

新加坡世界地圖

THE WORLD MAP OF SINGAPORE

116.33

新加坡世界地圖  
116.33

116.33  
116.33  
116.33



REPUBLICA DE CHILE

PROGRAMA DE EXPLORACION GEOLOGICO MINERA

INFORME DE RECONOCIMIENTO GEOLOGICO Y  
EXPLORACION GEOQUIMICA DEL AREA ANDINA  
ENTRE LOS 34°S y 35°S

FASE II

JULIO, 1983

JICA LIBRARY



1074645(1)

25599

JAPAN INTERNATIONAL COOPERA-  
TION AGENCY  
METAL MINING AGENCY OF JAPAN

# 國際協力事業團

〒100-8302 東京都千代田区千代田 1-1-1 国際協力ビル

TEL: 03-3581-1111 FAX: 03-3581-1112  
E-MAIL: [info@icb.go.jp](mailto:info@icb.go.jp) [webmaster@icb.go.jp](mailto:webmaster@icb.go.jp)



国際協力事業団  
〒100-8302 東京都千代田区千代田 1-1-1 国際協力ビル

## P R E F A C I O

Durante la primera mitad del año 1983, se cumplió la segunda fase de operación del actual convenio de cooperación del Gobierno de Japón con el Gobierno de Chile, para la prospección de minerales. Esta segunda fase, corresponde a la parte andina de un proyecto de exploración de minerales metálicos y desarrollo de guías de prospección en la Cordillera de Los Andes y parte de la Cordillera de la Costa de Chile Central, aproximadamente entre las ciudades de Rancagua y Curicó.

En esta Fase II, se efectuaron los siguientes estudios: a) Estudios regionales: exploración geoquímica de sedimentos del drenaje actual, para el área andina que se extiende al norte del río Claro y análisis de la información conjuntamente con la obtenida para la Fase I; exploración geoquímica de rocas en 39 áreas de alteración y mineralización y análisis de la información; reconocimiento geológico regional con énfasis en la clasificación de intrusivos, efectuándose dataciones radiométricas; b) estudios semi-detallados: geológico, de exploración geoquímica de rocas y de alteración en el sector Los Cipreses.

Los estudios regionales revelaron como interesante una de las áreas de alteración, anomalías de oro en dos lugares y anomalías de zinc en un lugar. El estudio semi-detallado reveló que el yacimiento Rosario de Rengo, que es del tipo cobre porfírico con mineralización de cobre y molibdeno, presenta posibilidades de contener una zona de enriquecimiento secundario y tiene una zona primaria que no ha sido totalmente evaluada. Cabe señalar que el área del proyecto, cuenta con recursos naturales, humanos y energéticos, situándose próxima a los principales centros de consumo, económicos, tecnológicos y de comunicaciones del país.

Los trabajos de la Fase II se iniciaron en Japón con la preparación de un mapa de restitución aerofotogramétrico para los estudios semi-detallados y programación de rutas de muestreo y reconocimiento. Se continuaron en Chile con equipos integrados por profesionales de ambos países.

Por el Gobierno de Japón, actuó la Metal Mining Agency of Japan (MMAJ), a través de la Japan International Cooperation Agency (JICA) y por el Gobierno de Chile actuó como organismo técnico el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), con la coordinación general de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT).

*Keisuke Arita*

Presidente

Japan International  
Cooperation Agency

María Teresa Cañas Pinochet

Director Nacional

Servicio Nacional de Geología  
Y Minería

*Masayuki Nishie*

Presidente

Metal Mining Agency of Japan



# INDICE

	Pág.
<b>PREFACIO</b>	
<b>RESUMEN</b>	
<b>INTRODUCCION</b>	
1. Objetivo del trabajo .....	1
2. Áreas de estudio y tipos de trabajos efectuados .....	1
3. Período de trabajo .....	3
4. Miembros de los equipos de trabajo .....	3
5. Agradecimientos .....	4
<b>PRIMERA PARTE</b>	
<b>RECONOCIMIENTO GEOLOGICO REGIONAL Y EXPLORACION GEOQUIMICA</b>	
<b>Capítulo 1. Geología .....</b>	<b>5</b>
1.1 Generalidades .....	5
1.2 Estratigrafía .....	6
1.2.1 Formación Nacientes del Teno .....	6
Definición y relaciones estratigráficas .....	6
Distribución .....	7
Litología .....	7
Espesor y estructura .....	8
Edad y correlaciones .....	8
1.2.2 Formación Río Damas .....	8
Definición y relaciones estratigráficas .....	8
Distribución .....	9
Litología .....	9
Espesor y estructura .....	10
Edad y correlaciones .....	11



	Pág.
1.2.3 Formación Leñas-Espinoza (Redefinida) .....	11
Definición y relaciones estratigráficas .....	11
Distribución .....	12
Litología .....	12
Espesor y estructura .....	12
Edad y correlaciones .....	13
1.2.4 Formación Baños del Placo .....	13
Definición y relaciones estratigráficas .....	13
Distribución .....	14
Litología .....	14
Espesor y estructura .....	15
Edad y correlaciones .....	15
1.2.5 Formación Colimapu .....	16
Definición y relaciones estratigráficas .....	16
Distribución .....	17
Litología .....	17
Espesor y estructura .....	18
Edad y correlaciones .....	19
1.2.6 Formación Coya-Machalí .....	20
Definición y relaciones estratigráficas .....	20
Distribución .....	21
Litología .....	21
Espesor y estructura .....	23
Edad y correlaciones .....	24
1.2.7 Formación Farellones .....	25
Definición y relaciones estratigráficas .....	25
Distribución .....	26
Litología .....	27
Espesor y estructura .....	27
Edad y correlaciones .....	28

	Pág.	
1.2.8	Volcanismo Plioceno-Cuaternario y sedimentos inconsolidados .....	29
1.3	Rocas intrusivas .....	30
1.3.1	Stocks .....	31
1.3.2	Cuerpos subvolcánicos, cúpulas y apófisis .....	34
1.3.3	Diques .....	35
1.4	Estructura .....	35
<b>Capítulo 2.</b>	<b>Mineralización y alteración .....</b>	<b>36</b>
2.1	Generalidades .....	36
2.2	Mineralización y alteración .....	37
2.2.1	Características generales .....	37
2.2.2	Descripción de yacimientos y áreas de alteración .....	38
	1) Mina Juanita .....	39
	2) Area de alteración N° 11 .....	41
	3) Area de alteración N° 30 .....	41
	4) Area de alteración N° 40 .....	43
	5) Area de alteración N° 42 .....	44
	6) Area de alteración N° 47 .....	46
	7) Area de alteración N° 58 .....	48
2.3	Consideraciones .....	50
2.3.1	Relación entre mineralización y alteración con las rocas intrusivas .....	50
2.3.2	Edad de la mineralización y alteración .....	51

	Pág.
Capítulo 3. Exploración geoquímica .....	52
3.1 Generalidades .....	52
3.2 Muestreo .....	53
3.2.1 Rocas .....	53
3.2.2 Sedimentos del drenaje actual .....	54
3.3 Análisis de laboratorio .....	55
3.4 Estudios de áreas de alteración mediante geoquímica de rocas .....	55
3.4.1 Selección de elementos índices .....	56
3.4.2 Tratamiento estadístico de las muestras .....	57
3.4.3 Interpretación de los resultados ...	59
1) Areas de alteración N° 4 y N° 19 .....	60
2) Area de alteración N° 6 .....	60
3) Area de alteración N° 24 .....	61
4) Area de alteración N° 30 .....	61
5) Areas de alteración N° 36 y N° 40 .....	61
6) Area de alteración N° 42 .....	61
7) Areas de alteración N° 45 y N° 47 .....	62
8) Areas de alteración N° 57 y N° 58 .....	62
3.5 Selección de áreas mediante la exploración geoquímica en sedimentos del drenaje actual .....	63
3.5.1 Tratamiento estadístico de los datos obtenidos .....	63
3.5.2 Interpretación de los valores estadísticos .....	64
1) Cobre .....	64
2) Molibdeno .....	65
3) Zinc .....	65
4) Plomo .....	65
5) Oro .....	66
6) Arsénico .....	66
7) Rubidio .....	67

	Pág.
<b>Capítulo 4.</b>	
Calificación del grado de interés de las áreas de alteración .....	68
1) Mina Juanita .....	68
2) Area de alteración N° 11 .....	68
3) Area de alteración N° 15 .....	68
4) Area de alteración N° 30 .....	69
5) Area de alteración N° 36 .....	69
6) Area de alteración N° 40 .....	69
7) Area de alteración N° 41 .....	69
8) Area de alteración N° 42 .....	70
9) Area de alteración N° 47 .....	70
10) Area de alteración N° 50 .....	70
11) Area de alteración N° 58 .....	70
12) Otras áreas de alteración .....	70
<b>Capítulo 5.</b>	
Conclusiones .....	71

## SEGUNDA PARTE

## ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOQUIMICO DEL SECTOR LOS CIPRESES

Capítulo 1.	Geología .....	75
1.1	Generalidades .....	75
1.2	Estratigrafía .....	75
1.2.1	Formación Coya-Machalí .....	76
1.2.2	Formación Farellones .....	77
1.2.3	Cuaternario .....	78
1.3	Rocas intrusivas .....	79
	1) Stock granodiorítico .....	79
	2) Cúpula de pórfido dacítico .....	79
	3) Diques andesíticos .....	80
1.4	Estructura .....	80
Capítulo 2.	Mineralización y alteración hidrotermal .....	82
2.1	Generalidades .....	82
2.2	Yacimiento Rosario de Rengo .....	83
2.2.1	Ubicación .....	83
2.2.2	Reseña histórica .....	83
2.2.3	Geología .....	84
2.2.4	Mineralización .....	85
	1) Zona primaria .....	85
	2) Zona de transición .....	87
	3) Zona de lixiviación .....	88
2.2.5	Alteración .....	90
2.3	Area de alteración del Río de Los Cipreses .....	91

	Pág.
2.3.1	Ubicación ..... 91
2.3.2	Estado de la exploración en el área . 91
2.3.3	Geología ..... 92
2.3.4	Mineralización ..... 92
2.3.5	Alteración ..... 92
2.3.6	Génesis de esta área de alteración .. 93
<b>Capítulo 3.</b>	<b>Exploración geoquímica ..... 95</b>
3.1	Generalidades ..... 95
3.2	Muestreo ..... 96
3.3	Metodología de los análisis de laboratorio efectuados ..... 96
3.4	Tratamiento analítico de los datos obtenidos ..... 96
3.5	Interpretación ..... 96
3.5.1	Resultados generales por elementos .. 97
	1) Cobre ..... 97
	2) Molibdeno ..... 97
	3) Zinc ..... 97
	4) Oro ..... 97
	5) Arsénico ..... 97
	6) Rubidio ..... 98
	7) Estroncio ..... 98
	8) Razón Rb/Sr ..... 98
3.5.2	Resultados geoquímicos para el yacimiento Rosario de Rengo ..... 98
3.5.3	Resultados geoquímicos para Area de alteración del Río de Los Cipreses .. 100
<b>Capítulo 5.</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones ..... 102</b>
5.1	Conclusiones ..... 102
5.2	Recomendaciones para Fase III ..... 102
<b>REFERENCIAS</b>	
	Referencias citadas ..... 105

## PLANOS

PL. 1-1-1	MAPA GEOLÓGICO (1)	
PL. 1-1-2	MAPA GEOLÓGICO (2)	
PL. 1-2	MAPA DE PERFIL GEOLÓGICO	
PL. 1-3-1	MAPA ESTRUCTURAL CON UBICACIÓN DE YACIMIENTOS Y ÁREAS ALTERADAS y/o MINERALIZADAS (1)	
PL. 1-3-2	MAPA ESTRUCTURAL CON UBICACIÓN DE YACIMIENTOS Y ÁREAS ALTERADAS y/o MINERALIZADAS (2)	
PL. 1-4-1	MAPA DE MINERALIZACIÓN Y ALTERACION (1)	
PL. 1-4-2	MAPA DE MINERALIZACIÓN Y ALTERACION (2)	
PL. 1-5-1	MAPA DE ANOMALIAS GEOQUÍMICAS DE ROCAS (1)	
PL. 1-5-2	MAPA DE ANOMALIAS GEOQUÍMICAS DE ROCAS (2)	
PL. 1-6-1	MAPA DE ANOMALIAS GEOQUÍMICAS DE SEDIMENTOS DEL DRENAJE ACTUAL (1)	
PL. 1-6-2	MAPA DE ANOMALIAS GEOQUÍMICAS DE SEDIMENTOS DEL DRENAJE ACTUAL (2)	
PL. 1-7-1	MAPA DE UBICACION DE MUESTRAS GEOQUÍMICAS (1)	
PL. 1-7-2	MAPA DE UBICACION DE MUESTRAS GEOQUÍMICAS (2)	
PL. 1-8-1	MAPA DE UBICACION DE MUESTRAS DE ROCA (1)	
PL. 1-8-2	MAPA DE UBICACION DE MUESTRAS DE ROCA (2)	
PL. 2-1-1	MAPA GEOLÓGICO (1)	1 : 10,000
PL. 2-1-2	MAPA GEOLÓGICO (2)	1 : 10,000
PL. 2-2	MAPA DE PERFIL GEOLÓGICO	1 : 10,000
PL. 2-3-1	MAPA DE MINERALIZACIÓN Y ALTERACION (1)	1 : 10,000
PL. 2-3-2	MAPA DE MINERALIZACIÓN Y ALTERACION (2)	1 : 10,000
PL. 2-4-1	MAPA DE ALTERACION (1)	1 : 10,000
PL. 2-4-2	MAPA DE ALTERACION (2)	1 : 10,000
PL. 2-5-1	ANOMALIAS GEOQUÍMICAS DE ROCAS (1)	1 : 10,000
PL. 2-5-2	ANOMALIAS GEOQUÍMICAS DE ROCAS (2)	1 : 10,000
PL. 2-6-1	MAPA DE UBICACION DE MUESTRAS GEOQUÍMICAS (1)	1 : 10,000
PL. 2-6-2	MAPA DE UBICACION DE MUESTRAS GEOQUÍMICAS (2)	1 : 10,000
PL. 2-7-1	MAPA DE UBICACION DE MUESTRAS DE ROCA (1)	1 : 10,000
PL. 2-7-2	MAPA DE UBICACION DE MUESTRAS DE ROCA (2)	1 : 10,000

## RESUMEN

1) En el área II, situada al este de los 70°45'W el estudio regional de reconocimiento geológico y exploración geoquímica ha obtenido los siguientes resultados:

i) La geología del área de estudio II, está constituida por rocas correspondientes a: sistema Jurásico (formaciones Nacientes del Teno, Río Damas, Leñas-Espinoza); transición Jurásico-Cretácico (Formación Baños del Flaco); Cretácico (Formación Colimapu); transición Cretácico-Terciario (Formación Coya-Machalí); Terciario (Formación Farellones); Plio-Cuaternario (volcanitas y sedimentos inconsolidados); y cuerpos intrusivos terciarios.

ii) Las rocas del área de estudio II, corresponden principalmente a series estratificadas cuyo espesor ha sido estimado entre 10.000 y 14.000 m por diversos autores. Además, afloran rocas intrusivas cuya composición varía de intermedia a félsica y que constituyen apenas un 4% del área. Su edad ha sido determinada entre 10 y 15 m.a. (Mioceno medio a superior). En la secuencia estratificada se distinguen cuatro unidades principales separadas por discordancias: 1) Secuencia concordante sedimentaria con intercalaciones volcánicas, Jurásico superior-Cretácico inferior (formaciones Nacientes del Teno, Río Damas, Leñas Espinoza, Baños del Flaco y Colimapu); 2) Unidad volcanoclástica del Cretácico superior al Mioceno inferior (Formación Coya-Machalí); 3) Unidad volcanoclástica del Mioceno medio-Plioceno inferior (Formación Farellones); y 4) Volcanitas plio-cuaternarias y sedimentos inconsolidados.

iii) En el área de estudio II, se conocen 82 áreas de alteración y yacimientos, que han sido definidos mediante estudio fotogeológico (Fase I) y reconocimiento de terreno (Fase II). En 39 de las 84 áreas se efectuó exploración



geoquímica de rocas, detectándose 12 áreas que contienen anomalías de uno o más de los siguientes elementos: Cu, Mo y Zn. El área de alteración N° 40 es la de mayor tamaño y la que presenta una mayor cantidad de anomalías de Cu y Mo.

iv) La exploración geoquímica de sedimentos del drenaje actual, ha indicado 3 zonas de interés:

- Curso superior del estero Ciprecillo (anomalías de Cu).
- Sector de la unión de los ríos Pangal y Cachapoal (anomalías de Au).
- Curso medio y superior de la Quebrada Negra (anomalías de Zn).

2) En el sector de Los Cipreses, el estudio de semidetalle geológico y de exploración geoquímica, ha obtenido los siguientes resultados:

i) El yacimiento Rosario de Rengo es un yacimiento de tipo cobre porfírico con mineralización de Cu y Mo. Su edad es menor que 10 m.a.

ii) El yacimiento Rosario de Rengo se ha desarrollado a partir de un núcleo constituido por un pórfido dacítico, hacia las rocas de contacto. La mineralización de este yacimiento se presenta predominantemente en los cuerpos de brecha, disminuyendo la concentración metálica en la roca circundante al aumentar el distanciamiento desde ellos.

iii) La mineralización de Cu y Mo de ese yacimiento está íntimamente ligada a las zonas de alteración potásica y fílica.

iv) La parte sur de este yacimiento corresponde a la zona primaria, en cambio su parte norte corresponde a una zona de lixiviación. Bajo esta última se puede esperar que se desarrolle una zona de enriquecimiento secundario.

v) El área de alteración del Río de Los Cipreses se ha originado por procesos hidrótermales de baja temperatura. Muestra una asociación de minerales de alteración que indican formación en la superficie o cerca de ella. Presenta concentraciones débiles de arsénico y puntualmente de zinc.

vi) En el área de alteración del Río de Los Cipreses no se espera una concentración metálica de importancia. Por tal motivo, se estima que no es necesario efectuar más estudios.



## INTRODUCCION



## INTRODUCCION

### 1. Objetivo del trabajo.

En base al estudio fotogeológico completado durante la Fase I del Convenio SERNAGEOMIN-MMAJ y a los antecedentes recopilados, se estableció la existencia de varias zonas de interés prospectivo, probablemente relacionadas con áreas de alteración y mineralización. Durante el desarrollo de la Fase II se estudiaron los sectores central y norte del área originalmente propuesta para el proyecto. Estos estudios estaban destinados a evaluar, mediante métodos geológicos y geoquímicos, estas áreas y eventualmente descubrir otras zonas de alteración y/o mineralización.

### 2. Areas de estudio y tipos de trabajos efectuados.

En el período correspondiente a la Fase II se efectuaron trabajos geológicos y geoquímicos en tres áreas diferentes:

a) Area de estudio I, que corresponde a aquella trabajada durante la Fase I, b) área de estudio II, que es aquella trabajada durante esta Fase II, c) sector Los Cipreses que también fue prospectado durante la Fase II, con mayor detalle.

#### a) Area de estudio I (Ver Fig. 1)

Para esta área se efectuaron trabajos de laboratorio y oficina, complementarios de los estudios realizados durante la Fase I. Dichos trabajos consistieron en los ensayos de laboratorio y análisis de los resultados correspondientes a muestreo geoquímico de sedimentos, dataciones radiométricas y difracción de rayos X de las muestras obtenidas durante esa fase.

b) Area de estudio II (Ver Fig. 1).

En esta área se realizaron básicamente 2 tipos de trabajos: a) reconocimiento geológico, con énfasis en la clasificación y datación de intrusivos y b) exploración geoquímica.

Esta área de estudio comprende la parte norte del sector cordillerano del área de proyecto, involucrando aproximadamente 4.600 km<sup>2</sup> dentro de los siguientes límites:

- Límite norte : 34°00' de latitud sur.
- Límite sur : Valle del río Claro (Rengo).
- Límite este : 5 km al oeste del límite internacional.
- Límite oeste : 70°45' de longitud oeste.

La base cartográfica usada para el reconocimiento geológico corresponde a una ampliación 1:20.000 de las cartas 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar (IGM). La información de terreno se incorporó a una base 1:100.000 preparada con una reducción de las cartas 1:50.000 del IGM. Simultáneamente con el reconocimiento geológico se efectuó un muestreo de carácter geoquímico de sedimentos del drenaje actual y de rocas en las áreas de alteración.

c) Sector Los Cipreses (Ver Fig. 1).

En esta zona se realizó un estudio geológico y geoquímico detallado, comprendiendo un área de aproximadamente 165 km<sup>2</sup> dentro de los siguientes límites:

- Límite norte : 34°25'32" de latitud sur.
- Límite sur : 34°33'00" de latitud sur.
- Límite este : 70°24'16" de longitud oeste.
- Límite oeste : 70°32'29" de longitud oeste.

Para el estudio de terreno se utilizó una base topográfica 1:10.000 obtenida de una restitución aerofotogramétrica, presentándose la información sobre esta misma base.

El trabajo realizado incluyó un muestreo geoquímico de sedimentos del drenaje actual y muestreo de rocas en las áreas de alteración y mineralización.

Los resultados del muestreo geoquímico de sedimentos se interpretaron conjuntamente con los resultados del área de estudio II y del área de estudio I.

El muestreo total efectuado en las áreas de estudio se indica en la Tabla 1 que sigue a continuación. La ubicación de las muestras está indicada en los Planos 1-7, 1-8, 2-6-1, 2-6-2, 2-7-1 y 2-7-2.

### 3. Período de trabajo

El período y desarrollo del trabajo efectuado se indica en la Tabla 2.

### 4. Miembros de los equipos de trabajo

Por parte de Japón los participantes fueron los siguientes:

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

#### Miembros:



Susumu Takeda (MMAJ)	:	Trabajo de terreno y preparación del informe.
Nobuo Saito (MMAJ)	:	Trabajo de terreno y preparación del informe.
Yoshio Takeda (MMAJ)	:	Trabajo de terreno y preparación del informe.
Tetsuo Sato (MMAJ)	:	Trabajo de terreno y preparación del informe.





Tab. 2 PERIODOS DE TRABAJO

GRUPOS DE TRABAJO	EQUIPOS DE TRABAJO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
Geología y Geoquímica Regional	Japón 3	14 24			4		14	31
	Chile 2	preparación		trabajo en terreno	interpretación e informe			impresión del informe
Geología y Geoquímica de Semi Detalle	Japón 2	14 24		20			14	31
	Chile 1	preparación		trabajo en terreno	interpretación e informe			impresión del informe

 Trabajo en Japón  
 Trabajo en Chile

Por parte de Chile los participantes fueron los siguientes:

Jefe del equipo : Carlos Portigliati Navarro  
(SERNAGEOMIN).  
Coordinación general y  
preparación del informe.

Miembros:

Carlos Emparan Cabrolhier : Trabajo de terreno y  
(SERNAGEOMIN) preparación del informe.  
Sergio Díaz Bonilla : Trabajo de terreno y  
(SERNAGEOMIN) preparación del informe.  
Ricardo Borić Pellerano : Trabajo de terreno y  
(SERNAGEOMIN) preparación del informe.

#### 5. Agradecimientos

Se agradecen las facilidades brindadas para la ejecución del trabajo por CODELCO-División El Teniente, ENAMI y CHILECTRA-Bocatoma Queltehues; en éste último caso cabe destacar la colaboración del Sr. Lara, encargado de la Bocatoma. Asimismo, se agradece la colaboración de Carabineros de Chile, en las unidades destacadas en la zona de estudio.

Al Dr. Reynaldo Charrier, investigador del Departamento de Geología de la Universidad de Chile, se le agradece la información, opiniones y asesoría prestada en relación con la geología en general del área estudiada, y de problemas estratigráficos, en particular.

**PRIMERA PARTE**  
**RECONOCIMIENTO GEOLOGICO REGIONAL**  
**Y**  
**EXPLORACION GEOQUIMICA**



## Capítulo 1: Geología

### 1.1 Generalidades

El área estudiada comprende un sector de la parte chilena-central de la Cordillera de Los Andes. En esta área afloran predominantemente rocas estratificadas cuyo espesor ha sido estimado en 14.000 m por Klohn (1960) y en 10.000 por Charrier (1981b), en tanto que el espesor de la corteza ha sido determinado entre 57 y 66 km por Draguićević (1970). Los afloramientos de intrusivos constituyen aproximadamente un 4% de la superficie del área.

La secuencia estratificada comprende rocas mesozoicas y cenozoicas. Está constituida principalmente por volcanitas e incluye sedimentitas marinas correspondientes a dos amplios ciclos de trasgresión y regresión (Charrier, Klohn, op. cit., Charrier y Lillo 1973, Charrier 1981a) del Jurásico superior y del Cretácico inferior. En general, todas las formaciones contienen estratos volcánicos cuya importancia es creciente a medida que se asciende en la secuencia. Las volcanitas varían de félsicas a intermedias, predominando el volcanismo andesítico.

En la secuencia estratificada han quedado registradas tres de las seis discordancias y discontinuidades reconocidas por Charrier (1981a) en la evolución de los Andes Centrales de Chile y Argentina. Ellas están relacionadas con igual número de episodios de plegamiento y erosión de la cubierta estratificada. Estas discordancias subdividen la secuencia en 4 unidades:

- 1) Paquete formacional concordante Jurásico-Cretácico, que comprende los dos ciclos marinos de trasgresión-regresión. Está constituido por las formaciones Nacientes del Teno, Río Damas, Leñas-Espinoza redefinida (primer ciclo); Baños del Flaco y Colimapu (segundo ciclo).
- 2) Unidad volcano-clástica continental del Cretácico superior-Paleogeno, correspondiente a la formación Coya-Machalí.

- 3) Unidad volcano-clástica continental del Mioceno-Plioceno, correspondiente a la formación Farellones.
- 4) Volcanismo andino joven y depósitos inconsolidados, que no presentan deformación.

La secuencia estratificada está atravesada por varios cuerpos intrusivos, a algunos de los cuales se les ha determinado edad miocénica (método K-Ar).

En Chile Central, el magmatismo ha sido episódico y migratorio durante el Mesozoico y Cenozoico, presentando un desplazamiento del oeste hacia el este (Drake y otros 1982, Munizaga y Vicente 1982). Se ha determinado una considerable reducción del volcanismo en un período comprendido entre los 60 y 30 m.a., que coincide con una ausencia de rocas plutónicas de esa edad. El volcanismo se reinició hace 25 m.a. con actividad hasta el presente. Sin embargo, en los últimos 2 m.a. habría una reinversión del proceso, con una migración del volcanismo hacia el oeste.

## 1.2 Estratigrafía.

La secuencia estratigráfica que aflora en el área estudiada está constituida por las unidades que se describen a continuación. Columna geológica generalizada del área II se indica en la Fig. 2.

### 1.2.1 Formación Nacientes del Teno.

#### Definición y relaciones estratigráficas.

Esta formación es la unidad estratigráfica más antigua del área estudiada. Fue definida por Klohn (1960) como un conjunto de sedimentos marinos clásticos, organogénicos y químicos con escasas intercalaciones de material piroclástico y abundante participación de sedimentos clásticos derivados de la erosión de volcanitas. Su localidad típica se encuentra en las cabeceras del río Teno, al sur del área estudiada.

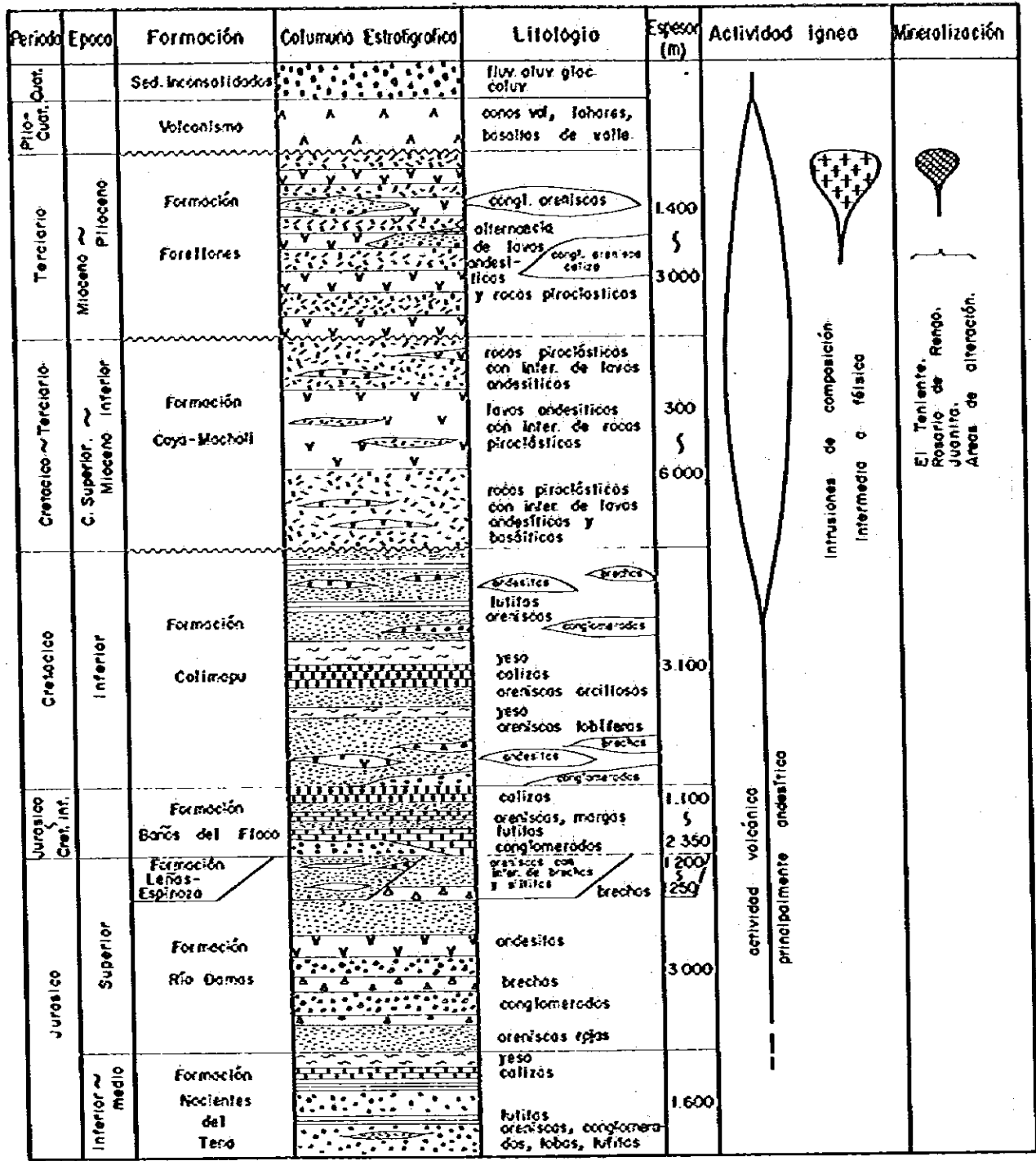


Fig. 2 COLUMNA GEOLOGICA GENERALIZADA DEL AREA II



Tab. 3 CORRELACION CON TRABAJOS ANTERIORES

	Klohn (1960)	González y Vergara (1962)	Vergara (1969)	Charrier y Lillo (1973)	Charrier (1981b)	MMAJ-SERNAGEO-MIN (1983)	
Cuaternario	Noloceno					Volcanitas y sedimentos inconsolidados	
	Pleistoceno				Actividad volcánica localizada en centros eruptivos		
	Terciario	Plioceno	Cola de Zorro		Volcanismo Postmiocénico	Farellones	Farellones
		Mioceno					
		Oligoceno					
Cretácico	Eoceno			Farellones		Coya-Machali	
	Paleoceno						
	Superior		Corona del Fraile	Abanico	Coya-Machali	Coya-Machali	
			Abanico				
	Inferior		Plan de Los Yaguez				
			Colimapu			Colimapu	Colimapu
			Baños del Flaco		Baños del Flaco	Baños del Flaco	Baños del Flaco
	Jurásico						
		Malm	Río Damas	Río Damas	Letas-Espinoza Río Damas	Letas-Espinoza Río Damas	Letas-Espinoza Río Damas
		Doggar	Valle Grande		Nacientes del Teno	Nacientes del Teno	Nacientes del Teno
Lías							

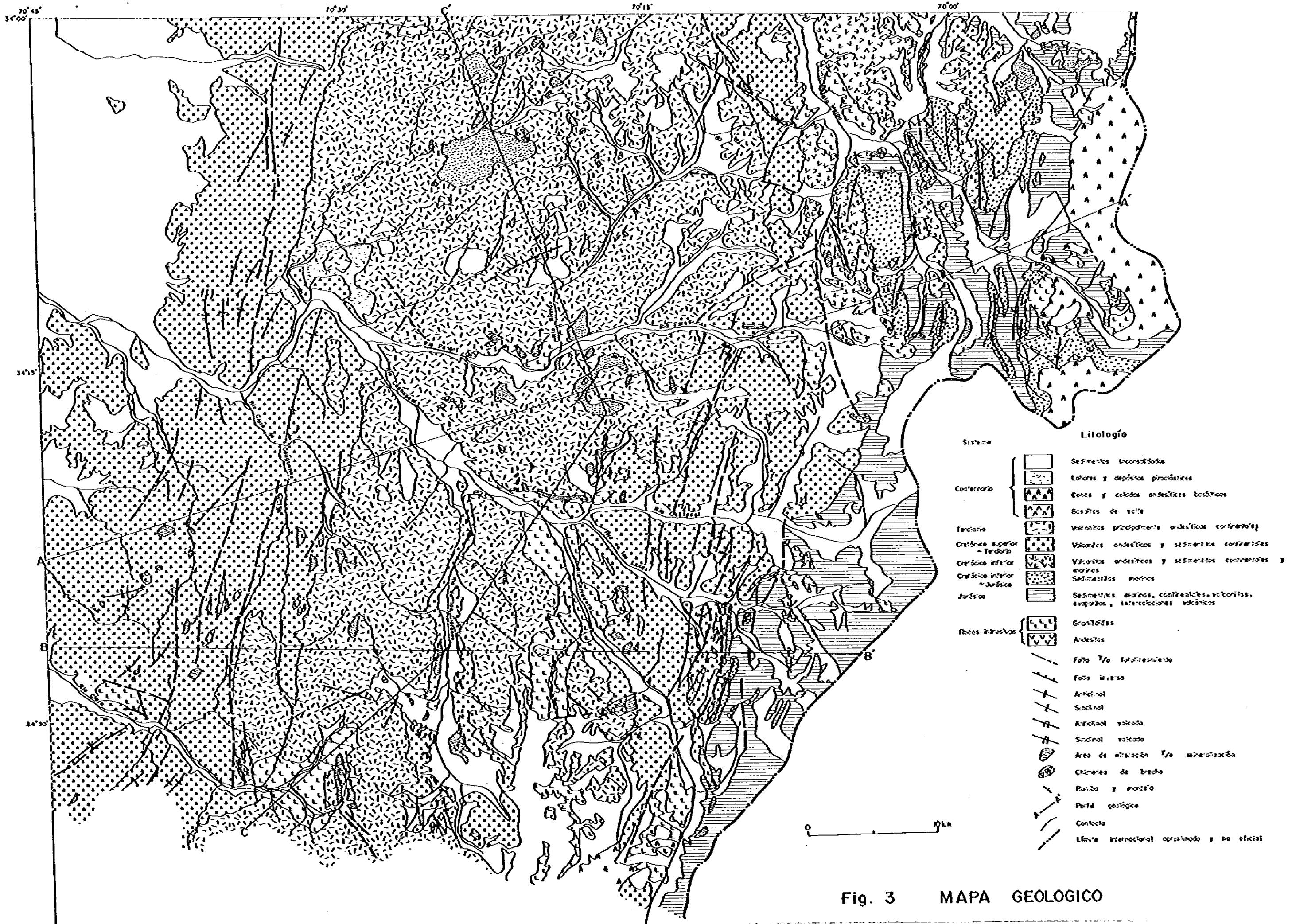
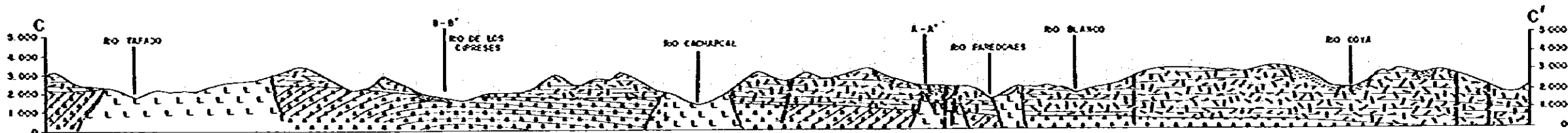
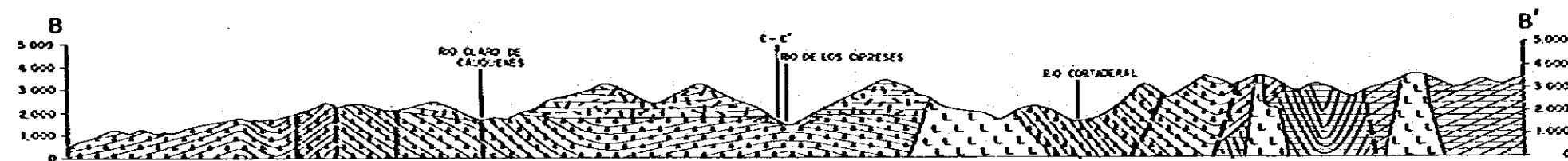
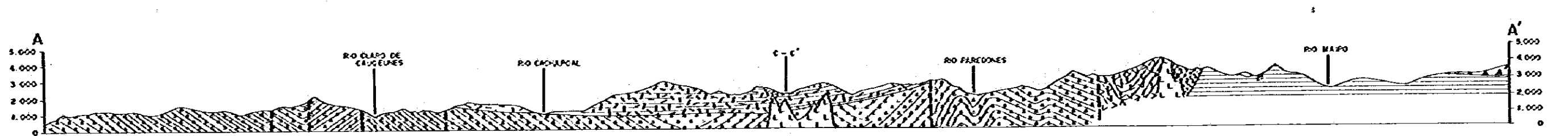


Fig. 3 MAPA GEOLOGICO



**LEYENDA**

Sistema	Litología
Cuaternario	Conos y coladas andesíticas basálticas
Terciario	Volcanitos principalmente andesíticos continentales
Creácico superior ~ Terciario	Volcanitos andesíticos y sedimentos continentales
Creácico inferior	Volcanitos andesíticos y sedimentos continentales y marinos
Jurásico ~ Creácico inferior	Sedimentitos marinos
Jurásico	Sedimentitos marinos, evaporitas, sedimentitos continentales y volcanitos
	Robos intrusivos
	Falla
	Area de alteración
	Contacto



Fig.4 PERFILES GEOLOGICOS DEL AREA II

La base de esta formación no está expuesta. Subyace concordantemente la Formación Río Damas.

#### Distribución.

En el área estudiada esta formación ha sido reconocida en el borde oriental desde el Paso Las Leñas (en las cabeceras del río Las Leñas) al Nevado de Arhuelles, en el curso superior del río Maipo (Klohn 1960, Charrier y Lillo 1973, Charrier 1981b).

Al sur ha sido reconocida por Klohn, op. cit., hasta el río Colorado (afluente del río Lontué).

#### Litología.

En la localidad típica fue descrita formada por 3 miembros: Estratos inferiores, constituidos por conglomerados, areniscas, lutitas, rocas calcáreas, tobas y tufitas. Miembro Rinconada, constituido por conglomerados, areniscas, margas y calizas con intercalaciones de brechas y tobas andesíticas. Miembro Santa Elena, que es el superior, constituido por mantos de anhidrita y yeso.

En el área estudiada, se expone principalmente el yeso del miembro Santa Elena (Charrier, 1981b). Sin embargo, Klohn op.cit., ha observado en varios lugares estratos del miembro Rinconada y otros que podrían asignársele: en la ladera sur del río Cortaderal, areniscas grises, conglomerados finos y lutitas; en el cordón fronterizo del Paso Las Leñas, areniscas gris amarillentas, en parte calcáreas; En la ribera norte del río Maipo, frente a la confluencia del río Cruz de Piedra, calizas fosilíferas con restos de Macrocephalites del Caloviano y lutitas calcáreas; en ambas riberas del río Maipo al oeste de Puente de Tierra, lutitas negras fuertemente plegadas bajo el yeso del miembro Santa Elena; a unos 2 km del lugar anterior, tanto al SE en la ribera sur del río Maipo, como al NW entre los ríos Maipo y Negro, observó bajo el yeso lutitas negras y calizas fosilíferas con fósiles del Caloviano y Oxfordiano.

### Espesor y estructura.

Klohn, op. cit., midió para esta formación un espesor de 1.600 m. Esta formación está muy plegada, presentando el yeso fuerte compresión e intruyendo diapíricamente la formación suprayacente.

### Edad y correlaciones.

Klohn, op. cit., asignó a esta formación una edad Secuaniano a Dogger-Lías?, aún cuando encontró fósiles solamente del Caloviano al Rauraciano; lo hizo atendiendo a fauna del Bajociano encontrada por Burckhardt en el valle de Villagra y a correlación con la estratigrafía observada en el lado argentino. Charrier (1981b) asigna al miembro Santa Elena una edad Secuaniano-Rauraciano, por criterios obtenidos fuera del área de estudio. Por otra parte, Davidson (en Charrier y Lillo, 1973, pág. 26) confirma la existencia de un Bajociano inferior para esta formación.

Basándose en los antecedentes, a esta formación se le puede asignar una edad Bajociano-Oxfordiano.

La formación Nacientes del Teno ha sido correlacionada hacia el sur con la Formación Valle Grande (definida por González y Vergara, 1962), por dichos autores y por Charrier y Lillo (1973). Hacia el norte del área estudiada ha sido correlacionada con los miembros inferior y medio de la Formación Lagunilla (definida por Aguirre 1960), por dicho autor y por Charrier y Lillo, op. cit. El miembro Santa Elena ha sido correlacionado con la Formación río Colina (definida por González 1963), por dicho autor, por Charrier y Lillo (1973) y Thiele (1980).

### 1.2.2 Formación Río Damas.

#### Definición y relaciones estratigráficas.

Esta formación fue definida por Klohn (1960) como un característico complejo de sedimentos clásticos, finos y gruesos, con intercalaciones de potentes series de rocas

volcánicas, efusivas y piroclásticas, y de esporádicos sedimentos químicos; depositación esencialmente en un ambiente terrestre subaéreo y lagunar. Su lugar típico se encuentra en el valle del río Las Damas, curso superior del río Tinguiririca, al sur del área estudiada.

Esta formación se apoya concordantemente sobre el miembro Santa Elena de la Formación Nacientes del Teno y también concordantemente subyace a la Formación Baños del Flaco.

#### Distribución.

Esta formación ha sido reconocida a lo largo de todo el borde oriental del área estudiada (Klohn 1960, Charrier y Lillo 1973, Charrier, 1981b).

Al sur, ha sido reconocida por Klohn, op. cit., hasta el río Colorado (Lontué) y por González y Vergara (1962) hasta las cabeceras del Cajón Troncoso, en la parte sur de la hoya del río Maule.

Al norte ha sido reconocida por González (1963) en el valle del río Volcán; por Klohn op. cit. y Thiele (1980) todavía más al norte del límite internacional en las cabeceras del río Colorado (Maipo).

#### Litología.

En la localidad típica está constituida por brechas de andesitas, areniscas rojas, conglomerados, lavas andesíticas y lutitas yesíferas rojas.

En el área estudiada, Klohn, op. cit., en el sector de los ríos Cortaderal, Las Leñas y Cachapoal superior, ha observado predominancia de los conglomerados sobre las areniscas y rocas efusivas. Charrier (1981b), en las cabeceras del río Las Leñas observó brechas, areniscas y conglomerados. En el sector que comprende los ríos Negro, Arhuelles, Alvarado y Cruz de Piedra, Klohn observó predominancia de las areniscas rojas sobre conglomerados y rocas efusivas y una situación similar registró Charrier

(1981b) en la parte sur de ese sector. En el sector del río Barroso el primer autor observó un incremento importante de rocas efusivas y conglomerados en la constitución de la formación, en tanto que Charrier registró un reducido espesor de brechas y areniscas. Este último autor en el lado norte del río Maipo, frente a Puente de Tierra, observó un importante espesor de areniscas para esta formación.

#### Espesor y estructura.

Klohn, op. cit. midió un espesor de 5.550 m en la localidad típica, pero señaló un espesor medio de 3.000 m para esta formación, debido a que observó que éste disminuye hacia el oriente y hacia norte.

Al sur de la localidad típica, González y Vergara (1962), señalan que el espesor máximo no sobrepasa los 2.000 m para el curso superior de los ríos Teno y Valle Grande. Al norte del área de estudio, Thiele (1980), determinó un espesor aproximado de 3.000 m.

En el área estudiada, Charrier (1981b) indica un espesor aproximado de 1.000 m. Este autor midió 1.000 m en las cabeceras del río Las Leñas y 800 m en el lado norte del río Maipo frente a Puente de Tierra. Klohn, op. cit., señala un espesor medio de 2.500 m para el sector de los ríos Cortaderal, Las Leñas y Cachapoal superior; estima un espesor de 2.000 m en el sector del río Barroso y estero El Circo; señala un espesor de 1.000 m. en el sector de los ríos Negro, Arhuelles, Alvarado y Cruz de Piedra.

La Formación Río Damas está plegada. Sus afloramientos occidentales presentan poca deformación, en tanto que los orientales presentan pliegues apretados cortados por fallas inversas e intrusiones de yeso. Esta situación se ha explicado (Charrier y Lillo 1973, Charrier 1981b), por efectos de resbalamiento y despegue debidos al yeso infrayacente.

## Edad y correlaciones.

Klohn, op, cit., asignó a esta formación una edad Kimmeridgiano, atendiendo a las edades determinadas en los niveles de contacto de las formaciones infra y suprayacentes; esta formación no ha proporcionado fósiles de valor cronológico. Charrier (1981b) ha indicado una edad Kimmeridgiano superior. Al sur del área de estudio, González y Vergara (1962), también por relaciones de marco estratigráfico, sitúan a esta formación entre el Kimmeridgiano basal y el Titoniano inferior. Al norte del área de estudio, Thiele (1980) mediante consideraciones semejantes le asigna una edad Kimmeridgiano.

Basándose en estos antecedentes, a esta formación le corresponde una edad Kimmeridgiano.

La formación Río Damas ha sido correlacionada con el miembro superior de la formación Lagunilla (definida por Aguirre 1960), por los siguientes autores: Aguirre (1960), Klohn (1960), González y Vergara (1962), Thiele (1980) y Moscoso y otros (1982).

### 1.2.3 Formación Leñas-Espinoza (Redefinida).

#### Definición y relaciones estratigráficas.

Esta formación fue definida originalmente por Klohn (1960) como una secuencia de sedimentos marinos integrada por una serie transgresiva de rocas piroclásticas gris verdosas y una serie de estratos calcáreos fosilíferos sobrepuestos, de color gris oscuro. Su localidad típica se sitúa en el valle del río Las Leñas y en el de su afluente, estero Espinoza, dentro del área estudiada.

Posteriormente, esta formación fue redefinida por Charrier (1982), en su localidad típica, restringiendo su denominación a la parte clástica inferior, denominada serie transgresiva por Klohn, op. cit. Ha quedado redefinida como compuesta principalmente de rocas volcanoclásticas, brechosas, finas a areníticas, de origen piroclástico y subordinadamente de siltitas con componentes piroclásticos.



En su localidad típica esta formación, en su definición original, se encuentra aislada estratigráficamente. Para esta formación redefinida, la base es desconocida; subyace concordantemente y en contacto transicional los estratos de la Formación Baños del Flaco (Charrier, op. cit.).

#### Distribución.

La distribución de esta formación redefinida está restringida a su localidad típica (Charrier, op. cit.).

#### Litología.

Charrier, op. cit., reconoció 4 miembros en esta formación redefinida. El inferior, miembro A, presenta 500 m de arenitas con intercalaciones de siltitas y argillitas; también, algunas brechas finas y tobás. El miembro B tiene 200 m de arenitas. El miembro C presenta 300 m de brechas y arenitas con escasas intercalaciones de siltitas negras. El miembro D, superior, se presenta con 200 a 250 m de brechas, arenitas y siltitas negras.

#### Espesor y estructura.

Para esta formación redefinida Charrier (op. cit.), ha determinado un espesor de 1.200 a 1.250 m. Klohn (1960), midió un espesor de 1.060 m para la serie transgresiva de la definición original de la formación.

Esta formación redefinida está constituyendo un sinclinal con eje de orientación NNE. En el núcleo, subyace a estratos de la parte inferior de la Formación Baños del Flaco. Hacia el oeste está en contacto de discordancia angular con la Formación Coya-Machalí y hacia el este está en contacto por falla con la Formación Río Damas.

## Edad y correlaciones.

En esta formación redefinida no se han encontrado fósiles de valor cronológico. Atendiendo a la edad determinada por Corvalán (1959) como Titoniano inferior, medio y superior, confirmada por Tavera (1972), para los estratos calcáreos que la sobreyacen, los estratos clásticos que constituyen esta formación han sido asignados al Kimmeridgiano por Klohn (1960), Charrier y Lillo (1973) y Charrier (1981b, 1982).

Basándose en los antecedentes, a esta formación se le puede asignar una edad Kimmeridgiano.

Esta formación redefinida, ha sido considerada como un equivalente, al menos parcial, de la formación Río Damas por Charrier (1982). Los estratos clásticos correspondientes a ella, anteriormente ha sido correlacionados con esa misma formación por Charrier y Lillo (1973).

### 1.2.4 Formación Baños del Flaco.

#### Definición y relaciones estratigráficas.

Esta formación fue definida por Klohn (1960) como una secuencia de estratos marinos fosilíferos, principalmente calizas, calizas arenosas, margas y areniscas calcáreas; también conglomerados, areniscas glauconíticas, lutitas y lutitas carbonosas hojosas; rocas efusivas muy escasas. Su localidad típica se sitúa en el curso superior del río Tinguiririca, en el sector de Baños del Flaco, al sur del área de estudio.

Se apoya concordantemente sobre las formaciones río Damas y Leñas-Espinoza, subyaciendo, también concordantemente a la Formación Colimapu. En algunos lugares, su cubierta estratigráfica fue removida por erosión, subyaciendo discordantemente a la Formación Coya-Machalí.

## Distribución.

Dentro del área estudiada, se distribuye en la parte oriental de ella. Ha sido reconocida por Charrier (1981b) entre los ríos Cortaderal y Las Leñas, comprendiendo la serie calcárea de la Formación Leñas-Espinoza, sensu Klohn (1960) y en las cabeceras del río Cachapoal en el Paso Molina. También, ha sido reconocida en el curso superior del río Maipo, al oriente de su afluente río Blanco (Klohn 1960, Charrier op. cit.).

Al sur del área ha sido reconocida por Klohn (1960) hasta el río Tenó en su curso superior y por González y Vergara (1962) en el curso superior del río Maule.

Al norte del área, esta formación ha sido reconocida por Klohn, op. cit., hasta las cabeceras del río Colorado (Maipo).

## Litología.

En la localidad típica está constituida por calizas, margas, areniscas, areniscas calcáreas en parte con glauconita, lutitas oscuras, tufitas, conglomerados volcánicos y brechas andesíticas.

En el área estudiada, entre los ríos Cortaderal y Las Leñas, presenta calizas, conglomerados, brechas volcánicas, tufitas y limolitas (Charrier, 1981b). En el curso superior del río Maipo (Klohn 1960, Charrier op. cit.) entre los valles de los ríos Blanco y Barroso presenta: calizas, areniscas y siltitas calcáreas, brechas, tufitas, brechas conglomerádicas, conglomerados y lavas brechosas; hacia el oriente, en el lado norte del río (Altos de Puente de Tierra y Escalones) presenta: margas y calizas. Una composición litológica semejante presenta esta formación hacia el SE del lugar anterior, entre el río Cruz de Piedra y las nacientes del Maipo.

### Espesor y estructura.

Klohn (1960), obtuvo un espesor variable entre 700 y 1.000 m; en la localidad típica midió 950 m. Charrier (1981b), midió un espesor que varía desde 2.350 m entre los ríos Barroso y Blanco, a 1.100 m en el lado norte del río Maipo en Altos de Puente de Tierra y Alto de Escalones; observó que el espesor tiende a disminuir hacia el oriente.

Esta formación se presenta muy plegada en estructuras de orientación general N-S. En la parte sur de los afloramientos, entre los ríos Cortaderal y Las Leñas, está constituyendo estructuras sinclinales que se presentan volcadas en el extremo sur (Charrier, op. cit.). En la parte norte de los afloramientos, constituye un sinclinal apretado entre los ríos Blanco y Barroso. Hacia el oriente, en el lado norte del río Maipo, entre Puente de Tierra y el río Escalones, se presenta en un conjunto estructural sinclinal y anticlinal. Al SE del lugar anterior, entre el río Cruz de Piedra y los Nacimientos del Maipo, conforma una amplia estructura anticlinal. Hacia el oriente presenta una intensa ondulación sinclinal y anticlinal (sector Paso Los Bayos).

### Edad y correlaciones.

Klohn (1960), basado en la fauna identificada, asignó a esta formación una edad Titoniano superior a Hauteriviano. También, en base a la fauna colectada, González y Vergara (1962) la situaron entre el Titoniano medio y el Hauteriviano basal. Antendiendo a nuevos hallazgos fosilíferos, Charrier y Lillo (1973), le han asignado una edad Titoniano inferior-Hauteriviano. Charrier (1981b) le asignó un rango Titoniano-Neocomiano.

Basándose en estos antecedentes, a esta formación se le puede asignar una edad Titoniano-Hauteriviano.

La Formación Baños del Flaco, ha sido correlacionada hacia el norte por Charrier y Lillo (1973), con las formaciones Lo Valdés (definida por González, 1963) y San José (definida por Aguirre, 1960). Con esta última formación, también fue correlacionada por Thiele (1980).

#### 1.2.5 Formación Colimapu.

##### Definición y relaciones estratigráficas.

Esta formación fue definida por Klohn (1960) como un conjunto sedimentario de origen terrestre, con tres miembros estratigráficos, compuesta principalmente por areniscas tobíferas rojizas, lutitas tobíferas, tufitas rojas, con intercalación de capas de conglomerados, brechas y lavas andesíticas, calizas y capas discontinuas de yeso. Su localidad típica se encuentra en el curso superior del río Maipo y corresponde a la quebrada Colimapu, afluente oriental del río Blanco, en la parte nororiental del área de estudio.

La Formación Colimapu se apoya en contacto concordante y transicional sobre la formación infrayacente. Esta, en el área de estudio y al sur de ella, corresponde a la Formación Baños del Flaco (Klohn 1960, González y Vergara 1963, Charrier y Lillo 1973, Charrier 1981b). Al norte del área de estudio, la formación infrayacente corresponde a la Formación Lo Valdés (González 1963, Thiele 1980).

La Formación Colimapu subyace discordantemente la formación suprayacente, según algunos autores y concordantemente según otros.

En el área de estudio y al sur de ella, hasta el Paso del Planchón en el curso superior del río Teno, infrayace en discordancia angular a la Formación Coya-Machalí según Klohn (1960), Charrier y Lillo (1973); dentro de esta zona, el contacto es concordante en el sector del valle del río Tinguiririca, según Vergara (1969). Charrier (1981b), no reconoció el techo de la Formación Colimapu dentro del área de estudio.

Al sur del área de estudio, entre los ríos Teno y Maule, la Formación Colimapu subyace concordantemente la Formación Plan de Los Yeuques (definida por González y Vergara, 1962), según dichos autores.

Al norte del área de estudio, la Formación Colimapu subyace concordantemente la Formación Abanico (definida por Aguirre 1960), según González (1963) y Thiele (1980). El primer autor sugiere un engrane lenticular entre ambas formaciones y el segundo la existencia de una superficie de erosión en el contacto.

Por otra parte, Charrier (1981a, marzo 1983 com. verbal) ha sugerido que debido a que la estructura general tiene una orientación N-S, en perfiles de esa orientación la discordancia podría resultar obliterada por una traza de aparente concordancia.

#### Distribución.

En el área estudiada, ha sido reconocida en el sector nororiental (Klohn 1960, Charrier 1981b).

Al sur del área ha sido observada en los cursos superiores de los ríos, entre el Tinguiririca y el Teno (Klohn 1960, Vergara 1969, Charrier y Lillo 1973). Hasta el río Maule ha sido mapeada por González y Vergara (1962).

Al norte del área estudiada, ha sido reconocida hasta la Sierra del Coironal y el Paso de Las Pircas, en el curso medio del río Colorado, afluente del Naipo (Klohn 1960, González 1963 y Thiele 1980).

#### Litología.

En la localidad típica, Klohn (1960) distinguió 3 miembros. Inferior: areniscas arcillosas y tobíferas rojas, tufitas, conglomerados e intercalaciones de lavas y brechas andesíticas. Medio: a) yesífero inferior, areniscas arcillosas rojas con lentes de yeso de hasta 10 m espesor; b) horizonte calcáreo, calizas, margas y lutitas

calcáreas; c) yesífero superior, lutitas rojas con lentes de yeso de hasta 10 m de espesor. Superior: lutitas y areniscas tobíferas rojas, en parte conglomerádicas, con escasas intercalaciones de lavas y brechas andesíticas.

En el lado oriental del río Negro, aflora un espesor de 350 m de lutitas y probablemente tufitas rojas, en la base de una gruesa secuencia volcanoclástica.

En el lado norte del río Maipo, en Altos de Escalones (Charrier, 1981b) se presentan areniscas y lutitas rojas, con tufitas y escasas intercalaciones de brechas y yeso en la base.

En el valle del río Blanco, Charrier op. cit. distinguió un miembro inferior de sedimentitas rojas constituido por areniscas, siltitas, calizas arenosas y calizas y un miembro superior volcanoclástico constituido por tobas, tobas de lapilli, brechas conglomerádicas, lavas y escasas intercalaciones de calizas.

#### Espesor y estructura.

Klohn (1960), estimó el espesor de esta formación en 3.000 m, considerando varios perfiles parciales. En el valle del río Blanco, Charrier (1981b) midió 1.500 m para el miembro inferior sedimentario y a lo menos 1.600 m para el miembro superior volcanoclástico. Anteriormente, en este mismo lugar, González (1963) midió 1.700 m para la secuencia de sedimentitas correspondiente al miembro inferior de Charrier y asignó a la Formación Abanico el miembro volcanoclástico superior.

Al sur del área estudiada, entre los ríos Teno y Maule, González y Vergara (1962) asignaron a esta formación un espesor de 600 m, habiendo medido espesores de 300 a 700 m y teniendo presente la influencia del plegamiento en el perfil de mayor espesor.

Al norte del área estudiada, González (1963) observó en el valle del río Volcán un espesor de 1.200 m. En la Hoja Santiago, Thiele (1980) estimó su espesor en 2.000 m.

La Formación Colimapu se presenta muy plegada, en estructuras con ejes de orientación general N-S. Se presenta constituyendo los flancos de pliegues sinclinales en el valle del río Blanco, Altos de Escalones y en el sector que se desarrolla al occidente del río Negro en una amplia estructura sinclinal (Klohn, 1960).

#### Edad y correlaciones.

Debido a que no se ha encontrado fauna fósil de valor cronológico en esta formación, Klohn (1960) atendiendo a la edad de la formación infrayacente y a la edad de las deformaciones orogénicas que la habrían afectado, le estimó una edad Barremiano a Coniaciano inferior?. González y Vergara, atendiendo a la relación estratigráfica con las formaciones infra y suprayacentes, le asignaron un límite inferior Neocomiano medio a superior y un límite superior indeterminado. González (1963), encontró microflora de Carófitas en la localidad típica y atendiendo a la relación estratigráfica con la formación infrayacente, le asignó a Colimapu una edad Neocomiano medio a superior?. Posteriormente, Martínez y Osorio (1963) a la microflora encontrada, le asignaron una edad albiana. Thiele (1980), atendiendo a la edad de las Carófitas mencionadas y a la edad de la formación infrayacente, asignó a Colimapu una edad Hauteriviano-Albiano. Charrier (1981b) situó a esta formación en el rango Aptiano-Albiano.

Basándose en estos antecedentes, a esta formación se le puede asignar una edad Hauteriviano-Albiano.

La Formación Colimapu ha sido correlacionada hacia el norte con la Formación Cristo Redentor (definida por Aguirre 1960) por González (1963), Charrier y Lillo (1973) y Thiele (1980).



### 1.2.6 Formación Coya-Machalí.

#### Definición y relaciones estratigráficas.

Esta formación fue definida por Klohn (1960) como una unidad constituida exclusivamente por depósitos terrígenos, principalmente sedimentos límnicos y rocas efusivas y piroclásticas, de preferencia andesíticas, con alguna participación de basaltos y de traquitas. Su localidad típica se sitúa entre los pueblos de Machalí y Coya en el sector centro occidental del área estudiada.

Estratigráficamente, sobreyace a la Formación Colimapu. Sin embargo, por efecto de ciclos tectónicos y de erosión, se superpone sobre formaciones más antiguas como Baños del Flaco, Río Damas y el miembro Santa Elena de la Formación Nacientes del Teno. El contacto con la infrayacente Formación Colimapu es discordante con discordancia angular según Klohn (1960), Charrier y Lillo (1973) y concordante según Vergara (1969). González (1963) también señaló una relación de concordancia, pero en el valle del río Blanco consideró como parte basal de la Formación Abanico (Coya-Machalí) el miembro superior de la Formación Colimapu identificado por Charrier (1981b). Por otra parte, Charrier op. cit. observó que Coya-Machalí se superpone con discordancia angular sobre las Formaciones Río Damas y Baños del Flaco.

Al sur del área de estudio, a su equivalente Formación Abanico (definida por Aguirre, 1960), González y Vergara (1962) la observaron concordante sobre las Formaciones Plan de Los Yeuques y Curamallín, definidas por ellos. Al norte, la observaron también concordante González (1962), Thiele (1980) y Moscoso y otros (1982), sobre las Formaciones Colimapu y Cristo Redentor (definida por Aguirre, 1960). Sin embargo, Aguirre (1960) la observó discordante sobre ésta última.

La Formación Coya-Machalí subyace con discordancia angular a la Formación Farellones (Klohn 1960, Charrier y Lillo 1973 y Charrier 1981b).

Al norte y al sur del área estudiada, todos los autores mencionados anteriormente concuerdan en la relación discordante que se presenta en el techo de su equivalente Formación Abanico.

#### Distribución.

Dentro del área estudiada, esta formación se distribuye en dos franjas de orientación N-S, una oriental y otra occidental, siendo esta última la más ancha e incluye la localidad típica. Además, entre ambas se desarrolla un estrecho alineamiento paralelo de afloramientos o "ventanas" de esta formación, principalmente en el valle del río Los Cipreses, sobre el río Pangal entre las quebradas El Agujereado y Las Morenas y en la confluencia del estero Clonqui con la quebrada El Maitén.

Al sur del área estudiada, ambas franjas se juntan. Klohn (1960) mapeó esta formación hasta el curso medio del río Teno; este autor dice haberla reconocido más al sur, en la cuenca del río Maule medio, laguna del Laja, valle del río Queuco y en la localidad de Nitrito junto al río Bío-Bío. González y Vergara (1962) mapearon esta formación con el nombre equivalente de Formación Abanico entre el río Teno y el curso superior del río Bío-Bío. Charrier y Lillo (1973) mapearon la Formación Coya-Machalí hasta las cabeceras del río Claro, afluente del Tinguiririca.

Al norte del área estudiada, ha sido observada por Klohn (1960) en continuidad hasta la región del río Aconcagua. Su equivalente Formación Abanico, ha sido mapeada hasta el paralelo 32°S (Aguirre 1960, González 1963, Thiele 1980, Moscoso y otros 1982).

#### Litología.

En general, esta formación (Klohn, 1960) está constituida principalmente por: andesitas afaníticas, basaltos porfíricos, traquitas porfíricas, lavas brechosas,

tobas brechosas presenta intercalaciones de sedimentitas: areniscas medias y finas con capas carbonosas, limolitas y conglomerados medios con rodados de andesita.

En la localidad típica, Charrier (1981b) distinguió 3 miembros. Miembro inferior A, constituido esencialmente por piroclastos: tobas principalmente, tobas de lapilli, brechas y algunas intercalaciones de lavas. Miembro medio B, constituido principalmente por lavas con intercalaciones de tobas de lapilli y tobas. Miembro superior C, piroclástico, constituido por: tobas, tobas de lapilli e intercalaciones de lavas.

Más al sur, en el estero La laguna o Los Leones, entre las tobas se distinguieron dos tipos: líticas y cineríticas. Al microscopio las tobas líticas (h-10) presentan textura piroclástica compuesta por fragmentos líticos y de cristales en una matriz de origen cinerítico, reemplazada por minerales de arcilla y clorita. Las tobas cineríticas (h-7) presentan una textura fina de origen piroclástico, compuesta por pequeños fragmentos de cristales de plagioclasa y un material fino desvitrificado y reemplazado por clorita y minerales de arcilla.

En la franja oriental de afloramientos, Charrier (1981b) observó que la Formación Coya-Machalí tiene un carácter más clástico que en la franja occidental. En el cordón que separa los ríos Cachapoal y Las Leñas, observó que la formación está constituida por conglomerados arenosos y tobas de lapilli, con algunas intercalaciones de lavas. Continuando en la misma línea hacia el este, encontró que en el límite oriental de la franja de afloramientos, la formación está constituida por tobas y tobas de lapilli con algunas intercalaciones de brechas piroclásticas y lavas; asimismo, presenta la intercalación de un intrusivo riolítico brechoso. En el lado norte del río Cachapoal, entre las quebradas Los Llanos y Reyes, Klohn (1960) observó que la formación está constituida por areniscas conglomerádicas, brechas andesíticas, tufitas, tobas, algunas intercalaciones de lavas andesíticas, ocasionalmente lutitas y un horizonte con calizas gris oscuras.

### Espesor y estructura.

Klohn (1960), basándose en varios perfiles parciales estimó el espesor de esta formación en 3000 m. En la alta cordillera, Charrier y Lillo (1973) estimaron 2000 m. Charrier (1981b) en la localidad típica, situada en la franja occidental, midió más de 1.900 m y en la franja oriental en el cordón comprendido entre los ríos Cachapoal y Las Leñas midió un espesor parcial de 1.300 m. Un poco más al norte, dentro de la franja oriental, entre las quebradas Los Llanos y Retamal, afluentes del río Cachapoal, Klohn (1960) midió 1.790 m.

Al sur del área estudiada, para la equivalente Formación Abanico, González y Vergara (1962) midieron los siguientes espesores: sector río Teno 2.700 m, sector río Maule 1.900 m y sector río Longaví 600 m, observando una tendencia a acunarse hacia el sur. Esta observación es compartida por Vergara y Drake (1979), quienes la interpretan como una característica de la depositación en cuencas intramontanas. Integrando parcialmente varios perfiles, Vergara (1969) le asignó un espesor de 6.000 m en el valle del río Tinguiririca.

Al norte del área estudiada, para la equivalente Formación Abanico, Aguirre (1960) integrando cuatro secciones midió un espesor total de 3.610 m en el curso superior del río Aconcagua. En la Hoja Santiago, Thiele (1980) le estimó un espesor de 3.000 m. En la Hoja Los Andes, Moscoso y otros (1982) estimaron un espesor de 5.000 m, haciendo notar la influencia de numerosos filones manto y lacolitos sobre el espesor.

La Formación Coya-Machalí se presenta fuertemente plegada en estructuras con ejes de orientación general N-S. En la franja oriental, los pliegues presentan frecuente fallamiento inverso, entre los ríos Cachapoal y Las Leñas (Charrier, 1981b).

## Edad y correlaciones.

En esta formación no se han encontrado fósiles que otorguen una datación precisa. Al norte del área estudiada, en el valle del estero Arrayán, en afloramientos de la equivalente Formación Abanico, se encontró flora que R. Kräusel (en Klohn, 1960) identificó como *Nothofagus*, asignándole una edad comprendida entre el Terciario inferior y el Cretácico superior. Con este antecedente, Klohn op. cit. atribuyó a la Formación Coya-Machalí una edad Maastrichtiano?. Más tarde, Charrier y Lillo (1973) basándose en la relación con las formaciones infra y suprayacentes y en correlaciones estratigráficas y tectónicas le fijaron también una edad Maastrichtiano.

Posteriormente, se han efectuado dataciones radiométricas por el método K-Ar en rocas de esta formación, de su equivalente Formación Abanico y cuerpos que las intruyen, las cuales se presentan en la Tabla 7.

Dentro del área de estudio, Charrier y Munizaga (1979), en la parte occidental de la localidad típica y poco más al sur, en las inmediaciones de las Termas de Cauquenes, en rocas de esta formación determinaron edades radiométricas, consideradas como mínimas (ver Tabla 7). Corresponen al Oligoceno superior-Mioceno inferior de acuerdo con la tabla de Van Eysinga (1978).

En el lado occidental del río Maipo y en las inmediaciones de la quebrada Alfalfalito, se efectuó una datación radiométrica por el método K-Ar de un stock que intruye la Formación Coya-Machalí (ver Tabla 7), obteniéndose una edad  $15,1 \pm 0,5$  m.a.

También, se han hecho dataciones radiométricas en la equivalente Formación Abanico y en cuerpos que la intruyen, fuera del área estudiada especialmente al norte de ella (Drake 1974, Vergara y Drake 1978, 1979, Thiele y otros en Thiele 1980 y Munizaga y Vicente 1982). Las edades

determinadas en rocas de la formación, están comprendidas entre los 16 y 62 m.a. y para los cuerpos que la intruyen entre 11 y 60 m.a. Teniendo presente la alteración que afecta las rocas de esta formación, sus dataciones radiométricas se consideran como edades mínimas.

Considerando la información radiométrica y paleontológica disponibles, además de relaciones estratigráficas, a la Formación Abanico le han sido asignadas las edades que se indican a continuación. Thiele (1980): fines del Cretácico al Oligoceno; Moscoso y otros (1982): Cretácico superior-Paleogeno.

En el área de estudio, la Formación Coya-Machalí ha sido asignada por Charrier (1981b) al Cretácico superior y/o Terciario inferior.

Atendiendo a los antecedentes expuestos, se puede considerar que la edad de la Formación Coya-Machalí estaría comprendida entre el Cretácico superior y el Mioceno inferior (Van Eysinga, 1978).

La Formación Coya-Machalí ha sido considerada equivalente (Klohn 1960, Vergara 1969, Charrier y Lillo 1973, Vergara y Drake 1979 y Charrier 1981b) y correlacionable (Aguirre 1960, Thiele 1980 y Moscoso y otros 1982) con la Formación Abanico definida por Aguirre (1960).

### 1.2.7 Formación Farellones.

#### Definición y relaciones estratigráficas.

Habiendo sido el nombre propuesto verbalmente por Muños Cristi y siendo publicado por primera vez por Klohn (1956), fue definida por Klohn (1960) como una potente unidad constituida por sedimentitas clásticas terrígenas, lavas andesíticas, riolíticas y basálticas y rocas piroclásticas que alternan con sedimentos derivados de la descomposición de estas rocas efusivas; además, sedimentos lagunares: areniscas, lutitas, tufitas y capas delgadas de caliza. La localidad típica se sitúa en el curso superior del río Mapocho, al norte del área estudiada.

Simultáneamente, Aguirre (1960) definió esta formación entre los 32°45' y 33°06'S, al norte de su localidad típica. Fue el primero que hizo una descripción sistemática, distinguiendo 3 miembros concordantes entre ellos: Tuquito (inferior), Guanaco (medio) y Buitre (superior).

Posteriormente, ha sido considerada como Grupo Farellones (Vergara 1978, Vergara y Drake 1978, 1979, Charrier y Munizaga 1979 y Moscoso y otros 1982). Se han distinguido en ella dos unidades separadas por una discordancia de erosión y que Charrier (1981b) reconoció como leve discordancia angular frente a la localidad de El Manzanar en el valle del río Cachapoal, dentro del área estudiada. Por su parte, Thiele (1980) en la Hoja Santiago, ha denominado Formación Colorado-La Parva a la unidad superior.

La Formación Farellones se apoya con discordancia angular sobre formaciones más antiguas: Coya-Machalí (Klohn 1960, Charrier y Lillo 1973, Charrier 1981b) y Abanico (Aguirre 1960, Thiele 1980 y Moscoso y otros 1982).

En algunos lugares subyace con discordancia angular a basaltos y andesitas plio-pleistocénicos a recientes (Klohn 1960 y Charrier y Lillo 1973). En la Hoja Santiago (Thiele, 1980) subyace con leve discordancia angular a la Formación Colorado-La Parva, correspondiente a la unidad superior (Vergara 1978) de la Formación Farellones sensu Klohn (1960) y Aguirre (1960). En general, su techo es la actual superficie de erosión.

#### Distribución.

Dentro del área estudiada, esta formación constituye una ancha franja central de orientación N-S, que continúa fuera de los límites del área.

Al sur del área estudiada, ha sido reconocida por Klohn (1960) y Charrier y Lillo (1973) hasta la vecindad del valle del río Tinguiririca, aproximadamente en la latitud 34°45'S.

Al norte del área estudiada, la Formación Farellones ha sido reconocida hasta los 32°S. (Aguirre 1960, Thiele 1980 y Moscoso y otros 1982).

#### Litología.

En el área estudiada, Klohn (1960) ha observado los siguientes tipos litológicos principales: brechas tobíferas andesíticas, brechas conglomerádicas, tobas brechosas, tobas finas, andesitas afáníticas, basaltos, riolitas, tobas soldadas, tufitas brechosas y conglomerádicas, conglomerados, areniscas volcánicas conglomerádicas, areniscas, limolitas, lutitas y calizas lúmnicas en capas delgadas.

En el curso inferior y medio del estero Clonqui, cercano al poblado de Coya, se observó que la parte inferior de la secuencia está constituida por andesitas porfíricas, algunas de ellas basálticas (h-2T) y tobas, muchas de ellas tobas rosadas de lapilli, con matriz dacítica y clastos de andesita porfírica. Subiendo en la secuencia se encuentra una brecha conglomerádica con clastos queratofíricos y aplíticos de 5 a 15 cm y clastos menores de dacita, andesita porfírica y queratofíricos. Esta brecha inicia una secuencia de brechas volcánicas con clastos de hasta 30 cm con matriz decítica y clastos de andesita porfírica grises y rojos y clastos dacíticos, que presenta intercalaciones de andesita (h-3T y h-4T). A la anterior, le sucede hacia arriba una secuencia de brechas volcánicas con matriz andesítica presentando clastos de hasta 30 cm de andesita porfírica grises y rojos.

#### Espesor y estructura.

En el área estudiada, Klohn le ha estimado un espesor de 2.500 m. Charrier (1981b) le asignó un espesor mayor de 2.400 m.



Al norte del área estudiada, Aguirre (1960) midió 2.500 m estimando un espesor mínimo de 2.000 m y uno máximo de 3.000 m. Thiele (1980) le estimó un espesor de 2.500 m, haciendo presente la influencia que ejercen mantos intrusivos y lacolitos intercalados. Moscoso y otros (1982) han indicado en diversos lugares de la Hoja Los Andes espesores de 1.100, 1.600 y 2.500 m, señalando que la disparidad de valores obedece a la erosión del techo de la formación.

La Formación Farellones presenta un suave plegamiento, que en muchos lugares le otorga una actitud sub-horizontal. Como se señaló anteriormente, se ha distinguido en ella un discordancia de erosión, que frente a la localidad de El Manzanar fue observada como discordancia angular, señalando Charrier que ella pudiera tener sólo un carácter local.

#### Edad y correlaciones.

Esta formación no ha proporcionado fósiles de valor cronológico. Dentro del área estudiada Charrier y Munizaga (1979) hicieron dataciones radiométricas en muestras obtenidas a ambos lados del valle del río Cachapoal, frente a la localidad de El Manzanar. Obtuvieron valores comprendidos entre los 8 y 14 m.a., que corresponde a una edad Mioceno medio a superior, de acuerdo a la tabla de Van Eysinga (1978). En el curso de este estudio, se dataron por el método K-Ar dos stocks que intruyen la Formación Farellones; para uno de ellos, situado frente al río Cortaderal, cerca de su confluencia con el Cachapoal, se obtuvo una edad de  $11,7 \pm 0,5$  m.a.; para el otro, situado en las cabeceras del río Claro (Rengo) y en la proximidad de la Laguna de Los Cristales, se obtuvo  $10,3 \pm 0,5$  m.a.

Al norte del área de estudio, se han hecho dataciones radiométricas por el método K-Ar, tanto en rocas de la formación como en cuerpos que la intruyen; estos valores se presentan en la Tabla 7. Para las rocas de la formación, las edades obtenidas están comprendidas entre los 4 y 20 m.a.; le correspondería de acuerdo a la Tabla de Van Eysinga (1978) una edad Mioceno inferior a Plioceno inferior. En los cuerpos intrusivos se han determinado edades comprendidas entre 6 y 10 m.a.

En el área estudiada Charrier (1981b) le asignó a la Formación Farellones una edad miocena.

Considerando la información radiométrica Thiele (1980) le asignó una edad miocena. Sin embargo, este autor distinguió en la Formación Farellones una unidad superior separada por discordancia, que denominó Formación Colorado-La Parva, asignándole a ésta una edad pliocena. Moscoso y otros (1982) le asignaron una edad mio-pliocena a la Formación Farellones sensu Aguirre (1960) y Klohn (1960), correspondiente al grupo formacional Farellones de Vergara (1978).

Atendiendo a los antecedentes expuestos, a la Formación Farellones sensu Klohn (1960) y Aguirre (1960), posteriormente denominada grupo formacional Farellones por Vergara (1978) se le puede asignar una edad Mioceno-Plioceno.

Se ha señalado (Charrier y Munizaga, 1979 y Moscoso y otros, 1982) una equivalencia litológica y cronológica parcial con la Formación Campanario definida por Drake (1974).

#### 1.2.8 Volcanismo Plioceno-Cuaternario y sedimentos inconsolidados.

Estas unidades geológicas se disponen discordantemente sobre la Formación Farellones y formaciones más antiguas.

El volcanismo Plioceno-Cuaternario en el área estudiada está representado por conos volcánicos, lahares y depósitos piroclásticos, coladas y basaltos de valle.

Los conos volcánicos se sitúan en el borde oriental del área estudiada (volcanes Maipo y Don Casimiro); varían de andesíticos a basálticos. Los lahares y depósitos piroclásticos se distribuyen especialmente en la mitad norte del área estudiada. Coladas de valle andesíticas al oeste de Coya, fueron observadas en el valle del río Cachapoal por Charrier y Munizaga (1979), cuya datación por el método K-Ar entregó valores comprendidos entre  $2,3 \pm 0,2$  y  $1,8 \pm 0,2$  m.a. (ver Tabla 7) lo cual las sitúa en el límite Plioceno superior-Pleistoceno. Sus afloramientos no son representables a la escala del mapa geológico adjunto.

Basaltos de valle, correspondientes a basaltos de olivina (h-34T), fueron observados en el valle del río Negro. Los basaltos de olivina traquíticos han sido relacionados por Hyndman (1972) con fallas profundas de la corteza y por lo tanto podrían indicar que este volcanismo sería contemporáneo con un proceso de fallamiento normal.

Los sedimentos inconsolidados comprenden depósitos fluviales, aluvionales, glaciales y coluviales. Se presentan rellenando el fondo de valles y quebradas, constituyendo terrazas y cubriendo las laderas del relieve.

### 1.3 Rocas intrusivas.

Las rocas intrusivas constituyen aproximadamente el 4% de las rocas que afloran en el área estudiada. En general, constituyen stocks y diques o se presentan aflorando como cúpulas y apófisis. En el borde oriental estarían constituyendo cuerpos sub-volcánicos.

### 1.3.1 Stocks.

De norte a sur estos cuerpos son los siguientes:

- Río Negro. Desde la confluencia del estero Barriga hacia el norte, aflora un stock tonalítico (h-33T) que intruye la Formación Colimapu.
- Lado oriental del río Maipo. Desde la confluencia del río Negro hacia el NW aflora un stock de textura principalmente porfídica. Varía de diorita cuarcífera (h-30T), a monzodiorita cuarcífera porfídica (h-22T), pórfido monzonítico cuarcífero (h-14T y h-29T) y frente al río Negro pórfido tonalítico (h-31T). Está intruyendo la Formación Colimapu y desarrolla un área de alteración.
- Lado occidental del río Maipo. Entre la quebrada Juncalito y el río Blanco aflora un cuerpo que varía de diorita cuarcífera (i-8T) a monzodiorita cuarcífera (i-10T) y tonalita córnea (i-9T). Una muestra obtenida en el lado norte de la quebrada Alfalfalito (ver Tabla 5 y Plano 1-1-1) fue datada radiométricamente por el método K-Ar, obteniéndose una edad  $15,1 \pm 0,5$  m.a. Está intruyendo a las formaciones Coya-Machalí y Colimapu. Este cuerpo parece continuar al oriente del río Blanco con afloramientos de diorita cuarcífera (f-18T) y monzonita cuarcífera (f-19T); intruyen rocas jurásicas y neocomianas.
- Río Blanco (Maipo) superior. En el lado occidental, aflora un cuerpo porfírico que se destaca por el color blanco de sus afloramientos. Corresponde a un pórfido monzonítico cuarcífero (i-15T). Está intruyendo la Formación Colimapu. En el lado oriental del río Blanco, en las inmediaciones de la quebrada Colimapu o La Mona, afloran apófisis y cúpulas de pórfido aplítico o monzodiorítico cuarcífero (f-23T) que parecen estar relacionados con este cuerpo; intruyen rocas jurásicas y neocomianas.

- Confluencia río Pangal -río Blanco. En el lado norte del río Pangal aflora un cuerpo porfídico correspondiente a un pórfido monzodiorítico cuarcífero (d-25T), asociado con un área de alteración en su extremo NE. Parece continuar en el lado sur, frente a la confluencia, donde aflora un cuerpo menor también asociado a un área de alteración. Ambos intruyen la Formación Farellones. En este sector se sitúa la mina Juanita.
- Lado norte río Cachapoal frente al Cortaderal. Entre la quebrada de Peralitos y el estero Los Cipresitos aflora un cuerpo que varía de diorita (h-12T) en su parte oriental a pórfido monzodiorítico cuarcífero (b-65T) en su parte central y a pórfido dacítico (h-11T) en su parte occidental. En su parte oriental está asociado con un área de alteración. Intruye las formaciones Farellones y Coya-Machalí.
- Lado oriental del estero Los Cipresitos. Desde las inmediaciones de su confluencia con el río Cachapoal, aflora un cuerpo que se distribuye en varios afloramientos hacia aguas arriba del estero. En su parte sur es porfídico, variando de pórfido monzonítico cuarcífero (m-19T) a pórfido monzodiorito cuarcífero (m-28T) y a pórfido diorítico (a-35T). Hacia la parte norte de sus afloramientos se presenta equigranular como una monzodiorita cuarcífera (a-44T). Intruye a la Formación Coya-Machalí.
- Lado occidental del río Cortaderal. Desde su confluencia con el río Cachapoal hasta las nacientes del estero Los Cipreses, se expone un gran cuerpo distribuido en 3 extensos afloramientos. El septentrional se extiende entre Potrero Carrizal y la quebrada del Bayo; de norte a sur varía de monzodiorita cuarcífera (a-48T) a pórfido monzodiorítico cuarcífero (a-47T) y a monzogranito (a-32T); se efectuó una datación radiométrica por el método K-Ar (ver Tabla y

Plano 1-1-1), obteniéndose una edad  $11,7 \pm 0,5$  m.a. El extenso afloramiento central se sitúa junto al río Cortaderal entre Laguna Matancilla y poco al sur de la desembocadura del estero Los Cipreses; corresponde a una granodiorita (a-31T). El afloramiento austral y el mayor de todos, se extiende por 8 km a ambos lados del estero Los Cipreses; es de composición granodiorítica (f-9T). Este cuerpo intruye las formaciones Farellones y Coya-Machalí. En el lado oriental del río Cortaderal se exponen afloramientos intrusivos que también se consideran pertenecientes a este cuerpo.

- Curso superior de la quebrada El Chorro de la Vieja. Aflora un pequeño cuerpo de monzogranito (a-91T) que está asociado con un área de alteración. Intruye las formaciones Farellones y Coya-Machalí. También podría formar parte del cuerpo anterior.

Desde el stock del lado norte del río Cachapoal al último descrito, podrían formar parte de un sólo cuerpo.

- Nacientes del río Claro (Rengo). Desde la quebrada El Cascajal hacia las nacientes, en ambos lados de la quebrada La Pandina y del Río Tapado hasta la Laguna de Los Cristales, aflora un extenso cuerpo, principalmente granodiorítico. En el sector de la Laguna de Los Cristales varía de diorita porfídica (m-10T) a tonalita (b-6T), a granodiorita (b-7T y b-21T) y a pórfido granodiorítico (b-11T). En el sector de la quebrada La Pandina varía de diorita cuarcífera (m-8T) a monzodiorita cuarcífera (d-43T), a tonalita (Sm-37T) y a granodiorita (m-7T). En una muestra obtenida en el sector de la Laguna de Los Cristales se efectuó una datación radiométrica por el método K-Ar (ver Tabla 5 y Plano 1-1-2), obteniéndose una edad  $10,3 \pm 0,5$  m.a. Este cuerpo intruye a las formaciones Farellones y Coya-Machalí. Parcialmente está constituyendo la roca huésped del yacimiento Rosario de Rengo.

### 1.3.2 Cuerpos subvolcánicos, cúpulas y apófisis.

- Nacientes del río Negro. En este sector se exponen dos cuerpos de pórfido dacítico (a-108T, a-116T) y una cúpula y apófisis de diorita cuarcífera (h-48T). Están relacionados con áreas de alteración y disseminación de pirita. Intruyen la Formación Río Damas.
- Río Barroso en Baños Azules. En este lugar, en el lado izquierdo del río, aflora un apófisis de diorita (f-28T). Está relacionado con una pequeña área de alteración. Intruye a la Formación Río Damas.
- Lado sur río Paredones. Entre las quebradas de Los Orrego y de La Zorra, se presentan varias cúpulas y apófisis. Su composición varía de diorita (i-26T) a pórfido monzodiorítico cuarcífero (a-29T) y a pórfido granodiorítico (a-10T). Están asociados con una extensa área de alteración. Intruyen las formaciones Farellones y Coya-Machalí.
- Curso superior, río Cortaderal. En el lado derecho, poco aguas arriba de la localidad de El Mojado, aflora un cuerpo porfírico en una franja angosta NS. Corresponde a un pórfido riodacítico (d-122T). Intruye a la Formación Coya-Machalí.
- Ladera NW Cerro Alto del Sapo. Sobre el flanco oriental de la quebrada que desagua en la Laguna de Los Cristales, se exponen varios afloramientos de una cúpula porfírica. Su composición varía de pórfido dacítico (d-21T) a pórfido tonalítico (a-101T) y a pórfido granodiorítico (b-17T). Está relacionada con el origen de la mineralización del yacimiento Rosario de Rengo. Intruye a la Formación Farellones y al stock principalmente granodiorítico mencionado anteriormente.

Tab. 4 RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE ROCA TOTAL

Número de Muestra	Ubicación	Roca	SiO <sub>2</sub> %	TiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	FeO %	MnO %	MgO %	CaO %	Na <sub>2</sub> O %	K <sub>2</sub> O %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	BaO %	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> %	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> %	CO <sub>2</sub> %	S %	C %	Suma Total
a 32	Hoja Río Cortaderal	Monzogranito	63.31	1.02	13.79	3.09	3.96	0.10	2.64	3.61	3.14	3.76	0.17	0.05	0.81	0.09	0.07	<0.01	0.01	99.62
a 47	Hoja Río Cortaderal	Monzodiorita cuarcifera	66.42	0.76	14.87	1.56	1.98	0.09	1.44	3.57	4.19	3.57	0.15	0.05	0.77	0.13	0.03	<0.01	0.02	99.60
b 21	Hoja Río Clarillo	Granodiorita	67.26	0.60	15.09	1.62	2.34	0.08	1.71	3.69	3.86	2.81	0.11	0.05	0.72	0.07	0.07	<0.01	0.02	100.10
f 9	Hoja Cerro Catedral	Granodiorita	63.96	0.73	15.74	3.17	2.35	0.05	1.87	3.96	3.83	2.98	0.12	0.04	0.66	0.06	<0.01	0.02	0.04	99.58
b 11	Hoja Río Cortaderal	Pófido dacítico	63.44	0.63	15.74	3.43	3.05	0.18	1.67	2.04	3.60	4.06	0.11	0.07	1.76	0.15	0.17	<0.01	0.01	100.11
b 12	Hoja Río Cortaderal	Diorita	55.12	1.17	16.76	3.24	5.11	0.18	4.21	6.73	3.57	1.58	0.32	0.03	1.38	0.11	0.12	0.01	0.03	99.67



Tab. 5 DATACIONES RADIOMETRICAS POR EL METODO K-Ar

Número de Muestra	Ubicación	Roca	Mineral	%K Total	% Ar <sup>40</sup> Atmosf.	Vol. Ar <sup>40</sup> rad. nl/g	Edad Cal. (m.a.)	(%) Error
a 32D	Hoja Río Cortaderal	Monzogranito	Biotita	7,606	53	3,462	11.7±0.5	4.3
b 21D	Hoja Río Clarillo	Granodiorita	Biotita	7,316	56	2,935	10.3±0.5	4.6
i 10D	Hoja Cerro Catedral	Monzodiorita cuarcifera	Biotita	7,181	37	4,228	15.1±0.5	3
d 120D	Hoja Doñihue	Tonalita	Biotita	7,089	13	23,319	83 ±2	1.6
F 188D	Hoja San Fernando	Dacita	Biotita	6,091	28.4	9	116 ±2	1.5

Nota: Las constantes de K<sup>40</sup> empleadas en el cálculo de las edades señaladas en esta tabla son las siguientes;

Mineral : Material analizado

%K : Porcentaje de potasio en la muestra

Ar<sup>40</sup> rad. : Cantidad de argón radiogénico en la muestra

Ar<sup>40</sup> % atmosf.: Porcentaje de argón atmosférico

Edad (m.a.) : Edad de la muestra en millones de años

Error (%) : Porcentaje de error analítico de la edad obtenida

Tab. 6 ANALISIS MODALES DE ROCAS INTRUSIVAS

	A-32	A-47	A-48	A-101	B-21	D-43	F-9	F-18	H-12	I-8	I-10	SM-37
QZ	18.8	14.0	7.8	18.0	26.5	18.3	17.5	2.2	3.1	8.8	7.8	18.5
PLAG	40.5	49.5	54.2	60.8	48.5	60.3	46.1	26.6	63.7	61.5	59.1	56.7
K-FELD	28.0	26.1	22.3	2.1	13.3	9.2	17.5	2.0	7.1	0.7	10.8	4.0
BIOT	4.8			9.0	4.5	4.2	4.8		2.0	9.8	12.1	7.2
ANF	5.0	6.3	8.5	1.8	3.8	5.7		7.1	16.0	10.2	6.1	9.2
PIROX			1.2				6.6					
CL-EP	1.8	4.1	1.0	7.1	1.1	0.6	2.7	59.5	6.2	5.8	3.3	2.6
OPAC	1.0		4.7	0.5	2.1	1.3	2.7	1.6	1.6	2.8	0.5	1.6
ACC				0.3			0.8	0.8	0.1	0.2		
QAP												
Q	21.6	15.6	9.3	22.2	31.4	19.8	21.6	7.3	4.2	12.5	10.1	23.3
P	46.4	55.2	64.2	75.2	52.7	69.6	56.9	86.2	86.1	86.5	75.9	71.6
A	32.0	29.2	26.5	2.6	15.9	10.5	21.5	6.5	9.6	1.0	14.0	5.0
	MONZOGANITO	MONZODIORITA CUARCIFERA	MONZODIORITA CUARCIFERA	PORFIDO TONALITICO	GRANODIORITA	MONZODIORITA CUARCIFERA	GRANODIORITA	DIORITA CUARCIFERA	DIORITA	DIORITA CUARCIFERA	MONZODIORITA CUARCIFERA	TONALITA

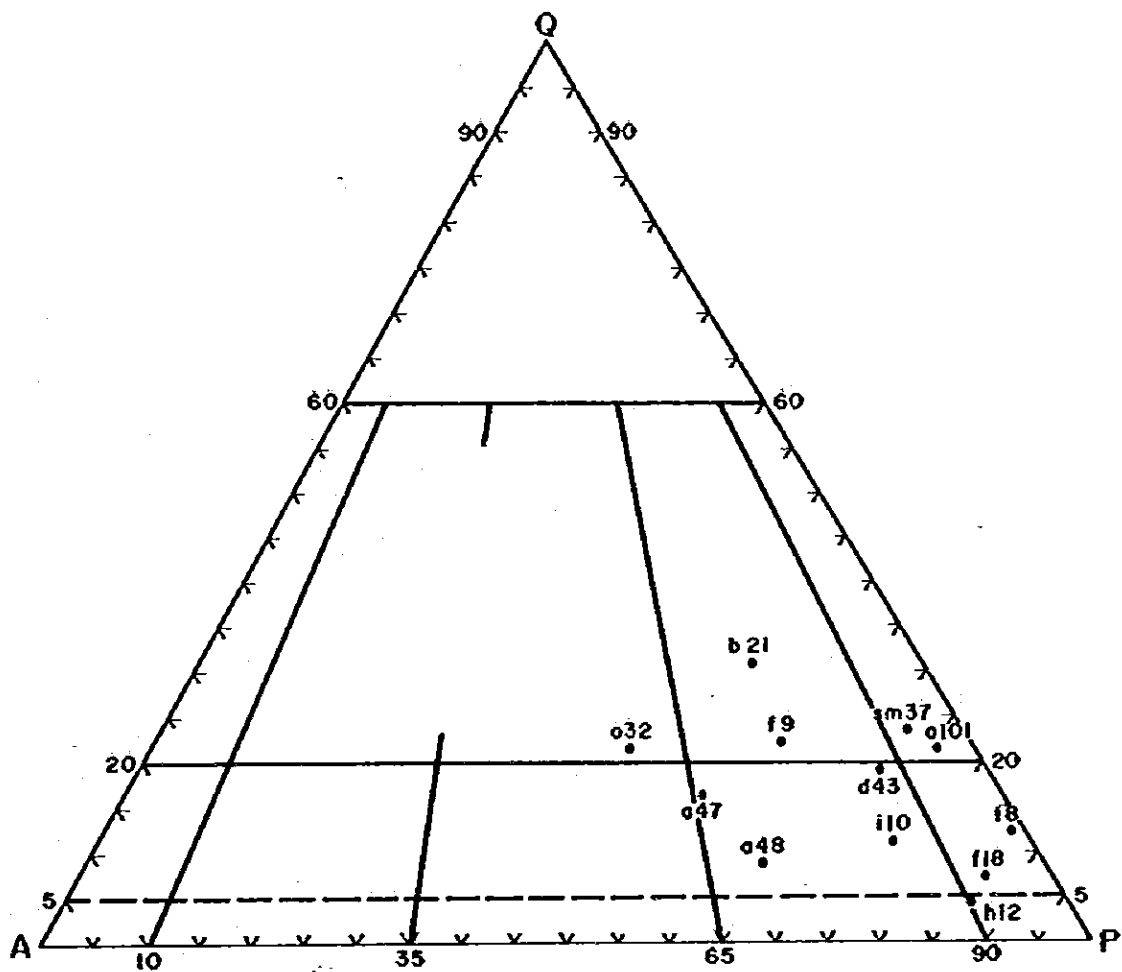


Fig.5 CLASIFICACION DE ROCAS PLUTONICAS  
(STRECKEISEN, 1.976)

### 1.3.3 Diques.

Se observan numerosos diques que intruyen las diversas formaciones del área estudiada. En las formaciones Coya-Machalí y Farellones se presentan principalmente diques andesíticos. En el valle del río Negro, las formaciones Colimapu, Baños del Flaco y Río Damas, se observan intruidas por una profusión de diques félsicos (dacíticos).

### 1.4 Estructura.

En el área estudiada es notorio un alineamiento estructural de orientación NS. El espesor de la corteza bajo Los Andes ha sido estimado entre 57 y 66 km por Dragicévić (1970). El espesor de la cubierta estratificada medido por diversos autores, varía entre 10.000 y 14.000 m, en el área estudiada.

Para la cubierta estratificada se han distinguido 4 unidades estructurales separadas por 3 discordancias angulares (Charrier y Lillo 1973 y Charrier 1981b):

- 1) Secuencia concordante sedimentaria con intercalaciones volcánicas del Jurásico superior-Cretácico inferior (Formaciones Nacientes del Teno, Río Damas, Leñas-Espinoza, Baños del Flaco y Colimapu).
- 2) Unidad volcanoclástica del Cretácico superior al Mioceno inferior (Formación Coya-Machalí).
- 3) Unidad volcanoclástica del Mioceno medio-Plioceno inferior (Formación Farellones).
- 4) Volcanitas plio-cuaternarias y sedimentos inconsolidados.

A medida que se asciende en la secuencia de las unidades indicadas, el plegamiento es menor. La unidad 4) no presenta plegamiento, habiendo sido afectada sólo por un fallamiento normal.

Tab. 7 COMPILACION DE EDADES RADIOMETRICAS, K-Ar, RELACIONADAS CON LAS FORMACIONES DEL AREA ESTUDIADA

A.- DENTRO DEL AREA DE ESTUDIO

Localidad	Tipo de roca	Unidad o relación geológica	Material datado	Edad en m.a.	Referencias
1.- Río Cachapoal Est. Los Huínganos	Andesita porfírica	F. Coya-Machali	Roca total	20,5 ± 0,8	Charrier y Munizaga, 1979.
2.- Coya-Machali	Andesita	F. Coya-Machali	Roca total	23,2 ± 0,8	Charrier y Munizaga, 1979.
3.- Coya-Machali	Andesita	F. Coya-Machali	Roca total	23,1 ± 0,7	Charrier y Munizaga, 1979.
4.- Río Maipo-Qda. Alfalfalito	Monzodiorita cuarcifera	Intruye a F. Coya-Machali	Biotita	15,1 ± 0,5	Este estudio
5.- Río Pangal-Río Cachapoal	Toba andesítica	F. Farellones	Roca total	9,2 ± 0,3	Charrier y Munizaga, 1979.
6.- Cabeceras del Est. Los Arrayanes	Dacita porfírica	F. Farellones	Roca total	8,3 ± 0,1	Charrier y Munizaga, 1979.
7.- Cabeceras del Est. Los Arrayanes	Toba andesítica	F. Farellones	Roca total	14,1 ± 0,6	Charrier y Munizaga, 1979.
8.- Río Tapado (Claro) Lag. Los Cristales	Granodiorita	Intruye a F. Farellones	Biotita	10,3 ± 0,5	Este estudio
9.- Río Cortaderal-Vega Chica	Monzogranito	Intruye a F. Farellones	Biotita	11,7 ± 0,5	Este estudio
10.- Río Cachapoal-Est. Los Huínganos	Andesita de piroxeno	Coladas de valle	Roca total	2,3 ± 0,2	Charrier y Munizaga, 1979.
11.- Coya	Andesita de ortopiroxeno	Coladas de valle	Roca total	1,8 ± 0,2	Charrier y Munizaga, 1979.
12.- Río Cachapoal-Río Claro.	Dacita tobacea	Coladas de valle	Roca total	1,8 ± 0,4	Charrier y Munizaga, 1979.

Localidad	Tipo de roca	Unidad o relación geológica	Material datado	Edad en m.a.	Referencias
13.- E. de San Gabriel (Lo Valdés)	Ocofita	F. Abanico (Prob. base)	Plagioclasa	62,3 ± 3	Vergara y Drake, 1978.
14.- E. de San Gabriel (Lo Valdés)	Ignimbrita riolítica	F. Abanico (Prob. base)	-	61,6	Vergara y Drake, 1978.
15.- Arrayán	Andesita gris	F. Abanico	Plagioclasa	40,9 ± 10,0*	Vergara y Drake, 1978.
16.- Arrayán	Andesita fílsica.	F. Abanico	Plagioclasa	25,2 ± 1,0*	Vergara y Drake, 1978.
17.- Vuelta del Padre (Río Maipo)	Toba lítica	F. Abanico	Plagioclasa	24,1 ± 1,0	Vergara y Drake, 1978.
18.- Vuelta del Padre (Río Maipo)	Toba de cristal	F. Abanico	Roca total	22,9 ± 0,5	Vergara y Drake, 1978.
19.- Vuelta del Padre (Río Maipo)	Andesita gris clara.	F. Abanico	Roca total	22,4 ± 5	Vergara y Drake, 1978.
20.- SE de San Gabriel	Andesita gris verde.	F. Abanico	Roca total	18,4	Vergara y Drake, 1978.
21.- SE de San Gabriel	Andesita gris verde	F. Abanico	Roca total	16,4 ± 1	Vergara y Drake, 1978.
22.- Cerros Renca y Colorado	Andesita	Intruye a F. Abanico	Plagioclasa	20,0 ± 0,5	Thiele y otros, en Thiele, 1980.
23.- Salto del Soldado (Río Aconesagua)	Granodiorita de horn. y biotita.	Intruye a F. Abanico	Roca total	19,5 ± 0,5	Vergara y Drake, 1978.
24.- Central Los Quillos (Río Aconesagua)	Brecha dacítica autoclastica	Intruye a F. Abanico	Roca total	18,4 ± 1,4	Munizaga y Vicente, 1982.

\* Muestra alterada.

Continuación tabla

Localidad	Tipo de roca	Unidad o Formación geológica	Material datado	Edad en m.a.	Referencias
25.- San Gabriel (a)	Granodiorita de horn. y biotita	Intruye a F. Abanico	Biotita	13,9 ± 0,8	Vergara y Drake, 1978.
26.- San Gabriel (c)	Granodiorita de horn. y biotita	Intruye a F. Abanico	Hornblenda y biotita	11,6 ± 1,3	Vergara y Drake, 1978.
27.- San Gabriel (b)	Granodiorita de horn. y biotita	Intruye a F. Abanico	Plagioclasa	10,6 ± 0,3	Vergara y Drake, 1978.
28.- Cerro Llaresal	Dacita	F. Farellones (M. inferior)	Roca total	20,4 ± 0,5	Munizaga y Vicente, 1982.
29.- Farellones	Andesita de piroxena	F. Farellones	Plagioclasa	18,5 ± 0,2	Vergara y Drake, 1978.
30.- Qda. El Espino Rfo Rocfn	Ignimbrita	F. Farellones (M. inferior)	Roca total	17,5 ± 0,2	Munizaga, 1972, en Munizaga y Vicente, 1982.
31.- Rfo Hidalgo 2400 m Est. Las Mulas	Toba dacítica	F. Farellones (Techo M. inferior)	Roca total	17,4 ± 0,6	Munizaga y Vicente 1982.
32.- Lagunillas	Andesita	F. Farellones	Plagioclasa	17,3 ± 0,2	Vergara y Drake, 1978.
33.- Farellones	Toba riolítica	F. Farellones	Plagioclasa	17,3 ± 0,3	Vergara y Drake, 1978.
34.- Qda. El Espino Rfo Rocfn	Ignimbrita	F. Farellones (M. inferior)	Hornblenda	16,9	Munizaga, 1972, en Munizaga y Vicente, 1982.
35.- Qda. El Tábano 3.570 m	Andesita basáltica	F. Farellones (M. superior)	Roca total	12,3 ± 0,4	Munizaga y Vicente, 1982.
36.- Laguna del Coyfn	Ignimbrita	F. Farellones (M. inferior)	Roca total	10,9 ± 0,4*	Munizaga y Vicente, 1982.

\* Roca desvitrificada

Continuación tabla

Localidad	Tipo de roca	Unidad o relación geológica	Material datado	Edad en m.a.	Referencias
37.- Río Blanco (a)	Toba riolítica	F. Farellones	Plagioclasa	4,9 ± 0,2	Vergara y Drake, 1978.
38.- Río Blanco (b)	Toba riolítica	F. Farellones	Biotita	4,1 ± 0,1	Vergara y Drake, 1978.
39.- Campo de Ahumada-Qda. del Arpa	Cuarzo monzonita	Intruye base de F. Farellones	Biotita	16,0 ± 1	Munizaga y Vicente, 1982.
40.- Co. Alto de Lefva	Dacita	Intruye a F. Farellones	Roca total	9,6 ± 0,2	Munizaga y Vicente, 1982.
41.- Los Tambillos (Nac. río Rocfn)	Dacita	Intruye a F. Farellones	Biotita	7,8 ± 0,3	Munizaga y Vicente, 1982.
42.- Co. Rincón de Antuco	Hialo-dacita	Intruye a M. inferior de F. Farellones	Roca total	6,1 ± 0,5	Munizaga y Vicente, 1982.
43.- Co. Encarrajado	Andesita basáltica	Intruye a M. inferior de F. Farellones	Roca total	6,1 ± 1,2	Munizaga y Vicente, 1982.
C.- AL SUR DEL AREA DE ESTUDIO					
44.- El Melado-Río Maule	Granodiorita	Intruye a F. Abanico	Roca total	60,5 ± 0,3	Drake, 1974.



## Capítulo 2: Mineralización y alteración.

### 2.1 Generalidades.

El área de estudio está ubicada en la Cordillera de Los Andes, dentro de la franja de yacimientos del tipo pórfidos cupríferos terciarios (Sillitoe, 1981). En la zona se conocen más de 80 (ver Plano 1-3) yacimientos y áreas de alteración hidrotermal. Entre estas últimas se incluye el yacimiento El Teniente, uno de los mayores del mundo en su tipo.

Durante la Fase II del trabajo, se reconocieron 51 de los 80 yacimientos y áreas de alteración indicados, incluyendo las minas Rosario de Rengo y Juanita. Además, se descubrieron 5 áreas de alteración, de las que se carecía de antecedentes y no habían sido detectadas en los estudios fotogeológicos de la Fase I.

La mineralización de cobre y molibdeno en la mina Rosario de Rengo se presenta principalmente en forma diseminada y rellenando un reticulado de vetillas ("stockwork"). Por su parte, la mineralización en la mina Juanita se presenta en forma similar. Ambos depósitos, como se verá más adelante, corresponden a tipos geológicamente distintos. Ambas han estado en producción a una escala relativamente pequeña, pero en la actualidad están paralizadas.

Las áreas de alteración corresponden principalmente a zonas silicificadas, desarrollándose además una argilización que a veces está acompañada de una diseminación débil de piritita y cantidades menores aún de sulfuros de cobre y molibdeno.

En general, no existen estudios de detalle en las zonas de alteración aquí consideradas, con excepción de reconocimientos de escaso detalle realizados por empresas privadas y por CODELCO Chile. Sin embargo, esta última realizó trabajos de prospección geofísica y geoquímica en el área N° 58 ubicada en el cajón del río Cortaderal (ver Planos 1-3-1, 1-3-2).

La mayoría de las áreas de alteración detectadas por el estudio fotogeológico de la Fase I, fueron reconocidas en en la campaña de terreno de la Fase II.

## 2.2 Mineralización y alteración.

A continuación, se describirán las características de 49 yacimientos y zonas de alteración, exceptuando la mina Rosario de Rengo y el área de alteración del río de Los Cipreses, las que serán descritas detalladamente más adelante.

### 2.2.1 Características generales.

Los yacimientos y zonas de alteración reconocidos se distribuyen preferentemente en el sector central del área de estudio II, constituyendo superficialmente áreas de formas variables, reconociéndose cuerpos redondeados, ovalados, elongados, irregulares, etc.

La roca huésped corresponde generalmente a volcanitas andesíticas de las formaciones Parellones y Coya-Machalí, aunque puntualmente existen yacimientos encajados en andesitas del Cretácico Inferior y aún del Jurásico, asociadas a rocas intrusivas de composición intermedia a félsica (ver Plano 1-3). La mayoría de las áreas de alteración están relacionadas espacialmente con rocas de carácter intrusivo.

La mineralización asociada a estos depósitos y áreas de alteración, corresponde principalmente a cobre, molibdeno, zinc y oro.

Las zonas de alteración que contienen mineralización de cobre son las siguientes: Mina Juanita, áreas de alteración N° 1, N° 40, N° 42, N° 47, N° 58 y N° 82 (ver Planos 1-4-1, 1-4-2).

Solamente el área de alteración N° 40, contiene mineralización de molibdeno.

Las áreas de alteración que presentan mineralización de zinc son: N° 24 y N° 40.

El área de alteración que presenta mineralización de oro es la N° 42.

La mineralización se presenta generalmente diseminada. Localmente se desarrollan zonas con reticulados de vetillas.

En todas las zonas reconocidas se desarrolla en superficie un "gossan" caracterizado por coloraciones que varían en los tonos café y rojo.

La alteración hidrotermal dominante (ver Plano 1-4) es la silicificación. El resto de los minerales de alteración son de poca importancia. La sericitización es débil y de escasa extensión areal. Los minerales potásicos y la caolinización cubren áreas, por lo general, pequeñas.

La alunitización y la montmorillonitización son muy poco comunes.

#### 2.2.2 Descripción de yacimientos y áreas de alteración.

Las áreas de alteración situadas dentro del área de estudio N° 2, se han numerado correlativamente de norte a sur para su identificación, ya sea que hayan sido reconocidas en el estudio de terreno de la Fase II y/o detectadas en el estudio fotogeológico de la Fase I.

En algunos casos, dentro de un área de alteración, se incluyeron dos o más zonas de afloramientos separados entre sí por depósitos cuaternarios.

A continuación, se describirán los principales yacimientos y áreas de alteración estudiados. Las características de los restantes, de menor importancia, se indican en la Tabla 8.

La ubicación de los yacimientos y áreas de alteración se indica en el Plano 1-4.

#### 1) Mina Juanita.

Este yacimiento es de propiedad de la Compañía Minera Río Pangal, subsidiaria de la Empresa Nacional de Minería (ENAMI).

#### Ubicación:

Está ubicada en la Cordillera de Los Andes, al este de la ciudad de Rancagua, a la cual está unida por tramos de caminos pavimentados (25 km ), ripiados en buen estado (aproximadamente 20 km ) y ripiados en condiciones regulares (aproximadamente 5 km ), trayecto que se recorre en vehículo en alrededor de una hora y media.

A poco más de 12 km al N de la mina Juanita, está la mina El Teniente.

#### Producción y/o trabajos anteriores:

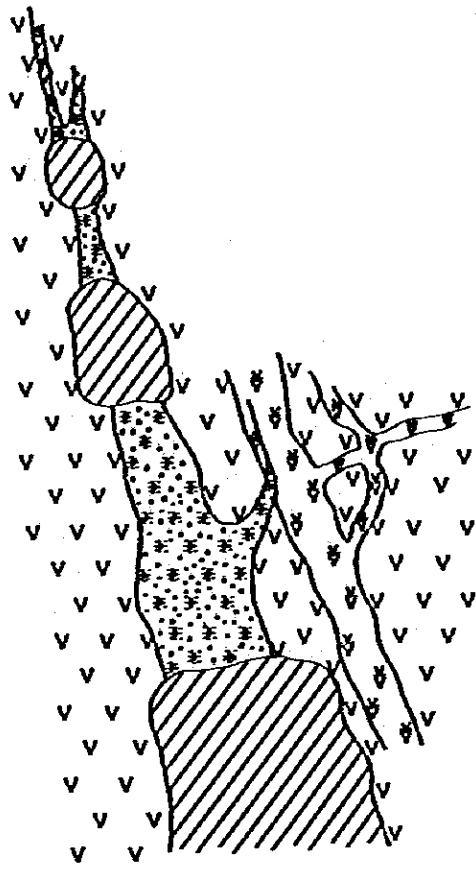
Esta mina produjo durante el año 1976 alrededor de 80 ton diarias de mineral, paralizando a partir de esa fecha.

#### Geología:






Las rocas más abundantes que afloran en la zona, corresponden a una interestratificación de andesitas y rocas piroclásticas andesíticas, asignadas a la Formación Farellones. Estas rocas están intruídas por diques andesíticos y por pórfidos tonalíticos. Estos últimos cortan los diques andesíticos.

#### Mineralización:

La mineralización principal es cobre que se presenta tanto diseminada como en vetillas en los diques de pórfido tonalítico. En superficie, se observan dos de estos diques, con un ancho promedio de 2 m, separados entre sí unos 10 m y con orientación  $N60^{\circ}-70^{\circ}W/80^{\circ}N$  (ver Fig. 6).



**LEYENDA**

-  Formación Farellones
-  Dique andesítico
-  Pórfido tonalítico
-  Mineralización
-  Bocamina

**Fig. 6    PERFIL GEOLOGICO GENERALIZADO MINA JUANITA**

Estos diques presentan ramificaciones en variadas direcciones. El mineral de mena principal es bornita, y está acompañado por pequeñas cantidades de calcosina, pirita, calcopirita y galena. Cerca de la superficie se desarrollan óxidos de cobre. El mineral de ganga principal es magnetita acompañada de pequeñas cantidades de turmalina y hematita.

#### Explotación y leyes:

En la mina hay 3 niveles de explotación, que de abajo hacia arriba se denominan N-1, N-4 y N-7 y están separados 30 m uno de otro. Los niveles N-4 y N-7 fueron los que entregaron mayor producción. La longitud del área de producción es de unos 170 m y su ancho de unos 30 m; la parte más ancha correspondería a un sector donde se cortan varios diques tonalíticos mineralizados.

La ley de mena fue de alrededor de 3,0% de cobre (informe fase I). Sin embargo, el muestreo practicado durante la ejecución de este trabajo entregó los siguientes resultados en desmontes:

	Cu (%)	Mo (ppm)	Zn (ppm)	Au (ppm)	Pb (ppm)	S (%)
c-2A	0,61	<1	73	<0,02	5	0,26
c-4A	1,96	8	105	<0,02	34	0,06
c-5A	1,39	<1	166	<0,02	9	0,47

#### Alteración:

La alteración, de origen hidrotermal, se presenta exclusivamente en el pórfido tonalítico mineralizado, en el que se desarrolla una intensa silicificación y una sericitización débil.

## 2) Area de alteración N° 11.

### Ubicación:

Esta área está ubicada al E de la mina El Teniente, en el lado sur del río Maipo, entre los ríos Blanco y Barroso (ver Plano 1-3-1).

### Producción y/o trabajos anteriores:

No existen labores de explotación ni de exploración.

### Geología:

El área de alteración se desarrolla en un stock de monzonita cuarcífera que grada a diorita. En la parte norte del stock existe un bloque de calizas que constituye un "roof-pendant".

### Mineralización:

Corresponde principalmente a óxidos de fierro, acompañados por pequeñas cantidades de óxidos de cobre, rellenando un reticulado de vetillas (tipo "stockwork").

Las dimensiones de esta área son de aproximadamente 200 x 200 m.

### Alteración:

La alteración de las rocas en general es débil y corresponde a sericitización y carbonatización.

## 3) Area de alteración N° 30.

### Ubicación:

Esta área está situada cerca de la confluencia de los ríos Blanco y Paredones, al sur del área de la mina Juanita.

### Producción y/o trabajos anteriores:

En el área existen varios picados de escaso desarrollo. Frente al río Blanco, y a unos 200 m del límite oeste del área, se desarrolló un socavón, el que se encuentra aterrado. Posee orientación N 20° W. Aparentemente no está relacionado con esta área de alteración.

### Geología:

Las rocas más importantes de la zona corresponden a andesitas asignadas a la Formación Farellones, intruídas por un pórfido monzodiorítico cuarcífero. Esta área de alteración se ha desarrollado en el contacto nororiental de este cuerpo con las rocas volcánicas (ver Plano 1-1-1) y afecta exclusivamente a estas últimas.

### Mineralización:

Corresponde principalmente a limonitas asociadas con pequeñas cantidades de pirita diseminada y ocasionalmente con turmalina.

Las dimensiones del área son 2.500 m de largo y 1.500 m de ancho, generando una superficie triangular.

Las leyes de las muestras obtenidas en el socavón mencionado anteriormente, son las siguientes:

	Cu (%)	Mo (ppm)	Zn (ppm)	Au (ppm)	Pb (ppm)	S (%)
c-17A	2,76	15	340	<0,02	<5	2,54

### Alteración:

La alteración en general es muy débil y está representada principalmente por cuarzo, sericita, clorita, caolín, y calcita.



#### 4) Area de alteración N° 40.

##### Ubicación:

Se sitúa a unos 3 km al sur del área de alteración N° 30 descrita anteriormente.

##### Producción y/o trabajos anteriores:

No ha habido producción ni tampoco labores de exploración en esta área.

##### Geología:

En esta área se distinguen principalmente andesitas, con intercalaciones de tobas de lapilli y tobas, asignadas a la Formación Farellones, las que están intruidas por pequeños cuerpos de pórfido monzodiorítico cuarcífero, lo cual se observa dentro y fuera de esta zona de alteración. También, se observan en el área diques basálticos que cortan las rocas alteradas.

##### Mineralización:

Los minerales principales corresponden a productos de oxidación (limonitas). Los sulfuros son escasos y predomina la pirita diseminada, aunque puntualmente se observa un reticulado de vetillas rellenas con calcopirita y cuarzo. Las vetillas tienen una potencia que varía entre 2 y 10 mm. Otros minerales presentes, aunque sólo distinguibles microscópicamente son covelina, magnetita y esfalerita de grano fino.

Esta área presenta una forma de herradura abierta hacia el este, siendo su largo total de aproximadamente 8 km. Su ancho máximo es de 1,2 km y el mínimo de 0,2 km.

En el sector central de esta área son más abundantes los productos de oxidación, disminuyendo hacia sus extremos.

Las leyes de una muestra de roca del área son las siguientes:

	Cu (ppm)	Mo (ppm)	Zn (ppm)	Au (ppm)	Pb (ppm)	S (ppm)
a-25A	58	8	138	<0,02	11	1200

En las cercanías de esta zona de alteración se desarrollan otras once, siendo las más importantes la mina Juanita, la N° 30, la N° 42, etc, siendo este sector el que contiene una mayor densidad de zonas de alteración (ver Plano 1-3).

#### Alteración:

El producto de alteración más importante corresponde a una intensa y extensa silicificación. La caolinización y la sericitización de las rocas son débiles y de extensión relativamente pequeña. La alteración es intensa en el sector central del área, debilitándose hacia los extremos, y aún dejando núcleos de rocas sin alteración dentro del área.

Localmente, se desarrolla alteración potásica acompañada por jarosita. La alteración hidrotermal afecta principalmente a las rocas encajadoras, mientras que los cuerpos intrusivos situados dentro y fuera del área de alteración están débilmente silicificados, sericitizados, cloritizados y albitizados. También, se observa en ellos algo de turmalina y calcita.

#### 5) Area de alteración N° 42.

##### Ubicación:

Está situada en la quebrada Los Quebrachos, unos 5 km al oeste del área de alteración N° 40.

### Producción y/o trabajos anteriores:

En esta área no se observa desarrollo de laboreos de explotación ni de exploración.

### Geología:

Las rocas principales que afloran en el área, corresponden a andesitas y rocas piroclásticas asignadas a la Formación Farellones. Además, se reconocieron alrededor del área de alteración varios cuerpos intrusivos de tipo stock, algunos de los cuales corresponden a pórfidos monzodiorítico cuarcíferos.

### Mineralización:

Corresponde principalmente a productos de oxidación del tipo limonitas de color café amarillento a café rojizo, que se presentan rellenando diaclasas y vesículas y a pequeñas cantidades de pirita diseminada de grano fino que varía entre 0.3 y 0.5 mm. Las concentraciones mayores son del orden del 2-3%. La muestra a-6P presenta una pequeña diseminación de calcopirita con cuarzo. Además, se detectó la presencia de microgranos de oro nativo en las limonitas en esta misma muestra.

El área posee en superficie una forma de abanico abierto hacia el sur. Sus dimensiones son 1.400 m de largo x 1.400 m de ancho máximo. Las leyes de una muestra de roca son las siguientes:

	Cu (ppm)	Mo (ppm)	Zn (ppm)	Au (ppm)	Pb (ppm)	S (ppm)
a-5A	45	1	75	<0,02	15	25.300

#### **Alteración:**

La alteración en general es poco importante, correspondiendo principalmente a silicificación y sericitización. Sin embargo, puntualmente se observan pequeños sectores donde la alteración es fuerte y otros donde quedan remanentes de roca fresca.

#### **6) Area de alteración N° 47.**

##### **Ubicación:**

Se sitúa directamente al sur del área de la mina Juanita, unos 2 km al norte de la confluencia de los ríos Cachapoal y Cortaderal.

##### **Producción y/o trabajos anteriores:**

No existen laboreos de producción, ni de exploración.

##### **Geología:**

Las rocas más importantes de la zona corresponden a una alternancia de andesitas y rocas piroclásticas andesíticas asignadas a las formaciones Farellones y Coya-Machalí. Además, aflora un stock de tamaño relativamente grande, de composición monzonítica y monzodiorítica cuarcífera, el cual intruye las formaciones mencionadas.

El área de alteración está ubicada en el contacto norte entre el intrusivo y las rocas volcánicas.

##### **Mineralización:**

Esta área de alteración está constituida por un "gossan" de limonitas de color café rojizo que presenta una diseminación de pirita muy fina y ocasionalmente de magnetita.

En el extremo norte del área, el intrusivo presenta mineralización de reemplazo de turmalina y magnetita. Al microscopio (muestra h-9P), se observa escasa calcopirita y covelina, con oxidados de cobre en los bordes de cristales, y pirita.

En este lugar se obtuvo las siguientes leyes de muestras:

	Cu (ppm)	Mo (ppm)	Zn (ppm)	Au (ppm)	Pb (ppm)	S (%)
h-3A	240	3	124	<0,02	35	<0,01
h-4A	6	2	234	0,02	<2	<0,01

El área de alteración tiene una forma elongada en dirección E-W con una longitud de 4,5 km y un ancho de 200 a 400 m (ver Fig. 13).

El área de alteración N° 45 está ubicada a aproximadamente 1 km al oeste de esta área, (ver Fig. 13). En este caso se reconoce una zona de limonitas. Ambas áreas de alteración están en el mismo ambiente geológico y tendrían un origen común.

Las leyes de dos muestras de rocas obtenidas para el área de alteración N° 47, son las siguientes:

	Cu (ppm)	Mo (ppm)	Zn (ppm)	Au (ppm)	Pb (ppm)	S (%)
a-34A	278	1	53	<0,02	59	<0,01
h-5A	10	<1	19	<0,02	17	<0,01

### Alteración:

Esta área sólo fue reconocida en terreno en sus sectores extremos. Por lo tanto, se desconocen las características de la mayor parte de ella.

El área visitada presenta una alteración muy débil y aún inexistente. La asociación de alteración observada corresponde a cuarzo, plagioclasa, sericita y limonitas. Localmente se reconoció pirofilita y feldespato potásico, acompañados por natrojarosita.

### 7) Área de alteración N° 58.

#### Ubicación:

Esta área está ubicada directamente al este de la mina Rosario de Rengo, en el estero el Chorro de la Vieja, afluente del río Cachapoal.

#### Producción y/o trabajos anteriores:

Esta área fue estudiada por geólogos de la División El Teniente, efectuándose trabajos geológicos, geoquímicos y de polarización inducida, con resultados desalentadores.

#### Geología:

En esta área de alteración se reconocen rocas de las formaciones Parellones y Coya-Machalí y varios cuerpos intrusivos que corresponden a pórfido monzodiorítico.

El área de alteración está ubicada en el contacto del mayor de los cuerpos intrusivos reconocidos con las rocas volcánicas y se dispone sobre todas las rocas mencionadas.

### Mineralización:

Está representada por un "gossan" limonítico de color café oscuro, con disseminación de pirita de grano fino. Localmente se constató la presencia de calcopirita disseminada, en vesículas en las andesitas y en vetillas rellenas de limonita. Además, se observaron rodados de cobre y rodados de pórfido monzodiorítico con vetillas de cuarzo y turmalina.

Las dimensiones de esta área son 2.500 x 1.000 m y tiene una forma elongada según un eje NE-SW.

A 1,5 km de esta área se reconoció el área de alteración N° 57, la que presenta una importante disseminación de pirrotina y pirita. Sus dimensiones son de 400 x 150 m.

Las leyes de las muestras representativas obtenidas en ambas áreas de alteración son las siguientes:

#### Area de alteración N° 57.

	Cu (ppm)	Mo (ppm)	Zn (ppm)	Au (ppm)	Pb (ppm)	S (%)
a-84A	242	<1	37	<0,02	16	7,56

#### Area de alteración N° 58.

	Cu (ppm)	Mo (ppm)	Zn (ppm)	Au (ppm)	Pb (ppm)	S (%)
a-90A	183	<1	18	<0,02	3	3,28

### Alteración:

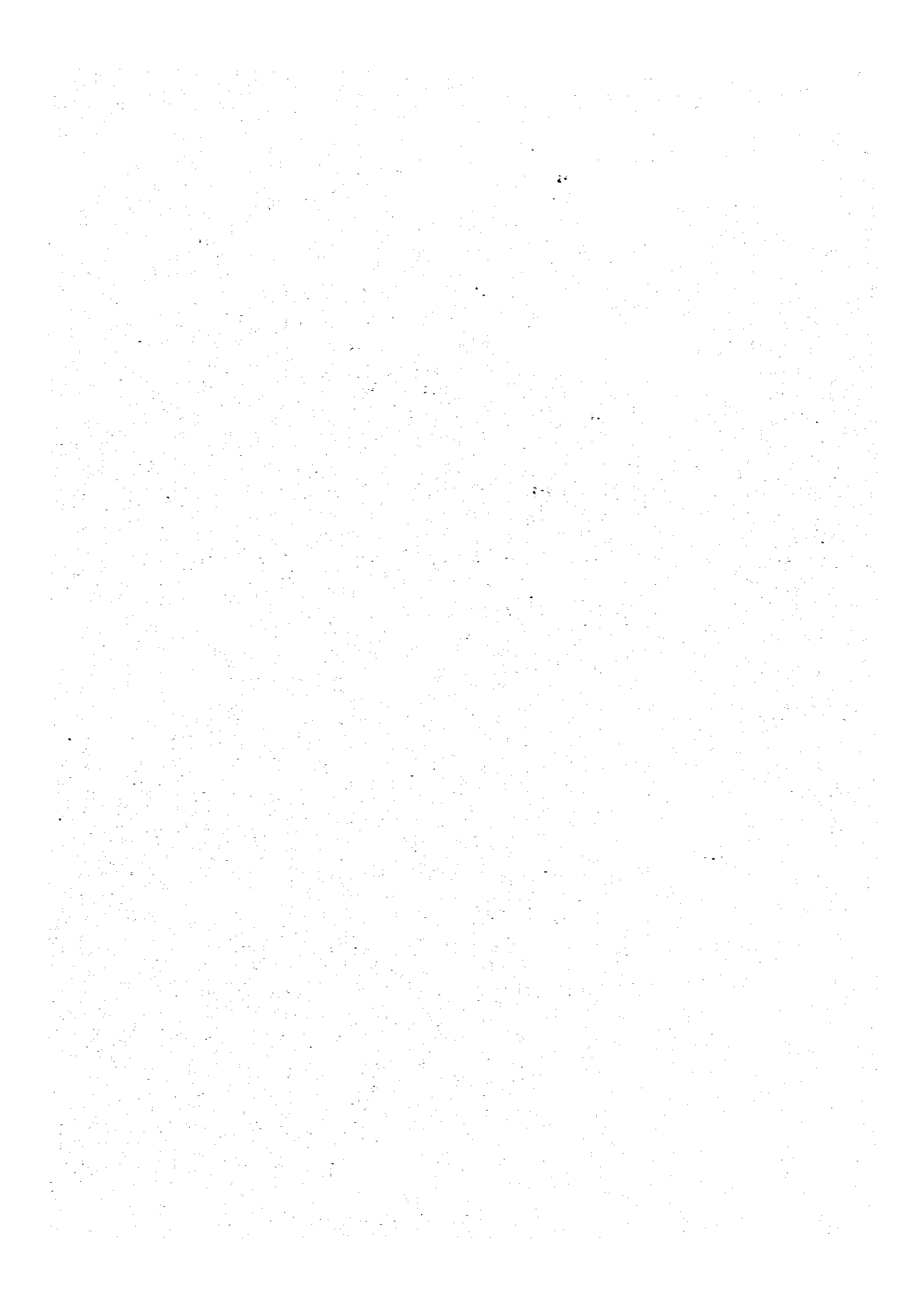
En la mayor parte del área, la alteración está constituida principalmente por cloritización de una intensidad tal que normalmente no modifica el color original de la roca. Puntualmente ésta se decolora por efectos de

Tab. 8 CARACTERÍSTICAS DE YACIMIENTOS Y AREAS DE ALTERACION

ABREVIATURAS

Arg	Agrilica		
Au	Oro	Qz	Cuarzo
Alun	Alunita	Ru	Rutilo
Bl	Blenda	Ser	Sericita
Bor	Bornita	Sa	Sanidina
Cp	Calcopirita	Trem	Tremolita
Cc	Calcosina	Tur	Turmalina
Cv	Covelina	VI	Vermiculita
Clo	Clorita	Zeo	Zeolita
Cao	Caolinita		
Cal	Calcita		
Ga	Galena		
Hem	Hematita		
Hidro Mi	Hidromica		
Ja	Jarosita		
Kf	Feldespato potásico		
Lim	Limonita		
Mgtt	Magnetita		
Mal	Malaquita		
Mo	Molibdenita		
Mon	Montmorillonita		
Mc	Mica		
Ox-Cu	Oxido de Cobre		
Pi	Pirita		
Pir	Pirrotita		
Pf	Pirofilita		







CARACTERÍSTICA DE TACIMIENTO Y AREA DE ALTERACION

Nombre	Ubicación	Tipo de estudio	Roca hosped	Mineralización				Alteración hidrotermal		Tamaño	Ley (ppm)						Número de anomalía geoq. de roca						Calificación			
				Tipo	Ni <sup>o</sup> Primario	Ni <sup>o</sup> Secundario	Ni <sup>o</sup> de carga	Grado	Mineral		Cu	Mo	Pb	Zn	As	Ag	Bi	Cu	Mo	Zn	As	Ag		Bi		
No. 23	354.2 6,223.5	Terreno	Andesita		PI.	Lta, Ecu.		Débil	Qz, Arg.	150 <sup>m</sup> x500 <sup>m</sup>															Area sin interés por su pequeño tamaño y alteración débil	
No. 24	353.4 6,223.0	id	id	id	PI, BI.	id	Qz.	id	Qz, Arg.	550 <sup>m</sup> x7,000 <sup>m</sup>	106	1		44	7	<0.02	18								id	
No. 25	355.0 6,222.3	id	id	id	PI.	id		id	Qz, Arg.	150 <sup>m</sup> x300 <sup>m</sup>	74	<1		57	49	<0.02	36						2	1	id	
No. 26	379.8 6,221.5	Fotogeología								250 <sup>m</sup> x500 <sup>m</sup>																
No. 27	376.5 6,220.3	id								300 <sup>m</sup> x500 <sup>m</sup>																
No. 28	376.4 6,219.5	id								200 <sup>m</sup> x500 <sup>m</sup>																
No. 29	352.8 6,219.5	Terreno	Andesita y roca piroclástica	Diseñación y reticulado de vetillas	PI.	Lta, Ecu.		Débil	Qz, Arg.	200 <sup>m</sup> x500 <sup>m</sup>	45	<1		25	31	<0.02	57							1	Area sin interés por su pequeño tamaño y alteración débil.	
No. 30	379.5 6,212.5	id	Andesita	id	PI.	id	Qz, Mglt, Ser.	id	Kf, Qz, Ser, Cao, Cal, Clt.	2,500 <sup>m</sup> x1,500 <sup>m</sup>	49	<1		95	17	<0.02	54	1					3	2	1	Escaso interés, a pesar de gran tamaño gossan y anomalías de Cu y Zn. Alteración y mineralización de ganga débiles.
No. 31	376.9 6,212.2	Fotogeología								600 <sup>m</sup> x550 <sup>m</sup>																
No. 32	379.4 6,211.6	id								500 <sup>m</sup> x1,000 <sup>m</sup>																
No. 33	374.9 6,210.9	id								300 <sup>m</sup> x300 <sup>m</sup>																
No. 34	376.4 6,210.7	id								400 <sup>m</sup> x1,400 <sup>m</sup>																
No. 35	375.3 6,210.4	Terreno	Roca piroclástica andesítica	Diseñación y reticulado de vetillas	PI	Lta, Ecu.		Débil	Qz, Ser, Clt.	250 <sup>m</sup> x1,000 <sup>m</sup>															Sin interés por tamaño pequeño y alteración débil.	
No. 36	350.5 6,210.5	id	Pórfido granodiorítico y andesita		PI	id		id	Qz, Arg.	400 <sup>m</sup> x500 <sup>m</sup>	20	<1		120	22	<0.02	30							1	1	id

Nombre	Ubicación	Tipo de estudio	Roca hosped	Mineralización				Alteración hidrotermal		Tamaño	Ley (ppm)						Número de anomalía Geoq. de roca						Calificación					
				Tipo	Ni <sup>o</sup> Primario	Ni <sup>o</sup> Secundario	Ni <sup>o</sup> de carga	Grado	Mineral		Cu	Mo	Pb	Zn	As	Ag	Bi	Cu	Mo	Zn	As	Ag		Bi				
No. 37	379.5 6,210.0	Fotogeología								300 <sup>m</sup> x700 <sup>m</sup>																		
No. 38	378.4 6,209.2	id								350 <sup>m</sup> x1,300 <sup>m</sup>																		
No. 39	353.4 6,209.2	Terreno	Andesita	Diseñación y reticulado de vetillas	PI	Lta, Ecu.		Débil	Qz, Arg.	300 <sup>m</sup> x300 <sup>m</sup>																Sin interés. Tamaño pequeño y alteración débil.		
No. 40	350.0 6,207.0	id	Pórfido monodiorítico cuarzofero y andesita	id	PI, Cp, BI	Lta, Ecu, Co, Cu, Ca-Cu	Mglt, Qz	Localmente fuerte	Ser, Ja, Qz, Cao, Alun, Kf.	350 <sup>m</sup> x6,207 <sup>m</sup>	54	8	11	138		<0.02	51	0.12						8	4	10	3	Area de interés. Relativamente grande mineralización de Cu. Alteración localmente fuerte. Anomalías de Cu y Mo. Requiere estudios de más detalle.
No. 41	387.0 6,207.8	id	Andesita	id	PI	Lta, Ecu.		Débil	Qz, Cao.	350 <sup>m</sup> x1,500 <sup>m</sup>	39	3		4	23	0.02	3						1	1	1	Sin interés. Alteración débil.		
No. 42	379.8 6,201.5	id	id	id	Cp, PI, As	id	Mglt, Qz	id	Qz, Ser.	1,400 <sup>m</sup> x1,400 <sup>m</sup>	45	1	15	15		<0.02	21	2.53						2	2	1	3	Sin interés. Alteración débil, aunque hay débil mineralización de Cu y As.
No. 43	360.4 6,201.5	Fotogeología								500 <sup>m</sup> x1,100 <sup>m</sup>																		
No. 44	376.1 6,201.6	Terreno	Andesita	Diseñación y reticulado de vetillas		Lta.		Débil	Qz, Arg.	60 <sup>m</sup> x150 <sup>m</sup>	66	2		90	36	<0.02	67									Sin interés. Pequeño tamaño. Alteración débil.		
No. 45	375.0 6,200.3	id	id	id	Cp, PI	Cu, Ecu	Mglt.	id	Qz, Ser, Clt.	80 <sup>m</sup> x300 <sup>m</sup>	45	1.5		41	14	<0.02	104								1	id		
No. 46	371.1 6,197.2	id	Andesita y piroclásticos	id		Lta		id		150 <sup>m</sup> x200 <sup>m</sup>	45	<1		53	9	<0.02	34									id		
No. 47	378.5 6,197.2	id	Andesita	id	PI	Lta, Ecu		id	Qz, Clt, Ser, Hidrocl, Kf, Musc, Alun	300 <sup>m</sup> x1,500 <sup>m</sup>	278	1	59	53		<0.02	51	<0.01								Sin interés. Alteración débil.		
No. 48	371.4 6,196.2	id	Andesita y piroclásticos	id		id		id	Qz, Clt, Ser, Hidrocl, Ja.	200 <sup>m</sup> x500 <sup>m</sup>	10	<1	17	19		<0.02	<0.01									Sin interés. Tamaño pequeño.		
No. 49	379.7 6,195.8	Fotogeología								150 <sup>m</sup> x1,200 <sup>m</sup>																		
No. 50	371.7 6,193.0	Terreno	Andesita y piroclásticos	Diseñación y reticulado de vetillas		Lta, Ecu		Débil	Qz, Ser.	200 <sup>m</sup> x700 <sup>m</sup>	54	11		150	17	<0.02	130							1	1	Sin interés. Tamaño pequeño.		





alteración y en esos casos se detectó una asociación de minerales de cuarzo, clorita y plagioclasa principalmente. Esta determinación se realizó mediante un análisis de difracción de rayos X. Localmente se detectó la presencia de sericita, caolín, magnetita y jarosita.

En general, el pórfido asociado al área de alteración, se presenta fresco, excepto, cerca del contacto con la misma, observándose el desarrollo de limonita y de sericita en las diaclasas del intrusivo. El 15% de las plagioclasas del pórfido aparecen alteradas a clorita, y un 5 a 10% de la biotita está cloritizada.

## 2.3 Consideraciones.

### 2.3.1 Relación entre mineralización y alteración con las rocas intrusivas.

La mayoría de las áreas de alteración están ubicadas cerca de stocks de composición intermedia a félsica, como se indica en el Plano 1-4, y en general, estas áreas se desarrollan en la zona de contacto de estos cuerpos intrusivos. Cuando ello no ocurre, siempre existe algún pequeño afloramiento de rocas intrusivas en las vecindades del área alterada, intrusivo que siempre es de composición intermedia a félsica. Por lo tanto, dichas áreas de alteración están íntimamente ligadas a estas rocas. En cambio, por ejemplo en la mina El Teniente, estarían relacionadas con procesos tardío magmáticos diferentes, de mayor magnitud, con mucho mayor aporte de soluciones hidrotermales posteriores a la primera cristalización del cuerpo intrusivo, desarrollando grandes áreas de alteración y que eventualmente podrían no presentar una conexión aparente con un cuerpo intrusivo. El efecto mencionado dependerá de la modelación erosiva en el sector.

Las rocas intrusivas que están mineralizadas y alteradas tienen composición félsica a intermedia y presentan eventualmente facies porfíricas.

Las rocas intrusivas relacionadas con áreas de alteración, en general corresponden a stocks de dimensiones más bien pequeñas. Pero, además se han reconocido áreas de alteración y mineralización relacionadas con diques, como ocurre en el caso de la Mina Juanita.

### 2.3.2 Edad de la mineralización y alteración.

Como ya se mencionó, la mayoría de las áreas de alteración estarían relacionadas con rocas intrusivas de edad mínima miocena. Por lo tanto, la edad de la mineralización y de la alteración, a lo menos, es igual o posterior al Mioceno.

## Capítulo 3: Exploración geoquímica.

### 3.1 Generalidades.

Durante la campaña se obtuvieron 2 tipos de muestras: sedimentos del drenaje actual y rocas en zonas de alteración. El objetivo de las primeras fue detectar la existencia de áreas de interés prospectivo no reconocidas. El muestreo de rocas se realizó para determinar la presencia de mineralización en los "gossan" estudiados.

Puesto que las expectativas de definir o encontrar yacimientos se referían principalmente a los del tipo cobre porfírico con molibdeno, la geoquímica de rocas se realizó sobre los siguientes elementos índices: Cu, Mo, Zn, As, Au, Rb y Sr. En el caso de los sedimentos del drenaje se investigó, adicionalmente a los anteriores, el Plomo.

En el trabajo de exploración geoquímica de rocas se obtuvieron 195 muestras en 38 áreas de alteración, mientras que la geoquímica de sedimentos de las Fases I y II implicó la recolección de 994 muestras. El tratamiento estadístico de las muestras de sedimentos incluyó 29 del sector Los Cipreses, totalizando 1.023.

En la evaluación de la geoquímica de rocas, se trató de establecer, para cada uno de los elementos analizados, la diferencia que presentan respecto de los niveles de referencia promedios ("background") determinados en rocas no alteradas de la zona. Se estableció que existen anomalías en 12 de las 38 áreas de alteración estudiadas, anomalías que corresponden a por lo menos uno de los siguientes elementos: Cu, Mo, Zn, Au y Rb.

La interpretación de los datos geoquímicos de sedimentos, permitió establecer 2 tipos de anomalías mediante un tratamiento estadístico simple: alta y baja. De este modo, se obtuvieron 25 muestras anómalas en Cu; 9 muestras con anomalías de Mo; 17 muestras anómalas en Zn; 9 muestras con anomalías de Pb; 9 muestras con anomalías de



Au; 38 muestras anómalas en As y 32 muestras con anomalías de Rb. Gran parte de estas muestras anómalas se pueden relacionar con áreas de alteración y/o mineralización. Sin embargo, se definieron tres lugares en que las anomalías estarían relacionadas con zonas mineralizadas desconocidas. Estos lugares son: estero Ciprecillos (Cu), sector de la confluencia de los ríos Cachapoal y Pangal (Au) y sector de la quebrada Negra (Zn).

### 3.2 Muestreo.

#### 3.2.1 Rocas.

El muestreo de rocas estuvo dirigido a los siguientes casos 1) Areas de alteración relacionadas con "gossan" piríticos, sin otro mineral primario visible. 2) Areas con poco mineral primario, predominando en general los productos de oxidación. 3) Areas de alteración en las cuales se observó sólo minerales de ganga y productos residuales de la oxidación.

Finalmente, se practicó un muestreo de zonas no alteradas ni mineralizadas para definir los valores de referencia ("background"). En el área de estudio II, se obtuvieron 175 muestras, mientras que en el área de estudio I, se obtuvieron 20, totalizando 195, entre las que se incluyen 17 muestras sin alteración usadas para determinar los valores de referencia ("background").

Tanto el intervalo como la densidad de muestreo fue irregular, ya que dependió del tamaño de cada zona de alteración. En aquellas áreas de más de 1 km de ancho, en general se tomaron muestras sobre 2 perfiles con un intervalo de muestreo variable entre 50 y 110 m en cada perfil. En áreas de menos de 1 km se realizó un sólo perfil, o bien el muestreo se ejecutó según una malla irregular cuando las condiciones de acceso se convirtieron en factor determinante de la modalidad de trabajo.

El número de muestras obtenidas en cada área de alteración se indica en siguiente tabla.

AREA	MUESTRAS	AREA	MUESTRAS	AREA	MUESTRAS	AREA	MUESTRAS
Nº 1	2	19	2	44	1	65	3
2	1	20	1	45	4	66	1
3	2	24	2	46	1	68	1
4	2	25	2	47	8	70	1
6	11	29	1	48	3	82	2
11	2	30	13	50	2	Otras	4
12	1	36	5	57	2		
13	2	40	28	58	4		
15	8	41	2	63	9		
16	2	42	19	64	4		

El promedio de las muestras por área de alteración es 4,4 siendo el peso de cada una aproximadamente 1 kg.

### 3.2.2 Sedimentos del drenaje actual.

El muestreo de sedimentos se realizó principalmente en drenajes de primer y segundo orden, tamizando la muestra hasta llegar a una fracción menor de 1 mm, recuperándose aproximadamente 200 gr. El número de muestras obtenidas en el área de estudio II fue 731 mientras que en el área de estudio I, se obtuvieron 263, totalizando 994 muestras. La densidad del muestreo resultante fue de 0,22 muestras/km<sup>2</sup> en el área de estudio II y de 0,12 muestras/km<sup>2</sup> en el área de estudio I.

La densidad de muestreo cerca de la frontera con Argentina es más baja, debido a que gran parte de ese sector estaba cubierto con nieve.

### 3.3 Análisis de laboratorio.

Todas las muestras fueron molidas a un tamaño menor que 150 mallas, resultando del proceso un 70% menor que 200 mallas. El producto completo fue cuarteado, obteniéndose la muestra final para el ensaye correspondiente.

Los análisis de oro y arsénico se realizaron con un ataque con agua regia. Para determinar el Cu, Zn y Mo, se usó una mezcla de  $\text{HNO}_3$  -  $\text{HClO}_4$  - HF. Para la determinación del Rb y el Sr se utilizó el método de fusión con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  -  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ .

Las lecturas de los distintos elementos se efectuaron en un equipo de absorción atómica Perkin Elmer.

Los límites de detección para cada elemento fueron los siguientes:

Cu: 1 ppm	Pb: 2 ppm	Rb: 2 ppm
Mo: 1 ppm	As: 5 ppm	Sr: 5 ppm
Zn: 1 ppm	Au: 0,02 ppm	

### 3.4 Estudios de áreas de alteración mediante geoquímica de rocas.

En las zonas de alteración cubiertas por minerales oxidados de fierro, la exploración geoquímica por cobre resulta una herramienta muy útil en la prospección de cuerpos que contienen mineralización económica.

La experiencia ha demostrado que aunque las rocas mineralizadas hayan sido lixiviadas, las muestras geoquímicas de estas rocas, presentan por lo general, contenidos más altos de cobre y otros elementos afines que las rocas circundantes no alteradas utilizadas como nivel de referencia (background). Sin embargo, este hecho dependerá de condiciones como tipo e intensidad de la alteración hidrotermal de las rocas, ley original de cobre, mineralización, estructuras, etc.

En general, se considera recomendable elegir elementos índices que tengan poca movilidad y compararlos con elementos afines.

### 3.4.1 Selección de elementos índices.

Dadas las características geológicas y mineras del área de trabajo, se consideró una expectativa razonable detectar mineralización de Cu y Mo, principalmente en depósitos del tipo cobre porfírico y yacimientos de oro. Por tal motivo, se eligieron el Cu, el Mo y el Au como elementos índices principales. Además se seleccionaron As y Zn por la estrecha relación que presentan con estos elementos. Asimismo, se eligieron Rb y Sr como elementos índices para la exploración de yacimientos del tipo cobre porfírico (Armbrust y otros 1977, Oyarzún 1974, Olade y Fletcher 1975 y 1976). El método que usa la razón Rb/Sr está basado en el intercambio de elementos químicos producidos durante el evento hidrotermal.

Respecto al movimiento de elementos, Creasey (1959) ha estudiado 7 yacimientos en Estados Unidos y concluye que: en las zonas de alteración potásica y fílica se observa un aumento de K y una disminución de CaO en zonas lixiviadas. El potasio y el rubidio son elementos coexistentes, así como lo son el Ca y el Sr (Turekian y Kulp 1956 y Heier y Adams 1964). Taubeneck (1965), ha dicho que los procesos de alteración hidrotermal se caracterizan por un aumento de Rb asociado al incremento de K. Por otra parte, Taubeneck op. cit. y Bradshaw (1967) han expresado que durante la ocurrencia de esos procesos se observa una disminución de Sr.

Según Oyarzún (1974), los elementos Rb y Sr tienen las siguientes ventajas para la exploración geoquímica:

- 1) Los dos elementos son sensibles a los procesos de reemplazo.
- 2) Ambos elementos son fácil y rápidamente detectables en el laboratorio.
- 3) El elemento Rb tiene bajo punto de fusión. En condiciones de alta presión tiene movimiento ascendente.
- 4) Generalmente los elementos que se encuentran en pequeña cantidad, como el Rb y el Sr, presentan una variación mucho más marcada que la que presentan los elementos mayores.

En Chile, Armbrust y otros (1977) y Oyarzún (1974) han estudiado el comportamiento del Rb y del Sr durante los procesos de alteración y mineralización que se observan en los yacimientos de El Teniente y La Andina.

Las razones anteriores justifican el uso de elementos índices para la exploración geoquímica, de este tipo de yacimientos.

En el área de estudio I, de la Fase I, se utilizaron los siguientes elementos índices: Cu, Mo, Zn, Pb, Ag y Au.

#### 3.4.2 Tratamiento estadístico de las muestras.

El método utilizado para analizar los valores obtenidos en los ensayos de laboratorio, está basado en las siguientes consideraciones:

Un tratamiento estadístico permite establecer los valores medios y la desviación standard para el Cu, As, Zn y Rb. Se consideran valores anómalos, respecto de los promedios regionales en roca fresca, aquellos mayores que  $\bar{x} + 2 S$ .

En el caso del Mo y el Au, la mayor parte de las determinaciones dan valores bajo el límite de detección cuantitativa. Por esta razón, hubo de estimarse los valores anómalos de Mo. En el caso del Au, se estableció como límite inferior de anomalía, el valor máximo obtenido en las rocas frescas.

Para obtener los valores de roca fresca se utilizaron 32 muestras, de las cuales 30 corresponden a andesitas de las formaciones Farellones y Coya-Machalí, una corresponde a un pórfido monzogranítico y otra a una roca sedimentaria de edad jurásica. Entre las 32 muestras están incluidas las muestras obtenidas en el sector de los Cipreses, pero se excluyen las que corresponden al sector de la mina Rosario de Rengo, debido a los valores excepcionalmente altos que caracterizan a esas rocas.

Tab. 9 VALORES GEOQUIMICOS DE REFERENCIA  
EN ROCA FRESCA

Número de Muestra	Elementos ppm							Rb/Sr
	Cu	Mo	Zn	As	Au	Rb	Sr	
sa 9	103	<1	89	15	006	89	340	026
sa 22	194	<1	99	5	<002	62	370	017
29	38	<1	50	5	<002	21	310	007
37	95	<1	50	17	<002	72	380	019
43	46	3	66	11	<002	60	330	018
52	61	<1	70	5	<002	117	380	031
66	71	1	72	5	<002	24	720	003
sb 18	47	1	106	12	<002	77	400	019
22	19	1	88	11	<002	29	210	014
24	26	<1	65	5	<002	21	620	003
29	7	<1	258	7	<002	86	160	054
32	63	<1	96	<5	<002	47	420	011
36	71	<1	138	16	006	20	970	002
45	112	1	72	5	<002	14	470	003
63	64	<1	68	7	<002	33	420	008
79	20	<1	55	7	<002	103	420	025
83	72	<1	84	14	<002	32	590	005
92	40	1	71	6	<002	82	390	021
sc 8	42	1	67	20	<002	80	160	050
9	12	<1	125	6	<002	90	190	047
26	137	<1	78	14	<002	85	380	022
28	51	<1	90	30	<002	14	290	005
29	22	1	35	67	<002	48	630	008
sd 14	59	<1	95	18	<002	91	560	016
15	56	<1	256	32	<002	78	540	014
48	17	2	127	<5	<002	115	350	033
sf 35	6	<1	221	26	<002	43	620	007
sh 16	<1	<1	49	<5	<002	75	180	042
18	64	1	87	14	<002	21	440	005
19	39	1	30	27	<002	4	380	001
20	118	<1	113	5	<002	61	83	073
22	25	<1	8	24	<002	47	320	015

Tab. 10 ESTADIGRAFOS BASICOS PARA MOESTRAS DE ROCA

Elemento	Media (ppm)	Desviación Estandar (ppm)	$\bar{X} + S$ (ppm)	$\bar{X} + 2S$ (ppm)	$\bar{X} + 3S$ (ppm)
Cu	56	34.8	90.8	125.6	160.4
Zn	89	49	138	187	236
As	12.5	8.8	21.3	30.1	38.9
Rb	55	30	85	115	145

Rb/Sr (ver Figura )

$Rb/Sr < 0.20$  ..... } Roca sin mineralización ni  
 $0.20 \leq Rb/Sr < 0.50$  ..... } alteración  
 $0.50 \leq Rb/Sr < 1.00$  ..... Anomalia baja  
 $1.00 \leq Rb/Sr$  ..... Anomalia alta

Los parámetros estadísticos correspondientes a las 32 muestras se presentan en la Tabla 10, donde se indican el promedio aritmético, la desviación standard y el límite de anomalía ( $\bar{x} + 2S$ ) para cada elemento, que en adelante será referido como nivel de referencia (límite de "background").

Con el objeto de categorizar los valores anómalos se establecieron dos categorías de anomalías: alta y baja. Para el Cu, el Zn, el As y el Rb se define como anomalía alta a aquella mayor de  $\bar{x} + 3S$  y anomalía baja a aquellos valores comprendidos entre  $\bar{x} + 2S$  y  $\bar{x} + 3S$ . Para el Mo y el Au el límite entre anomalía alta y baja hubo de ser estimado debido a que más de un 95% de las muestras presentan valores por debajo del nivel de detección instrumental. Para la razón Rb/Sr se establecieron valores discriminatorios de referencia de acuerdo a los obtenidos por Armbrust y otros (1977), Oyarzún (1974) y Olade y otros (1976), en intrusivos estériles e intrusivos portadores de mineralización del tipo pórfidos cupríferos.

Por otra parte, se establecieron 2 categorías de valores de referencia (valores de "background"); una para los valores de referencia menores que el medio aritmético y otra comprendida entre el medio aritmético y el límite inferior de anomalía. De este modo, resultan 4 categorías de clasificación para cada elemento. Todos los valores que se indican a continuación están referidos a los resultados obtenidos en las 32 muestras de roca fresca.

#### Categorías para la razón Rb/Sr.

$<0,20$	- límite estimativo.
$\geq 0,20$ $<0,50$	- límites estimativos.
$\geq 0,50$ $<1,00$ (anomalía baja)	- límites estimativos.
$\geq 1,00$ (anomalía alta)	- límite estimativo.



En las principales áreas de alteración estudiadas se presenta un perfil por elemento, correspondiendo la línea base al valor de la media ( $\bar{x}$ ) y la línea superior al límite inferior del valor de anomalía ( $\bar{x} + 2S$ ). El arsénico no muestra relación clara con los otros elementos por lo no se presentan los perfiles correspondientes.

El estroncio, generalmente muestra una relación inversa respecto del rubidio, por lo cual, se presenta indirectamente en los perfiles que muestran la razón Rb/Sr. Armbrust y otros (1977) y Oyarzún (1974) en Andina y El Teniente respectivamente, obtuvieron los siguientes resultados de la razón Rb/Sr en yacimientos y en rocas frescas chilenas.

**Razón Rb/Sr en andesitas frescas y andesitas alteradas.**

Andesitas frescas:	Rb/Sr
- Cuaternarias (Chile)	0,06
- Cinturón Circum-Pacífico	0,08
- Terciarias (Chile)	0,16
- Cretácicas (Chile)	0,18

**Andesitas alteradas:**

- Río Blanco (alteración potásica)	2,55
- El Teniente : Alteración propilítica	0,31
Alteración potásica	0,51
Cubierta lixiviada	7,19

### 3.4.3 Interpretación de los resultados.

En la Tabla 11 se señalan las zonas de alteración con valores anómalos y en el Plano 1-5 se da la ubicación de anomalías por elemento.

De la Tabla 11, se desprende que existen valores anómalos de: Cu en 8 áreas, de Mo en 6 áreas, de Zn en 3 áreas, de As en 23 áreas, de Au en 2 áreas, de Rb en 12 áreas, de Sr en 14 áreas y de la razón Rb/Sr en 11 áreas.

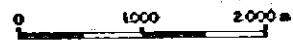
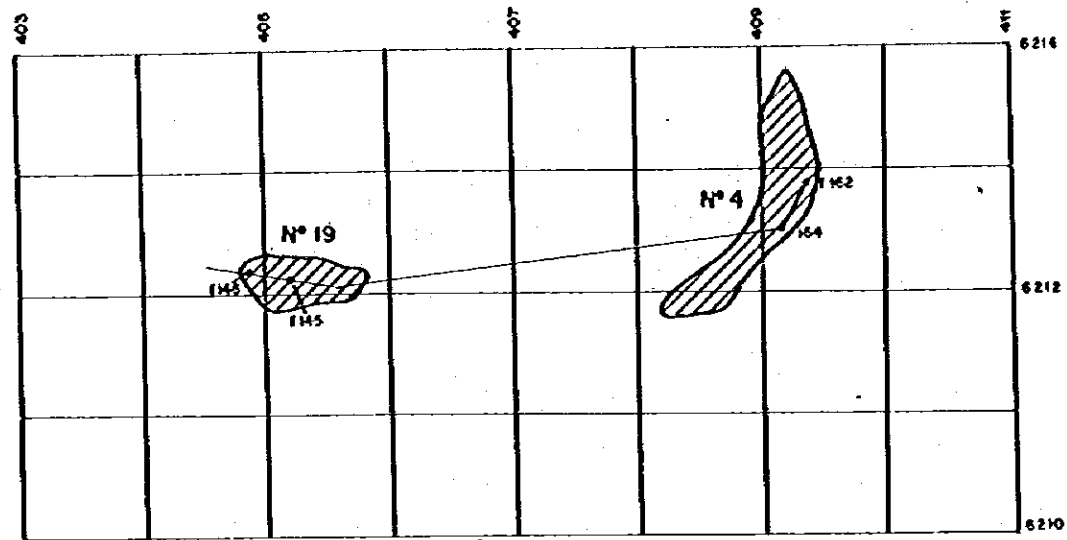
Tab. 11 CANTIDAD DE ANOMALIAS GEOQUIMICAS POR AREA DE ALTERACION

Nombre de area de alteración	Cantidad de muestras	Cantidad de anomalías geoquímicas						
		Cu	Mo	Zn	As	Au	Rb	*Rb/Sr
Nº 4	2				1		1	1
6	11				1		1	1
11	2	2			2		1	1
13	2				1			
15	8	1	1			1		
16	2				1			
19	2				1			
25	2				2		1	1
29	1				1			
30	13	3		3	2		1	1
36	5			1	1			
40	28	8	4		10		3	3
41	2		1		1			
42	19		2		2	1	3	3
44	1				1			
45	4						1	1
47	8	1			1		1	
48	3				3			
50	2			1			1	1
57	2				1			
58	4	1	1					
63	9						3	3
64	4						1	1
65	3				1			
66	1				1			
70	1				1			
82	2				2			
Otra 1	1	1	1		1			
Otra 2	2	1			1			
Distrito Chancón	1	1						
Total 29	146	19	10	5	39	2	18	17
Cantidad de áreas de alteración		8	6	3	23	2	12	11

Nota \* En este estudio las anomalías de Rb/Sr siempre corresponden a anomalías de Rb.

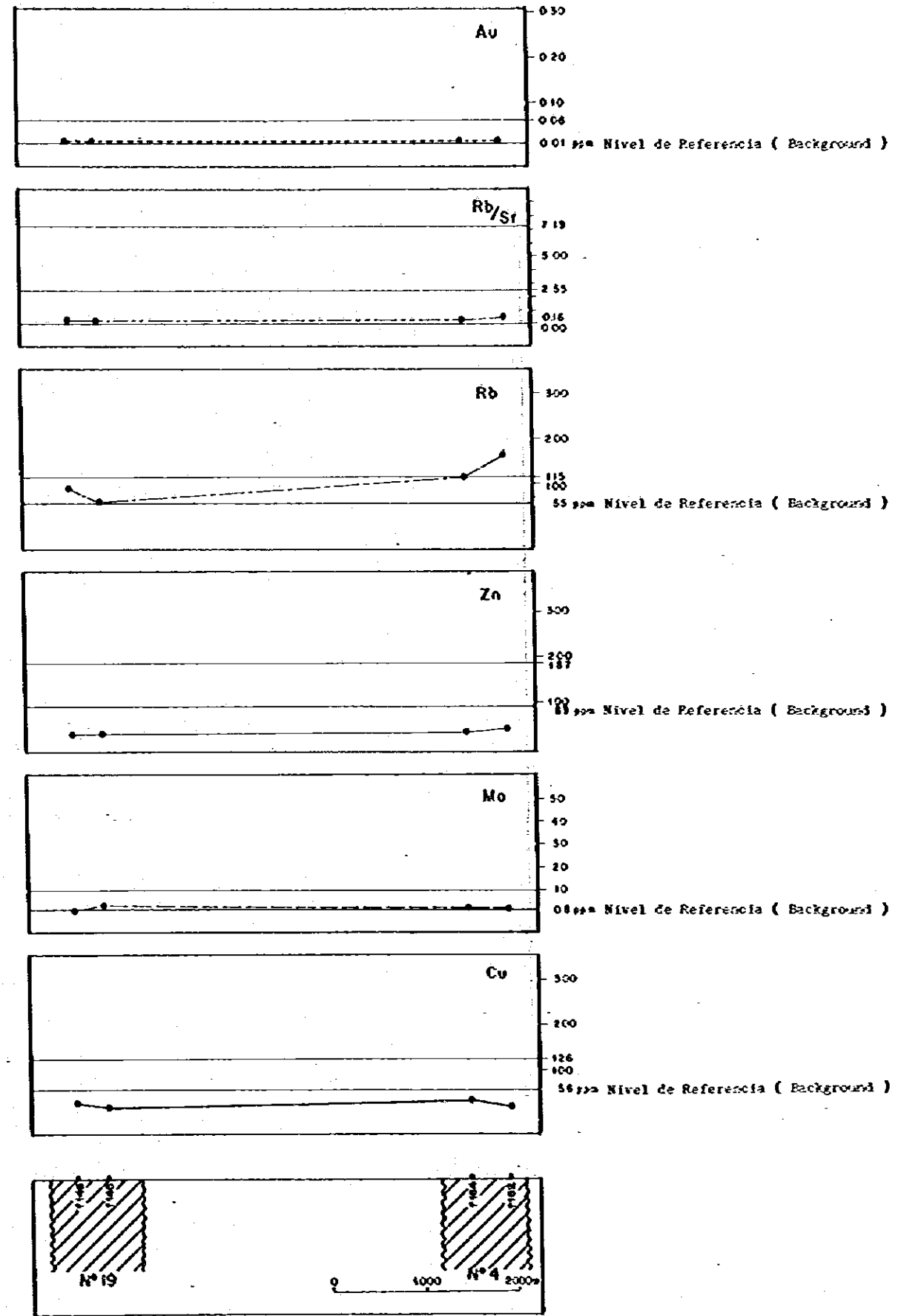
**Tab. 12 ESTADIGRAFOS BASICOS PARA MOESTRAS DE SEDIMENTOS DEL DRENAJE**

Elemento	Media (ppm)	Desviación Estandar (ppm)	$\bar{X} + S$ (ppm)	$\bar{X} + 2S$ (ppm)	$\bar{X} + 3S$ (ppm)
Cu	60	0.2856	117	225	435
Zn	83	0.2403	144	250	434
As	12	0.2992	24	48	96
Rb	51	0.1952	81	126	198
Pb	9	0.3512	20	46	103



**LEYENDA**

- 7.19 Valor para zona de lixiviación de yacimiento "El Teniente"
- 2.55 Valor para alteración potásica de yacimiento "Rio Blanco"
- 0.16 Valor para andesita de Terciario ( Chile )
- ▨ Zona de alteración
- 145 • Número de muestra de roca



**Fig.7 CURVAS POR ELEMENTO ANALIZADO EN PERFIL DE MUESTREO GEOQUIMICO EN AREA No. 4 Y No. 19**

Las áreas de alteración en las que se detectaron anomalías de Cu y Mo son las siguientes:

Area N° 15, Area N° 40, Area N° 58 y otra área 1

A continuación, se interpretan las anomalías resultantes en las áreas de alteración, que por su tamaño, ambiente geológico, texturas observadas, mineralogía, tipos de alteración y valores geoquímicos se consideran de interés analizar.

#### 1) Areas de alteración N° 4 y N° 19.

En la Fig. 7 se indica el perfil de cada elemento en estas áreas. En general, los elementos se sitúan cerca del límite de referencia ("background"), con excepción del Rb.

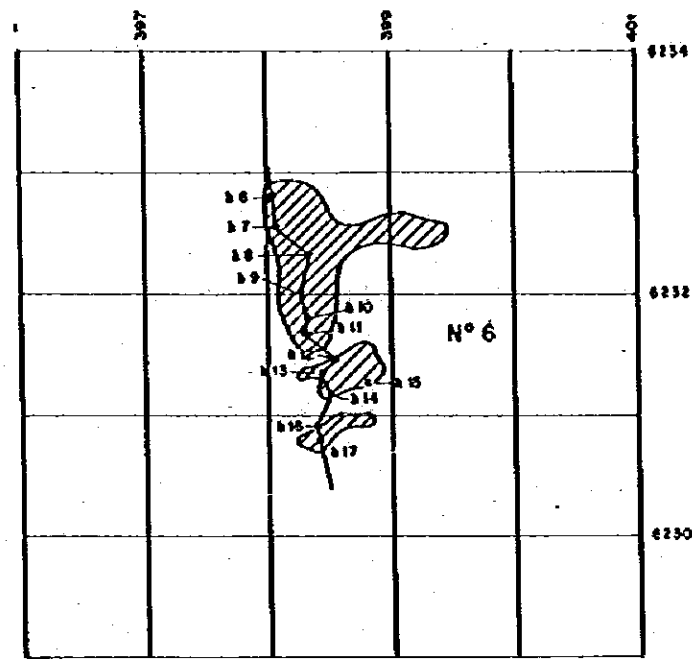
Tanto el Cu como el Mo se sitúan bajo el nivel de referencia en ambas zonas. En el área N° 4, el Rb se sitúa sobre el límite inferior de anomalía. Sin embargo, el valor de la razón Rb/Sr es semejante al de la roca fresca, por lo cual podría concluirse que la anomalía de Rb se debería al contenido original de K de la roca huésped.

En general puede concluirse, que en las áreas N° 4 y N° 19, los elementos índices tienen valores cercanos al nivel de referencia ("background"). Por lo tanto, desde el punto de vista de la geoquímica, los resultados le confieren a las áreas de alteración pertinentes, un escaso interés desde el punto de vista económico.

#### 2) Area de alteración N° 6.

El perfil de los elementos índices de esta área se indica en la Fig. 8, presentando un comportamiento similar al caso anterior. Por lo tanto, desde el punto de vista geoquímico se puede concluir que es poco probable esperar una concentración de ellos con valor económico.





0 1000 2000 m



**LEYENDA**

- 7.19 Valor para zona de lixiviación de yacimiento "El Teniente"
- 2.55 Valor para alteración potásica de yacimiento "Rio Blanco"
- 0.16 Valor para andesita de terciario (Chile)
- //// Zona de alteración
- 16# Número de muestra de roca

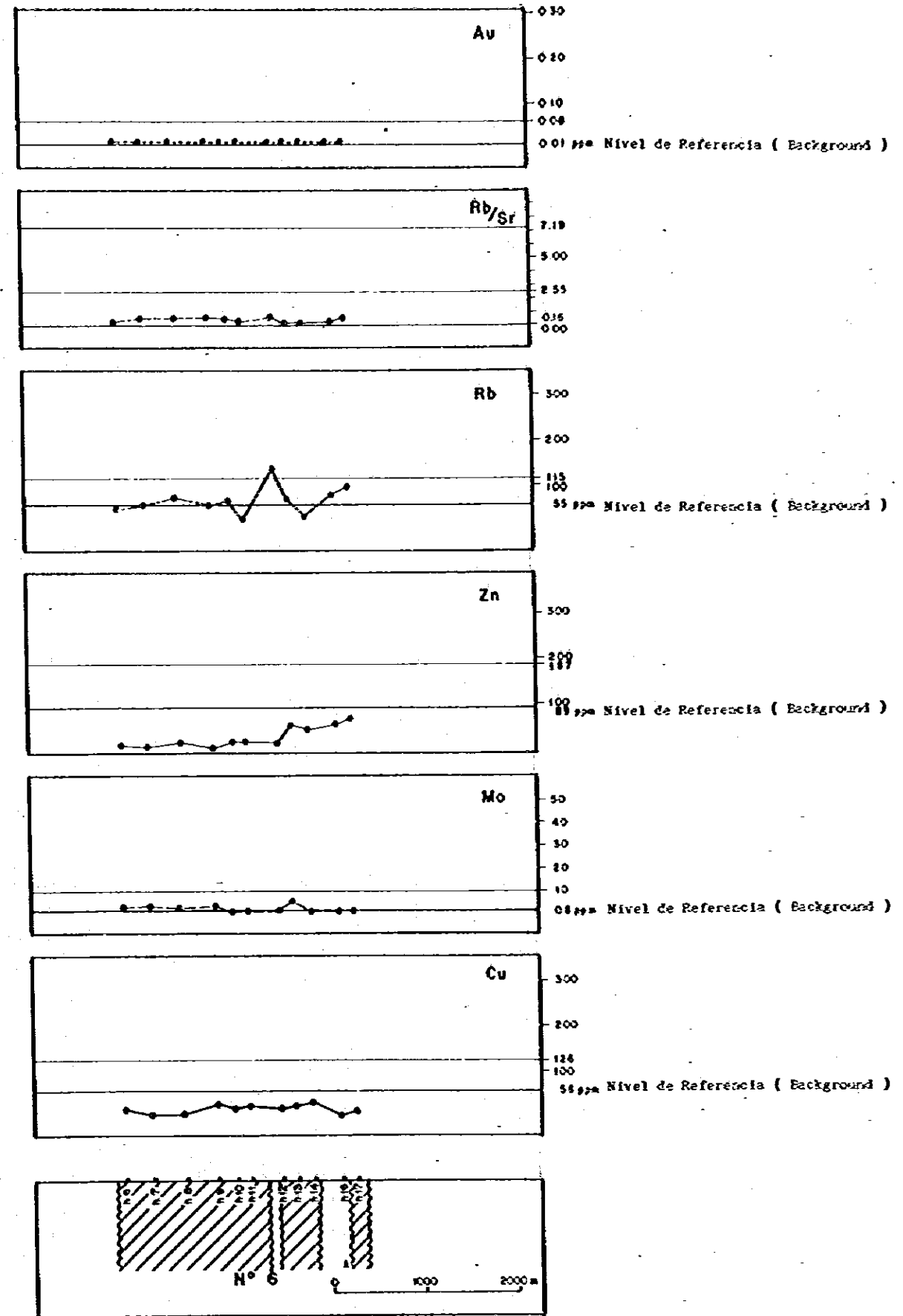
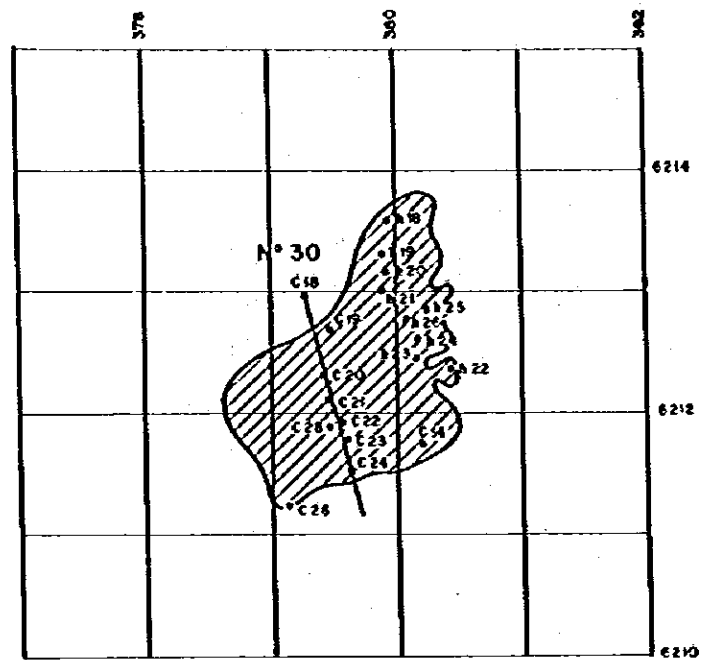


Fig.8 CURVAS POR ELEMENTO ANALIZADO EN PERFIL DE MUESTREO GEOQUIMICO EN AREA No. 6



0 1000 2000 m



LEYENDA

- 7.19 Valor para zona de lixiviación de yacimiento "El Teniente"
- 2.55 Valor para alteración potásica de yacimiento "Rio Blanco"
- 0.16 Valor para andesita de Terciario ( Chile )
- //// Zona de alteración
- c16# Número de muestra de roca

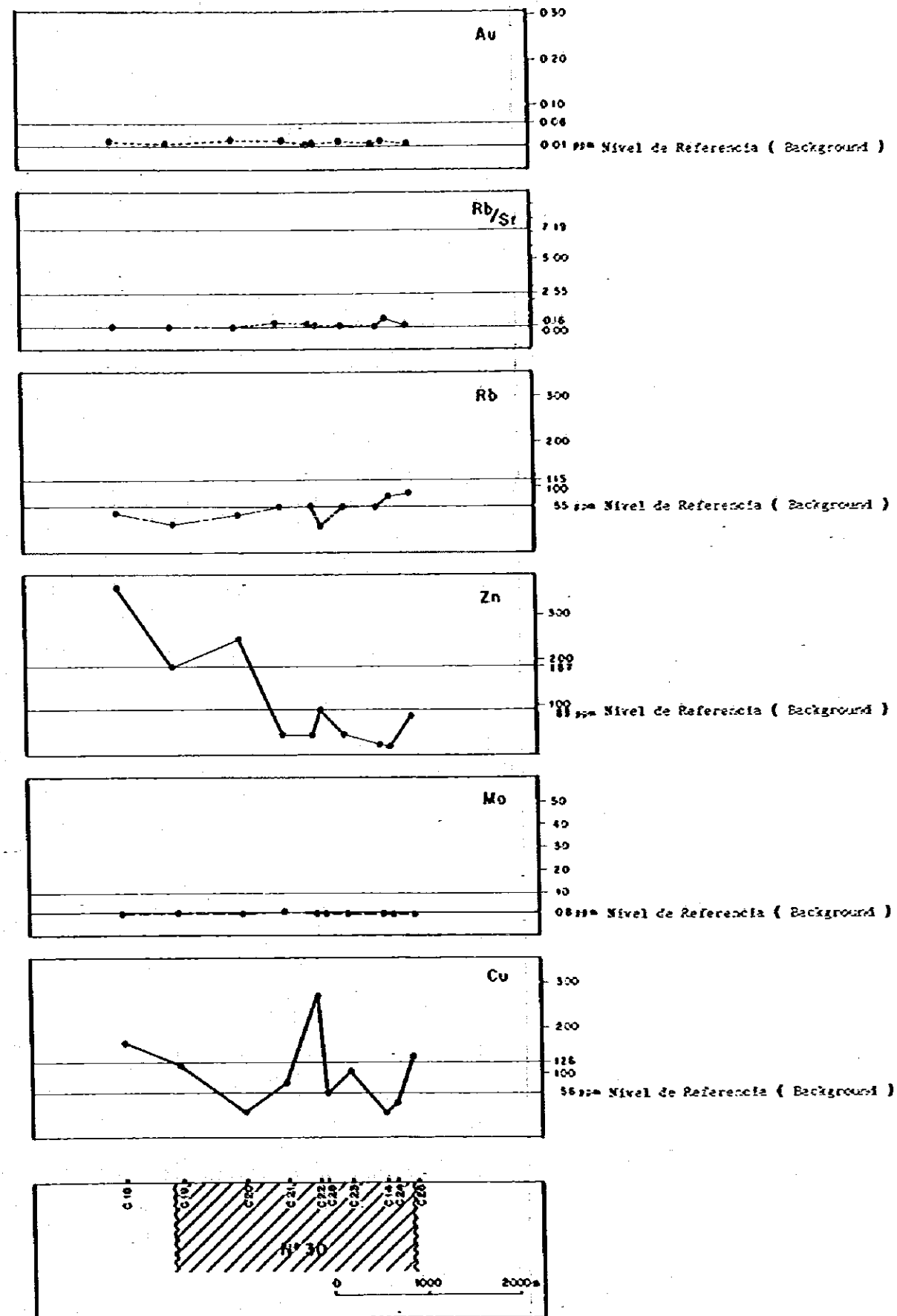
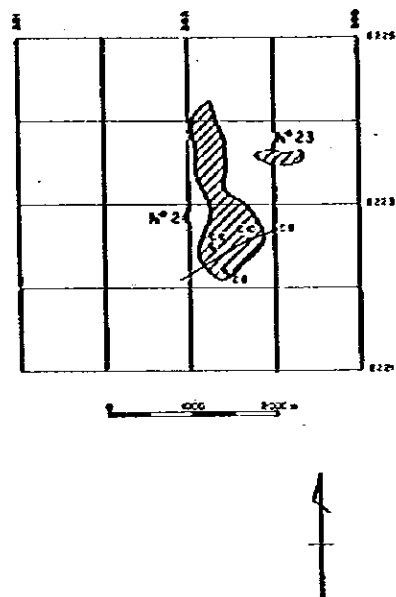


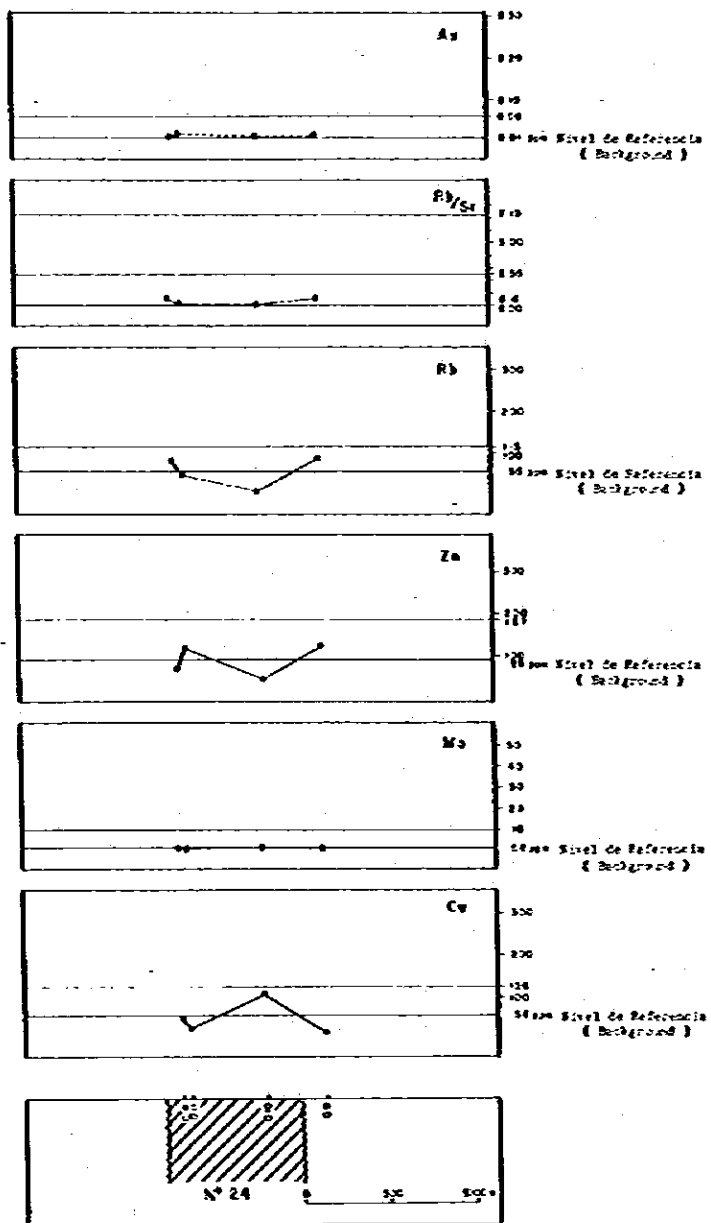
Fig.10 CURVAS POR ELEMENTO ANALIZADO EN PERFIL DE MUESTREO GEOQUIMICO EN AREA No. 30





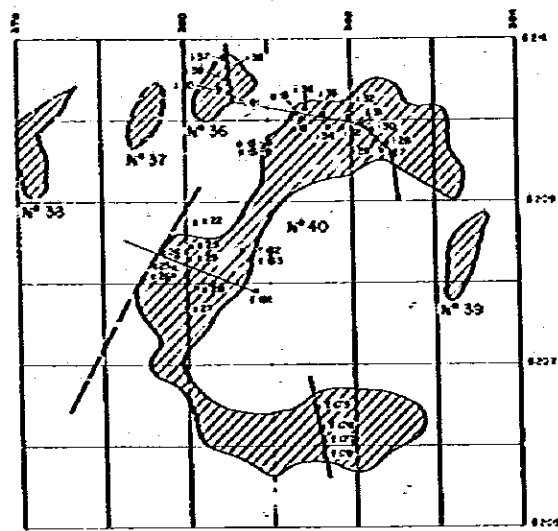
**LEYENDA**

- 7.15 Valor para zona de alteración de yacimiento "El Tortoso"
- 2.55 Valor para alteración perifera de yacimiento "El Blanco"
- 0.15 Valor para anomalía de Terciario ( Chile )
- ▨ Zona de alteración
- Muestra de muestra de roca



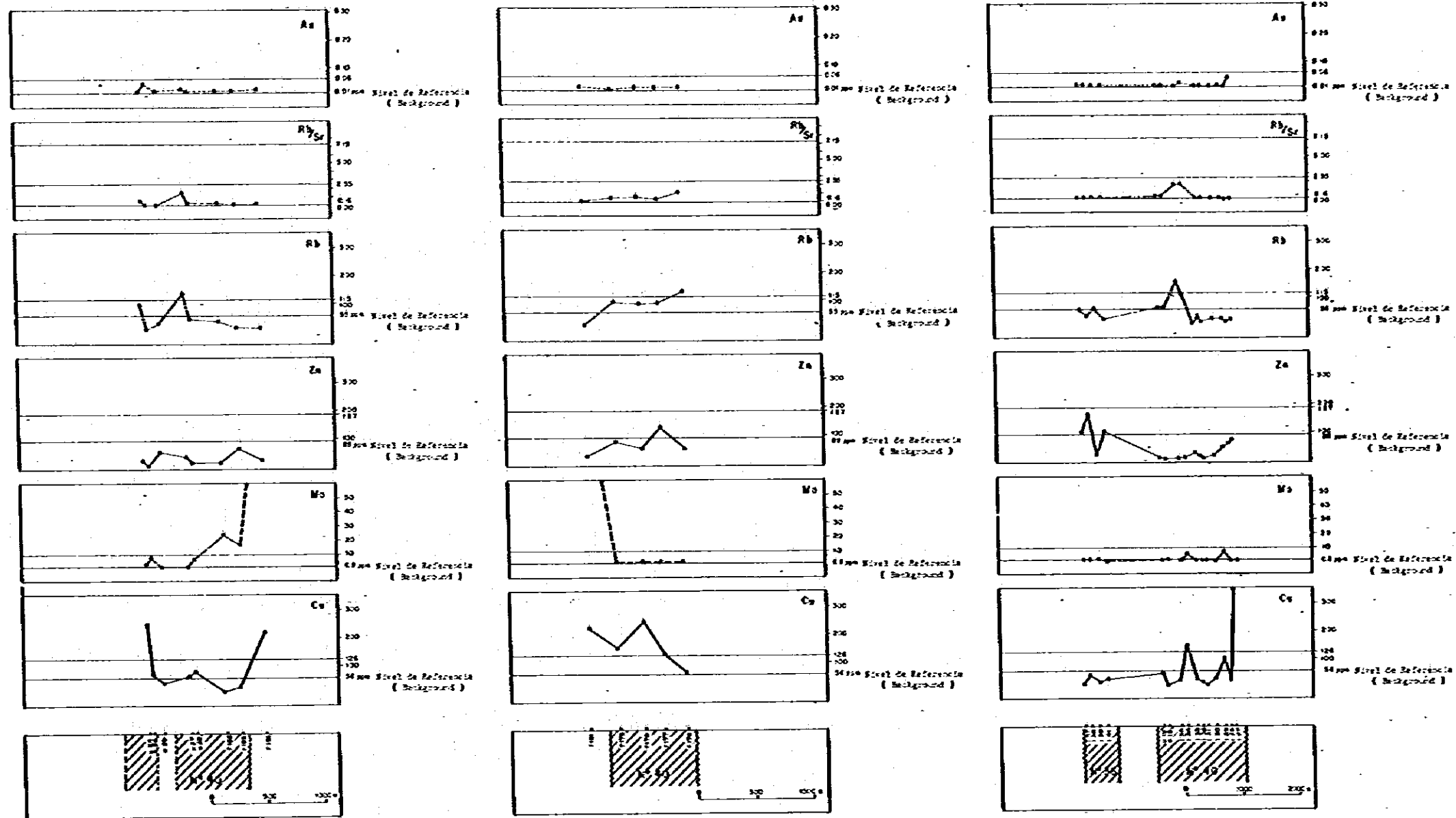
**Fig.9 CURVAS POR ELEMENTO ANALIZADO EN PERFIL DE MUESTREO GEOQUIMICO EN AREA No. 24**





**LEYENDA**

- 7.19 Valor para zona de alteración de parámetro "El Potasio"
- 2.55 Valor para alteración potásica de parámetro "Rio Blanco"
- 0.15 Valor para andesita de terciario (Chile)
- ▨ Zona de alteración
- ▲ Sitios de muestra de roca



**Fig. 11 CURVAS POR ELEMENTO ANALIZADO EN PERFIL DE MUESTREO GEOQUIMICO EN AREA No. 36 Y No. 40**

### 3) Area de alteración N° 24.

Como se indica en la Fig. 9, los elementos índices en este caso, también presentan curvas similares a los dos anteriores. Por lo tanto, esta área presenta muy pocas posibilidades de contener concentraciones de valor económico de los elementos analizados.

### 4) Area de alteración N° 30.

En la Fig. 10, se presentan los perfiles de distribución de los elementos índices. Se puede observar un "peak" (pico) débil para Cu. En la curva de Zn, se observa un descenso hacia el interior del área de alteración. Los elementos índices restantes tienen valores cercanos al nivel de referencia ("background").

Como se indica en la Tabla 11, en esta área de alteración hay anomalías de Cu, Zn, Rb, As, Sr y Rb/Sr. Puede concluirse que, desde el punto de vista geoquímico, podría esperarse una cierta concentración de Cu, Mo y una concentración de Zn en la periferia del área.

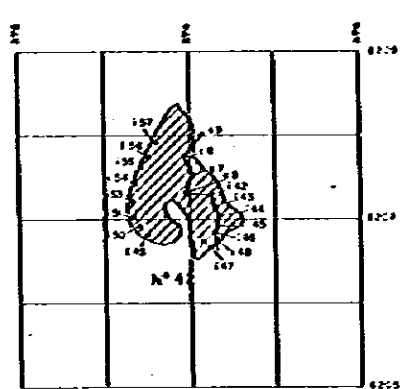
### 5) Areas de alteración N° 36 y N° 40.

En el área N° 36 todos los elementos índices se sitúan cerca del nivel de referencia ("background").

En el área N° 40, se observan "peaks" débiles para Cu, Mo, Rb, Au y Rb/Sr. Por lo tanto, desde el punto de vista de la geoquímica, se puede esperar una cierta concentración de Cu, Mo y Au. Además, se interpreta un aumento de K y una disminución de Ca por asociación con las anomalías de Rb y Sr.

### 6) Area de alteración N° 42.

En la Fig. 12, se muestran las curvas de los elementos índices. Se observan picos ("peaks") correspondientes a Mo, Au, Rb y Rb/Sr. Los valores de Zn decrecen hacia el interior del área. Por lo tanto en esta área, existen concentraciones de Mo y Au dentro de ella y de

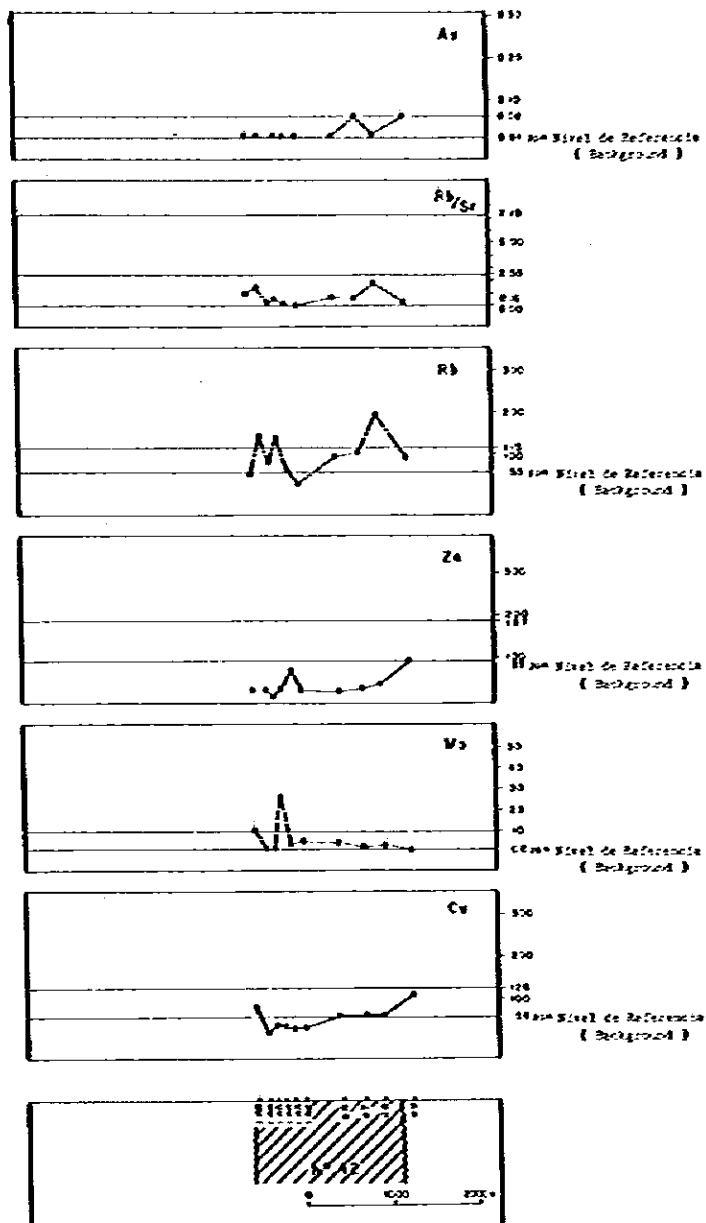


0 1000 2000



**LEYENDA**

- 7.39 Valor para zona de intemperación de gneis "El Ventano"
- 2.55 Valor para alteración potásica de gneis "Rio Blanco"
- 0.15 Valor para andesita de Terciario (Chile)
- ▨ Zona de alteración
- 157# Número de muestra de base



**Fig.12 CURVAS POR ELEMENTO ANALIZADO EN PERFIL DE MUESTREO GEOQUIMICO EN AREA No. 42**