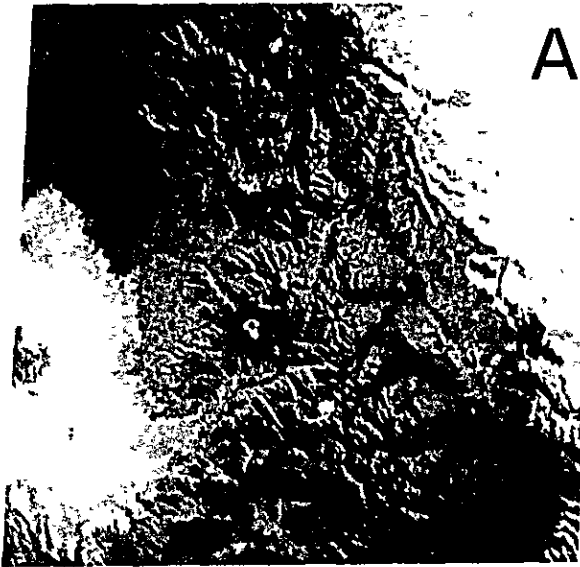
14870-001



14872-38 14872-001 14871-381 5839-381 14871-001  
 BAYR73 C S38 36/4871-33 N S38-38/4871-23 RSS R SUN EL38 RZ062 198-31Z1-R-1-N D-ZL MASA ERIS E-1224-13592-5 01

PL.I-2-2 IMAGENES LANDSAT COMPOSITIVAS DE COLORES COMPLEMENTARIOS  
 (IMAGEN TIPO INFRAROJO)  
 (Filtros azul y verde para la banda 5, rojo para la banda 7)  
 (E-1224-13590 Y E-1224-13592)





PL. I-3 IMAGENES LANDSAT COMPOSITIVAS DE COLORES ADITIVOS  
(E-1224-13592)

- A. Filtro azul para la banda 4, verde para la 5 rojo para la 6 y verde para la 7. (Todos las peliculas son positivas)
- B. Filtro rojo para las bandas 6 y 7 banda 5 sin filtro. (Todos las peliculas son negativas)
- C. Filtro verde para la pelicula positiva de la banda 7 pelicula negativa de la banda 7 sin filtro.
- D. Filtro rojo para la pelicula positiva de la banda 7 pelicula negativa de la banda 5 sin filtro.



## Capítulo 3. Resultados

### 3.1. Resumen

Los mapas geológicos publicados en esta área indican que las formaciones pre-terciarias y granitos están distribuidas en el sur y en el norte (ambas áreas fueron levantadas en este año); las otras áreas están cubiertas por rocas volcánicas formadas entre el Mioceno y el Reciente.

Dieciocho tipos de unidades geológicas se han distinguido desde imágenes LANDSAT, las cuales fueron posteriormente compiladas en 7 unidades en base a la información proveniente de los mapas geológicos publicados. Ellas son:

- (1) Unidad J: Rocas sedimentarias jurásicas (Formación Pacunto).
- (2) Unidad K: Andesitas cretácicas (Formación Abanico).
- (3) Unidad Ts: Rocas sedimentarias terciarias (Formación Pedregoso).
- (4) Unidad L: (subunidades  $L_1$  a  $L_5$ ): Rocas volcánicas neógenas a cuaternarias (Formación Cola de Zorro y Formación Sierra Nevada).
- (5) Unidad V (subunidades  $V_1$  a  $V_5$ ): Rocas efusivas recientes (Volcán Callaqui, Volcán Lonquimay, Volcán Llaima, etc).
- (6) Unidad Q (subunidades  $Q_1$  y  $Q_2$ ): Sedimentos cuaternarios.
- (7) Unidad gr (subunidades  $gr_1$  a  $gr_3$ ): Granitos.

Los lineamientos de dirección NNE-SSW son predominantes en toda el área; además son de gran longitud y continuos. También existen lineamientos NW-SE que son observados específicamente en la parte norte. Algunos de estos lineamientos coinciden con fallas principales de los mapas geológicos publicados.

### 3.2. Unidades geológicas

- 1) Unidad J. Esta unidad se distribuye en la parte sur de la región



UNIDAD	TEXTURA EN LA FOTO	CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS				VEGETACION	OBSERVACIONES	LITOLOGIA PROBABLE	CORRELACION CON DATOS CONOCIDOS		
		DRENAJE		RESISTENCIA						LINEAMIENTOS	
		MODELO	DENSIDAD	ROCA'S	PERFIL					DIRECCION	INTENSIDAD
Q2	SUAVE	MEANDRIFORME	RARA	MUY DEBIL				GENERALMENTE CULTIVADO	DEPOSITOS RECIENTES	SEDIMENTOS CUATERNARIOS	
Q1	SUAVE	PARALELO	POBRE	MEDIA		PRINCIPALMENTE 1	FALLA	A VECES CULTIVADO	DILUVIO		
V3	ASPERA	RADIAL	DENSA	FUERTE				CONSTITUYEN EL CENTRO DE UN VOLCAN	LAVA BRECHA	ROCAS VOLCANICAS RECIENTES	
V4	SUAVE	SUB-PARALELO	POBRE	MEDIA BAJA				SUPERFICIE PLANA	TOBA (CENIZA)		
V3	SUAVE	SUB-PARALELO A PARALELO	POBRE	MEDIA				DESARROLLADA EN LA ESQUINA NORESTE	LAVA		
V2	FINA	SUB-RADIAL	DENSA	FUERTE				DESARROLLADA AL PIE DE V3	ROCAS PIROCLASTICAS		
V1	RASGOS GRANDES	SUB-PARALELO	POBRE	MEDIA		PRINCIPALMENTE 2-3	FALLA DIACLASA	VALLES EN FORMA DE U	LAVA		
L3	FINA	EN FORMA DE PEÑETA	POBRE	MEDIA		PRINCIPALMENTE 1	ESTRATIFICACION DIACLASA	PUEDO OBSERVARSE ESTRATIFICACION	ROCAS PIROCLASTICAS	FORMACIONES COLA DE ZORRO Y SIERRA NEVADA	
L4	ASPERA	DENDRITICO	MEDIA	MEDIA		MUCHAS	FALLA DIACLASA	ALTERNANCIA DE CORDONES Y VALLES	LAVA		
L5	FINAMENTE ASPERA	DENDRITICO	MUY DENSA	FUERTE		MUCHAS	FALLA DIACLASA	DISEMINACION DE MUCHOS PICOS MON-TANOSOS	LAVA		
L2	FINAMENTE ASPERA	EN FORMA DE PEÑETA	MUY DENSA	FUERTE		MUCHAS	FALLA DIACLASA	ALTERNANCIA DE CORDONES Y VALLES	ROCAS PIROCLASTICAS		
L1	RASGOS GRANDES	SUB-RADIAL	POBRE	MEDIA A FUERTE		MUCHAS	FALLA	RASGOS GRANDES	LAVA		
T6	FINA	DENDRITICO	DENSA	BAJA		MUCHAS	FALLA DIACLASA (ESTRATIFICACION EN LOGICOS NO SON ALGUNAS PARTES)	LOS CONTACTOS LITO-LOGICOS NO SON CLAROS	LUTITA	F PEDREGOSO	
K	FINAMENTE ASPERA	DENDRITICO	DENSA	MEDIA		MUCHAS	FALLA A ESTRATIFICACION	VALLES Y CORDONES ESCARPADOS	LUTITA	F ABANICO	
J	MODERADA	EN FORMA DE PEÑETA	MEDIA	MEDIA		MUCHAS	FALLA DIACLASA ESTRATIFICACION	CORDONES MODERADOS	ROCAS CLASTICAS	F PACUNTO	
Q'3	FINAMENTE ASPERA	SUB-PARALELO A DENDRITICO	DENSA	MEDIA		MUCHAS	FALLA DIACLASA	PREDOMINAN LOS LINEAMIENTOS N-S	GRANITOS	ROCAS INTRUSIVAS	
Q'2	MODERADA	DENDRITICO	POBRE	MEDIA		MUCHAS	FALLA DIACLASA	VALLES Y CORDONES REDON DEADOS	GRANITOS		
Q'1	ASPERA	EN PEÑETA A DENDRITICO	DENSA	FUERTE		MUCHAS	FALLA DIACLASA	CORDONES ESCARPADOS PROFUNDOS	GRANITOS		

Tab. I-3 CUADRO DE CARACTERÍSTICAS DEL ANALISIS DE IMAGENES LANDSAT

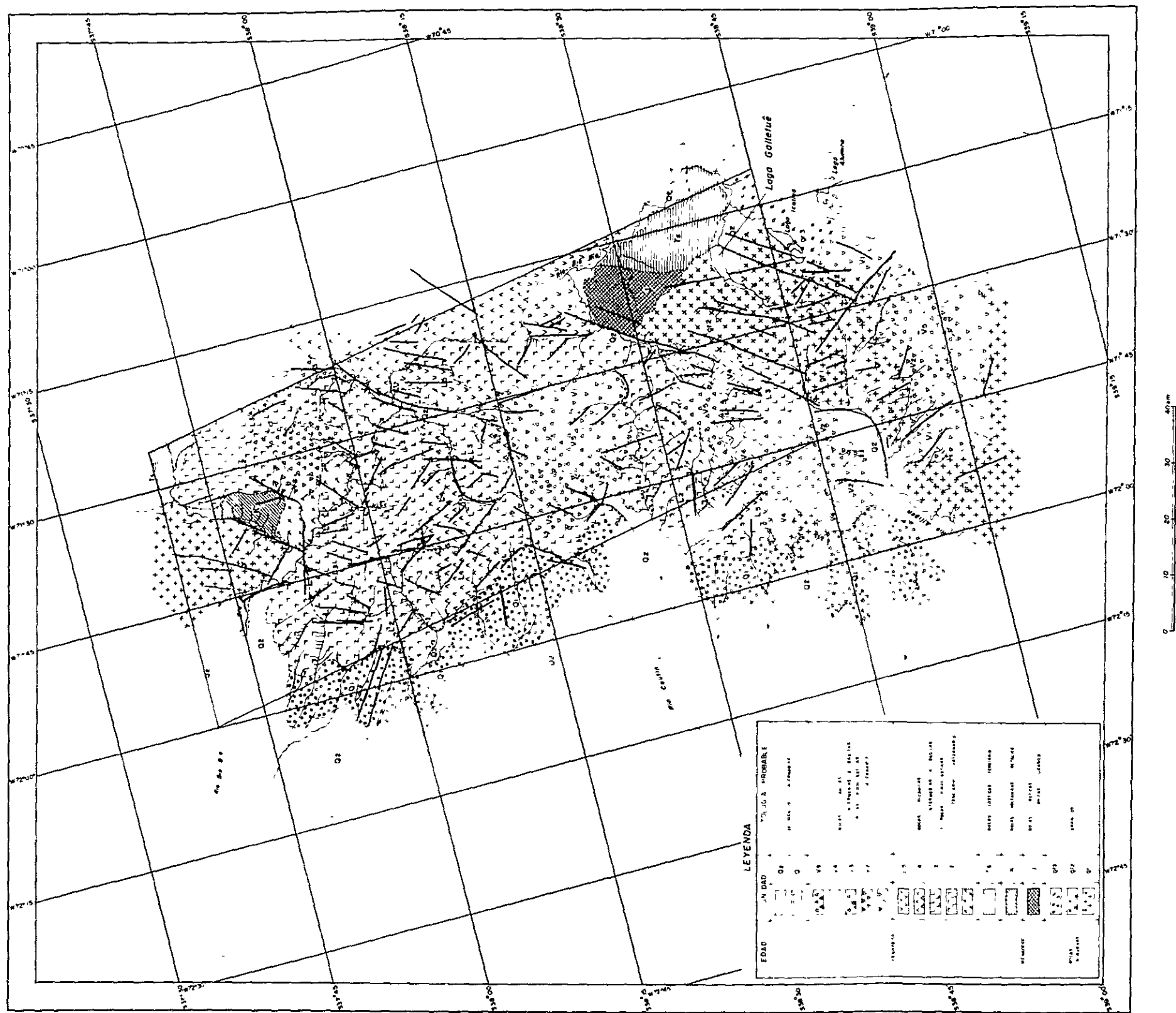


Fig. I-1 MAPA DE INTERPRETACION CON IMAGENES LANDSAT





analizada, en una pequeña área al norte y sur del Lago Galletué. Topográficamente esta unidad se caracteriza por un drenaje de densidad media y tipo dendrítico o en forma de "peineta" y resistividad media concuchillas relativamente redondeadas. Esta unidad se interpreta como rocas clásticas que coinciden con las rocas sedimentarias jurásicas, principalmente lutitas, del mapa base (Formación Pacunto).

2) Unidad K. Esta unidad se distribuye en las extensiones norte y sur del área analizada. Topográficamente se caracteriza por un drenaje denso de resistividad media y cuchillas y valles abruptos o escarpados. Esta unidad se interpretó como roca clástica, predominantemente fangolita, pero en el mapa base esta unidad coincide con las andesitas cretácicas (lavas andesíticas y rocas piroclásticas andesíticas de la Formación Abanico). La diferencia se debe a que los flujos de lava antiguos muestran algunas veces el mismo modelo de erosión que las fangolitas consolidadas.

3) Unidad Ts. Esta unidad se distribuye en la parte sur del área estudiada y al NE del Lago Galletué. La unidad se caracteriza, topográficamente, por su textura fina y un drenaje dendrítico de alta densidad y media resistividad. También presenta valles y cuchillas escarpadas. Esta unidad se interpreta como fangolita de edad relativamente joven. Ella coincide en el mapa base con rocas sedimentarias terciarias que corresponden a una alternancia de fangolitas-areniscas y rocas piroclásticas (Formación Pedregoso).

4) Unidad L. Se distribuye en una extensa parte en el centro del área analizada y se compone de 5 sub-unidades las cuales se interpretan como compuestas de flujos de lava y rocas piroclásticas o ambas. En el mapa base esta



unidad coincide con rocas volcánicas de edad neógena a cuaternaria (flujos de lava andesíticas a basálticas y piroclásticas que en el norte corresponden a la Formación Cola de Zorro y en el sur de la Formación Sierra Nevada).

Las rocas y las características topográficas de cada subunidad son descritas a continuación:

a) Subunidad L<sub>1</sub>. Esta subunidad se caracteriza por relieves abruptos y un drenaje subradial de baja densidad y resistividad media a fuerte. Se interpreta la subunidad como los flujos de lava más jóvenes comprendidos en la unidad L.

b) Subunidad L<sub>2</sub>. Se caracteriza por una textura finamente áspera de forma de peineta con un drenaje de muy alta densidad y fuerte resistividad. Esta subunidad se interpreta como roca piroclástica.

c) Subunidad L<sub>3</sub>. Se caracteriza por una textura finamente áspera y drenaje dentrítico de alta densidad y fuerte resistividad. Esta unidad se interpreta como flujo de lava más antiguo comprendido en la unidad L.

d) Subunidad L<sub>4</sub>. Esta subunidad está caracterizada por una textura áspera y un drenaje dentrítico de densidad media y resistividad media y valles y cuchillas relativamente redondeados. Esta unidad se interpreta como flujos de lava.

e) Subunidad L<sub>5</sub>. Se caracteriza por una textura fina en forma de peineta con drenaje de baja densidad, resistividad media, algunas veces presenta lineamientos que se asumen pueden corresponder a estratificación. Esta subunidad se interpreta como rocas piroclásticas.

5) Unidad V. Esta unidad forma los cuerpos volcánicos (Volcán Callaqui, Volcán Lonquimay, Volcán Llaima, etc) los cuales se distribuyen desde el



vértice NE hasta el vértice SW del área estudiada. Esta unidad ha sido subdividida en 5 subunidades ( $V_1$  a  $V_5$ ). Todas estas subunidades se interpretan como rocas volcánicas efusivas. Las características topográficas y las rocas componentes de cada subunidad se presentan a continuación:

a) Subunidad  $V_1$ . Esta subunidad se caracteriza por relieves abruptos y drenaje subparalelo de baja densidad y resistividad media. Esta unidad se interpreta como flujo de lava.

b) Subunidad  $V_2$ . Se caracteriza por su textura fina y un drenaje subradial de alta densidad y fuerte resistividad. Normalmente se distribuye en los pies de los volcanes y tiene poca vegetación. Esta subunidad se interpreta como brecha volcánica.

c) Subunidad  $V_3$ . Esta subunidad se distribuye en el vértice NE del área en estudio, en la base del Volcán Copahue. Se caracteriza por una textura moderada con drenaje subparalelo, baja densidad y resistividad media. Esta subunidad se interpreta como flujo de lava.

d) Subunidad  $V_4$ . Esta subunidad se caracteriza por drenaje subparalelo de baja densidad, resistividad media a baja y cuchillas relativamente planas. Se interpreta como brecha volcánica.

e) Subunidad  $V_5$ . Topográficamente se caracteriza por una textura áspera y drenaje radial de alta densidad y resistividad alta. Normalmente no tiene vegetación. Esta subunidad se distribuye en el centro de los volcanes de tal manera que es interpretada como flujos de lava y brechas volcánicas, correspondientes a la actividad volcánica más reciente.



6) Unidad Q. La unidad se distribuye a lo largo de los ríos principales y lagos; tiene además amplia distribución en la parte adyacente al área por el oeste y fuera de ella formando planicies. Consiste de dos subunidades  $Q_1$  y  $Q_2$ , las cuales se interpretan como sedimentos cuaternarios con diferentes altura topográfica y resistividad,  $Q_1$  son depósitos de terrazas altas y  $Q_2$  son depósitos aluviales.

7) Unidad gr. Se distribuye en el norte y sur del área analizada. Esta unidad consiste en 3 subunidades ( $gr_1$  a  $gr_3$ ) todas interpretadas como granitos. Las características topográficas de cada subunidad son las siguientes:

a) Subunidad  $gr_1$ . Se caracteriza topográficamente por una textura áspera con drenaje dendrítico o en forma de "peineta" de densidad media y fuerte resistividad.

b) Subunidad  $gr_2$ . Esta subunidad se caracteriza topográficamente por una textura moderada y un drenaje subparalelo de alta densidad.

c) Subunidad  $gr_3$ . La subunidad  $gr_3$  se caracteriza topográficamente por una textura finamente áspera con drenaje subparalelo y dendrítico denso.

### 3.3. Estructura geológica

1) Pliegues. El estudio del área indica que está casi cubierta por rocas volcánicas del Neogeno al Reciente, de tal manera que es difícil ver estratificación. En este análisis se observaron pliegues a gran escala.

2) Lineamiento. Los lineamientos de dirección NNE-SSW o NW-SE son predominantes en el área analizada. También se pueden observar lineamientos





de dirección NS y WNW-ESE.

Los lineamientos NNE-SSW son los principales del área especialmente en la parte sur donde se distribuyen las formaciones pre-terciarias y los granitos. Uno de los lineamientos más conspicuo NNE-SSW se extiende desde el vértice sur del área pasando por el pueblo de Lonquimay. Este lineamiento alcanza una longitud de 40 km en el área estudiada. En su parte sur, este lineamiento constituye la línea de separación entre granito y rocas sedimentarias jurásicas con rocas volcánicas.

En la parte norte del área, donde también se distribuyen granitos y formaciones pre-terciarias, los lineamientos NNE-SSW son predominantes. Algunos de ellos se extienden fuera del área continuando hacia el norte.

Los lineamientos de dirección NW-SE son escasos en el sur, concentrándose en la parte norte del área. Estos lineamientos destacan claramente en rocas volcánicas del Neogeno a Cuaternario y se extienden fuera del área, hacia el W, donde cortan también sedimentos cuaternarios.

### 3) Estructuras en arco

Algunas estructuras con forma de arco se observan en el área; ellas se distribuyen alrededor de la base de los cuerpos volcánicos cuaternarios armonizando con ellos en forma de estructuras concéntricas.



#### Capítulo 4. Discusión

La interpretación de este análisis obtuvo 18 tipos de unidades geológicas. Posteriormente y por comparación con los datos geológicos publicados ellas fueron compiladas en 7 unidades. Ellas consisten de rocas sedimentarias jurásicas, andesitas cretácicas, rocas sedimentarias terciarias, rocas volcánicas neogenas a cuaternarias, rocas efusiva volcánicas del Reciente, sedimentos cuaternarios y granitos.

Los lineamientos son predominantemente de dirección NNE-SSW y de gran longitud. En el norte se observan también lineamientos de dirección NW-SE; los cuales cortan también sedimentos cuaternarios, varios de ellos coinciden con fallas mapeadas en las cartas geológicas publicadas.

Respecto a la mineralización, en el área se conocía la relación entre pórfidos cupríferos con granitos y mineralización en vetas y diseminada asociada a andesitas cretácicas. Este análisis estableció que las volcanitas preterciarias y granitos se distribuyen en las partes norte y sur del área mientras que la parte central está cubierta por rocas volcánicas, posteriores al Neogeno, de tal manera es posible concluir que los futuros estudios de geología económica se desarrollarán primeramente en las extensiones norte o sur del área.



## I-II. INTERPRETACION DE FOTOGRAFIAS AEREAS

### Capítulo 1. Generalidades

Esta interpretación fué realizada en las áreas del Río Queuco y Sierra Nevada donde se desarrolló el trabajo de terreno para obtener la carta geológica escala 1:50.000. El número de fotografías aéreas usadas fueron 32 para cada una de las áreas.

La interpretación fué dibujada en transparente sobre cada fotografía y posteriormente compilada en el mapa topográfico a escala 1:50.000.

En esta interpretación se distinguieron 5 unidades geológicas en el área del Río Queuco y 6 unidades geológicas en el área de Sierra Nevada. Los lineamientos NNE-SSW son predominantes en las dos áreas.

Los resultados fueron llevados a terreno con el fin de ayudar a la investigación.



Capítulo 2. - Interpretación

2.1. Fotografías aéreas usadas

Tab. I-4 FOTOGRAFÍAS AERÉAS USADAS

Area Río Queuco				
Rumbo	Número de Foto	Cantidad de Fotos	Fecha	Dirección de Vuelo
32-S	525-2923 } 2932	10	12-Dic-1961	N → S
31-N	525-3009 } 3016	8	12-Dic-1961	S → N
30-S	525-3054 } 3061	8	12-Dic-1961	N → S
29-N	526-3184 } 3189	6	12-Dic-1961	S → N
Area Sierra Nevada				
Rumbo	Número de Foto	Cantidad de Fotos	Fecha	Dirección de Vuelo
34-S	524-2835 } 2842	8	11-Dic-1961	N → S
33-N	524-2854 } 2861	8	11-Nov-1961	S → N
32-S	525-2942 } 2949	8	12-Dic-1961	N → S
31-N	525-2990 } 2997	8	12-Dic-1961	S → N





## 2.2. Metodo de análisis

En el transparente dispuesto sobre cada foto y usando la imagen estereoscópica se volcó el drenaje, los lineamientos, la estratificación, etc. Después se compilaron estos datos en un mapa topografico a escala 1:50.000. Finalmente se confeccionó un cuadro con las características aerofotográficas que incluyó la textura observada en las fotos y las características topográficas de cada unidad. Como mapa base fué utilizado el mismo mapa geológico a escala 1:250.000, usado en el análisis de los datos LANDSAT.



## Capítulo 3. Resultados

### 3.1. Resumen

En la interpretación fotogeológica se distinguieron 5 unidades en el área de Río Queuco y 6 unidades en el área de Sierra Nevada.

Mediante comparación con los mapas geológicos publicado, ellas fueron definidas del siguiente modo (de mas antiguo a mas nuevo):

#### Area Río Queuco

- 1) Unidad Kn andesitas cretácicas (Formación Abanico)
- 2) Unidad Ln volcanitas neogenas y cuaternarias (Formación Cola de Zorro).
- 3) Unidad Vn Rocas efusivas volcánicas del reciente (Volcán Callaqui).
- 4) Unidad Qn sedimentos cuaternarios
- 5) Unidad grn granitos

#### Area Sierra Nevada

- 1) Unidad Js rocas sedimentarias jurásicas (Formación Pacunto).
- 2) Unidad Ks andesitas cretácicas (Formación Abanico).
- 3) Unidad Ts rocas sedimentarias terciarias (Formación Pedregoso).
- 4) Unidad Ls rocas volcánicas neogenas a cuaternarias (Formación Sierra Nevada).
- 5) Unidad Qs sedimentos cuaternarios
- 6) Unidad grs granitos

Los lineamientos predominantes son de dirección NNE-SSW en las dos áreas.



Tab. I-5 CUADRO DE CARACTERISTICAS FOTOGEOLÓGICAS

UNI- DAD	TEXTURA EN LA FOTO	CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS						VEGETA CIÓN	OBSERVACIONES	LITOLÓGIA PROBABLE	RESULTADO DE LA INVESTIGACION EN TERRENO
		DRENAJE		RESISTENCIA		LINEAMIENTOS					
		MODELO	DENSIDAD	ROCAS	PERFIL	DIRECCION	INTENSIDAD				
AREA DEL RIO OUEUCO											
0 <sup>n</sup>	SUAVE		RARA	DEBIL		/	/	MEDIA	GENERALMENTE CULTIVADO	SEDIMENTOS CUATERNA - RIOS	TERRAZAS Y DEPOSITOS ALUVIALES
1 <sup>n</sup>	FINAMENTE ASPERA		DENSA	FUERTE		/	/	POCA A MEDIA	CONSTITUYEN EL CENTRO DE UN VOLCAN	COLADAS DE LAVA BRECHAS VOLCANICAS	POCAS EFUSIVAS DEL VOLCAN CALLAQUI
2 <sup>n</sup>	RASGOS GRANDES		MEDIA	FUERTE		MUCHAS	FALLA DIACLASA ESTRUCTURA DE FLUJO	DENSA	PERIFERICAS A EL V <sup>n</sup>	COLADAS DE LAVA	FORMACIONE ( LAVAS COLA DE ZORRO ANDESITICAS Y ROCAS PIROCLASTICAS )
3 <sup>n</sup>	FINA		MUY DENSA	MEDIA		2 ( PREDOMI- NANTES )	FALLA DIACLASA ESTRUCTURA DE FLUJO	DENSA	DRENAJE MUY DENSO	ROCAS CLASTICAS	FORMACIONES ABANICO ( ANDESITAS ALTERADAS Y ROCAS PIROCLASTICAS )
4 <sup>n</sup>	ASPERA		MEDIA	MUY FUERTE		2 ( PREDOMI- NANTES )	FALLA DIACLASA	POCA	CRESTAS ABRUPTAS Y ARROYUELOS PROFUNDOS	GRANITOS	GRANITOS
0 <sup>s</sup>	SUAVE		RARA	DEBIL		/	/	MEDIA	GENERALMENTE HIJO Y EXPLOTACION MADERERA	SEDIMENTOS CUATERNA- RIO	TERRAZAS Y DEPOSITOS ALUVIAL
1 <sup>s</sup>	GRUESA ASPERA		MEDIA	MEDIA		MUCHAS	FALLA DIACLASA	DENSA	CORDONES MODERADOS	COLADAS DE LAVA	F SIERRA NEVADA
2 <sup>s</sup>	FINAMENTE ASPERA		DENSA	MEDIA		MUCHAS	FALLA DIACLASA ESTRATIFI- CACION	DENSA	GENERALMENTE USADAS PARA PRADERA	ROCAS SEDIMEN - TARIAS	F PEDREGOSO
3 <sup>s</sup>	FINA		MEDIA	FUERTE		MUCHAS	FALLA DIACLASA	DENSA	LIMITES LOS NO SON CLAROS	COLADAS DE LAVA	F ABANICO
4 <sup>s</sup>	FINA		MEDIA	FUERTE		MUCHAS	FALLA DIACLASA ESTRATIFI- CACION	DENSA	CORDONES ESCARPADOS	ROCAS SEDIMEN - TARIAS	F PACUNTO
5 <sup>s</sup>	RASGOS GRANDES		MEDIA A REQUIJAR	FUERTE		MUCHAS	FALLA DIACLASA	MEDIA A POCA	FUERTE RESISTIVIDAD MAL DESARROLLO DEL DRENAJE	GRANITOS	GRANITOS



El resultado del trabajo de terreno mostró coincidencia con la interpretación fotogeológica; las diferencias de detalles se deben a que el área está muy cubierta por vegetación de modo que la expresión topográfica de los límites de cada unidad no son claros.

La relación entre los resultados de la interpretación de los fotografías aéreas y los del trabajo de terreno se describen en 3.2 y 3.3.

### 3.2. Unidades geológicas

#### 1) Area Río Queuco

Unidad Kn. Esta unidad es topográficamente caracterizada por un drenaje dendritico de alta densidad y resistividad media. Esta unidad se interpretó como fangolita, pero en el trabajo geológico de terreno coincidió con las lavas andesíticas cretácicas y rocas piroclásticas de la Formación Abanico. La diferencia se debe a que las lavas antiguas muestran el mismo modelo de erosión que las fangolitas bien consolidadas.

Unidad Ln. Esta unidad tiene como característica topográfica una textura de relieves abruptos y drenaje subparalelo y fuerte resistividad. Fue interpretada como flujos de relativamente poca edad y coincidió en el levantamiento geológico con las rocas volcánicas del Neogeno a Cuaternario asignadas a la Formación Cola de Zorro.

Unidad Vn. Forma cuerpos volcánicos y está topográficamente caracterizada por drenaje radial de alta densidad y fuerte resistividad. Esta unidad se interpreta como rocas efusivas volcánicas recientes; correspondió en el estudio geológico con las rocas efusivas del Volcán Callaqui.





Unidad Qn. Esta unidad se distribuye a lo largo de los ríos principales y se interpreta como depósitos de terraza y aluviales.

Unidad grn. Esta unidad se caracteriza topográficamente por textura áspera, drenaje en textura de hoja y muy fuerte resistividad. Se interpreta como granito y coincide con las granodioritas y tonalitas del trabajo de terreno.

## 2) Area de Sierra Nevada

Unidad Js. Esta unidad se caracteriza topográficamente por un drenaje de densidad media en forma de "peineta", con fuerte resistividad y cuchillas escarpadas. Esta unidad se interpreta como rocas clásticas y coincide con las rocas sedimentarias jurásicas mapeadas en terreno.

Unidad Ks. Esta unidad se caracteriza topográficamente por un drenaje subparalelo de alta densidad y resistividad media. Se interpreta como lavas y coincide con las andesitas cretácicas de la Formación Abanico.

Unidad Ts. Esta unidad se caracteriza topográficamente por drenaje subparalelo de alta densidad y resistividad media. Se interpreta como fangolita y coincide con las rocas sedimentarias terciarias de la Formación Pedregoso.

Unidad Ls. Esta unidad se caracteriza topográficamente por su drenaje subparalelo dendrítico de densidad y resistividad media. Se interpreta como flujos de lava relativamente joven; coincide con las rocas volcánicas neogenas a cuaternarias (Formación Sierra Nevada) del trabajo del terreno.

Unidad Qs. Esta unidad se distribuye a lo largo de los ríos principales y lagos; se interpreta como depósitos de terrazas y aluvio.

Unidad grs. Se caracteriza topográficamente por drenaje de densidad



baja a media en forma de hoja. Se interpreta como granito y coincide con las tonalitas y dioritas cuarcíferas del levantamiento de terreno.

### 3.3. Estructura geológica

La mayor parte de las dos áreas tienen granitos distribuidos conjuntamente con una densa cubierta de vegetación de tal manera que es difícil obtener de las fotos aéreas datos sobre estratificación y otras estructuras. Por esta razón los plegamientos no han sido constatados en esta interpretación.

Los lineamientos de direcciones NNE-SSW y NS son predominantes en las dos áreas. Ellos cortan las rocas volcánicas más jóvenes y sedimentos cuaternarios, sus trazas se corresponden muy bien con la topografía. Entre los lineamientos principales hay 3 de ellos que coinciden en las fallas principales observadas en terreno. En el área del Río Queuco, destacan los lineamientos que coinciden con el Estero Pirquinco y la Laguna Cañicura y el que pasa por el Río Pangue y el Río Otué; mientras que en el área de Sierra Nevada destaca el lineamiento que pasa a lo largo del Río Quinquén.



## Capítulo 4. Discusión

Esta interpretación ha permitido distinguir 5 unidades en el área del Río Queuco y 6 unidades en el área de Sierra Nevada. Ellas consisten de andesitas cretácicas, rocas volcánicas neogenas a cuaternarias, rocas efusivas volcánicas del Reciente, sedimentos cuaternarios y granito en el área de Río Queuco y rocas sedimentarias jurásicas, andesitas cretácicas, rocas sedimentarias terciarias, rocas volcánicas neogenas a cuaternarias, sedimentos cuaternarios, y granito en el área de Sierra Nevada.

Los lineamientos predominantes y principales son de dirección NNE-SSW en ambas áreas, aunque también son importantes los de dirección NW-SE en el área del Río Queuco.

Algunas de ellas coinciden con las fallas principales observadas en el trabajo de terreno.

En esta interpretación no han sido detectadas zonas favorables para contener mineralización.



PARTE II  
GEOLOGIA Y GEOQUIMICA DEL AREA  
RIO QUEUCO





## II-I. GENERALIDADES

### Capítulo 1. Antecedentes sobre el Area Río Queuco

En 1975 el IIG terminó el levantamiento geológico a escala 1:250.000 y la prospección geoquímica regional de la región cordillerana de la provincia de Bío-Bío, trabajo que abarcó el área del Río Queuco y la antigua mina de cobre Curacarel. Este estudio concluyó que existían posibilidades para encontrar yacimientos de cobre tipo "manto" en la Formación Abanico y yacimientos del tipo "pórfidos cupríferos" en el granitoide que afloraba en el sector (Serrano, 1975). Las recomendaciones precedentes estaban avaladas por los numerosos afloramientos con mineralización cuprífera que habían sido reconocidos en el área.

Desde el punto de vista geológico-regional el área Río Queuco esta situada entre los Prospectos Galletué y San José, ambos con interes economico, por lo cual su estudio permitiría disponer de nuevos antecedentes sobre el control regional de la mineralización, lo que junto al relativamente fácil acceso, recursos naturales abundantes e infraestructura adecuada, la hacen atractiva para la exploración.



## Capítulo 2. Geografía

### 2.1. Ubicación

El área de trabajo "Río Queuco" comprende una superficie de 551 km<sup>2</sup> encerrada en un polígono de 5 lados, dos de cuyas aristas están orientadas norte-sur (límites este y oeste del área), otras dos orientadas este-oeste (límites norte-sur) y la quinta con dirección noroeste-sureste, según el curso del río Bío-Bío.

Administrativamente la zona estudiada está ubicada en la comuna de Santa Bárbara, provincia de Bio-Bío, VIII Región.

### 2.2. Topografía

El área estudiada está situada en la Cordillera de Los Andes, se caracteriza por un relieve abrupto con diferencias de cotas superiores a 1000 mts entre los fondos de valles y las cumbres más altas. Desde el punto de vista morfológico, el río Queuco, principal cauce de la región, divide la zona en 2 partes que coinciden con las principales unidades geológicas reconocidas:

- 1) Sector Norte: predominio de rocas intrusivas con modelado glaciar caracterizado por abruptos picos que alcanzan 1800 m.s.n.m.
- 2) Sector Sur: predominio de rocas volcánicas y granitoides cubiertos por coladas de lavas y piroclásticos en posición horizontal a sub-horizontal; este hecho explica la existencia de un relieve suave en las partes altas aún cuando las rocas están disectadas por profundas quebradas. En la posición más oriental del área, al sur del río Pangué, la topografía ha sido controlada por los flujos de lavas del volcán Callaqui, que constituye la cumbre más sobresaliente de la región (3080 m.s.n.m.).



El drenaje principal en el área lo forma el sistema del río Bío-Bío cuyo cauce se desarrolla en dirección sureste-noroeste. A él fluyen perpendicularmente los sistemas de 2° orden entre los cuales cabe mencionar los ríos Queuco y Pangué. Estos cauces mayores están relacionados con las principales estructuras de la zona.

### 2.3. Clima y vegetación

La zona estudiada se caracteriza por su clima cordillerano con fuertes variaciones térmicas anuales (13°C), con isotermas que fluctúan entre 19°C y 20°C en enero y entre 6° y 7°C en julio. Los meses comprendidos entre abril y septiembre deben calificarse como lluviosos, a partir de octubre las lluvias disminuyen. Las precipitaciones que caen en la cordillera en los meses de invierno es en forma de nieve, lo que influye en las bajas temperaturas del área. No se dispone de antecedentes pluviométricos en el Queuco, pero para Laguna de la Laja, situada a 30 km al norte del área estudiada, la precipitación media anual (lluvia y nieve) alcanza a 2500 mm en invierno y 200 mm en verano; en Quilaco a 35 km al oeste de la unión de los ríos Queuco y Bío-Bío, la precipitación media anual es de 1643 mm (Almeyda y Saez, 1958).

Desde el punto de vista vegetacional, la región estudiada es ubicada como zona de transición entre el paisaje de estepa que se desarrolla hacia el norte y el bosque verdadero, con características hidromórficas que se extiende hacia el sur. Su característica es el desarrollo de un matorral denso en el que se reconocen, entre otras, *Aristotelia chilensis* (maqui), *Ugni molinae* (murtilla), *Chusquea* (colihue); enclavado en esta asociación arbustiva se desarrollan bosques con *Drumys winteri* (canelo); *Nothofagus obliqua* (roble), *Cryptocaria alba* (peumo), *Gerruina avellana* (avellano). En las zonas altas y en relación directa



con la menor temperatura ambiental y en suelos con buen drenaje y poco profundo, se desarrolla la *Araucaria araucana* (Pehuén o araucaria), remanente vivo de especies fósiles encontrados en la Antártica y América del Sur.

#### 2.4. Acceso

El acceso mediante vehículos al área de trabajo es posible a través del camino ripiado de 45 km que une la localidad de Santa Bárbara con Bío-Bío (Ralco), situada próximo a la confluencia de los ríos Bío-Bío y Ralco. A partir de la confluencia de estos dos ríos, el camino se ramifica permitiendo el acceso con vehículo a diferentes puntos del área, así, un camino en malas condiciones sigue por la orilla norte del río Quenco hasta el fundo Los Cheuques (11 km); desde la localidad de Bío-Bío (Ralco) el camino se bifurca continuando una ramificación por la orilla sur del Queuco hasta el río Otué (14 km) y la otra por la ribera norte del río Bío-Bío, río Pangue y ladera norte del volcán Callaqui. La angosta franja marginal mapeada al lado sur del Bío-Bío es accesible a través de un sendero en regulares condiciones que sigue el curso del río Bío-Bío, desde Santa Bárbara hasta frente el desague del río Pangue. A partir de los caminos principales señalados, toda la zona es accesible con caballares a través de las numerosas huellas y senderos existentes.

#### 2.5. Recursos naturales

Los recursos naturales de la zona pueden considerarse satisfactorios; es fácil conseguir carne bovina y traer vegetales desde la zona central (Los Angeles y Santa Bárbara). Los recursos hídricos son abundantes contemplándose la construcción de un complejo hidroeléctrico en los ríos Bío-Bío y Queuco. Para el transporte en la cordillera es fácil obtener caballares y buenos baquianos; la obra de mano es abundante y relativamente buena.





### Capítulo 3. Método de Trabajo

El método de trabajo siguió la siguiente secuencia:

1. Estudio de las imágenes LANDSAT entre las latitudes 37°45' sur y 38°45' sur y las longitudes 71°15' oeste y 71°45' oeste, mediante: a) interpretación a partir de imágenes blanco y negro, b) interpretación a partir de imágenes en color compuesta (color natural y falso color) y c) imágenes compuestas con color aditivo.
2. Interpretación geológica de fotos aéreas a escala 1:50.000 (Proyecto Aerofotogramétrico de Chile, 1961).
3. Levantamiento geológico y geoquímico regional a escala 1:50.000 del área usándose como base topográfica las cartas 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar.
4. Levantamiento geológico de detalle, a escala 1:10.000 en un área de 35 km<sup>2</sup> alrededor de la mina Curacarel.
5. Muestreo en suelos según una cuadrícula con líneas cada 250 metros y puntos cada 50 metros en un área de 2 km<sup>2</sup> en el sector de la mina Curacarel.

Las muestras tomadas fueron estudiadas en los laboratorios del IIG por los métodos clásicos de química analítica y microscopía de secciones transparentes y pulidos.



## II-II. GEOLOGIA Y GEOQUIMICA REGIONAL

### Capítulo 1. Geología

#### 1.1. Generalidades

Las secuencias estratificadas expuestas en el área estudiada están constituidas por rocas volcánicas y sedimentarias y depósitos clásticos no consolidados, cuyas edades están comprendidas entre el Aptiano y el Reciente.

Estas secuencias están afectadas por intrusivos de composiciones variables de andesitas a dacitas, los cuales fueron emplazados entre el Santoniano superior y el Mioceno superior.

Los esfuerzos tectónicos que han afectado a las rocas expuestas en el área han originado discordancias, pliegues y fallas. Estos esfuerzos tectónicos estarían relacionados con las fases compresivas Larámica (Cretácico Superior-Terciario Inferior) y Pontoniana o Quechua (Mioceno Medio a Superior) y a procesos distensivos ocurridos posiblemente desde el Cretácico Superior al Reciente.

En el área existen varias zonas de alteración hidrotermal, una de las cuales, el Prospecto Otué, presenta asociada mineralización de cobre y molibdeno. El resto de los yacimientos del área corresponden en su mayoría a cuerpos vetiformes de pequeñas dimensiones con mineralización de plomo, zinc y cobre.

#### 1.2. Estratigrafía y litología

Aproximadamente un 60% del área estudiada está constituida por secuencias estratificadas, constituidas por rocas volcánicas, sedimentarias y depósitos clásticos no consolidados.



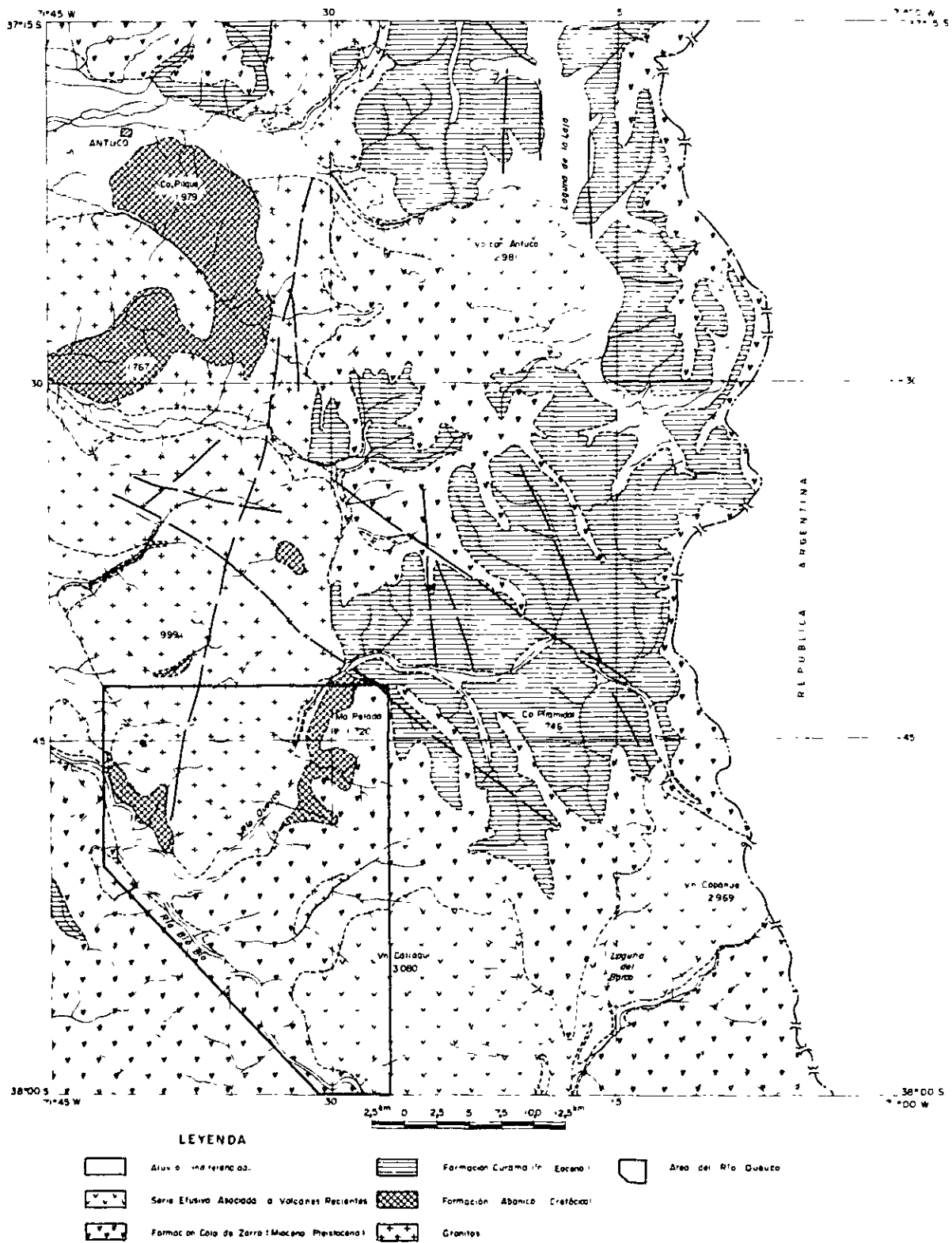


Fig. II-1 MAPA GEOLOGICO REGIONAL COMPARADO CON SERRANO (1975)



Tab. II-1 COLUMNA GEOLOGICA GENERALIZADA DEL AREA RIO QUEUCCO

Era	Periodo	Etapa	Formación	Columna Geológica Modificada	Nombre Litológico	Espesor	Mineralización y Alteración	Edad Radiométrica Método K - Ar
Cenozoico	Cuaternario	Mioceno Plioceno	Aluvio Coluvio Depósito de Terraces		Arenas Gravas Limo Gravas Arena	100 ± m		
			Rocas Erosivas Volcán Colloqui		Lavas Andesíticas			
Cenozoico	Terciario	Mioceno Plioceno	Formación Cala de Zona		Lavas Andesíticas y/o Basálticas Tobas Brechosas Andesíticas y/o Basálticas	800 ± m		Batolito de Toncira 12,03 ± 0,36 m.a
			Estratos de Otusá		Tobas Andesíticas Limo Tobas Andesíticas	200 ± m		Stack de Diarita 55,34 ± 1,88 m.a Stack de Diarita de Hornblenda 64,90 ± 3,07 m.a Batolito de Granodiorita 76,150 ± 1,83 m.a
Mesozoico	Cretácico	Aptiano-Campanero Inferior	Formación Abanca		Tobas Brechosas Andesíticas Granodioritas Lavas Andesíticas	800 + m	Diseminación y venillas (Mina Curacane, etc.) Alteración Tipo Cobre Porfídico (Prospecta Ché, etc.) Silificación con Pirita Diseminada	(Los stocks descriptos arriba se encuentran en las partes marginales de los granodioritas)





Las secuencias individualizadas en el presente estudio, citadas de más antiguo a más nuevo son:

Formación Abanico (Aptiano-Cenomaniano)

Estratos de Otué (Eoceno)

Formación Cola de Zorro (Mioceno Superior-Pleistoceno Inferior).

Serie Efusiva Callaqui (Pleistoceno Superior-Reciente)

1) Formación Abanico

(1) Definición y relaciones estratigráficas

La Formación Abanico fue definida por Aguirre (1960), en la cordillera andina de la V Región, como una secuencia de volcanitas y sedimentitas clásticas terrígenas. Posteriormente, González y Vergara (1962), en base a consideraciones tectónicas, estratigráficas y litológicas, dan el mismo nombre a una secuencia volcánica-sedimentaria, que presenta una importante distribución areal en la cordillera de Los Andes comprendida entre los 35° y 38° lat. sur, área en cuyo extremo sur se enmarca la zona del presente estudio. Por esta razón y debido a que se carecen de otros antecedentes que permitan definir una nueva formación, es que se mantiene el nombre Formación Abanico para denominar a una secuencia de flujos lávicos y depósitos volcánico-clásticos expuestos en el Area del Río Queuco.

La base de la Formación Abanico no aflora en el área, su techo corresponde a la Formación Cola de Zorro, de edad Mioceno Superior, Pleistoceno Inferior, a la cual subyace con discordancia angular.

(2) Distribución, litología y espesor

Los afloramientos de la Formación Abanico aparecen distribuidos en



numerosos lugares del área, especialmente en los sectores en que la erosión ha sido más efectiva, eliminando las secuencias post-Abanico, esto es según los curso de drenaje principales tales como los ríos Bío-Bío, Pangué, Queuco y Otué. El principal grupo de afloramientos conforma una franja de elongación NE, de una extensión de aproximadamente 8 km, y de un ancho del orden de 2 km., situada en la ribera norte del río Bío-Bío, entre los esteros La Aguada y Quebrada Honda. Un segundo sector importante de afloramientos se sitúa al oriente del río Queuco, entre el estero Copiuco y el borde norte del área estudiada.

La Formación Abanico está constituida fundamentalmente por lavas andesíticas y en menor parte por tobas, predominando estas últimas en la parte oriental del área. La secuencia volcánica presenta en general una débil estratificación, definida por bancos de gran potencia. Las andesitas, de colores variables entre gris y verde, presentan generalmente textura porfídica y en menor parte afanítica, con el desarrollo ocasional de estructuras de flujo. En las rocas porfíricas, que son las más comunes, la textura de la masa fundamental varía de intergranular a subtraquítica y está constituida por un agregado microcristalino de cuarzo y feldespato, probable producto de un proceso de desvitrificación y además granos de mineral opaco, clorita, epidota y calcita, estos tres últimos como productos de alteración. Los fenocristales corresponden en su gran mayoría a plagioclasa y en menor proporción a piroxeno y hornblenda, pudiendo estos últimos estar ausentes. La plagioclasa y ferromagnesianos están total o parcialmente reemplazados por epidota, clorita y calcita y en menor parte por sericita y zeolita. Algunas muestras presentan amígdalas rellenas con cuarzo y cuarzo-epidota. Biotita secundaria aparece en



algunos sectores próximos al contacto con cuerpos intrusivos.

Las tobas presentan textura clástica formada por fragmentos subredondeados de rocas volcánicas de textura traquítica a granofírica, además de cristales de plagioclasa. La matriz corresponde a pequeños fragmentos de rocas volcánicas fuertemente alterados a clorita y sericita. Cuarzo, biotita secundaria y zeolita se presentan ocasionalmente.

Pequeños lentes de tobas cristalinas, no mapeables, aparecen intercaladas entre las tobas líticas. Se caracterizan por una textura clástica muy fina compuesta de plagioclasa argilizada y cuarzo de formas redondeadas y a veces con embahiamientos. La masa fundamental corresponde a un agregado microcristalino de cuarzo y feldespato, además de sericita y calcita.

En algunos sectores, correspondiente al contacto con rocas intrusivas, se produce una fuerte silicificación de las rocas de la Formación Abanico, a la cual está asociada pirita en forma diseminada y en venillas.

Al sur del río Otué, la Formación Abanico tiene un espesor del orden de 800 m., el que debe ser considerado mínimo, puesto que en el área no aflora la base de la secuencia.

### (3) Edad y Correlaciones

Al oriente del río Queuco, andesitas de la Formación Abanico aparecen intruídas por rocas granodioríticas pertenecientes a un batolito que se extiende hacia el norte, fuera del área estudiada. La datación de un concentrado de anfíbola y biotita por el método K/Ar de una muestra de granodiorita dió una edad absoluta de  $76,50 \pm 1,83$  m. a., lo que permite asignarle a la Formación Abanico una edad mínima, en la zona, Campaniano Inferior. En el área estudiada no se dispone de antecedentes que posibiliten fijar una edad máxima a la



Formación Abanico. González y Vergara (1962) asignan tentativamente una edad máxima Post-Neocomiana a la Formación Abanico, en base a su posición suprayacente, al norte del área del presente estudio, sobre las formaciones Colimapu y Plan de los Yeuques, de probables edades Neocomiano Superior.

En base a lo anterior, se asigna tentativamente a la Formación Abanico una edad Aptiano-Campaniano Inferior, aun cuando en el Area Sierra Nevada por determinaciones radiométricas del intrusivo se le asigne al Aptiano-Cenomaniano.

La Formación Abanico se correlaciona por su probable cronología y litología con la Formación Coya-Machali (Klohn, 1960), expuesta en la cordillera andina de la VI Región y con la Formación Curarrehue (Aguirre y Levi, 1964), al oriente de la ciudad de Pucón.

## 2) Estratos de Otué

### (1) Definición y relaciones estratigráficas

Se designa con el nombre serie estratificada eocena a una secuencia estratificada de origen continental compuesta esencialmente por rocas piroclásticas (tobas líticas y cristalinas), que en su parte basal incluye algunas intercalaciones de lutitas y que aflora en la parte nororiental del área estudiada.

La base de esta unidad no se encuentra expuesta en el área y su techo corresponde a la Formación Cola de Zorro, de edad Mioceno Superior-Pleistoceno Inferior, a la cual subyace con discordancia angular.

### (2) Distribución, litología y espesor

Los afloramientos de la secuencia estratificada, aparecen expuestos en un área de aproximadamente tres kilómetros cuadrados, en la zona adyacente





al curso medio-superior del río Otué, en la parte nororiental de la zona estudiada. Dos pequeños afloramientos no mapeables aparecen en el curso medio del estero Pichipangue y al occidente de la desembocadura del estero Leu.

Las tobas presentan al microscopio textura clástica constituida por fragmentos de contornos subangulares, angulares y subredondeados, de tamaño comprendido entre 0,15 mm y 0,18 mm., correspondientes a plagioclasa, cuarzo y rocas andesíticas, unidas por una masa fundamental desvitrificada y alterada a sericita y clorita.

Las rocas sedimentarias de esta unidad corresponden a lutitas con textura clástica, formada por fragmentos de feldespato alterado a zeolita y sericita, piroxeno alterado a clorita, cuarzo y rocas volcánicas muy alteradas a clorita y arcilla. El cemento corresponde a cuarzo y calcita.

En el área del presente estudio, la serie estratificada eocena presenta un espesor máximo de 200 m.

### (3) Edad y Correlaciones

Los antecedentes disponibles en el área solo permiten fijarle a la secuencia descrita una edad mínima pre Mioceno Medio, dada por su posición subyacente con respecto a la Formación Cola de Zorro, de edad Mioceno Superior-Pleistoceno Inferior.

Al sur del curso superior del río Queuco y a unos 5 km al naciente del límite nororiental del área estudiada, aflora una secuencia de sedimentitas clásticas continentales, en parte betuminosas, la que ha sido definida como Formación Malla-Malla (González y Vergara, 1962). En esta secuencia, Hemmer (1935) describe la presencia de *Unio Burckhardti* Mayer - Eymar, lo



que permite asignarla al Eoceno. Serrano (1975), en el curso superior del río Queuco, redefine la Formación Curamallín como una secuencia sedimentaria - volcánica, integrada por las formaciones Curamallín y Malla-Malla definidas por González y Vergara (1962). En la parte superior de esta unidad, Serrano describe la presencia de *Diplodon* Sp; *Neocorbícula* Sp y *Bythunia capitata* Meyer - Eymar, este último similar al encontrado por Burckhardt (1900) en los sedimentos eocénicos de Lonquimay.

Las características litológicas y relaciones estratigráficas de la secuencia estratificada descrita en este trabajo son similares a las de la Formación Curamallín descrita por Serrano (op. cit), lo que sumado a la gran cercanía geográfica que existe entre ambas unidades permite suponer de que se trata de una misma serie.

En razón de lo anterior se asigna al Eoceno la formación sedimentaria-volcánica presente en el área estudiada.

Cronológicamente y parcialmente por litología, los Estratos de Otué se correlacionan con la Formación Pedregoso, definida al oriente de Lonquimay durante el desarrollo de este trabajo.

### 3) Formación Cola de Zorro

#### (1) Definición y relaciones estratigráficas

La Formación Cola de Zorro, definida por González y Vergara (1962), corresponde a una secuencia de rocas volcánicas de carácter andesítico-basáltico, que tiene una amplia distribución areal en la cordillera andina, particularmente entre los 35° y 38° de latitud sur. En el área del presente estudio, la presencia de esta unidad ya había sido reconocida por los autores citados.



La Formación Cola de Zorro subyace con discordancia angular a las serie estratificada eocena y a la Formación Abanico, de edad Aptiano-Santoniano Inferior y a las rocas plutónicas aflorantes en el área. Su techo corresponde en gran parte a la superficie de erosión actual, representada por depósitos no consolidados, salvo en el extremo sur oriental del área, en donde aparece cubierta por flujos lávicos provenientes del volcán Callaqui, edad Pleistoceno Superior-Reciente.

(2) Distribución, litología y espesor

La Formación Cola de Zorro constituye la unidad de mayor desarrollo areal en la zona estudiada. Sus afloramientos ocupan la mayor parte de la extensión situada al oriente del curso de dirección SW del río Queuco y al occidente del río Blo-Bío.

La Formación Cola de Zorro está constituida en forma predominante, por andesitas basálticas e intermedias y en menor parte por tobas líticas, aglomerados y areniscas.

Las andesitas tienen colores gris claro, negro y rojo. Presentan estratificación moderada a buena y en algunos niveles se aprecian claramente estructura de flujo.

Una andesita basáltica típica presenta textura porfídica constituida por plagioclasa (andesina-labradorita) euhedral, a veces con estructura zonada y de tamaño variable entre 0,1 y 1 mm., generalmente fresca o alterada incipientemente a arcilla y/o sericita; clinopiroxeno fresca o parcialmente alterada a clorita, epidota y calcita.

La masa fundamental, de textura intergranular, subtraquítica o pilotaxítica, está formada por microlitas de plagioclasa, cristalitos de piroxeno y



granos de mineral opaco. Algunos ejemplares presentan amigdalas de cuarzo-clorita-calcita.

Las andesitas de carácter intermedio se diferencian de las basálticas por la aparición de hornblenda, pudiendo no estar presente el piroxeno y por la presencia de plagioclasas más sódicas (oligoclasa-andesina).

Localmente aparecen intercaladas en las andesita lentes de tobas cristalinas, aglomerados y areniscas. Las tobas están constituidas por cristales euhedrales de plagioclasa y feldespato potásico, cuarzo redondeado y algunos fragmentos líticos de composición andesítica, dispuesto en una matriz criptocristalina, alterada a arcilla y/o sericita.

Los aglomerados están formados por clastos subredondeados de andesitas, de hasta 30 cm de diámetro, unidas por una matriz arenosa de igual composición, cementada por clorita.

La disposición estructural frecuentemente cambiante de la Formación Cola de Zorro, no permite calcular con exactitud el espesor de la secuencia expuesta en el área. Sin embargo, en el sector de la cordillera de Pitril su potencia se estima del orden de 800 m, que sería el espesor máximo para la secuencia aquí descrita.

### (3) Edad y Correlaciones

Al occidente del río Queuco, rocas de la Formación Cola de Zorro aparecen dispuestas, con contacto depositacional, sobre un stock tonalítico. La datación por el método K/Ar de un concentrado de biotita proveniente de este stock dió una edad absoluta de  $12,03 \pm 0,36$  m.a., esto es, el límite de Mioceno Medio a Superior, la cual correspondería a la edad máxima de la secuencia de Cola de Zorro expuesta en el lugar. La probable edad mínima





de la Formación Cola de Zorro, queda determinada al momento de iniciarse la actividad efusiva del volcán Callaqui, probablemente en el Pleistoceno Superior, cuyos flujos sobreyacen a la formación citada. Por lo tanto el rango de edad de la Formación Cola de Zorro queda comprendido entre Mioceno Superior y el Pleistoceno Inferior.

Al norte del área estudiada, en el sector de Laguna del Maule, Drake (1974), definió la Formación Campanario. Esta unidad corresponde en parte a lo que previamente había sido mapeado como Formación Cola de Zorro (González y Vergara, 1962). En base a 6 dataciones radiométricas, variables entre 15,4 m.a. y 3,6 m.a., Drake determinó una edad Miocena Superior - Plioceno Inferior para la Formación Campanario, lo que concuerda en parte con la edad aquí asignada a la Formación Cola de Zorro. Sin embargo considerando el hecho de que en el área del presente estudio, flujos de lava asignados a la Formación Cola de Zorro, ocupan el lecho de valles excavados probablemente en el Pleistoceno Inferior, se le asigna tentativamente al Mioceno Superior-Pleistoceno Inferior.

#### 4) Serie efusiva Callaqui

Se designa con el nombre lavas del volcán Callaqui a los flujos andesíticos provenientes del volcán homónimo y que se disponen sobre la Formación Cola de Zorro en el extremo sur oriental del área.

##### (1) Distribución y litología

Las lavas aquí descritas corresponden a los flujos volcánicos expuestos en el flanco occidental del volcán citado, los cuales se distribuyen ocupando un amplio sector del área limitada por los ríos Pangue y Bío-Bío, al oriente de la confluencia de ambos.



Los flujos corresponden principalmente a lavas cordadas y en menor partes a lavas de bloques, observándose esporádicamente algunos depósitos piroclásticos intercalados. Las lavas andesíticas son de colores gris oscuro y negro, siendo notable la abundancia de niveles altamente vesiculares. Al microscopio las andesitas se caracterizan por tener textura porfírica y masa fundamental intergranular a hialopilitica constituida por microlitas de plagioclasa, cristalitas de piroxeno y granos de mineral opaco. Los fenocristales corresponden a plagioclasa subhedral (andesina) fresca, observándose algunos ejemplares con bordes corroídos y clinopiroxeno no alterado.

## (2) Edad

El volcán Callaqui forma parte de la actividad efusiva de carácter central, representada por estratovolcanes, que tiene un amplio desarrollo en la cordillera de Los Andes de Chile.

Dataciones radiométricas disponibles (Drake, 1974; Vergara y Munizaga, 1974), señalan que esta actividad volcánica se habría iniciado en el sector de la cordillera andina situada al sur de los 33° de latitud sur al menos en el Plioceno Inferior, prolongándose esta actividad hasta el Reciente, como lo demuestran erupciones históricas (Munizaga, 1977) y la actividad solfatárica actual en algunos de estos centros volcánicos, como es el caso del volcán Callaqui. Considerando este último antecedente, así como la reducida erosión que ha afectado a este centro volcánico y su posición sobre la Formación Cola de Zorro, de edad Mioceno Superior-Pleistoceno Inferior, se asigna al volcán Callequí una edad Pleistoceno Superior-Reciente.



## 5) Depósitos cuaternarios no consolidados

### (1) Depósitos de terrazas

En algunos sectores de los cursos de los ríos Queuco y Bío-Bío se presentan remanentes de depósitos de terrazas aluvionales constituidas por limo, arena y grava con buen grado de redondeamiento y con bajo grado de selección. Ocasionalmente se observa laminación cruzada. La litología del material constituyente de estos depósitos proviene de las rocas plutónicas y efusivas expuestas en el área. En el curso del río Bío-Bío se han identificado, por medio de fotografías aéreas, la presencia de cinco niveles de terrazas.

### (2) Depósitos aluviales

Depósitos aluviales, constituidos por arena y grava se encuentran en todos los cursos de drenaje del área. Algunos de estos depósitos son explotados en la actualidad para obtener material de estabilizado de caminos.

## 1.3. Rocas intrusivas

Aproximadamente un 40% del área estudiada está constituida por rocas plutónicas, de composiciones predominantemente tonalítica y granodiorítica. Dataciones radiométricas realizadas en estas rocas señalan la ocurrencia de tres probables ciclos plutónicos, acaecidos en el límite Santoniano-Campaniano, en el Paleoceno Inferior y en el Mioceno Superior.

### 1) Granodiorita

#### (1) Distribución y litología

Rocas de composición granodiorítica tienen una amplia distribución areal, especialmente en la parte nor-central de la zona estudiada. El principal grupo



de afloramientos ocupa el sector comprendido entre la Cordillera Tricauco y la ribera oriental del río Queuco. Otro sector importante de afloramientos se sitúa cerca del vértice noroccidental del área, en tanto que varios apófisis de granodiorita se presentan adyacentes al curso del río Bío-Bío al sureste de la localidad homónima.

Una muestra típica de granodiorita presenta al microscopio textura hipidiomorfa granular constituida por oligoclasa (35%-45%) alterada levemente a sericita en los bordes y según los planos de clivaje, feldespatos potásico (30%), en parte peritítico, cuarzo (20%-25%) con extinción ondulosa, hornblenda (5%-15%) alterada a clorita y epidota y biotita cloritizada. Como accesorios aparecen granos de magnetita, apatita y circón.

Localmente se producen cambios de facies en la granodiorita, desarrollándose facies tonalíticas al oriente del río Quiuco y facies de monzogranodiorita en el área de los Esteros Azul Grande y Cañicú.

## (2) Relaciones de contacto y edad

En la ribera oriental del río Queuco y en la ribera norte del río Bío-Bío rocas granodioríticas intruyen a andesitas de la Formación Abanico, originando facies de hornfels con el desarrollo ocasional de mineralización pirítica tanto diseminada como en venillas. Al oriente de la cordillera Tricauco y en la parte central del área, la granodiorita aparece en contacto por fallas con rocas tonalíticas de edad Mioceno Medio a Superior. A través de toda el área de afloramientos de la granodiorita, esta aparece profusamente intruida por diques de composiciones andesítica y dacítica.

La datación de un concentrado de anfíbola y biotita de una muestra de granodiorita, por el método K/Ar, dió una edad absoluta de  $76,50 \pm 1,83$  m. a.,





lo que permite fijar su emplazamiento entre el Santoniano Superior y el Campaniano Inferior.

## 2) Tonalita

### (1) Distribución y litología

Los afloramientos de esta unidad se distribuye en la parte norcentral del área, al occidente de la cordillera Tricauco y del río Queuco, quedando limitada su extensión sur por el río Bío-Bío.

La tonalita presenta la microscopio textura hipidiomorfa granular constituida por plagioclasa (40%-45%) zonada y alterada levemente a sericita y clorita, cuarzo (25%) con extinción ondulosa, biotita fresca (15%-20%) y hornblenda (10%) ligeramente cloritizada. Apatita, magnetita y circón aparecen como minerales accesorios.

### (2) Relaciones de contacto y edad

En el sector norcentral del área estudiada, la tonalita se pone en contacto con rocas granodioritas a través de dos sistema de fallas de orientaciones NNE-SSW y NW-SE, los cuales originan en ambos tipos de rocas bloques de formas aproximadamente rectangulares. Esta misma relación de contacto por falla existe entre la tonalita y rocas de la Formación Abanico, en la parte centro occidental del cuadrángulo Bío-Bío. Al oriente del estero Pirquinco, rocas de la Formación Cola de Zorro se apoyan sobre la tonalita.

La datación por el método K/Ar de un concentrado de biotita de la tonalita, dió una edad absoluta de  $12,03 \pm 0,36$  m.a., correspondiendo por lo tanto al límite Mioceno Medio-Mioceno Superior.



### 3) Diorita de hornblenda

#### (1) Distribución y litología

Un pequeño cuerpo de diorita de hornblenda (800 m x 700 m) aflora en la parte central del área, al oriente del río Queuco e inmediatamente al SW de el cerro El Derrumbe.

Microscopicamente, la roca presenta textura hipidiomorfa granular formada por plagioclasa (andesina) (55%) con alteración a sericita y epidota principalmente a través de fracturas y hornblenda (45%) alterada a clorita. Además se observan guías y núcleos con epidota, clorita y calcita. Asociada a la alteración propilítica en algunos sectores de la diorita se presenta diseminación de sulfuros, principalmente pirita y escasa calcopirita.

#### (2) Relaciones de contacto y edad

La única relación de contacto observada corresponde a la relación que presenta la diorita con respecto a rocas granodioríticas de edad Santoniano Superior-Campaniano Inferior.

La datación por el método K/Ar en roca total de una muestra de diorita, dió una edad absoluta de  $64,9 \pm 3,07\%$  m.a., es decir Paleoceno. Sin embargo, es probable que la edad real sea mayor en consideración al método utilizado y a la alteración que afecta a la roca. Si estas consideraciones fueran efectivas, el emplazamiento de la diorita podría estar relacionado con el ciclo plutónico que originó las rocas granodioríticas asignadas al Santoniano Superior-Campaniano Inferior.

### 4) Diques andesíticos

Numerosos diques de composición andesítica intruyen a rocas de la



Formación Abanico. La potencia varía entre 0,3 m y 1 m, existiendo un evidente control estructural en su emplazamiento según orientaciones NNW, NE y NNE, coincidentes con los sistemas de fallas principales reconocidas en el área.

Los diques, de color verde oscuro, presentan al microscopio textura porfírica y masa fundamental intergranular a traquítica, formada por plagioclasa, piroxeno, clorita, escaso cuarzo y granos de mineral opaco. Los fenocristales corresponden a plagioclasas fracturadas y alterados parcialmente a arcillas, clorita y calcita y clinopiroxena parcialmente cloritizada.

#### (1) Edad

La ausencia de estos diques en los Estratos de Otué, así como en el stock tonalítico permite fijarles una edad mínima Paleoceno. Por otra parte, su emplazamiento en rocas granodioríticas de edad Santoniano Superior-Campaniano Inferior, determina para ellos una edad máxima Campaniano Superior. Este rango de edad, comprendido entre el Campaniano Superior y Paleoceno, coincide en gran parte con la edad de la diorita de hornblenda anteriormente descrita (Paleoceno?) lo que permite suponer de que ambos tipos de rocas son producto de un mismo ciclo plutónico, acaecido en el Paleoceno.

#### 5) Diques de pórfido granodiorítico

En la parte norte del área, en el sector del estero Azul Grande, diques de composición granodiorítica y textura porfírica intruyen al stock granodiorítico allí expuesto. La composición de los diques es la misma que la de la roca de caja, diferenciándose sólo por su textura porfírica. Estos diques presentan contactos nítidos con la granodiorita y su emplazamiento ha sido controlado por estructuras de dirección NNE-SSW.



No existen relaciones de contacto entre los diques descritos y otras unidades que no sean rocas granodioríticas, de tal modo que con respecto a su edad sólo puede señalarse una edad máxima Campaniano Inferior (post granodiorita), no descartándose la posibilidad de que, en base a la composición similar de los diques y la roca que intruyen, los primeros sólo sean un cambio de facie de la granodiorita, producidas en las etapas póstumas de su emplazamiento. Si esta relación es cierta, entonces la edad de los diques sería probablemente Campaniano Inferior.

#### 6) Diques dacíticos

Diques de composición dacítica intruyen a la Formación Abanico y el plutón granodiorítico, al occidente del río Otué y al oriente del río Bio-Bío. En la misma área, los diques citados intruyen a filones andesíticos de probable edad Paleocena.

Al microscopio presentan textura porfírica y masa fundamental traquítica gruesa formada por plagioclasa, cuarzo y en menor proporción por biotita y anfíbola, además de mineral opaco disseminado y apatita. Los fenocristales corresponden a plagioclasa, algunas de las cuales presentan inclusiones de biotita secundaria.

La relación intrusiva que presentan los diques dacíticos con respecto a los diques andesíticos, determina una edad máxima Eoceno para los primeros, La ausencia de estos diques de las unidades intrusivas y estratificadas post-Paleoceno, sugiere la posibilidad de que su origen esté relacionado con la actividad ígnea, ocurrida en el Eoceno, responsable de los depósitos volcánicos que forman parte de la formación Pedregoso. Por otra parte, la distribución de estos diques en áreas marginalmente externas al stock tonalítico, situado en





el sector centro occidental del área, puede indicar que la génesis de ellos está relacionada con el emplazamiento de la tonalita.

#### 7) Diques de pórfido tonalítico

En la parte central del área, diques de composición tonalítica intruyen al stock tonalítico allí expuesto. Los diques presentan textura porfírica con escasa masa fundamental formada por un entrecrecimiento mirmekítico de cuarzo y plagioclasa, además de biotita. Los fenocristales citados en orden abundancia, corresponden a plagioclasa, hornblenda, biotita, a veces en cristales curvados y cuarzo. Como accesorios aparecen mineral opaco, circón y apatita.

Los diques presentan contactos nítidos con las rocas de caja tonalítica y su emplazamiento controlado por sistemas de fracturas o fallas de dirección NW-SE.

La presencia de estos diques sólo se ha evidenciado en el stock tonalítico, por lo que se estima que corresponderían a diferenciados de éste último, asignándoles por lo tanto la misma edad del plutón a que intruyen, esto es, Mioceno Medio a Superior.

#### 1.4. Estructura

Los esfuerzos tectónicos que han afectado a las rocas del área estudiada quedan de manifiesto por la presencia de discordancias, pliegues y fallas.

##### 1) Discordancias

En el área se reconoce una discordancia y se infiere una segunda, principalmente en base a la información disponible de otras áreas anteriormente estudiadas.



Se infiere la existencia de una discordancia entre la formación Abanico de posible edad Aptiano-Campaniano Inferior y los Estratos de Otué de edad Eoceno, aunque entre ambas unidades no existe un contacto depositacional, correspondiendo este a una falla. Fuera del área del presente estudio, numerosos autores han reconocido la presencia de una discordancia entre las secuencias del Cretácico Superior y las del Terciario Inferior (González - Vergara, 1962; Alfaro, 1973, Chotin, 1975), siendo atribuída esta a la fase compresiva Larámica. En el área la única evidencia de la fase compresiva citada, estaría dada por el emplazamiento del stock de granodiorita, de edad Santoniano Superior-Campaniano Inferior y la del plutón de diorita de hornblenda asignado al Paleoceno.

Los Estratos de Otué, asignados al Eoceno la formación Cola de Zorro, de edad Mioceno Superior-Pleistoceno Inferior, se encuentran separadas por una discordancia angular. Esta podría ser el efecto de la fase compresiva Incaica del Terciario Inferior o el de la fase Pontiana o Quechus del Mioceno Medio a Superior (Charrier, Vicente, 1972). De acuerdo a las evidencias existentes en el área estudiada, lo más probable es que la discordancia señalada se deba al efecto de la última fase compresiva citada, por cuanto a ella estaría asociado el emplazamiento del stock tonalítico de edad Mioceno Medio o Superior. Esta fase orogénica, de importancia regional, ha sido claramente individualizada en los últimos años en base a dataciones radiométricas entre los 33° y 38° lat. sur (Drake, 1974; Vergara, en preparación).

## 2) Pliegues

Los esfuerzos deformativos que han afectado a las rocas del área a partir del cretácico superior, no parecen haber provocado deformación notable en ellas, de acuerdo a los datos estructurales disponibles. En efecto, la



Formación Abanico, la unidad más antigua expuesta en el área, muestra sus capas con inclinaciones, de orientación variable, entre los 15° y 30°, sin que lleguen a definir pliegues con disposición clara. Serrano (1975) señala que la Formación Abanico mantee monoclinalmente hacia el oeste entre 12° y 25° lo que confirma la suave deformación que esta ha sufrido, al menos en el área del presente estudio.

Las deformaciones sufridas por las secuencias post-Abanico, quedan de manifiesto por la presencia de pliegues de gran amplitud de onda en los Estratos de Otué y por la disposición monoclinal de la Formación Cola de Zorro, cuya inclinación fluctúa entre los 5° y 15° al oeste.

### 3) Fallas

En el área han sido reconocidos dos sistemas de fallas y/o fracturas. El más antiguo de ellos corresponde a un sistema de orientación NW-SE variable a WNW-ESE y que corresponderían probablemente al efecto de una tectónica distensiva, que ha puesto en contacto, en la parte norte del área a rocas tonalíticas de edad Mioceno Medio-Superior con las rocas granodioríticas de edad Santoniano Superior-Campaniano Inferior. En el sector central del área, la tonalita aparece en contacto con rocas de la Formación Abanico. De este modo las rocas tonalíticas más jóvenes ocupan una posición intermedia entre las otras dos unidades más antiguas, insinuándose de este modo la presencia de un graben central correspondiente a la tonalita y dos horst laterales representados respectivamente por la Formación Abanico y el stock granodiorítico.

El segundo sistema de fallas evidenciado en el área tiene una orientación variable de NS a NNE-SSW. Debido al desplazamiento que provoca en el primer sistema de fallas citado se lo supone más joven que él, o al menos reactivado



más recientemente, como lo indica el hecho de que afecta a todas las unidades expuestas en el área, incluyendo a los depósitos cuaternarios no consolidados. Este sistema de fallas, al igual que el exterior responde a una tectónica distensiva que ha originado una disposición de bloques, escalonados descendentes hacia el este y oeste a partir de un bloque central correspondiente a la cordillera Tricauco.

En el área no existen evidencia que permitan datos con exactitud los procesos diastróficos responsables de la tectónica distensiva que ha afectado a las unidades descritas en este trabajo. De acuerdo con Frutos y Ferraris (1973), estos movimientos habrían ocurrido desde el Plioceno Superior hasta el Cuaternario. Sin embargo, de acuerdo a los antecedentes obtenidos en el área del presente estudio, es probable que estos movimientos distensivos se hallan originado con bastante anterioridad al Plioceno Superior, si se considera el evidente control estructural coincidente con las estructuras de fallas, que presentan los diques expuestos en el área, algunos de los cuales (pórfido granodiorítico) son probablemente de edad Cretácico Superior (Santoniano Superior-Campaniano Inferior).

#### 1.5. Consideraciones

1. En el área del Río Quenco se reconocen rocas volcánicas de la Formación Abanico (Aptiano-Santoniano Inferior); sobre ella yace en aparente discordancia depositacional los Estratos de Otué (Eoceno). Cubriendo gran parte de la región mapeada se dispone en actitud sub-horizontal al formación volcánica Cola de Zorro (Mioceno Superior-Pleistoceno Inferior). Asociada la estrato-volcán Callaqui se ha definido la Serie Efusiva Callaqui asignada al Pleistoceno Superior-Reciente.





2. Casi la mitad del área mapeada está constituida por rocas plutónicas predominantemente de composición tonalítica y granodiorítica. Estas rocas se han emplazado según los ciclos plutónicos asociados probablemente en el límite Santoniano-Campaniano, en el Paleoceno Inferior y en el Mioceno Superior.

3. Las rocas sub-volcánicas están representadas por diques andesíticos, pórfidos granodioríticos, dacíticos y tonalítico.

4. Se ha inferido una discordancia depositacional entre la Formación Abanico (Aptiano-Santoniano Inferior) y los Estratos de Otué (Eoceno). Igual relación se constata entre esta serie y la Formación Cola de Zorro (Mioceno Superior-Pleistoceno Inferior).

5. Se han comprobado plegamientos claros solamente en los Estratos de Otué. El resto de las unidades estratificadas presentan actitud monoclinas.

6. Las fallas se agrupan en dos sistemas de orientación NW-SE variable a WNW-ESE y NS variable a NNE-SSW.

