

REPUBLIC OF THE PHILIPPINES
DEPARTMENT OF EDUCATION
BUREAU OF POSTAL SERVICE
MANILA

POSTAGE PAID

POSTAGE WILL BE PAID BY ADDRESSEE
FIRST CLASS PERMIT NO. 100
MANILA PHILIPPINES

704
66.1
MPN

REPUBLICA DE CHILE

PROGRAMA DE EXPLORACION MINERA

**INFORME DE RECONOCIMIENTO GEOLOGICO
DE LA REGION ANDINA SITUADA AL ESTE DE LA
CIUDAD DE CONCEPCION**

FASE I

 LIBRARY



1027447[03]

MAYO 1979

GOBIERNO DE JAPON

METAL MINING AGENCY OF JAPAN

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

GOBIERNO DE CHILE

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES GEOLOGICAS

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 9. 27	704
登録No. 09176	66.1
	MPN

PREFACIO

Durante el año 1978 se completó la primera fase del nuevo convenio del programa conjunto de exploración de minerales acordado entre los Gobiernos de Chile y Japón. Esta primera fase, que corresponde a las recomendaciones del último año del primer convenio, se realizó en la franja andina situada al este de la ciudad de Concepción.

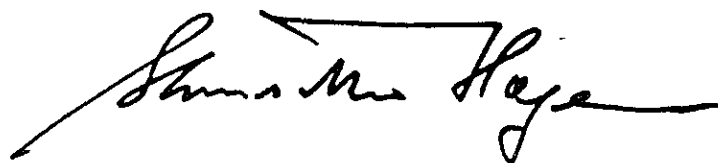
Por primera vez en la historia de las prospecciones mineras en la zona central-sur de Chile, se hicieron sondajes diamantinos profundos de reconocimiento, cuyos resultados promisorios permiten continuar la exploración con la esperanza de llegar a resultados económicos interesantes.

La exploración geoquímica y el levantamiento geológico que se ha hecho en algunos sectores cordilleranos de la Región del Bío-Bío muestran áreas mineralizadas distintas a los pórfidos cupríferos; estos hallazgos, conjuntamente con la información básica obtenida permiten modificar la idea clásica sobre la mineralización al sur de El Teniente, ampliando al menos en unos 650 km el área con real interés prospectivo. Esta franja presenta algunas ventajas comparativas en relación a Chile Septentrinal en cuanto a la exploración y explotación de eventuales yacimientos: desde el punto de vista legal las zonas protegidas son muy pocas, los accesos son buenos y los recursos humanos y naturales adecuados.

Como en años anteriores el trabajo se inició en Japón con la preparación de un mapa fotogeológico y continuó en Chile con equipos integrados e iguales 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 Instituto de Investigaciones Geológicas (IIG) con la coordinación general de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONYCIT). Se destaca el respaldo de los gobiernos regionales de la VIII Región del Bío-Bío y de la IX Región de La Araucanía.



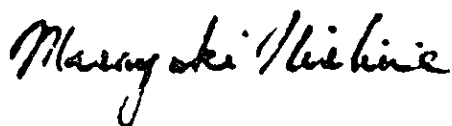
Shinsaku Hogen

Presidente

Japan International Cooperation Agency

Director

Instituto de Investigaciones
Geológicas



Masayuki Nishiie

Presidente

Metal Mining Agency of Japan

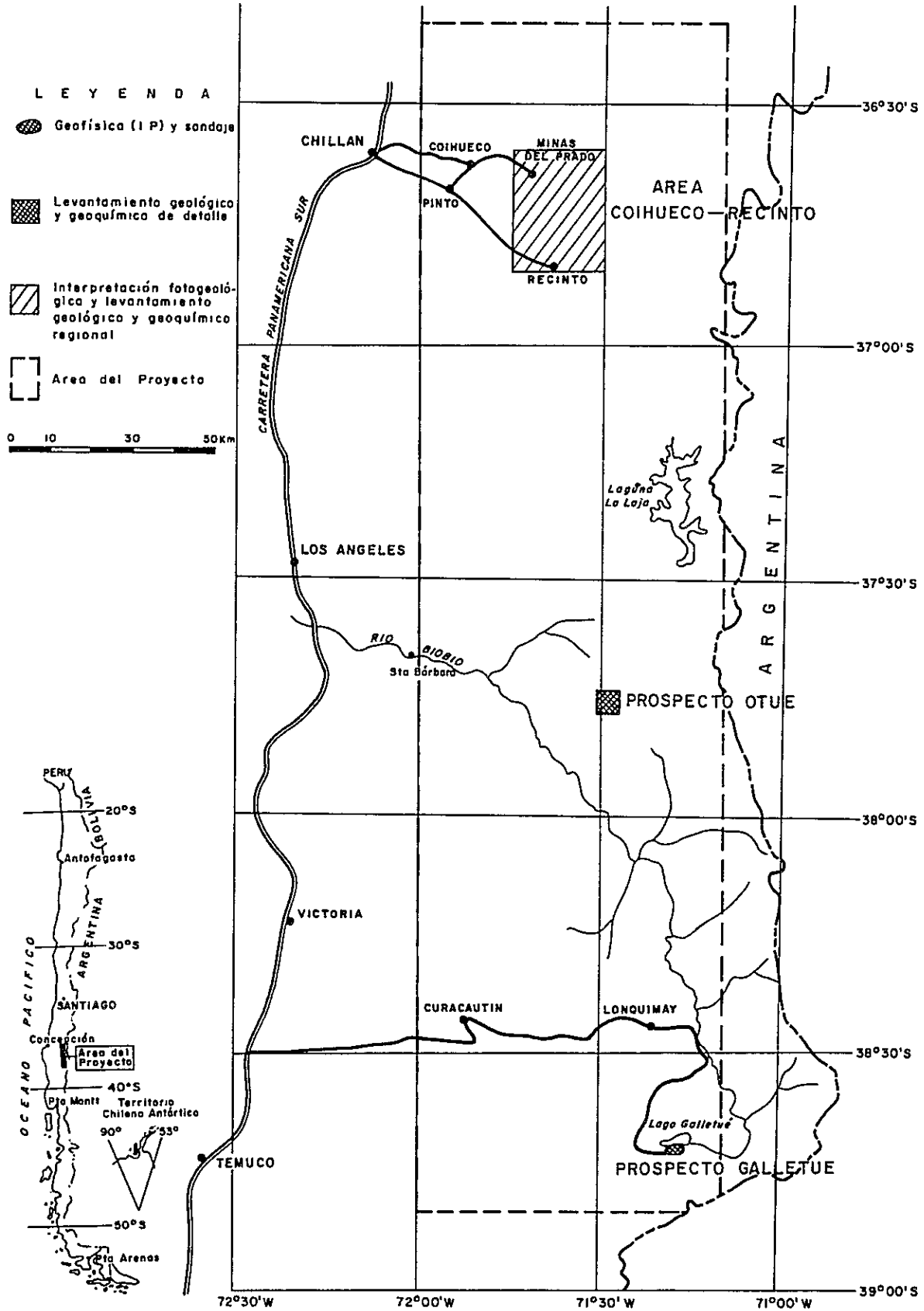


Fig. 1 MAPA DE UBICACION



Discordancia entre la formación Cola de Zorro (arriba) y los granitoides (abajo) en el curso superior del Río Niblinto (vista al Norte), Area Coihueco-Recinto.



Cordón de El Sauce vista al noreste; primer plano: Unidad Volcánica El Sauce, Area Coihueco-Recinto.



Prospecto Galletué, vista panorámica hacia el sur,

- S-1 = Ubicación sondaje S-1
- S-2 = Ubicación sondaje S-2

CONTENIDO

	Página
PREFACIO	
RESUMEN	(1)

INTRODUCCION

Capítulo 1	Generalidades del proyecto	1
1.1	Objeto del proyecto	1
1.2	Programa general del proyecto	1
1.3	Organización del proyecto	2
Capítulo 2	Trabajo realizado en el 1º año	3
2.1	Objetivo del trabajo y cantidad de trabajo realizado ...	3
2.2	Area de trabajo	3
2.3	Método de trabajo	4
2.4	Período de trabajo	4
2.5	Miembros de los equipos	4
2.6	Trabajos anteriores	8

PARTE I EXPLORACION EN EL AREA COIHUECO-RECINTO

I-1	GENERALIDADES	10
Capítulo 1	Antecedentes sobre el área Coihueco-Recinto	10
Capítulo 2	Geografía	11
2.1	Ubicación	11
2.2	Topografía	11
2.3	Clima y vegetación	12

2.4	Acceso	.....	14
2.5	Recurso naturales	.....	14
Capítulo 3	Método de trabajo	.....	16
I-2	INTERPRETACION DE FOTOGRAFIAS AEREAS	.....	17
Capítulo 1	Generalidades	.....	17
Capítulo 2	Interpretación	.....	18
2.1	Fotografías aéreas usadas	.....	18
2.2	Método de análisis	.....	18
Capítulo 3	Resultados	.....	20
3.1	Resumen	.....	20
3.2	Unidades geológicas	.....	20
3.3	Estructura geológica	.....	22
I-3	GEOLOGIA Y PROSPECCION GEOQUIMICA REGIONAL	.....	23
Capítulo 1	Geología	.....	23
1.1	Generalidades	.....	23
1.2	Estratigrafía	.....	23
1.3	Rocas intrusivas	.....	38
1.4	Estructura	.....	42
1.5	Historia geológica	.....	44
Capítulo 2	Geología económica	.....	46
2.1	Generalidades	.....	46
2.2	Mineralización	.....	48
2.3	Consideraciones	.....	66
Capítulo 3	Geoquímica	.....	69
3.1	Generalidades	.....	69

3.2	Recolección de muestras	69
3.3	Análisis de las muestras	69
3.4	Tratamiento estadístico de los datos	90
3.5	Resultados y discusión	73
Capítulo 4	Conclusiones y recomendaciones	80

PARTE II
EXPLORACION EN EL AREA DEL PROSPECTO OTUE

II-1	GENERALIDADES	82
Capítulo 1	Antecedentes sobre el Prospecto Otué	82
Capítulo 2	Geografía	83
2.1	Ubicación	83
2.2	Topografía	83
2.3	Clima y vegetación	83
2.4	Acceso	84
2.5	Recursos naturales	85
Capítulo 3	Método de trabajo	86
II-2	GEOLOGIA Y EXPLORACION GEOQUIMICA DE DETALLE DEL AREA DEL PROSPECTO OTUE	
Capítulo 1	Geología	87
1.1	Generalidades	87
1.2	Rocas estratificadas	87
1.3	Rocas intrusivas	91
1.4	Estructura	93
Capítulo 2	Geología económica	95
2.1	Generalidades	95

2.2	Mineralización y alteración hidrotermal	95
2.3	Consideraciones	98
Capítulo 3	Geoquímica	99
3.1	Generalidades	99
3.2	Recolección de muestras	99
3.3	Análisis de las muestras	100
3.4	Tratamiento estadístico de los datos	100
3.5	Resultados y discusión	100
Capítulo 4	Conclusiones y recomendaciones	107

PARTE , III
EXPLORACION DEL PROSPECTO GALLETUE

III-1	GENERALIDADES	108
Capítulo 1	Antecedentes sobre el Prospecto Galletué	108
Capítulo 2	Geografía y bosquejo de la geología y mineralización	109
2.1	Ubicación	109
2.2	Topografía	109
2.3	Bosquejo de la geología y mineralización	110
Capítulo 3	Método de trabajo	111
III-2	EXPLORACION GEOFISICA	112
Capítulo 1	Generalidades	112
1.1	Objeto del trabajo	112
1.2	Levantamiento topográfico	112
Capítulo 2	Método de exploración	114
Capítulo 3	Resultados del trabajo	117
3.1	Generalidades	117

3.2	Interpretación en perfiles	.....	118
3.3	Interpretación en planta	.....	123
3.4	Medición de las características físicas de las rocas	....	125
3.5	Cálculo de modelos	.....	136
3.6	Interpretación global	.....	145
Capítulo 4	Conclusiones y recomendaciones	.....	149
4.1	Conclusiones	.....	149
4.2	Recomendaciones	.....	150
III-3	EXPLORACION MEDIANTE SONDAJES	.....	151
Capítulo 1	Generalidades	.....	151
Capítulo 2	Trabajo de perforación	.....	152
2.1	Método de perforación y máquina usada	.....	152
2.2	Trabajo de perforación	.....	152
Capítulo 3	Descripción de los testigos	.....	155
3.1	Sondaje S-1	.....	155
3.2	Sondaje S-2	.....	160
Capítulo 4	Conclusiones	.....	166
III-4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	.....	170
Capítulo 1	Discusión general	.....	170
1.1	Mineralización y alteración hidrotermal	.....	170
1.2	Relación entre roca y mineralización	.....	172
Capítulo 2	Conclusiones y recomendaciones	.....	173
ANEXO	INFORME GEOCRONOLOGICO DEL AREA COIHUECO (ÑUBLE) - LONQUIMAY (MALLECO)	.....	174
REFERENCIAS		.....	180

LISTA DE TABLAS

		Página
Tab. 1	DISTRIBUCION DEL TRABAJO	5
2	PERIODO DE TRABAJO	6
I-1	FOTOGRAFIAS AEREAS USADAS (VUELO HYCON)	18
I-2	CUADRO DE CARACTERISTICAS FOTOGEOLOGICAS	19
I-3	RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS ZONAS MINERA- LIZADAS DEL AREA COIHUECO-RECINTO	47
I-4	ESTADIGRAFOS BASICOS DE LOS SEDIMENTOS FLUVIALES, AREA COIHUECO-RECINTO	74
I-5	COEFICIENTES DE CORRELACION, MUESTRAS DE SEDIMENTOS FLUVIALES, AREA COIHUECO-RECINTO	77
I-6	ASOCIACIONES DE ELEMENTOS DEL ANALISIS DE FACTORES, AREA COIHUECO-RECINTO	78
II-1	ESTADIGRAFOS BASICOS DE LOS SEDIMENTOS FLUVIALES, AREA DEL PROSPECTO OTUE	101
II-2	COEFICIENTES DE CORRELACION, MUESTRAS DE SEDIMENTOS FLUVIALES, AREA DEL PROSPECTO OTUE	104
II-3	ASOCIACIONES DE ELEMENTOS DEL ANALISIS DE FACTORES, AREA DEL PROSPECTO OTUE	105
III-1	CARACTERISTICAS Y UBICACION DE LOS PERFILES MEDIDOS ...	113
III-2	RESULTADOS DE MEDICIONES IP EN MUESTRAS DE ROCAS	126
III-3	RESULTADOS DE MEDICIONES IP EN MUESTRAS DE ROCAS SEGUN TIPO DE ALTERACION	128
III-4	ANALISIS QUIMICOS DE LAS MUESTRAS DE ROCAS COMPARA- DOS CON LOS VALORES DE EF	129

III-5	DESCRIPCION GEOLOGICA DEL SONDAJE S-1	.....	156
III-6	CUADRO DE VARIACION PETROGRAFICA EN SONDAJE S-1	.....	157
III-7	RESULTADOS DE DIFRACTOMETRIA DE RAYOS X SONDAJE S-1	.....	158
III-8	DESCRIPCION GEOLOGICA DEL SONDAJE S-2	.....	162
III-9	CUADRO DE VARIACION PETROGRAFICA EN SONDAJE S-2	.....	163
III-10	RESULTADOS DE DIFRACTOMETRIA DE RAYOS X, SONDAJE S-2	.....	164
III-11	VALORES DE MEDIA Y DESVIACION STANDARD, SONDAJES S-1 Y S-2	.....	165

LISTA DE FIGURAS

		Página
Fig. 1	MAPA DE UBICACION	
I-1	PROMEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURAS Y PRECIPITACIONES EN LA ZONA DE CHILLAN	13
I-2	COLUMNA GEOLOGICA GENERALIZADA AREA COIHUECO-RECINTO .	24
I-3	MAPA GEOLOGICO, DE MUESTREO "CHIP SAMPLING" Y ANALISIS QUIMICO DE LA ZONA MINERALIZADA DE ESTERO SAN JOSE ..	50
I-4	MAPA GEOLOGICO, DE MUESTREO "CHIP SAMPLING" Y ANALISIS QUIMICOS DE LA ZONA MINERALIZADA DE ESTERO SAN JUANITO	54
I-5	CROQUIS GEOLOGICO DE LA ZONA MINERALIZADA LOS AZULES ..	57
I-6	CROQUIS GEOLOGICO Y UBICACION DE MUESTRAS EN MINAS DEL PRADO	59
I-7	ESQUEMA GEOLOGICO ZONA QUEBRADA EL PURGATORIO	65
I-8	HISTOGRAMA DE DISTRIBUCION DE LOS ELEMENTOS ANALIZADOS, AREA COIHUECO-RECINTO	72
II-1	CROQUIS DEL PERFIL DEL PUNTO A-86	89
II-2	HISTOGRAMA DE DISTRIBUCION DE LOS ELEMENTOS ANALIZADOS, AREA OTUE	102
III-1	ESQUEMA DE LA UBICACION DE DIPOLOS EN METODO IP EN FRECUENCIA VARIABLE	115
III-2	ESQUEMA DE APLICACION DEL METODO DIPOLO-DIPOLO	115
III-3	ESQUEMA DEL DISPOSITIVO UTILIZADO PARA MEDIR LAS PROPIEDADES FISICAS DE LAS MUESTRAS DE ROCAS	125

III-4	DISTRIBUCION DE RESISTIVIDAD EN MUESTRAS DE LOS SONDAJES S-1 Y S-2	130
III-5	RELACION ENTRE EFECTO FRECUENCIA Y CONTENIDOS DE SULFUROS	131
III-6	RELACION ENTRE EFECTO FRECUENCIA Y CONTENIDOS DE AZUFRE	131
III-7	RELACION ENTRE EFECTO FRECUENCIA Y CONTENIDOS DE CALCOPIRITA	132
III-8	RELACION ENTRE EFECTO FRECUENCIA Y CONTENIDOS DE PIRITA	132
III-9	RELACION ENTRE EFECTO FRECUENCIA Y CONTENIDOS DE SULFURO (RESISTIVIDAD 1 ~ 3 KILO OHM-M)	134
III-10	RELACION ENTRE EFECTO FRECUENCIA Y CONTENIDOS DE CALCOPIRITA (RESISTIVIDAD 1 ~ 3 KILO OHM-M)	134
III-11	RELACION ENTRE EFECTO FRECUENCIA Y CONTENIDOS DE SULFUROS (RESISTIVIDAD > 3 KILO OHM-M)	135
III-12	CALCULO MODELO DE RESISTIVIDAD EN 1000 E	139
III-13	CALCULO MODELO DE RESISTIVIDAD EN 200 W	140
III-14	CALCULO MODELO DE EFECTO FRECUENCIA EN 600 E	141
III-15	CALCULO MODELO DE EFECTO FRECUENCIA EN 0	142
III-16	DISTRIBUCION DE LOS CONTENIDOS DE Cu Y Mo EN RELACION A \bar{X} , SONDAJE S-1	167
III-17	DISTRIBUCION DE LOS CONTENIDOS DE Cu Y Mo EN RELACION A \bar{X} , SONDAJE S-2	168
III-18	HISTOGRAMA DE CONTENIDO DE COBRE EN SONDAJES S-1 Y S-2 ..	143
III-19	PROMEDIO ACUMULATIVO DE COBRE EN SONDAJES S-1 Y S-2	144

APENDICE

TABLAS

			Página
Tab. 1-1		OBSERVACIONES MICROSCOPICAS DE SECCIONES TRANSPARENTES	
	(1)	Area Coihueco-Recinto	A- 1
	(2)	Area del Prospecto Otué.	A-12
	(3)	Prospecto Galletué	A-15
Tab. 1-2		OBSERVACIONES MICROSCOPICAS DE SECCIONES PULIDAS	
	(1)	Area Coihueco-Recinto	A-17
	(2)	Area del Prospecto Otué	A-18
	(3)	Prospecto Galletué	A-19
Tab. 2		DATAACIONES RADIOMETRICAS POR EL METODO K-Ar...	A-20
Tab. 3		DETERMINACIONES POR RAYOS-X (DIFRACTOMETRIA)	
	(1)	Area Coihueco-Recinto	A-21
	(2)	Area del Prospecto Otué	A-22
Tab. 4		ANALISIS QUIMICO DE MENAS Area del Prospecto Otué	A-23
Tab. 5		RESULTADOS DEL ANALISIS QUIMICO DE LOS SEDIMENTOS FLUVIALES	
	(1)	Area Coihueco-Recinto	A-27
	(2)	Area del Prospecto Otué	A-31
Tab. 6		DETERMINACIONES DE POLEN EN MUESTRAS DE LA UNIDAD VOLCANICO-SEDIMENTARIA PIERNA BLANCA Area Coihueco-Recinto	A-32

Tab. 7	EQUIPOS DE PROSPECCION GEOFISICA DE POLARIZACION INDUCIDA UTILIZADOS POR EL IIG	A-33
Tab. 8	EQUIPOS DE PROSPECCION GEOFISICA DE POLARIZACION INDUCIDA UTILIZADOS POR LA MMAJ	A-33
Tab. 9	EQUIPO DE SONDEO UTILIZADO, PROSPECTO GALLETUE ..	A-35
Tab. 10	INSUMOS UTILIZADOS, PROSPECTO GALLETUE	A-37
Tab. 11	ESPECIFICACIONES DE CORONAS DE DIAMANTE, ESCARIA- DORES Y ZAPATA, PROSPECTO GALLETUE	A-40
Tab. 12	DETALLES DE OPERACIONES DE TRASLADO, PROSPECTO GALLETUE	A-41
Tab. 13	RESUMEN DE LA EJECUCION DE SONDAJES, PROSPECTO GALLETUE	A-42
Tab. 14	METRAJE DE SONDEO CON CORONA DE DIAMANTE, ESCA- RIADOR Y ZAPATA, PROSPECTO GALLETUE	A-43
Tab. 15	REGISTRO DE EJECUCION DEL SONDAJE S-1, PROSPECTO GALLETUE	A-44
Tab. 16	REGISTRO DE EJECUCION DEL SONDAJE S-2, PROSPECTO GALLETUE	A-45
Tab. 17	TIEMPO DE TRABAJO POR POZO, PROSPECTO GALLETUE.	A-46
Tab. 18	AVANCE SONDAJE S-1, PROSPECTO GALLETUE	A-47
Tab. 19	AVANCE SONDAJE S-2, PROSPECTO GALLETUE	A-48

FIGURAS

		Página
Fig. 1	MICROFOTOS DE LAS SECCIONES TRANSPARENTES	
(1)	Area Coihueco-Recinto	A-49
(2)	Area del Prospecto Otué	A-61
(3)	Prospecto Galletué	A-64
Fig. 2	MICROFOTOS DE LAS SECCIONES PULIDAS	
(1)	Area Coihueco-Recinto	A-66
(2)	Area del Prospecto Otué	A-68
(3)	Prospecto Galletué	A-69
Fig. 3	DIAGRAMA (Qz - Feld. K - Plg)	A-70

LISTA DE PLANOS

PL. I-1	MAPA DE INTERPRETACION FOTOGEOLOGICA DEL AREA COIHUECO – RECINTO	ESCALA 1 : 50.000
PL. I-2	MAPA GEOLOGICO PRELIMINAR DEL AREA COIHUECO – RECINTO	ESCALA 1 : 50.000
PL. I-3	MAPA DE MUESTREO DEL AREA COIHUECO – RECINTO	ESCALA 1 : 50.000
PL. I-4	PLANO TECTONICO Y UBICACION DE ZONAS MINERALIZADAS DEL AREA COIHUECO – RECINTO	ESCALA 1 : 50.000
PL. I-5	MAPA GEOQUIMICO DEL AREA COIHUECO – RECINTO	ESCALA 1 : 50.000
PL. I-6	MAPA DE RUTAS DEL AREA COIHUECO – RECINTO	ESCALA 1 : 50.000
PL. II-1	MAPA GEOLOGICO DEL AREA DEL PROSPECTO OTUE	ESCALA 1 : 10.000
PL. II-2	MAPA DE MUESTREO DEL AREA DEL PROSPECTO OTUE	ESCALA 1 : 10.000
PL. II-3	MUESTRAS DE MENA DEL AREA DEL PROSPECTO OTUE	ESCALA 1 : 10.000
PL. II-4	MAPA GEOQUIMICO DEL AREA DEL PROSPECTO OTUE	ESCALA 1 : 10.000
PL. II-5	MAPA DE RUTAS DEL AREA DEL PROSPECTO OTUE	ESCALA 1 : 10.000
PL.III-1	PLANO DE PERFILES Y PUNTOS DE MEDICION GEOFISICOS Y UBICACION DE SONDAJES PROSPECTO GALLETUE	ESCALA 1 : 10.000
PL.III-2	SECCIONES GEOELECTRICAS (PERFILES 1400E Y 1200E) PROSPECTO GALLETUE	ESCALA 1 : 5.000
PL.III-3	SECCIONES GEOELECTRICAS (PERFILES 1000E Y 800E) PROSPECTO GALLETUE	ESCALA 1 : 5.000
PL.III-4	SECCIONES GEOELECTRICAS (PERFILES 600E Y 400E) PROSPECTO GALLETUE	ESCALA 1 : 5.000
PL.III-5	SECCIONES GEOELECTRICAS (PERFILES 200E Y 0) PROSPECTO GALLETUE	ESCALA 1 : 5.000
PL.III-6	SECCIONES GEOELECTRICAS (PERFILES 200W Y 400W) PROSPECTO GALLETUE	ESCALA 1 : 5.000
PL.III-7	SECCIONES GEOELECTRICAS (PERFILES 600W Y 800W) PROSPECTO GALLETUE	ESCALA 1 : 5.000
PL.III-8	SECCIONES GEOELECTRICAS (PERFIL 1000W) PROSPECTO GALLETUE	ESCALA 1 : 5.000
PL.III-9	PLANTA DE RESISTIVIDAD APARENTE PROSPECTO GALLETUE	ESCALA 1 : 10.000
PL.III-10	PLANTA DE EFECTO FRECUENCIA PROSPECTO GALLETUE	ESCALA 1 : 10.000
PL.III-11	PLANTA DE FACTOR METALICO PROSPECTO GALLETUE	ESCALA 1 : 10.000
PL.III-12	MAPA DE INTERPRETACION CUALITATIVA PROSPECTO GALLETUE	ESCALA 1 : 10.000
PL.III-13	MAPA DE INTERPRETACION CUANTITATIVA PROSPECTO GALLETUE	ESCALA 1 : 10.000

RESUMEN

El trabajo realizado por el IIG (Chile) y MMAJ (Japón) el año 1978 correspondió a las recomendaciones entregadas en el informe de la tercera etapa del primer año del convenio de exploración minera conjunta. Dicho trabajo abarcó tres zonas.

A saber:

- 1) Area Coihueco-Recinto (antigua área San José-Minas del Prado)
- 2) Area del Prospecto Otué
- 3) Exploración del Prospecto Galletué.

El informe a que se refiere el trabajo realizado fue preparado en Chile por 7 técnicos japoneses y 8 chilenos e impreso en Japón.

1) En el levantamiento geológico del área Coihueco-Recinto (600 km²), se reconocieron, de más antiguo a más moderno, las siguientes unidades: Metamorfitas de Los Azules, Pre-Cretácico Superior; Unidad Volcánica El Sauce, estratigráficamente Pre-Cretácico Superior; Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca asignada al Terciario Inferior; Formación Cola de Zorro de edad Plioceno Superior-Pleistoceno; Unidad sedimentaria La Segunda asignada al Pleistoceno y Depósitos Aluviales, Coluviales y de Terrazas Fluviales del Holoceno.

Las estructuras principales que afectan las unidades señaladas anteriormente consisten en fallas y pliegues con rumbo predominante N-S. Desde el punto de vista económico se estudiaron varias zonas mineralizadas de las cuales destacan las Minas del Prado (mineralización hipógena de oro) y el Prospecto San José (stockwork de cobre y molibdeno). La primera de dichas zonas corresponde a una brecha fuertemente silicificada, con pirita y oro, cubierta por las volcanitas de la Formación Cola de Zorro; la extensión de la zona silicificada con oro es de por lo menos 1 km².

El Prospecto San José corresponde a una granodiorita extensamente cloritizada y localmente sericitizada con mineralización de calcopirita, pirita y molibdenita; la extensión aproximada del prospecto es 1 km² encontrándose la mayor parte de él bajo las coladas de lavas de la Formación Cola de Zorro.

La prospección geoquímica regional en base a sedimentos fluviales no detectó anomalías; solamente el cobre conforma un área anómala que corresponde al Prospecto San José.

2) En el levantamiento geológico del área del Prospecto Otué se reconoció rocas volcánicas de la Formación Abanico (Cretácico Media), volcanitas asignadas al Oligoceno (edad K-Ar $34,3 \pm 30$ m.a.) y rocas intrusivas, principalmente granodiorita y andesita basáltica. La edad K-Ar del plutón granodiorítico varía entre el Cretácico Superior y Terciario Inferior. La estructura está caracterizada por fallas de rumbo N-S y NE-SW y pliegues suaves cuyos ejes tienen rumbos N-S. La mineralización consiste en una franja con un ancho promedio de 150 m y un máximo de 300 m. La mineralización de cobre y molibdeno es débil al igual que la alteración hidrotermal. La exploración geoquímica con sedimentos fluviales no detectó nuevos sectores mineralizados.

En el borde sur del área estudiada se encontraron sulfuros de cobre relacionados con rocas volcánicas de la Formación Abanico en forma similar al yacimiento Curacarel, este sector carece de importancia económica.

3) La exploración del Prospecto Galletué consistió en la perforación de 2 sondajes diamantinos verticales de 150 m cada uno y en la medición de 26 km de perfiles IP ubicados en la extensión norte y este del prospecto. Los sondajes diamantinos cortaron una zona con alteración cuarzo-sericita y molibdenita (sondaje S-1) y una zona con alteración sericita débil-clorita y calcopirita (sondaje S-2). La exploración

geofísica descartó la posibilidad de mineralización de sulfuros bajo el relleno aluvial cuaternario, pero detectó una fuerte anomalía IP en el sector SE del prospecto y otra pequeña en la parte NW.

Los resultados de los estudios permiten recomendar lo siguiente:

- a) Minas del Prado: levantamiento geológico de detalle y exploración geofísica (IP). Si los resultados son positivos deben hacerse sondajes de exploración.
- b) Prospecto San José: exploración geofísica sobre la zona cubierta por volcanitas de la Formación Cola de Zorro; si dichos estudios son positivos se debe sondear.
- c) Prospecto Galletué: reconocimiento mediante sondajes de las anomalías geológicas e IP. Continuar el levantamiento geofísico (IP) hacia el naciente hasta cerrar la denominada "anomalía SE".

INTRODUCCION

INTRODUCCION

Capítulo 1 Generalidades del proyecto

1.1 Objeto del proyecto

El proyecto de exploración de minerales conjunto entre los Gobiernos de Chile y Japón se inició en 1975 habiéndose completado 3 años (se denominará "proyecto 1° etapa"). El 1° y 2° año de la 1° etapa se hicieron en el área El Abra y Quebrada Blanca (I y II Región); el trabajo del 3° año se realizó al este de Concepción. Las recomendaciones del 3° año justificaron que el gobierno chileno solicitará continuar los trabajos en la región central-sur del país; así, a partir de 1978 y por 3 años se trabajará en dicha área (2° etapa de estudio).

El objeto de la segunda etapa de estudio es el siguiente:

- continuar la exploración del Prospecto Galletué
- explorar los prospectos Otué y San José
- reconocer otras zonas con interés minero.

1.2 Programa general del proyecto

Como se indica en la figura 1 el área del proyecto está comprendida entre las siguientes coordenadas:

Límite norte	36°26'	lat. sur
Límite sur	38°50'	lat. sur
Límite este	71°10'	long. oeste
Límite oeste	72°00'	long. oeste

El área total del proyecto es 18.000 km² sin incluir la propiedad minera privada.

Los principales minerales buscados son: cobre, molibdeno, oro, plata y cualquier mineral que constituya un yacimiento con importancia económica.

Las técnicas que se utilizarán durante el desarrollo del proyecto incluirán imágenes Landsat, fotogeología, geofísica, geoquímica y sondajes cuando sea necesario.

El personal técnico es aportado en igual cantidad por cada país. El análisis, interpretación y confección del informe se hará conjuntamente en Chile y Japón. El informe final se presentará en español y japonés. El contenido del informe correspondiente al 1° año de la 2° etapa se explicará en el capítulo 2; los programas de los años siguientes serán objeto de discusión por parte de ambos países.

1.3 Organización del proyecto

Por parte de Japón actúa la Japan International Cooperation Agency (JICA) y la Metal Mining Agency of Japan (MMAJ) Por el Gobierno de Chile actúa el Instituto de Investigaciones Geológicas (IIG).

Capítulo 2 Trabajo realizado en el 1° año

2.1 Objetivo del trabajo

El objetivo del trabajo es llevar a cabo las recomendaciones del estudio correspondiente al 3° año de la 1° etapa. Ellas indican que en las siguientes áreas se necesita mayor exploración para conocer la magnitud del posible yacimiento:

1. Prospecto Galletué
2. Prospecto Otué
3. Area San José-Minas del Prado (se denominará Area Coihueco-Recinto)
4. Prospecto Río Pacunto (también denominado Prospecto Pedregoso)
5. Prospecto Mallín del Toro

Durante el presente año se han realizado las recomendaciones correspondiente a las tres primeras zonas.

El estudio efectuado y las conclusiones obtenidas en cada área se explican en el texto en forma detallada.

2.2 Area de trabajo

Las áreas de trabajo que se incluyen en esta temporada son:

1) Area Coihueco-Recinto

Esta zona está ubicada en el extremo norte de la franja del proyecto y corresponde en parte a los cuadrángulos San Fabian de Alico y Recinto; se llamará desde ahora Coihueco-Recinto. Su límites son:

Límite norte	36°36'23"	lat. sur
Límite sur	36°51'00"	lat. sur
Límite este	71°30'00"	long. oeste
Límite oeste	71°45'00"	long. oeste

Area total: 600 km²

2) Area del Prospecto Otué

Está ubicada en el centro del área del proyecto; abarca parte de los cuadrángulos Cordillera Tricauco, Bío-Bío, Queuco y Volcán Callaqui. En ella se ubica el Prospecto Otué, limitado por las siguientes coordenadas:

Límite norte	37°43'52"	lat. sur
Límite sur	37°46'33"	lat. sur
Límite este	71°27'00"	long. oeste
Límite oeste	71°30'31"	long. oeste

Area total: 25 km²

3) Prospecto Galletué

El Prospecto Galletué está ubicado en el extremo sur de la región del proyecto, en el cuadrángulo Sierra Nevada. Las coordenadas geográficas del Hito de Referencia de las pertenencias Gonzalo 1:200, que protegen el Prospecto Galletué son:

Latitud	38°42'01,3"	sur
Longitud	71°18'34,14"	oeste

2.3 Método de trabajo y cantidad de trabajo realizado

El método de trabajo y cantidad de trabajo se indica en la Tabla 1.

2.4 Período de trabajo

El período de trabajo se indica en la Tabla 2.

2.5 Miembros de los equipos

1) Japón

Administración general: Tsuyoshi Konno (MMAJ)

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

Tab. 2 PERIODO DE TRABAJO

AREA DEL TRABAJO	METODO DE TRABAJO	EQUIPOS DE TRABAJO	SEPTIEMBRE 1978	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO 1979	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
AREA COIHUECO RECINTO	Fotogeología	Japón 4	6-26 interpretación						3 redacción de informe		
	Geología y Geoquímica Regional	Japón 3 Chile 3		4-12 preparación	28 trabajo en terreno			3 interpretación e informe	3 redacción de informe		
AREA DEL PROSPECTO OTUE	Geología y Geoquímica de detalle	Japón 1 Chile 1			9 trabajo en terreno	2 interpretación e informe			3 redacción de informe		
	Geofísica	Japón 2 Chile 2		28-4 preparación	4 trabajo en terreno		25 interpretación e informe		3 redacción de informe		
PROSPECTO GALLETUE	Perforación	Japón 2 Chile 2		17 preparación	1 trabajo en terreno	2-19 mantenimiento			3 redacción de informe		

Trabajo en Japón

Trabajo en Chile

Miembros:

- Ken Obara (MMAJ) : fotogeología, trabajo de terreno y preparación del informe
- Wakaba Sakurai (MMAJ) : trabajo de terreno y preparación del informe
- Toshimasa Tajima (MMAJ) : exploración geofísica y preparación del informe
- Hiroshi Fukuda (MMAJ) : exploración geofísica y preparación del informe
- Yukio Kawamura (MMAJ) : sondaje y preparación del informe
- Tetsuo Ishi (MMAJ) : sondaje
- Tokichiro Tani (MMAJ) : fotogeología
- Hisanao Koizumi (MMAJ) : fotogeología

2) Chile:

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

Miembros:

- Felipe Díaz Fulle (IIG) : trabajo de terreno y preparación del informe
- Carlos Felipe Ramírez (IIG) : trabajo de terreno y preparación del informe
- Humberto Glaser Cortes (IIG) : exploración geofísica y preparación del informe
- Manuel Arancibia Castillo (IIG) : exploración geofísica
- Pedro Hiplán Julio (IIG) : levantamiento topográfico
- Arnoldo González Araneda (IIG) : sondajes
- Héctor Quiroz Cabrera (IIG) : sondajes

2.6 Trabajos anteriores

1) Area Coihueco-Recinto

- Alfaro, G. (1976); "El Prospecto San José" Informe IIG-CIDERE Bío-Bío".
Inédito.
- Ambrus, J. y Soza, H. (1969); "Informe geológico pertenencias Copihue 1-200,
Prov. de Ñuble, Chillán". Inédito.
- González, F. (1977); "Exploración geológica en la región cordillerana de la Prov.
de Ñuble, VIII Región" IIG-Intendencia VIII Región. Inédito.
- González, O. y Vergara, M. (1962); "Reconocimiento geológico de la Cordillera
de Los Andes entre los paralelos 35° y 38° latitud sur".
Instituto de Geología, Universidad de Chile, Publ. N° 24.
- Instituto de Investigaciones Geológicas (IIG) y Metal Mining Agency of Japan (MMAJ)
(1978); "Informe del Reconocimiento Geológico del Area
Coihueco (Ñuble)-Lonquimay (Malleco)" Convenio de los
Gobiernos de Chile y Japón.

2) Area del Prospecto Otué

- Instituto de Investigaciones Geológicas (IIG) y Metal Mining Agency of Japan (MMAJ)
(1978); "Informe del Reconocimiento geológico del Area
Coihueco (Ñuble)-Lonquimay (Malleco)". Convenio de los
Gobiernos de Chile y Japón.
- Serrano, L. (1975); "Prospección minera de la región cordillerana de la Prov.
de Bío-Bío". IIG-Intendencia VIII Región. Inédito.

3) Prospecto Galletué

- Alfaro, G. (1973); "Geología General y Yacimientos Minerales de la Cordillera de
Los Andes entre las latitudes 38°00' sur y 39°00' sur". IIG-
Inédito.
- " (1974); "Interpretación del levantamiento geoquímico de suelos en el
Prospecto Galletué". IIG-Inédito.

- " (1975); "Interpretación del muestreo de suelos de los perfiles 100W-800E-1000E del Prospecto Galletué". IIG-Inédito.
- Bettancourt, E. (1975); "Estudio geofísico del lado sur de la laguna Galletué". IIG-Inédito.
- Cruzat, A. (1974); "Prospección geoquímica del yacimiento Galletué, Prov. de Malleco". IIG-Inédito.
- Instituto de Investigaciones Geológicas (IIG) y Metal Mining Agency of Japan (MMAJ) (1978); "Informe del Reconocimiento Geológico del Area Coihueco (Ñuble)-Lonquimay (Malleco)". Convenio de los Gobiernos de Chile y Japón.
- Ossandón, G. (1976); "Geología y Geoquímica del Prospecto Galletué, Prov. de Malleco". IIG-Inédito.
- Rivera, A. (1974); "Estudio geofísico preliminar lado sur laguna Galletué". IIG-Inédito.

PARTE I

**EXPLORACION EN EL
AREA COIHUECO-RECINTO**

Capítulo 1 Antecedentes sobre el área Coihueco-Recinto

El área Coihueco-Recinto abarca parte de la superficie de los cuadrángulos 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar (IGM) denominados "Recinto" y "San Fabian de Alico". Esta zona está comprendida dentro de la franja de prospección de minerales que el IIG ha efectuado con el apoyo financiero de la VIII Región del Bío-Bío en la Cordillera de Los Andes de la provincia de Ñuble.

En los alrededores de Coihueco se han conocido desde los tiempos hispánicos (siglo XVIII) los placeres auríferos de Minas del Prado, explotados intensamente en el siglo XIX. Más al sur, en las inmediaciones de la localidad de Recinto, próximo al río San José, se tenían antecedentes de mineralización cuprífera, la cual fue reconocida mediante levantamiento geológico y sondajes diamantinos cortos el año 1967 (Ambrus y Soza, 1967).

El mismo año 1967 el consorcio americano canadiense "Compañía Minera ITT Geophysical Inc", efectuó la prospección geoquímica regional del sector desconociéndose los resultados obtenidos.

Los trabajos señalados anteriormente han permitido visualizar la presencia de varios puntos mineralizados, principalmente vetas de cobre emplazadas en granodioritas, lo cual ha servido para confirmar la importancia minera del área Coihueco-Recinto.

Capítulo 2 Geografía

2.1 Ubicación

El área Coihueco-Recinto se encuentra situada al noreste de la ciudad de Concepción, capital de la VIII Región del Bío-Bío. Administrativamente se sitúa en la Comuna de Coihueco, provincia de Ñuble, VIII Región.

La localidad de Minas del Prado, situada en el extremo norte del área estudiada, está a 18 km al este de la localidad de Coihueco, cabecera de la comuna homónima; a su vez Coihueco está a 25 km al oriente de Chillán, capital provincial.

En el extremo sur del área estudiada se ubica el pequeño poblado de Recinto distante 48 km de la ciudad de Chillán.

La distancia desde la ciudad de Concepción, capital de la VIII Región, a Chillán es 112 km.

2.2 Topografía

Desde el punto de vista morfológico, el área Coihueco-Recinto corresponde en su mayor parte a la faja de relieve poco conspicuo denominada "la montaña" (Fuenzalida, 1965). Esta unidad orográfica se caracteriza por colinas bien diferenciadas constituidas principalmente por depósitos aluviales, sedimentos lacustres y glaciolacustres, etc., que descansan sobre rocas volcánicas porfíricas. Los cordones se anteponen a la cordillera andina, alcanzando una altura promedio de 500 m; esporádicamente algunos cerros sobrepasan los 1000 m.

En el margen oriental de la zona estudiada se desarrollan las primeras estribaciones del cordón andino propiamente tal, alcanzando algunas cimas aisladas cotas de hasta 2000 m.

En el sector sur-este del área, próximo a los ríos Chillán y San José se

desarrolla en forma notoria un plateau volcánico con suave pendiente al oeste, constituido por lavas andesíticas-basálticas generalmente con estructura columnar.

El área Coihueco-Recinto es disectada por ríos cuyo curso general es este-oeste y que se caracterizan por tener régimen exorreico, perenne y creces primaverales; de norte a sur ellos son: Cato, Niblinto, Chillán (con sus afluentes Pierna Blanca y San José) y el río Diguillín.

2.3 Clima y vegetación

El clima del sector estudiado puede clasificarse como "templado-cálido con estación seca y lluviosa semejante", sólo en el sector mas oriental del área se reconoce el clima cordillerano propiamente tal con precipitaciones de nieve entre Junio y Septiembre.

Las temperaturas extremas corresponden a los meses de Febrero con 39,5°C y Junio con -6,0°C (Fig. I-1).

Los valores normales medios de pluviosidad y temperaturas registradas en la estación Chillán (Lat. 36°35'S y Long. 72°02'W) durante el período 1931-1960 fueron:

MES	PLUVIOSIDAD (mm)	TEMPERATURA (°C)
Enero	22,2	21,9
Febrero	17,7	20,8
Marzo	26,2	17,9
Abril	26,2	13,8
Mayo	69,5	11,4
Junio	189,4	9,4
Julio	217,0	9,1
Agosto	167,0	9,4
Septiembre	72,5	11,3
Octubre	48,6	14,3
Noviembre	31,4	16,6
Diciembre	21,6	17,9

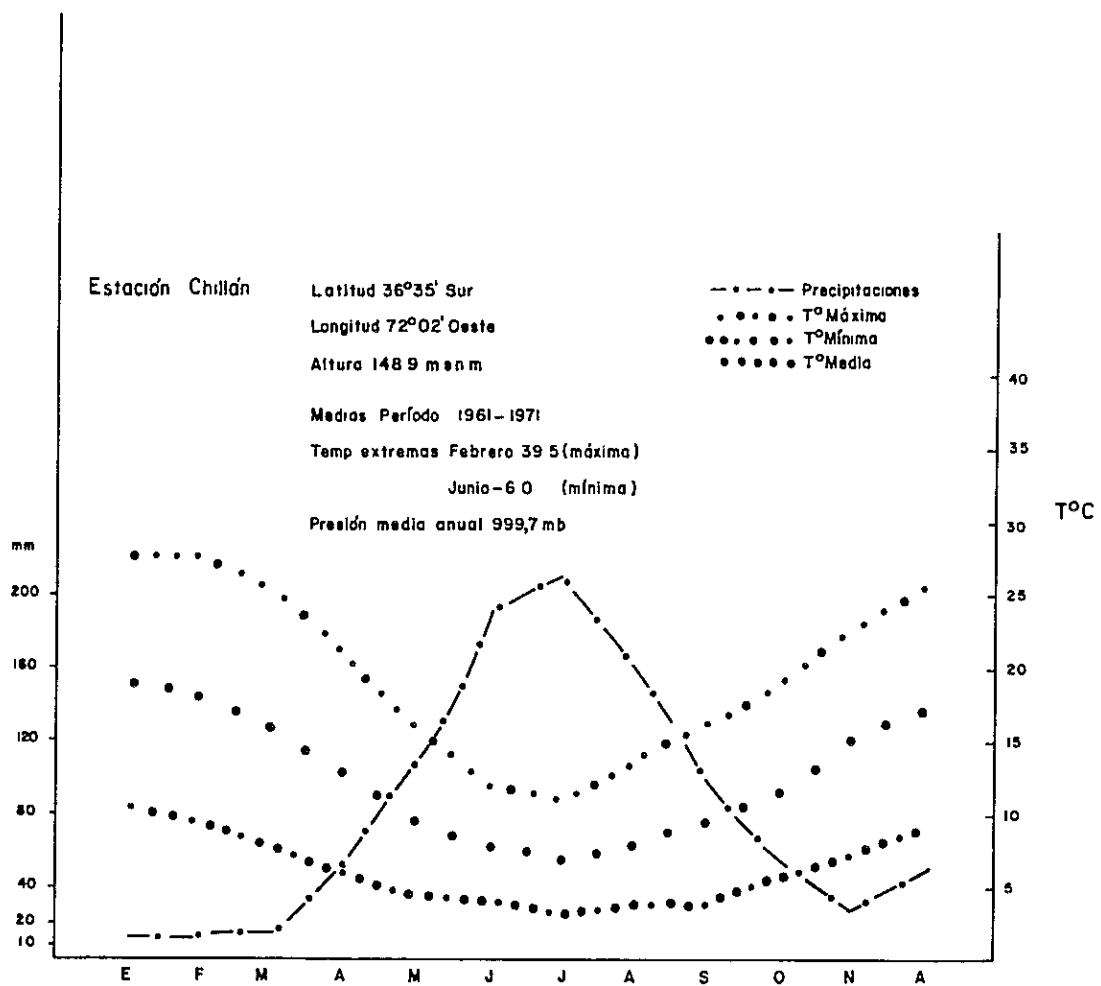


Fig. I-1 PROMEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURAS Y PRECIPITACIONES EN LA ZONA DE CHILLAN

La asociación vegetacional del área corresponde al bosque abierto andino sin coníferas, caracterizado por la presencia, entre otros, de *Nothofagus obliqua* (roble), *Nothofagus dombeyi* (coihue), *Persea lingue* (lingue), *Lomatia ferrugia* (romerillo) y *Lithraea caustica* (litre). Entre las especies arbóreas se desarrollan comunidades de *Aristotelia chilensis* (maqui). Este bosque se extiende en toda el área salvo en el sector occidental donde hay plantaciones de coníferas alóctonas, principalmente pino insigne. Sobre los 1.300 msnm. la cubierta vegetacional desaparece.

Si bien el clima es favorable para el desarrollo de trabajos de terreno, no lo es la cobertura vegetacional que impide desplazarse con facilidad, por lo tanto, previo a los trabajos geoquímicos de detalle, es preciso despejar la vegetación en forma defajas.

2.4 Acceso

Las ciudades de Concepción y Chillán están unidas por un camino pavimentado de 112 km.

El acceso al margen occidental del área es fácil mediante los caminos asfaltados que unen Chillán con Recinto (48 km) y Chillán con Coihueco (25 km). El acceso al sector central y oriental del área se hace mediante caminos de segunda clase que en general quedan inutilizados en invierno y senderos troperos que pueden ser utilizados todo el año, estos últimos permiten llegar a cualquier parte del área. La carencia de caminos para vehículos en la mayor parte de la zona implica utilizar caballos y campamentos auxiliares.

2.5 Recursos naturales

La zona dispone, en general, de abundantes recursos naturales que facilitan cualquier trabajo. Los recursos hídricos son abundantes incluyendo caídas de agua.

El combustible más usado para fines domésticos es el carbón vegetal fabricado en toda la zona y leña. Es abundante la carne, vegetales y miel de abeja.

Los principales centros poblados del área tales como Coihueco, Minas del Prado y Recinto disponen de energía eléctrica.

La mano de obra es barata y adecuada para los trabajos de exploración.

Capítulo 3 Método de trabajo

El método de trabajo siguió la siguiente secuencia:

1. Interpretación geológica de los fotos aéreas a escala 1:50.000 (Proyecto Aerofotogramétrico de Chile, 1961) y confección de un plano fotogeológico a la misma escala.
2. Levantamiento geológico y geoquímico regional a escala 1:50.000 del área, usándose como base topográfica las cartas 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar.
3. Reconocimiento geológico preliminar de detalle, escala 1:50.000 en las áreas mineralizadas y/o alteradas hidrotermalmente. El reconocimiento geológico incluyó muestreo sistemático (chip sampling), lavado con batea, etc.
4. Los muestreos obtenidos fueron estudiados en los laboratorios del IIG por los métodos clásicos de la química analítica y mediante microscopía de secciones transparentes y pulidos, difracción de rayos X, etc.

Capítulo 1 Generalidades

Esta interpretación corresponde a las 26 fotos aéreas del área de Coihueco-Recinto, donde se desarrolló posteriormente el trabajo de terreno para obtener la carta geológica a escala 1: 50.000.

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

En esta área se distinguieron 6 unidades fotogeológicas y dos lineamientos predominantes a saber: NNE-SSW y N-S.

Los resultados fueron usados en terreno con el fin de facilitar el levantamiento geológico.

Capítulo 2 Interpretación

2.1 Fotografías aéreas usadas

Las fotografías aéreas usadas se indican en la tabla I-1.











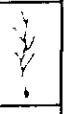

Tab. I-1 FOTOGRAFÍAS AEREAS USADAS (VEULO HYCON)

Número de foto	Cantidad de fotos	Fecha	Dirección de vuelo
2620 a 2626	7	1° Feb. 1955	N - S
3678 a 3684	7	16° Feb. 1955	S - N
3702 a 3707	6	16° Feb. 1955	S - N
574 a 579	6	19° Dic. 1954	N - S

2.2 Método de análisis

En el transparente dispuesto sobre cada foto, usando la imagen estereoscópica, se anotó el drenaje, los lineamientos, la estratificación, etc. Después se compilaron estos datos en un mapa topográfico a escala 1:50.000. Finalmente se confeccionó un cuadro con las características fotogeológicas (Tab. I-2) que incluyó la textura observada en las fotos y las características topográficas de cada unidad.

Tab I-2 CUADRO DE CARACTERISTICAS FOTOLOGICAS

Unidad	Características de fotos		Características Topográficas						Vegetación	Observaciones	Litología Probable	Resultado de la Investigación en Terreno
	Tono	Textura	Drenaje		Resistencia		Lineamientos					
			Modelo	Densidad	Rocas	Perfil	Dirección	Intensidad					Tipos
Qa	Mediano	Suave		Baja	Muy Débil		/	/	Poca	Generalmente cultivado	Sedimentos Cuaternarios	Terrazas y depósitos aluviales
Tv	Mediano a Claro	Aspera a Moderada		Densa	Media		Muchas	Media	Media a Densa	Predominantes estructura de flujo y estratificación	Rocas volcánicas intermedias a básicas y rocas sedimentarias (clásticas)	Formación Cola de Zorra (Lavas andesíticas basálticas y rocas piroclásticas)
Kv	Claro	Moderada		Media	Media a Débil		2	Media	Poca a Media	Cordones moderados	Rocas piroclásticas sedimentarias	(Lavas andesíticas, rocas piroclásticas, tabacales, arenisca, lutita)
IG1	Muy Claro	Aspera		Media	Muy Fuerte		3	Fuerte	Media a Poca	Muy fuerte resistividad	Granitos A	Granitoides y unidad volcánica El Sauce
IG2	Claro	Relativamente Aspera		Media	Fuerte		/	/	Poca a Media	Distribución pequeña	Granitos B	Granitoides
Ah	Muy Claro	Moderada a Aspera		Densa	Débil		2	Débil	poca	Tono muy claro y débil resistividad	Aterización hidrotermal	Zona blanqueza por meteorización de las rocas piroclásticas de la U.V-s Piña Blanca

Capítulo 3 Resultados

3.1 Resumen

1) En la interpretación fotogeológica (PL. I-1) se distinguieron 6 unidades. Mediante comparación con el mapa geológico publicado (González y Vergara, 1962), ellas fueron definidas del siguiente modo (de más antiguo a más moderno):

- a) Unidad Kv rocas piroclásticas y rocas sedimentarias
- b) Unidad Tv rocas volcánicas intermedias a básicas y rocas piroclásticas
- c) Unidad Qa sedimentos cuaternarios
- d) Unidad Ig1 granitos (A)
- e) Unidad Ig2 granitos (B)
- f) Unidad Ah alteración hidrotermal

2) Los lineamientos predominantes tienen dirección NNE-SSW a N-S.

3) Las unidades y estructuras reconocidas durante el levantamiento de terreno coinciden en gran medida con la interpretación fotogeológica.

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

3.2 Unidades geológicas

1) Unidad Kv : Esta unidad aparece distribuida en el norte y el sur del área a lo largo de los ríos principales; se caracteriza fotográficamente por su tono claro y textura moderada; por el drenaje subdendritico de densidad media, resistencia media a débil y cordones moderados. En esta unidad se incluyeron rocas piroclásticas y sedimentarias. En el trabajo geológico de terreno coincidió con la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca.

2) Unidad Tv : Esta unidad está distribuida en casi toda el área y es fotográficamente caracterizada por un tono medio a claro y textura áspera a moderada; topográficamente muestra drenaje subparalelo de alta densidad, en general tiene resistencia media, pero en el sector oriental presenta resistencia alta.

Esta unidad tiene lineamientos como estratificación o estructura de flujo, de inclinación suave. En ella se incluyeron rocas volcánicas intermedias a básicas y rocas piroclásticas. En el trabajo geológico de terreno coincidió con la Formación Cola de Zorro.

3) Unidad Qa : Esta unidad se distribuye a lo largo de los ríos principales y se interpreta como depósitos de terraza y aluviales.

4) Unidad IG1 : Esta unidad está distribuida en el sector oriental del área y es fotográficamente caracterizada por un tono muy claro y textura áspera. Topográficamente muestra drenaje plumoso de densidad media y resistencia fuerte. Presenta fallas y diaclasas. Se interpreta como granito; en terreno coincidió principalmente con los granitoides y la Unidad Volcánica El Sauce.

5) Unidad IG2 : Esta unidad está distribuida en la parte norte del área y aparece como stocks pequeños; es fotográficamente caracterizada por tono claro y textura levemente áspera. Muestra drenaje radial de densidad media y resistencia más débil que la unidad IG1. Se interpreta como granitoides, rocas que fueron reconocidas en el sector del Cerro Peñasquillos. El pórfido granítico no es observado en la foto aérea por tratarse de un intrusivo de pequeñas dimensiones.

6) Unidad Ah : Esta unidad aparece distribuida en la parte norte del área afectando las unidades Kv y IG2 y es fotográficamente caracterizada por tono muy claro y textura moderada (fina) a levemente áspera. Topográficamente presenta drenaje plumoso de alta densidad y débil resistencia, menor que las demás unidades. Se interpreta como alteración hidrotermal. En el trabajo de terreno se encontró tobas

de lapilli dacíticas de color claro y meteorizadas, con pequeñas fracturas con limonita sin mineralización.

3.3 Estructura geológica

En las fotografías aéreas no se pudo deducir la presencia de fallas y estructuras plegadas, aún en la unidad Kv, correlacionada con la Formación Malla-Malla, que presenta buena estratificación y pliegues, pues no hay patrón de drenaje característico ni otro tipo de evidencias. En la Unidad Tv, sobreyaciendo a Kv, se puede observar estructura monoclinial y hay lineamientos de planos de estratificación con muy poca inclinación al oeste. La unidad Tv presenta estructura fluidal y estratificación bandeada que es coincidente con la observación en terreno. La unidad Kv no muestra estructura de plegamiento como fue comprobado en terreno. Ello se debe a la suave morfología y a la débil resistencia de esta unidad.

Probablemente hay fallas o fracturas de pequeño desplazamiento de rumbo predominante N-S a NNE-SSW, NE-SW y NW-SE. El lineamiento preferencial es NNE-SSW a N-S. Estos lineamientos no afectan a la Unidad Qa. La importante falla, con rumbo N-S, no es observada en la fotografía por estar cubierta por la unidad Tv, pero su observación es factible en terreno. La lineación N-S a NE-SW se distingue tanto en la fotografía como en el terreno. No ocurre lo mismo con el lineamiento NW-SE que se observa solamente en la foto.

Capítulo 1 Geología

1.1 Generalidades

En el área estudiada afloran rocas metamórficas (Metamorfitas de Los Azules) cuya edad se desconoce; rocas volcánicas y piroclásticas (Unidad Volcánica El Sauce) Pre-Cretácico Superior; rocas volcánicas y sedimentarias clásticas (unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca, González y Vergara, 1962) Terciario Inferior ; rocas volcánicas y piroclásticas (Formación Cola de Zorro, González y Vergara, 1962) Plioceno-Pleistoceno y depósitos aluviales y coluviales recientes. Las rocas intrusivas corresponden a granitoides que intruyen a la Unidad Volcánica El Sauce, stocks de pórfido granítico emplazados en los granitoides y diques andesíticos que cortan a la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca. Las fallas y pliegues tienen rumbo preferente N-S (PL. I-2, I-6).

1.2 Estratigrafía

1.2.1 Metamorfitas de Los Azules

Definición

Se agrupa bajo esta denominación los gneisses que afloran en el sector del estero Piedras Azules, en la parte central del área. Los afloramientos comprenden un área de 0,5 x 1 km y están cubiertos discordantemente por la Formación Cola de Zorro.

Litología, relaciones de contacto y estructura

Litológicamente es un gneiss de biotita blanco a gris claro, masivo, que presenta estructura gnéssica con alternancia de bandas oscuras y claras; existen

Era	Período	Epoca	Formación o Unidad	Columna Estratigráfica	Litología	Espesor (m)	Rocas Intrusivas	Mineralización	Edad radiométrica método K-Ar
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Depósitos aluviales, de talud y terrazas fluviales.		Gravas, arenas y limas	50 -		Minas del Prado Mineralización de oro secundario (Tipo III)	
			Unidad Sedimentaria La Segunda		Conglomerados volcánicos Areniscas tobáceas Ignimbritas	200 ±			Lavas andesíticas Lavas andesíticas-basálticas F 127 1,47 ± 0,84 m.a. B55 0,49 ± 0,25 m.a.
Cenozoico	Terciario	Plioceno - Pleistoceno	Formación Cola de Zorro		Lavas andesíticas Ignimbritas Tobas, tabas de lapilli y tobas brechosas andesíticas o dacíticas con intercalaciones de lutitas, areniscas y conglomerados tobáceos	500 -	Diques andesíticos Granodiorita (?)	Minas del Prado Sur de El Sauce El Purgatorio Mineralización de cobre y molibdeno (Tipo I)	Granodiorita B51 14,4 ± 1,6 m.a. (?) Ignimbritas C22 19,0 ± 0,46 m.a. (?)
			Unidad Volcánica - sedimentaria Pierra Blanca		Lavas andesíticas Ignimbritas Gneiss de biotita	1000 -			Batolito de granitoides B18 82,9 ± 3,8 m.a. B58 85,4 ± 5,2 m.a. Ignimbritas C142 15,0 ± 0,6 m.a. (?)
Mesozoico	Cretácico	Superior	Unidad Volcánica El Sauce		Lavas andesíticas Ignimbritas Gneiss de biotita	500 +	Batolitos granitoides San José Río Chilitán Estero Pierra Blanca Los Azules Sur Río Cato Los Azules		
			Metamorfitas de Los Azules		Tronco silicificado Tronco carbonizado				

Simbología: Tronco silicificado Tronco carbonizado Hoja fósil

Fig. I-2 COLUMNA GEOLOGICA GENERALIZADA AREA COIHUECO - RECINTO

relativamente pocos afloramientos de esta unidad. Al microscopio se observa textura holocristalina con fenocristales de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, biotita y escasos minerales opacos; el cuarzo es automorfo y de 0,3 a 0,7 mm de diámetro; contiene porfiroblastos de cuarzo y plagioclasa; el feldespato potásico es alotriomorfo de tamaño 0,1 - 0,3 mm, alterado a sericita en un 3%; la plagioclasa es euhedral de tamaño variable entre 0,3 y 0,7 mm alterada a sericita; la biotita es euhedral de tamaño variable entre 0,3 y 0,7 mm con inclusiones de mineral opaco.

Esta unidad se dispone como "roof pendant" sobre los granitoides. La distribución es muy restringida y subyace en discordancia angular a la Formación Cola de Zorro. No se conoce las relaciones estratigráficas con otras unidades presentes en el área.

La esquistosidad tiene rumbo N 70°E - N 90°E y buzamiento de 70° - 90° al sur. El espesor se estima en más de 500 m.

Edad

La edad de esta unidad no puede ser precisada y sería posiblemente anterior al Cretácico Superior pues presenta metamorfismo de contacto y se dispone como "roof pendant" sobre los granitoides datados radiométricamente como del Cretácico Superior; la distribución de esta roca es muy local por lo cual no puede ser considerada como producto de metamorfismo regional; este fenómeno pudo desarrollarse con la intrusión de los granitoides; en consecuencia esta unidad no correspondería al Basamento Metamórfico Paleozoico de la Cordillera de la Costa de Chile.

1.2.2 Unidad Volcánica El Sauce

Definición y relaciones estratigráficas

Se denomina Unidad Volcánica El Sauce al conjunto de rocas volcánicas con-

stituídas por andesitas porfíricas e ignimbritas, gris a gris-verdoso, que afloran en el curso superior del río Cato, en el sector de El Sauce y al oeste del Cerro Peñasquillos. La base de esta unidad es desconocida; se encuentra en contacto por falla con la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca que aparentemente la sobreyace. En el cerro Los Galtros y al sur del río Cato está cubierta discordantemente por coladas de andesitas y piroclásticos de la Formación Cola de Zorro. Esta unidad es intruida por el granito del Cerro Peñasquillos (al microscopio se observa evidencias de metamorfismo de contacto).

Distribución, litología y espesor

Esta unidad se distribuye en el extremo noreste de la zona estudiada. Los principales afloramientos se ubican al oeste del Cerro Peñasquillos, en el sector de El Sauce y en el cordón que se extiende desde esta localidad hacia el sur, hasta las nacientes del río Cato.

Las rocas que componen esta unidad, consisten en andesitas e ignimbritas dacíticas. Las andesitas son gris verdosas a parduzcas, muy compactas en el sector de El Sauce; al este de la Quebrada Hormigones corresponden a andesitas de hornblenda de grano fino. En las adyacencias del Cerro Peñasquillos estas rocas presentan silicificación y anfíbola y biotita secundarias.

Al microscopio las andesitas presentan textura porfírica con fenocristales de cuarzo anhedral, plagioclasa euhedral y hornblenda verde euhedral; el tamaño de los cristales varía entre 0,1 y 0,3 mm; los minerales opacos son escasos. La masa fundamental está constituida por tablitas de plagioclasa euhedral y una mezcla de biotita secundaria (60 %) con otra mica no identificada. En algunos fenocristales de plagioclasa hay cuarzo y hornblenda secundarias. La plagioclasa posee macla de albita. Un 10 % de los fenocristales de plagioclasa están alterados a sericita.

Las ignimbritas dacíticas afloran en el borde del río Cato y poseen coloración pardo rosácea; presentan fracturas planares que limitan bloques de 2 a 3 m de arista; contienen pómez aplanadas de 2 cm de largo y 0,5 cm de espesor y fragmentos de andesitas de piroxeno y riolitas. Estas rocas subyacen a las andesitas de hornblenda.

Al microscopio se observa textura porfírica y soldada con fenocristales de plagioclasa anhedral, biotita euhedral, ortopiroxeno y clinopiroxeno euhedrales y mineral opaco. La matrix está compuesta por fragmentos de cuarzo menor de 0,3 mm, feldespato potásico y plagioclasa. Los fenocristales de cuarzo tienen 1 mm, son redondeados a subangulares y a veces están corroídos. Los minerales opacos están incluidos en los minerales máficos o se disponen alrededor de ellos. El 20 % de los clinopiroxenos y el 10 % de la matrix están alterados a clorita; existe también zeolita en drusas.

Se estima un espesor superior a los 800 m para esta unidad.

Estas rocas se disponen como "roof pendant" sobre granitoides; la ignimbrita dacítica parece presentar una suave inclinación al este.

Edad y correlación

La unidad está intruida por el granitoide datado radiométricamente Cretácico Superior, por lo cual su depositación es anterior a la intrusión.

En el sector del río Cato se colectó una muestra de toba soldada (C-142) perteneciente a esta unidad. El análisis radiométrico dió una edad de $15,0 \pm 0,6$ m. a. y es inconsistente con la observación de terreno pues es intruida por un granitoide de edad Cretácico-Superior. La muestra fue analizada por roca total (Apendice Tab. 2) y algunos minerales se muestran alterados; por tanto se considera que este resultado no representa la edad de cristalización de la roca y puede ser equivalente al determinado para el granitoide (B-51) del estero San José.

Drake (1974) realizó una datación radiométrica K/Ar del Plutón de El Melado en la zona del Río Maule cuyo resultado fue de 60 m.a; dicho autor concuerda también con las observaciones de González y Vergara (1962) en el sentido que este plutón intruye allí a las Formaciones Abanico y Plan de los Yeuques. Esta situación es similar a la descrita en este informe y permite establecer una relación de equivalencia de la Unidad Volcánica El Sauce con la Formación Abanico de González y Vergara (1962) en el Río Maule; además la litología de estas unidades es semejante por lo tanto podrían ser correlacionadas entre si.

1.2.3 Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca

Definición y relaciones estratigráficas

La Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca está compuesta predominantemente por tobas y brechas tobáceas e intercalaciones de areniscas volcánicas y rocas volcánicas andesíticas. La base de esta unidad es desconocida y se dispone en contacto por falla con la Unidad Volcánica El Sauce que aparentemente la subyace; en la parte sur está en contacto por falla con los granitoides. El techo está erosionado y cubierto por depósitos de aglomerados volcánicos, ignimbritas y andesitas pertenecientes a la Formación Cola de Zorro.

Distribución, litología y espesor

Los afloramientos mejor expuestos de esta unidad se encuentran a lo largo del río Chillán y sus afluentes en los esteros Pierna Blanca, San José y San Juanito. También se observa a lo largo del río Cato y el estero Labranza.

Esta formación está compuesta por rocas sedimentarias (areniscas y lutitas), piroclásticas y volcanoclásticas con restos vegetales carbonizados y silicificados.

Las rocas piroclásticas consisten en tobas, tobas de lapilli, tobas brechosas e ignimbritas. En el río Cato las tobas de lapilli y tobas brechosas, de composición dacítica, son gris a verde oscuro. En el estero Labranza afloran ignimbritas dacíticas masivas gris claro. En el sector de la confluencia del río Chillán con el estero Pierna Blanca y en Minas del Prado existen afloramientos extensos de tobas de lapilli andesíticas con intercalaciones de rocas volcánicas clásticas en la parte inferior.

Las tobas de lapilli corresponden a tobas de cristales y tobas vítreas de composición dacítica, siendo estas últimas las más abundantes; al microscopio se observa fragmentos de lapilli subangulares de tamaño variable entre 2 y 7 mm, cuya composición corresponde a andesitas traquíticas, riolitas, obsidiana y vidrio perlítico. Los fenocristales corresponden a cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa anhedral y clinopiroxeno. La matriz está constituida por vidrio, plagioclasa y feldespato potásico microcristalino. El 30 - 50 % de estas rocas están cloritizadas, los feldespatos potásicos están silicificados débilmente y algunos presentan inclusiones de calcita secundaria.

Las ignimbritas, al microscopio, corresponden a tobas soldadas y tobas de cristales de composición dacítica. Los fenocristales consisten en cuarzo y plagioclasa anhedral de tamaño variable entre 0,1 y 0,7 mm, clinopiroxeno, ortopiroxeno y hornblenda en menor proporción. La matriz está constituida por feldespato potásico microcristalino, vidrio y pómez; algunas muestras presentan textura soldada muy clara. Los minerales de alteración corresponden a zeolitas y montmorillonita provenientes de la descomposición de los feldespatos.

Las lavas andesíticas de piroxeno son afaníticas y afloran en la zona de Minas del Prado y en el curso inferior del río Cato. En general son gris oscuro, pero en la zona de Minas del Prado tienen silicificación, cloritización y sericitización débil,

por lo cual presentan coloración verdosa. El espesor de estas lavas en Minas del Prado es de 50 m, en el curso inferior del río Cato el espesor es de 2 a 3 m (sólo una colada) intercalada en rocas piroclásticas. Al microscopio presenta textura microcristalina y a veces intergranular. El tamaño de los minerales es de 0,3 a 3 mm; están constituidos por plagioclasa euhedral, feldespato potásico euhedral, clinopiroxeno euhedral y minerales opacos; la masa fundamental está formada por plagioclasa y clinopiroxeno euhedral, algunos feldespatos potásicos presentan textura peritítica y 1 % a 2 % de cuarzo secundario y sericita, el 3 % a 70 % de la plagioclasa está sericitizada, el 5 % a 20 % de la plagioclasa corresponde a clorita y un 50 - 100 % del clinopiroxeno está alterado a clorita.

Las areniscas son de grano fino a grueso y de colores pardo amarillento y gris-gris verdoso a verde oscuro, la compactación es regular a buena; los materiales que las constituyen son principalmente de carácter tobáceo y andesítico. Al microscopio se puede observar fragmentos de andesitas en parte cloritizadas y granos de andesita afanítica, cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, clinopiroxeno y minerales opacos, de tamaños variables entre 0,03 y 0,7 mm, a veces existe muscovita; los granos son generalmente subangulares. El material cementante es escaso, observándose un agregado fino de cuarzo y probablemente feldespato potásico. El 20 % del feldespato potásico está alterado a clorita y el 10 % a sericita; también existe calcita secundaria.

Las lutitas son tobáceas, de color gris oscuro. La compactación es mala a regular, presentándose generalmente en estratos de 15 a 30 cm o del 1 a 1,5 m de espesor alternados con conglomerados y areniscas; a veces el espesor puede ser de hasta 5 cm. Al microscopio se observa cuarzo de grano fino; en las cercanías de las fallas de rumbo noreste aparece clorita como el mineral secundario más abundante.

Las rocas sedimentarias descritas afloran principalmente en el curso inferior del estero Pierna Blanca y representan alrededor de un 35 % de la secuencia estratificada de esta unidad en dicho sector; hacia el norte (estero Labranza, río Cato) predominan las rocas piroclásticas y volcanoclásticas.

Los restos de vegetales encontrados en esta unidad corresponden a troncos y hojas carbonizadas y silicificadas. Los restos carbonizados están contenidos especialmente en las areniscas y lutitas que afloran en el río Cato y río Chillán. Los fragmentos de troncos encontrados en el río Cato alcanzan hasta 76 cm de diámetro y 20 a 50 cm en el río Chillán; su longitud puede alcanzar hasta 1 m. Las impresiones de hojas fueron halladas en tobas dacíticas en el sector del río Cato y en lutitas tobáceas silicificadas en la zona del río Chillán.

El espesor de la formación es superior a 1.500 m en la zona del río Chillán y a 800 m en el río Cato.

En la franja comprendida entre el río Cato por el norte hasta el río Niblinto por el sur, se han reconocido pliegues con ejes de rumbo N-S y longitudes de onda de 500 m a 1.500 m; las inclinaciones de los flancos varían entre 5° y 45°, con un promedio de 15°. En el río Chillán los ejes tienen rumbos NNE-SSW con buzamiento al sur y los flancos poseen inclinaciones variables entre 10° y 45°; hacia el este aumenta la inclinación del flanco del sinclinal hasta alcanzar 80° en las proximidades de una falla regional N-S.

Edad, condiciones de sedimentación

En el presente estudio sólo se encontró flora fósil y se recolectó 10 muestras que fueron analizadas para determinar su contenido de polen. Las especies determinadas fueron las siguientes*:

- * Determinaciones efectuadas en el Departamento de Geología y Paleontología, Universidad de Concepción.

Podocarpidites Cookson ex Couper 1953

Psilamonocolpites Hammen y García de Mutis 1965

Haloragacidites harrisii (Couper, 1953) Harris 1971

Araucariacites Cookson ex Couper 1953

De ellos *Haloragacidites harrisii* es una especie común en la secuencia carbonífera del Terciario Inferior de Concepción y *Psilamonocolpites* indicaría una edad máxima Terciario Inferior.

Los ejemplares encontrados permiten hacer algunas consideraciones acerca de las condiciones de depositación. La presencia de *Haloragacidites* y de esporas de hongos y algas indica un clima subtropical muy húmedo. *Podocarpidites* y *Araucariacites* corresponden a un ambiente templado cálido y lluvioso.

Se recolectó una muestra de ignimbrita (C-22) para datación radiométrica por el método K/Ar en roca total; la edad determinada fue de $19 \pm 0,46$ millones de años que corresponde al Mioceno Inferior, esta edad puede ser mayor pues la roca presenta alteración hidrotermal.

Los antecedentes mencionados no permiten señalar una edad precisa para esta unidad. La datación K/Ar refleja una edad mínima Mioceno Inferior; el hecho de encontrarse en contacto por falla con los granitoides en el sector del estero Pierna Blanca indica que la depositación se produjo después del emplazamiento de este intrusivo por lo cual su edad máxima sería Cretácico Superior.

Se puede concluir que la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca se depositó en el rango comprendido entre el Cretácico Superior y el Mioceno Inferior y, de acuerdo con el análisis polinológico, probablemente en el Terciario Inferior.

1.2.4 Formación Cola de Zorro

Definición y relaciones estratigráficas

González y Vergara (1962) denominaron Formación Cola de Zorro al conjunto de volcanitas, de carácter andesítico-basáltico, que tienen su mejor exposición en la quebrada del mismo nombre, en el curso superior del río Ñuble.

La Formación Cola de Zorro sobreyace discordantemente a la Unidad Volcánica El Sauce, Unidad Volcanico-sedimentaria Pierna Blanca, a los granitoides y a los Metamorfitas de los Azules. El techo de esta formación está parcialmente erosionado; en la parte occidental del área infrayace a la Unidad Sedimentaria La Segunda.

Distribución y litología

La Formación Cola de Zorro cubre aproximadamente un 60 % del área estudiada y está constituida por rocas volcánicas y rocas piroclásticas. Las rocas volcánicas generalmente consisten en coladas de lava de andesitas de piroxeno y andesitas basálticas de piroxeno. El espesor varía entre 10 y 70 m con 50 m de promedio. Estas lavas representan diferentes ciclos volcánicos con depositación de piroclásticos.

Las lavas andesíticas con clino y ortopiroxeno, son gris oscuro a negro, poseen textura afanítica y porfídica, en parte son porosas con estructuras de flujo; las rocas porfídicas presentan fracturas columnares. Al microscopio se observan fenocristales de plagioclasa de 0,3 a 3 mm, clinopiroxeno, a veces feldespatos potásicos, cuarzo y ortopiroxeno. La masa fundamental tiene textura intergranular constituida por plagioclasa y clinopiroxeno. Los fenocristales de plagioclasa muestran macla de albita y composición de albita-oligoclasa, algunas con textura zonal positiva. La alteración es muy débil, los fenocristales de plagioclasa de algunas muestras están transformados a clorita en el núcleo, esporádicamente tienen clorita en la masa fundamental (2 %).

Las andesitas basálticas con clino y ortopiroxeno son gris muy oscuro y tienen estructura columnar hexagonal. Al microscopio los tamaños de los fenocristales varían entre 0,1 y 2 mm, corresponden a plagioclasa cuhedral, clinopiroxeno, a veces ortopiroxeno, feldespatos potásico y minerales opacos. La masa fundamental está constituida por plagioclasa cuhedral a subhedral, clinopiroxeno y feldespato potásico anhedral. La plagioclasa, el feldespato potásico y algo de la masa fundamental están transformados en clorita; algunos fenocristales de plagioclasa se alteran a sericita y calcita.

Las rocas piroclásticas consisten en aglomerados y/o brechas volcánicas, ignimbritas y conglomerados volcánicos. Los aglomerados y brechas volcánicas tienen mayor distribución en la parte occidental, especialmente al norte del estero Labranza. Son gris oscuro, con clastos de andesitas de piroxeno, andesitas basálticas y brechas; la matriz es de la misma composición, El tamaño de los bloques de la brecha varía entre 1 y 5 cm de diámetro. Estas rocas constituyen estratos de 30 a 50 m de espesor intercalados entre las lavas.

Las ignimbritas afloran en la parte norte y en el sector de San Francisco, al sur del río Niblinto; estratigráficamente se ubican en la parte superior de la formación. Son grises, masivas, de composición dacítica y andesítica y contienen lapilli andesítico; en el sector de San Francisco tienen textura soldada. Al microscopio se observa textura soldada, cristales de tamaño variable entre 0,2 y 0,4 mm de plagioclasa, cuarzo y clinopiroxeno; la matriz contiene plagioclasa de 0,03 mm de tamaño. Los cristales de piroxeno y el 15 % de la plagioclasa están transformados a clorita.

Los conglomerados volcánicos se presentan en el río Niblinto, en el sector de Piedras Azules y en el río Chillán. Al sur del estero San José tienen una distribución muy local y se disponen discordantemente sobre los granitoides como conglomerados

basales. Son gris a gris oscuro, compuestos por lapilli y clastos de andesitas de 20 cm a 1 m de diámetro; cerca de los granitoides corresponden a brechas con fragmentos derivados de ellos. La matriz es tobácea, de composición andesítica. A veces tienen intercalaciones de areniscas tobáceas de 30 cm de espesor. La potencia de este conglomerado volcánico varía de 50 a 80 m.

Estructura y espesor

La Formación Cola de Zorro no está plegada; se presenta como un homoclinal con 5° de inclinación al oeste. Esta unidad se depositó sobre un relieve plano con una suave pendiente al oeste, características geomorfológicas que se han conservado hasta el presente. Probablemente los centros volcánicos desde donde fluyeron estas lavas se encontraban al oriente del área.

Esta formación no está afectada por fallas importantes; el análisis fotogeológico determinó la existencia de lineamientos N-S a NNE-SSW que la afectan, algunos de los cuales se pueden observar en terreno. Su espesor se estima en menos de 500 m.

Edad y correlación

Durante el presente trabajo fueron recolectadas las muestras (F-127 y B-55) para datación radiométrica por el método K/Ar en roca total. La muestra F-127 del cerro Los Galtros en el vértice NE del área, dió una edad de $1,47 \pm 0,84$ m.a.; la muestra B-55, del río Chillán, tiene una edad de $0,49 \pm 0,26$ m.a. Esto indica una edad Pleistoceno en esta zona, pero en otras áreas el volcanismo puede haber comenzado antes.

Vergara y Munizaga (1974) determinaron por el método K/Ar edades de $2,45 \pm 1,00$ y $1,35 \pm 0,7$ m.a, para las series andesíticas de plateau en la localidad de Pino

Hachado, al sur del área estudiada.

Drake (1974) enmendó la Formación Cola de Zorro previamente definida y la dividió en Formación Campanario cuyas edades radiométricas varían entre 15,4 y 3,6 m.a., agrupando en el Plioceno Superior-Pleistoceno Inferior lavas andesíticas de edades variables entre 3,4 y 1,3 m.a., las que concuerdan en parte con la Formación Cola de Zorro descrita en este estudio.

1.2.5 Unidad Sedimentaria La Segunda

Distribución y litología

Los principales afloramientos de esta unidad sedimentaria se ubican al oeste de Minas del Prado, en el sector de La Segunda. Están constituidos generalmente por conglomerados con clastos de rocas volcánicas y algunas intercalaciones de areniscas tobáceas y lutitas. Los clastos presentan muy buen redondeamiento y están compuestos por andesitas de piroxeno, andesitas basálticas y a veces rocas graníticas. El tamaño de los clastos varía entre 5 y 35 cm de diámetro; la matriz está constituida por tobas andesíticas o por areniscas tobáceas; la consolidación es débil.

Las areniscas tobáceas andesíticas varían entre gris claro y gris y tienen consolidación regular; estas areniscas están intercaladas como lentes entre los conglomerados volcánicos con espesores variables entre 50 cm y 1 m.

Al microscopio la composición de los granos corresponde a plagioclasa euhedral abundante de tamaño menor de 0,3 mm, además se observa biotita, hornblenda, clinopiroxeno, ortopiroxeno euhedral, cuarzo anhedral y minerales opacos; la plagioclasa y el cuarzo están fracturados. Hay fragmentos de andesitas de piroxeno subredondeados de hasta 6 mm de diámetro. El 30 % de los ortopiroxenos y el 10 % del

material cementante están transformados a clorita y el 10 % de los granos de feldespato está alterado débilmente a sericita.

En dos sectores a lo largo del río Niblinto se han reconocido lutitas intercaladas en las areniscas tobáceas, su espesor es de 30 cm. Estas rocas son tobáceas de color gris parduzco y están meteorizadas.

El espesor máximo de la Unidad Sedimentaria La Segunda se estima en aproximadamente 200 m.

Estructura

Esta unidad presenta generalmente una inclinación de 10° al oeste y no está afectada por fallas; cubre concordantemente a la Formación Cola de Zorro de donde proviene la mayor parte de los clastos que la forman. Se dispone discordantemente sobre la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca.

Edad

La Unidad Sedimentaria La Segunda representa un ciclo sedimentario relacionado con la actividad volcánica que dió origen a la Formación Cola de Zorro; su edad es probablemente Pleistoceno.

1.2.6 Depósitos Aluviales, Coluviales y de Terrazas Fluviales.

Los Depósitos Aluviales se encuentran a lo largo de los ríos; consisten en gravas de bolones, arenas y limos.

Los Depósitos Coluviales corresponden a materiales removidos por la erosión desde las unidades más antiguas y depositados con muy poco transporte; presentan muy poca extensión y no han sido diferenciados en el mapa geológico.

Los Depósitos de Terrazas Fluviales se ubican en el río Niblinto y consisten en gravas de bolones, arenas y limo, generalmente poco consolidados; el espesor

de estas terrazas alcanza hasta 8 m.

1.3 Rocas intrusivas

Las rocas intrusivas del área corresponden a batolitos graníticos, stocks de pórfidos graníticos y diques y sills de andesitas.

1.3.1 Batolitos graníticos

Estos batolitos consisten en granitoides y se ubican al este de la gran falla regional de rumbo aproximado nortesur reconocida en la parte central del área. Los afloramientos, generalmente cubiertos por la Formación Cola de Zorro, están bien expuestos a lo largo de los valles de los ríos. Estos intrusivos presentan "roof pendant" de orcas metamórficas y de la Unidad Volcánica El Sauce.

Los granitoides consisten en su mayor parte de granodiorita mesocrática holocristalina de grano medio a grueso (Cerro Los Peñasquillos); en el estero Pierna Blanca afloran granitos leucocráticos de grano medio a grueso; en el cuarso superior del río Chillán existen tonalitas leucocráticas de grano medio; en el cuarso superior del río Cato se ubican dioritas cuarcíferas mesocráticas a melanocláticas de grano medio (Apéndice Fig. 3).

Al microscopio la granodiorita mesocrática tiene textura granular y está formada por plagioclasa, feldespato, hornblenda, cuarzo, algo de biotita y mineral opaco la plagioclasa (oligoclasa) presenta forma tabular y es euhedral, de 0,7 a 1 mm de largo; el feldespato potásico es euhedral con textura perítica; la hornblenda es euhedral de 0,2 a 1 mm de tamaño, algunos cristales están alterados a clorita; el cuarzo es subhedral de 0,7 a 1 mm de tamaño; la biotita es euhedral de tamaño menor de 0,2 mm y 30 % está transformado a clorita.

Edad y relaciones de contacto

Las rocas metamórficas de Los Azules y la Unidad Volcánica El Sauce son

"roof pendant" en este intrusivo y constituyen el basamento sobre el cual se depositaron las formaciones más modernas. Las rocas intrusivas están en contacto por falla con la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca e intruidas por filones de pórfido granítico y diques de andesita.

Se recolectaron tres muestras para datación radiométrica por el método K/Ar en biotita (B-18, B-58, B-51). La muestra B-18 (estero Pierna Blanca) dió una edad mínima de $83,9 \pm 3,8$ m.a.; la muestra B-58 (río Niblinto) tiene una edad mínima de $85,4 \pm 5,2$ m.a. Estas dos edades permiten asignar una edad Cretácico Superior para este intrusivo. La muestra B-51 (estero San José) dió una edad mínima de $14,4 \pm 1,6$ m.a, la que sería inconsistente con las edades anotadas anteriormente; ésta puede ser interpretada como un stock diorítico que no fue mapeado; además esta roca presenta alteración hidrotermal (turmalina) y este resultado podría representar la edad de este proseso.

1.3.2 Stocks de pórfido granodiorítico y pórfido granítico

Distribución y litología

El pórfido granodiorítico aflora en el estero Pierna Blanca y en estero San José e intruye a los granitoides; son cuerpos de 150 m de ancho por 500 m de largo o más, elongados en el rumbo NNE-SSW. Esta roca es pardo-blanguecina, con fenocristales de cuarzo claramente identificables megascópicamente. Al microscopio se observa textura holocristalina granular gruesa, los fenocristales corresponden a plagioclasa y algo de cuarzo y feldespato. La masa fundamental está compuesta por plagioclasa euhedral, feldespato anhedral y algo de muscovita y apatita. Los fenocristales de plagioclasa tienen tamaños variables entre 0,7 y 3 mm, el 10 % está alterado a calcita, el 30 % está alterado a clorita y el 10 % a sericita, generalmente

en el centro de los fenocristales; el cuarzo es subhedral de 0,5 a 1,3 mm; el feldespato es euhedral de 0,5 a 0,7 mm y tiene textura perfitica, el 10 % está transformado en calcita.

El pórfido granítico aflora en el curso superior del río Chillán, al sur de El Sauce y en la zona mineralizada del estero San José.

En el estero San José intruye a los granitoides y en El Sauce intruye a las rocas volcánicas andesíticas. Son cuerpos pequeños, menores de 10 m de ancho por 10 m de largo. Al microscopio presentan textura holocristalina granular media, con fenocristales menores de 1 mm de cuarzo anhedral, feldespato subhedral, plagioclasa, y a veces biotita euhedral y hornblenda euhedral; la masa fundamental presenta minerales de sílice y feldespato, con textura mirmequítica alrededor del 30 %. Algunos fenocristales de feldespato presentan textura gráfica y los de plagioclasa tienen macla de albita. El 3 % a 7 % del feldespato está alterado a sericita y epidota; el 2 % a 8 % de la plagioclasa está alterada a epidota y clorita.

Edad y relaciones de contacto

No existen antecedentes acerca de la edad de estas unidades; estas rocas intruyen a los granitoides y están cubiertas por la Formación Cola de Zorro.

1.3.3 Diques y sills

Distribución y litología

Los diques y sills corresponden a andesitas que afloran en el río Cato, estero San Junito y estero San José. El tamaño de los diques es reducido; en los del río Cato el ancho varía entre 10 y 30 m, el rumbo aproximado es N-S e intruyen a la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca. Algunos de estos diques se disponen como sills entre las tobas de dicha formación. En el estero San Juanito y estero San

José están cerca de la falla principal de rumbo aproximado N-S; en el estero San José el ancho varía de 60 cm a 15 m e intruyen a la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca; poseen rumbo N-S e inclinación de 80° al oeste y algunos se disponen como sills. Se observó también diques que intruyen a granitoides con rumbo N 15° E e inclinación de 85° al oeste. En el estero San Juanito presentan las mismas relaciones de contacto y el rumbo es N 10° W e inclinación 75° al este. La roca es una andesita de clinopiroxeno gris oscura y andesita de hornblenda, algunos presentan textura afanítica y fanerocristalina. Al microscopio, la andesita de piroxena es holocristalina, posee textura intersertal a traquítica, fenocristales de 0,3 a 2 mm de plagioclasa euhedral, cuarzo subhedral esporadicamente, clinopiroxeno euhedral y mineral opaco. La masa fundamental está compuesta por plagioclasa tabular euhedral, clinopiroxeno y ortopiroxeno subhedrales; la roca generalmente es fresca pero algunos minerales ferromagnesianos están completamente alterados a clorita y 1 % a 2 % de la masa fundamental está transformada en clorita.

La andesita de hornblenda presenta textura afanítica e intergranular; los fenocristales son de 0,3 mm de tamaño y corresponden a plagioclasa euhedral, hornblenda euhedral y minerales opacos; la masa fundamental contiene cuarzo anhedral y plagioclasa euhedral. El 10 % de los fenocristales de plagioclasa están alterados a clorita y calcita.

Estas andesitas que intruyen a la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca y a los granitoides son comparables con la Formación Cola de Zorro. La edad de esta actividad sub-volcánica probablemente coincide con la de dicha formación y puede ser estimada como Plioceno-Pleistoceno.

•

1.4 Estructura

Las estructuras principales presentan un rumbo preferente N-S; los movimientos tectónicos más importantes afectaron a la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca y no se tiene evidencias claras de efectos sobre la Unidad Volcánica El Sauce y los granitoides; el análisis fotogeológico determinó lineamientos de rumbos N-S a NNE-SSW.

Pliegues

El plegamiento de la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca descrito anteriormente; en la parte norte del área las longitudes de onda de los pliegues varían de 1,5 a 2 km, en cambio en la parte sur, este espaciamiento es mayor e irregular. La Formación Cola de Zorro, no afectada por plegamientos, presenta estructura monoclinai de rumbo N-E e inclinación de 5° - 15° al oeste, por lo tanto, los movimientos tectónicos que produjeron los pliegues son anteriores al Pleistoceno.

Fallas

Las principales fallas presentan rumbo N-S y pueden ser observadas en las laderas de los valles de los ríos; en el río Cato, el contacto por falla entre las tobas de lapilli dacíticas de la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca y las lavas andesíticas de la Unidad Volcánica El Sauce no está claramente expuesto; topográficamente existe una depresión en este contacto; la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca una inclinación más pronunciada que la Unidad Volcánica El Sauce y el salto de esta falla podría ser de más de 1.000 m, aunque la base de la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca no está expuesta.

En el río Niblinto, las tobas de lapilli dacíticas de la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca están en contacto por falla con la roca silicificada de Los

Azules; cerca de los granitoides, el ancho de la zona de falla es de 50 m y la inclinación es vertical; cerca de la zona silicificada existe una zona de cizalle con abundante brechización. Topográficamente la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca está deprimida, pero la zona silicificada es muy resistente a la erosión y sobresale en el relieve.

En el estero Pierna Blanca, las lutitas negras de la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca están en contacto por falla con los granitoides; este contacto es de 5 m de ancho con arcillas y brechas de clastos subangulares. La inclinación de la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca es más pronunciada cerca de la falla; ésta corresponde a 80° al oeste y la inclinación de la falla es de 85° al oeste.

En el estero San José las rocas clásticas de la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca están en contacto por falla con los granitoides, y en el plano de ella se ubica un dique de andesita de 15 m de ancho. También la inclinación de esta Unidad es mayor cerca de la falla y alcanza 80° - 85° al oeste. El salto de la falla es de 1.000 m aproximadamente.

En la parte sur el rumbo de esta falla es N 10° E pero en gran parte del área es N-S. Esta falla presenta fallas más pequeñas NNE-SSW que conforman una estructura "en échelon" debido a esfuerzos de tensión; está cubierta por la Formación Cola de Zorro, por lo cual, se estima que se produjo en el lapso comprendido entre el plegamiento de la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca y la depositación de la Formación Cola de Zorro. El lineamiento de esta falla puede ser observado en la Formación Cola de Zorro y posiblemente ésta ha tenido una reactivación en tiempos más recientes, lo que puede ser observado en terreno.

Como se ha expresado anteriormente el rumbo de las estructuras es preferentemente N-S a N-E y sólo las rocas metamórficas presentan una esquistosidad E-W, lo que implica que pudo producirse en otra etapa de plegamiento.

1.5 Historia geológica

En el área de estudio las rocas metamórficas parecen constituir la unidad más antigua; estas rocas se disponen como "roof pendant" sobre los granitoides en una pequeña extensión y en los sectores vecinos no existen afloramientos de esta unidad, por lo cual, no se le considera como perteneciente al basamento. Se piensa, en base a datos de terreno, que se generó con la intrusión de los granitoides por lo cual la roca original debió formarse antes del Cretácico Superior, pero persiste la duda acerca del origen de estas rocas.

La Unidad Volcánica El Sauce, de probable edad Cretácico Medio, representa la primera manifestación de actividad volcánica en ambiente continental. Después se produjo la intrusión de los granitoides acompañada de un solevantamiento general del área; se estima que podría existir una relación entre la intrusión de los pórfidos graníticos y la mineralización en San José, río Chillán, Los Azules y El Sauce.

Después de esta actividad ígnea existe un período de erosión continua que se extiende hasta el Eoceno; en esta época comienza nuevamente la actividad volcánica, evidenciada por clastos andesíticos y dacíticos en rocas piroclásticas; las condiciones ambientales de acuerdo con la flora fósil eran de alta temperatura, con abundantes lluvias y clima subtropical en una zona continental.

Los movimientos tectónicos se produjeron después de la depositación de estas rocas y corresponden a estructuras N-S. Una falla con este rumbo divide el área en 2 bloques; el bloque oriental demuestra haber ascendido con respecto al occidental, comenzando luego un nuevo proceso de erosión que se extiende hasta el Plioceno. En esta época se producen fallas que constituyen el conducto de extrusión de rocas andesíticas representadas por diques y sills. Luego aumenta la actividad volcánica con potentes erupciones de andesitas y rocas piroclásticas, constituyendo lo que se

ha denominado Formación Cola de Zorro; posteriormente, se produce una tectónica distensiva que favorece la fuerte erosión y separación del bloque andino del Valle Central, permitiendo el desarrollo de los Unidad Sedimentaria La Segunda y luego los Depósitos aluviales y coluviales recientes.

Capítulo 2 Geología económica

2.1 Generalidades

Se conocen algunos trabajos de exploración y explotación en la zona estudiada. El yacimiento aurífero de Minas del Prado fue explotado esporádicamente desde el siglo XVIII hasta 1973, actualmente se encuentra paralizado. En la zona del río San José, Ambrus y Soza (1969) realizaron un mapeo de un área de 27 km² y efectuaron 3 sondajes de 40 m, 9 m y 7 m; el intenso fracturamiento de la roca provocó problemas en la perforación e impidió un reconocimiento más profundo.

En el área estudiada existen tres tipos de depósitos minerales: a) Mineralización de cobre y molibdeno (Tipo I), b) Mineralización hipógena de oro (Tipo II), c) Placeres auríferos (Tipo III), (Tab. I-3), (PL. I-4).

1) Tipo I : Este tipo de depósitos está representado típicamente por la zona mineralizada San José emplazada en una granodiorita, cuyo origen está relacionado a la actividad ígnea de la intrusión de los granitoides de edad Cretácico Superior. Los elementos metálicos más importantes corresponden a cobre y molibdeno en forma de calcopirita y molibdenita, en vetillas, redes de fracturas y disseminación.

2) Tipo II: El tipo II corresponde al yacimiento de Minas del Prado, emplazado en rocas volcánicas y piroclásticas de la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca. Los movimientos tectónicos producidos en el rango comprendido entre la depositación de la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca y la efusión de las lavas de la Formación Cola de Zorro, dieron origen a un sistema de fallas y fracturas, donde se emplazaron vetas de cuarzo aurífero con silicificación intensa y mineralización de oro. La mena está constituida principalmente por oro nativo.

3) Tipo III : Corresponde a los placeres auríferos en la zona Minas del Prado.

Tab. I-3 RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS ZONAS MINERALIZADAS DEL AREA COIHUECO-RECINTO

	Tipo I		Tipo II	Tipo III
	Tipo I'	Tipo I''		
Minerales principales	cpy, mo	py	oro nativo	oro nativo
Minerales accesorios	py, sp, mt	py, sp	py, sp, mt, Ag	(AG)?
Minerales secundarios	malaquita, li (goethita)	hm, li	li, hm	li
Minerales de ganga	Qz, calcita	Qz	Qz	-
Minerales de alteración	silicificación, sericitización, cloritización, carbonatización.	silicificación sericitización	silicificación, cloritización, sericitización.	
Tipo de mineralización	stock work e impregnación	impregnación	veta e (impregnación)	(placer)
Control de la mineralización	no hay	no hay	fallas pequeñas	paleo-morfología
Roca encajadora	principalmente granodiorita.	principalmente roca silicificada.	lavas andesíticas y piroclásticas en la Unidad, Volcanico-sedimentaria Pierna Blanca, lavas andesíticas de Unidad Volcánica El Sauce.	Material aluvial
Localidad	San Jose, Río Chillan Estero Pierna Blanca Los Azules Sur, Río Cato	Los Azules	Minas del Prado (primaria) Sur de El Sauce El Purgatorio	Minas del Prado (secundaria)
Edad probable de mineralización	posiblemente Cretácico Superior	posiblemente Cretácico Superior	Pre-Mioceno Superior	Reciente

Abreviaturas

cpy: calcopirita mt: magnetita Qz: cuarzo Ag: plata
 mo: molibdenita py: pirita hm: hematita sp: esfalerita
 li : limonita

Estos depósitos provienen de la mineralización hipógena que fue parcialmente erosionada y depositada con sedimentos aluviales.

2.2 Mineralización

2.2.1 Mineralización de cobre y molibdeno (Tipo I)

(1) Zona mineralizada de San José (lat. S 36°48'44", long. W 71°36'08")

La mineralización está emplazada en un intrusivo granodiorítico; las concentraciones de cobre y molibdeno están relacionadas con vetas de cuarzo en el estero San José y estero San Juanito, cubriendo un área de 1 km².

Al oeste de esta zona mineralizada, existe una falla que pone en contacto la granodiorita con la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca en la que no existe mineralización. La granodiorita está cubierta por lavas andesíticas de la Formación Cola de Zorro, sin mineralización.

La mena primaria consiste en calcopirita, molibdenita, esfalerita, pirita, magnetita y pirrotina; los minerales secundarios son malaquita y limonita (probablemente goethita).

Al microscopio se observa esfalerita en forma de estrellas y pirita como inclusiones en la calcopirita; la pirita está rodeada por un halo limonítico. La molibdenita se encuentra aislada y a veces asociada con calcopirita. La roca encajadora es una granodiorita con textura hipidiomorfa de grano medio, localmente con facies porfíricas; ambos tipos litológicos están mineralizados. Al microscopio se observa cuarzo anhedral, plagioclasa euhedral, feldespato potásico anhedral, biotita café euhedral, hornblenda euhedral y algunos minerales opacos. La alteración consiste en sericitización, carbonatización, silicificación y cloritización; generalmente la alteración es débil y no se observa zonación. La plagioclasa (oligoclasa) está alterada

un 20 - 40 % a sericita y un 20 % a calcita; el 20 % del feidespato potásico está transformado a sericita, el 10 - 30 % a clorita y el 10 % a calcita; un 30 % a 100 % de biotita está transformada en clorita 10 % a sericita y/o muscovita 5 - 10 % a calcita; el cuarzo secundario es similar a los fenocristales de cuarzo primarios, en roca fresca la proporción es de 30 % y en roca alterada aumenta a 40 %.

(1) Afloramiento del estero San José. - A lo largo del estero San José, en una extensión de 1 km, existen afloramientos mineralizados. La mineralización está concentrada en unos 400 m (Fig. I-3), en los afloramientos se realizó un muestreo tipo "chip sampling" en que cada muestra abarcó un metro cuadrado; las muestras fueron analizadas por cobre y molibdeno.

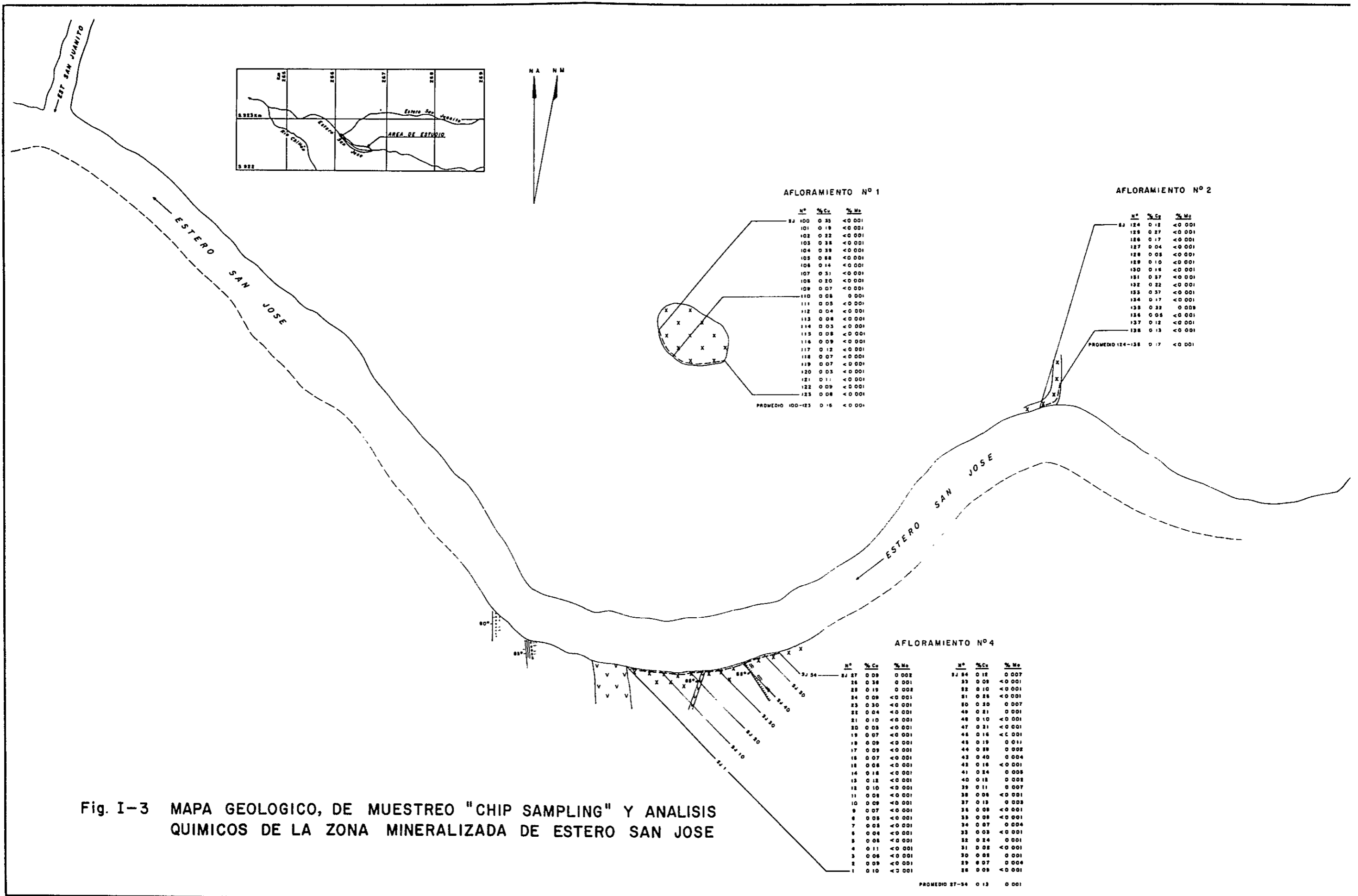
- Afloramiento N° 1. - Este afloramiento está ubicado en la ribera norte del estero San José y tiene una longitud de 30 m y un ancho de 20 m. La roca encajadora es una granodiorita color café amarillento a negro. La mineralización consiste en malaquita diseminada y pequeñas cantidades de piritita en vetillas.

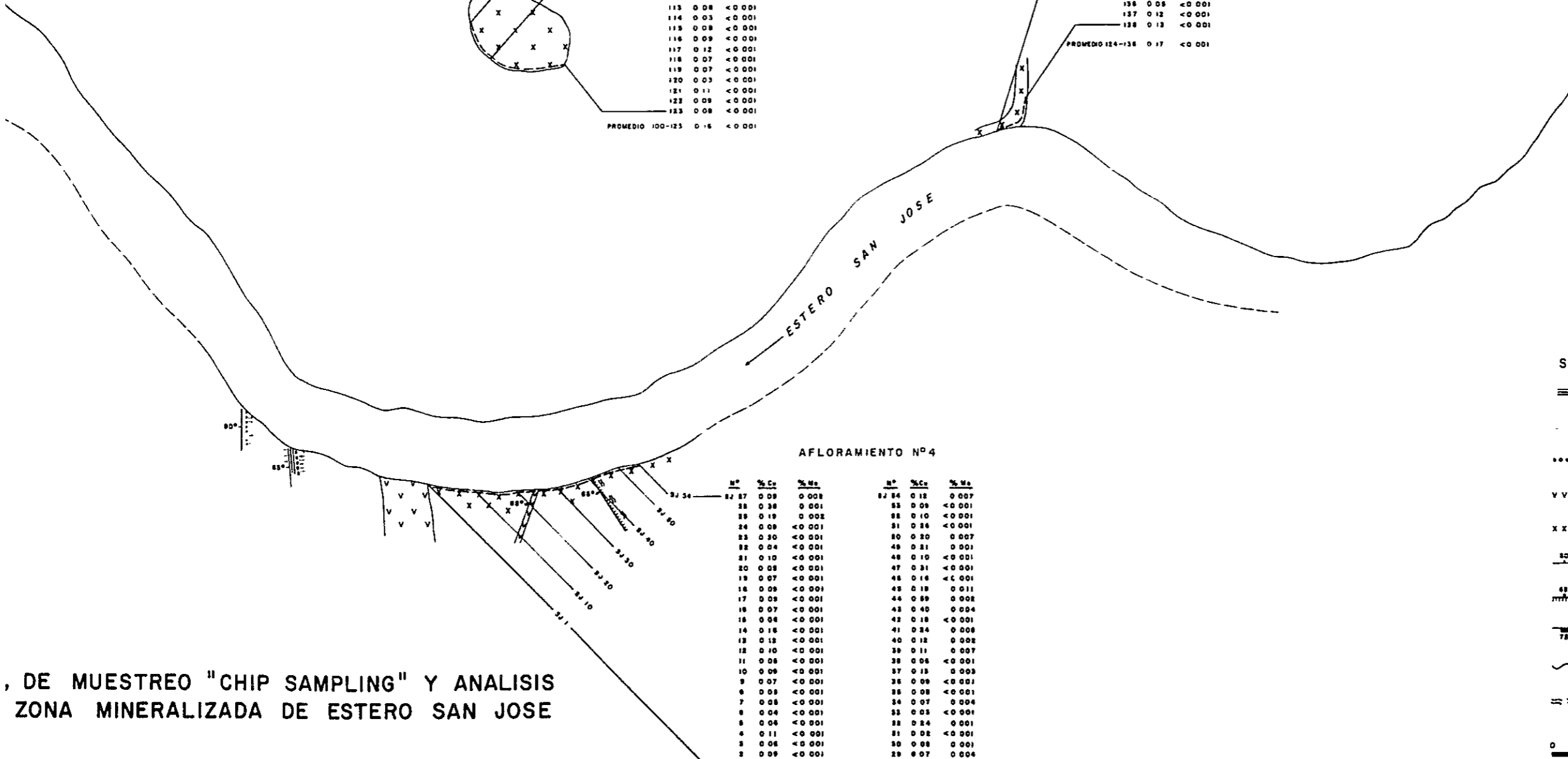
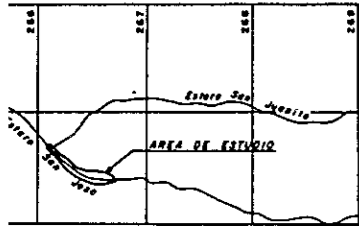
La alteración consiste en cloritización extensiva y sericitización puntual.

El promedio de los análisis químicos y los valores máximo y mínimo son los siguientes :

Muestra N°	Longitud de muestreo	Cu (%)	Mo (%)	Observaciones
SJ-100 a SJ-123	24 m	0,16	< 0,001	promedio
	1 m	0,58	0,001	valor máximo
	1 m	0,04	< 0,001	valor mínimo

Muestra N°	long. de muestreo	Au (ppb)	Ag (ppm)	Cu (%)	Pb (ppm)	Mo (ppm)	Zn (%)	S (%)	Observaciones
E-26	1 m	< 40	14	1,60	178	3	0,80	0,48	ship sampling





AFLORAMIENTO N° 1

N°	% Cu	% Mo
100	0.35	<0.001
101	0.19	<0.001
102	0.22	<0.001
103	0.38	<0.001
104	0.39	<0.001
105	0.38	<0.001
106	0.14	<0.001
107	0.31	<0.001
108	0.20	<0.001
109	0.07	<0.001
110	0.08	<0.001
111	0.05	<0.001
112	0.04	<0.001
113	0.08	<0.001
114	0.03	<0.001
115	0.08	<0.001
116	0.09	<0.001
117	0.12	<0.001
118	0.07	<0.001
119	0.07	<0.001
120	0.03	<0.001
121	0.11	<0.001
122	0.08	<0.001
123	0.08	<0.001
PROMEDIO 100-123	0.16	<0.001

AFLORAMIENTO N° 2

N°	% Cu	% Mo
124	0.12	<0.001
125	0.27	<0.001
126	0.17	<0.001
127	0.04	<0.001
128	0.09	<0.001
129	0.10	<0.001
130	0.16	<0.001
131	0.27	<0.001
132	0.22	<0.001
133	0.37	<0.001
134	0.17	<0.001
135	0.22	0.009
136	0.08	<0.001
137	0.12	<0.001
138	0.13	<0.001
PROMEDIO 124-138	0.17	<0.001

AFLORAMIENTO N° 3

N°	% Cu	% Mo
139	0.18	<0.001
138	0.11	<0.001
134	0.10	<0.001
133	0.08	<0.001
132	0.13	<0.001
131	0.10	<0.001
130	0.02	<0.001
129	0.08	<0.001
128	0.28	<0.001
127	0.21	<0.001
126	0.08	<0.001
125	0.14	<0.001
124	0.04	<0.001
123	0.11	<0.001
122	0.18	<0.001
121	0.13	<0.001
120	0.08	<0.001
119	0.20	<0.001
PROMEDIO 120-139	0.12	<0.001

AFLORAMIENTO N° 4

N°	% Cu	% Mo	N°	% Cu	% Mo
27	0.09	0.002	34	0.12	0.007
28	0.38	0.001	33	0.09	<0.001
29	0.19	0.002	32	0.10	<0.001
24	0.09	<0.001	31	0.26	<0.001
23	0.20	<0.001	30	0.20	0.007
22	0.04	<0.001	29	0.21	0.001
21	0.10	<0.001	28	0.10	<0.001
20	0.08	<0.001	27	0.31	<0.001
19	0.07	<0.001	26	0.16	<0.001
18	0.09	<0.001	25	0.12	0.011
17	0.09	<0.001	24	0.09	0.002
16	0.07	<0.001	23	0.40	0.004
15	0.06	<0.001	22	0.12	<0.001
14	0.12	<0.001	21	0.24	0.008
13	0.12	<0.001	20	0.12	0.002
12	0.10	<0.001	19	0.11	0.007
11	0.08	<0.001	18	0.08	<0.001
10	0.09	<0.001	17	0.13	0.003
9	0.07	<0.001	16	0.09	<0.001
8	0.08	<0.001	15	0.08	<0.001
7	0.08	<0.001	14	0.07	0.004
6	0.04	<0.001	13	0.03	<0.001
5	0.06	<0.001	12	0.24	0.001
4	0.11	<0.001	11	0.02	<0.001
3	0.06	<0.001	10	0.08	0.001
2	0.09	<0.001	9	0.07	0.004
1	0.10	<0.001	8	0.08	<0.001
PROMEDIO 27-34	0.13	0.001			

SIMBOLOGIA

- ≡ Lutita
- Arenisca
- Conglomerado
- v v v Andesita (dique)
- x x x Granodiorita con máficas clarificadas
- 30° Estrato
- 45° Falla
- 75° Fractura
- ~ Contacto geológico
- ≡≡ Zona de cizalla



DE MUESTREO "CHIP SAMPLING" Y ANALISIS ZONA MINERALIZADA DE ESTERO SAN JOSE

- Afloramiento N° 2. - Este afloramiento está ubicado en la ribera norte del estero San José y tiene una longitud aproximada de 15 m y un ancho de 2 m; petrográficamente es similar al afloramiento N° 1.

La roca es una granodiorita café amarillenta con mineralización de malaquita y limonita (posiblemente goethita), la limonita se encuentra a lo largo de fracturas. La alteración consiste en cloritización y sericitización, existiendo lentes de muscovita de hasta 1 m de largo. El fracturamiento es irregular con vetas de cuarzo muy delgadas y polidireccionales. A lo largo de las fracturas hay limonitas y minerales de manganeso.

El promedio de los análisis químicos y los valores máximo y mínimo son los siguientes :

Muestra N°	Longitud de muestreo	Cu (%)	Mo (%)	Observaciones
SJ-124 a SJ-138	15 m	0,17	< 0,001	promedio
	1 m	0,37	0,009	valor máximo
	1 m	0,05	< 0,001	valor mínimo

- Afloramiento N° 3. - Este afloramiento está ubicado al norte del estero San José y cubre una extensión de 10 m de longitud por 4 m de ancho. Petrográficamente es similar a los afloramientos N° 1 y N° 2. La roca encajadora corresponde a una granodiorita pardo amarillenta. La mineralización consiste en pirita, calcopirita y limonita en manchas de 10 cm y diseminada, además hay malaquita. La alteración es principalmente cloritización y sericitización muy local; en algunos lugares hay núcleos con muscovita de 5 cm de diámetro.

El promedio y los valores máximo y mínimo de los análisis químicos son los siguientes :

Muestra N°	Longitud de muestreo	Cu (%)	Mo (%)	Observaciones
SJ-139 a SJ-156	18 m	0,12	< 0,001	promedio
	1 m	0,25	< 0,001	valor máximo
	1 m	0,04	< 0,001	valor mínimo

- Afloramiento N° 4. - Este afloramiento está ubicado al sur del estero San José y tiene una longitud de 60 m; la roca encajadora corresponde a una granodiorita gris claro intruida por diques de andesita sin mineralización; unos 30 m al oeste aflora la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca que tampoco está mineralizada. Los minerales presentes son calcopirita y pirita en vetillas y diseminada, además molibdenita en vetillas asociada a una falla de rumbo N 34°W e inclinación de 65°SW. La alteración consiste principalmente en cloritización, silicificación y sericitización débil con vetillas de cuarzo muy irregulares y de baja densidad, la sericitización es muy intensa cerca de la falla.

El promedio y los valores máximo y mínimo de los análisis químicos es el siguiente :

Muestra N°	Longitud de muestreo	Cu (%)	Mo (%)	Observaciones
SJ-1 a SJ-54	54 m	0,13	0,001	promedio
	1 m	0,59	0,011	valor máximo
	1 m	0,02	< 0,001	valor mínimo

Muestra N°	Long. muestr.	Au (ppb)	Ag (ppm)	Cu (%)	Cu/sol (%)	Mo (%)	Pb (ppm)	Zn (%)	As (ppm)	Fe %	S %	Observaciones
B-24	0,3 m	40	11	0,63	0,04	0,28	166	0,12	800	3,95	1,14	Muestra en Zona de falla

- Afloramiento del estero San Juanito. - Está ubicado a 1 km de la confluencia con el estero San José; la mineralización se extiende a lo largo de 100 m. Unos 500 m al este hay otro afloramiento de granodiorita con cloritización débil y sin mineralización. La roca encajadora es una granodiorita café amarillenta a gris claro intruida por un dique de andesita que no presenta mineralización. Los minerales son calcopirita, pirita y malaquita en vetillas y diseminada. Este afloramiento es algo diferente al del estero San José; existen vetillas de rumbo N 30° E e inclinación 60° - 80° al oeste y potencia media 2 a 3 cm, con calcopirita, pirita y cuarzo. Hay 10 vetillas por metro cuadrado de potencia variable entre 0,2 a 3 cm. La alteración corresponde a cloritización, silicificación y sericitización débil.

Las observaciones y datos de los análisis químicos de un muestreo tipo "chip sampling" se señalan en la Fig. I-4.

El promedio y los valores máximo y mínimo de los análisis químicos son los siguientes:

Muestra N°	Longitud de muestreo	Cu (%)	Mo (%)	Observaciones
J-1 a J-50	50 m	0,12	< 0,001	promedio
	1 m	0,41	0,009	valor máximo
	1 m	0,02	< 0,001	valor mínimo

Muestra N°	Long. muestreo	Cu (%)	Cu/sol (%)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Mo (ppm)	As (ppm)	Ag (ppm)	Au (ppm)	Fe (%)	S (%)
B-7	1 m	0,14	0,01	< 2	97	3	5	0,4	40	6	0,25

(2) Manifestaciones de mineralización en el río Chillán (lat. S 36° 50' 10", long. W 71° 33' 54")

En el curso superior del río Chillán hay cinco sectores que presentan mineralización en área muy restringida; uno de estos sectores está ubicado a 1,3 km al sur de la zona mineralizada de San José; los otros cuatro sectores están ubicados a 3.5 km al naciente de este punto y se distribuyen en un área de 1 km². La mineralización es relativamente escasa y consiste en calcopirita y pirita diseminada y en vetillas emplazadas en la granodiorita; existe escasa cloritización y silicificación.

(3) Manifestaciones de mineralización en el estero Pierna Blanca (lat. S 36° 47' 05", long. W 71° 34' 27")

En el curso superior del estero Pierna Blanca, en dos sectores distanciados 1 km, existe mineralización de calcopirita y pirita diseminada y en vetillas en una granodiorita. La potencia de las vetillas es menor de 1 cm y tienen cuarzo, calcopirita y pirita, la diseminación es escasa. La alteración consiste en cloritización débil; no se observó silicificación ni sericitización.

(4) Manifestaciones de mineralización en Los Azules (lat. S 36° 43' 03", long. W 71° 34' 14")

En el río Niblinto, a 0,5 km al sureste de Los Azules, existe una vetilla de cuarzo y calcopirita de 3 mm de potencia con rumbo E-W y de 35° de inclinación al sur. Esta vetilla está emplazada en granodiorita con escasa cloritización.

(5) Manifestaciones de mineralización en el río Cato (lat. S 36° 38' 06", long. W 71° 34' 31")

A unos 600 m al este de la confluencia del río Cato con la quebrada Los Hormigones se puede observar el contacto entre la Unidad Volcánica El Sauce y el granito del cerro Peñasquillos. El granito, intensamente fracturado, muestra en los afloramientos de la ribera norte y sur del río Cato, abundante pirita diseminada y en vetillas, de pequeña extensión. El afloramiento de la ribera norte se encuentra en el corte del camino, en tanto que el de la ribera sur fue dejado al descubierto por una avalancha en el fondo de una quebrada.

(6) Zona mineralizada de Los Azules (lat. S 36°43'36", long. W 71°35'02")

Esta zona mineralizada se ubica en el río Niblinto y cubre un área de 2 km en sentido este-oeste, por 0,5 km de ancho; consiste en un depósito de pirita diseminada en una roca silicificada y en gneisses. Las rocas de la Formación Cola de Zorro que sobreyacen esta unidad no están mineralizadas. La zona está limitada por la falla principal N-S, no encontrándose afloramientos de la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca, como fue observado en San José.

La roca silicificada es café intenso, muy dura y forma un farellón de unos 50 m de alto en el borde del río Niblinto. No se conoce la roca original. La roca silicificada tiene abundante cuarzo y muscovita y algo de epidota y zircón. Los minerales metálicos corresponden a pirita euhedral entre los cristales de cuarzo y dentro de éstos. En la zona piritizada hay pirrotina y esfalerita con hematita.

En la zona pirítica existen 5 socavones de exploración, dos de éstos están derrumbados en la entrada. El mayor de estos socavones tiene 8 m de longitud y posee escasa mineralización de pirita.

En el socavón hay vetillas de cuarzo sin pirita, mineral que aparece solo diseminado. Las fracturas NE y EW son estériles (Fig. I-5).

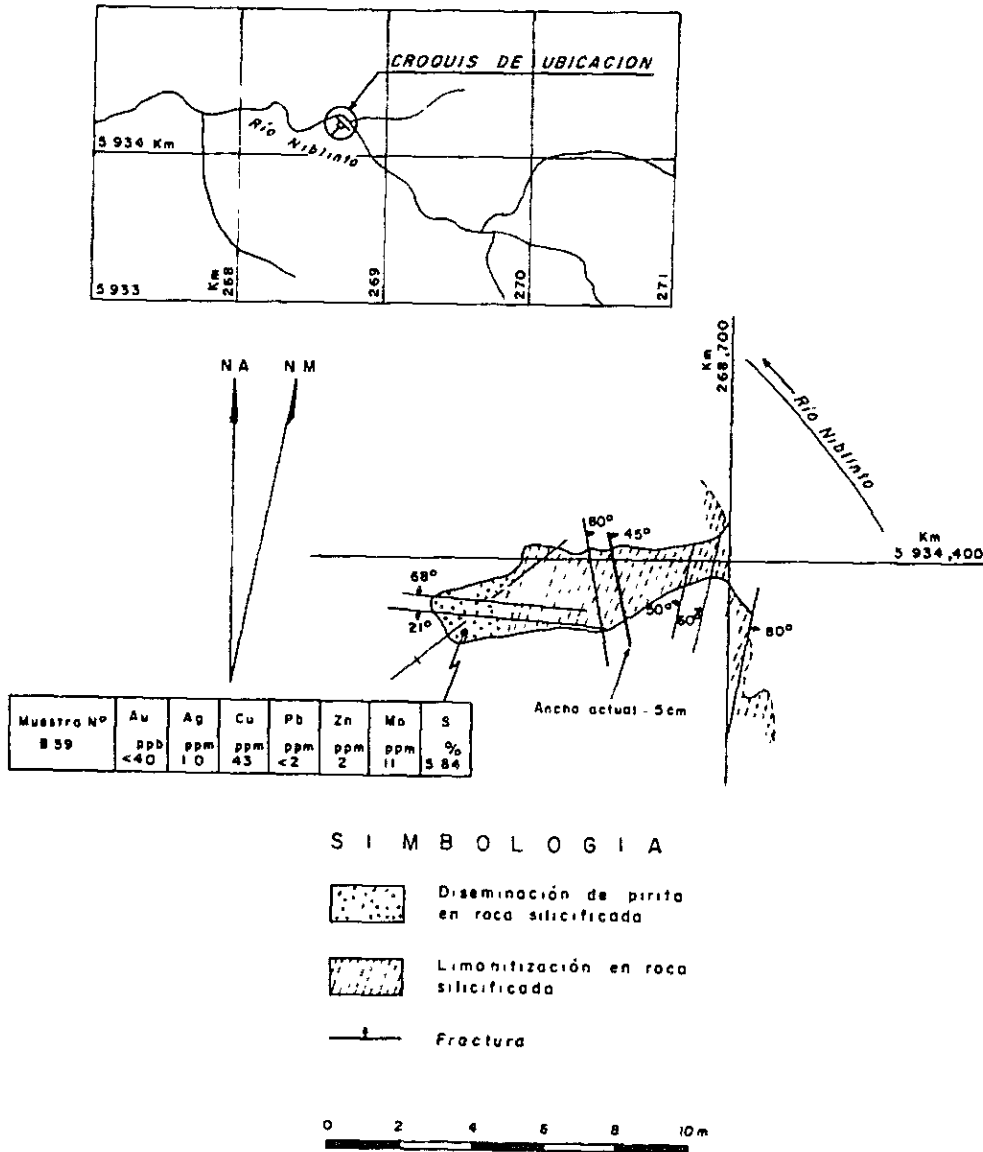


Fig. I-5 CROQUIS GEOLOGICO DE LA ZONA MINERALIZADA LOS AZULES

El muestreo "chip sampling" dió el siguiente resultado :

Muestra N°	Au (ppm)	Cu tot. (ppm)	Cu/sol. (%)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Mo (ppm)	As (ppm)	Fe (%)	S (%)	Ubicación
B-59	< 40	43	< 0,01	< 2	2	11	300	7,90	5,84	Fig. I-5 en socavón
B-71	< 40	48	< 0,01	34	33	13	8	7,07	0,60	Afloramiento al N río Niblinto.
B-72	< 40	7	< 0,01	4	3	5	5	3,03	0,03	Afloramiento al S río Niblinto.

2.2.2 Mineralización hipógena de oro (Tipo II)

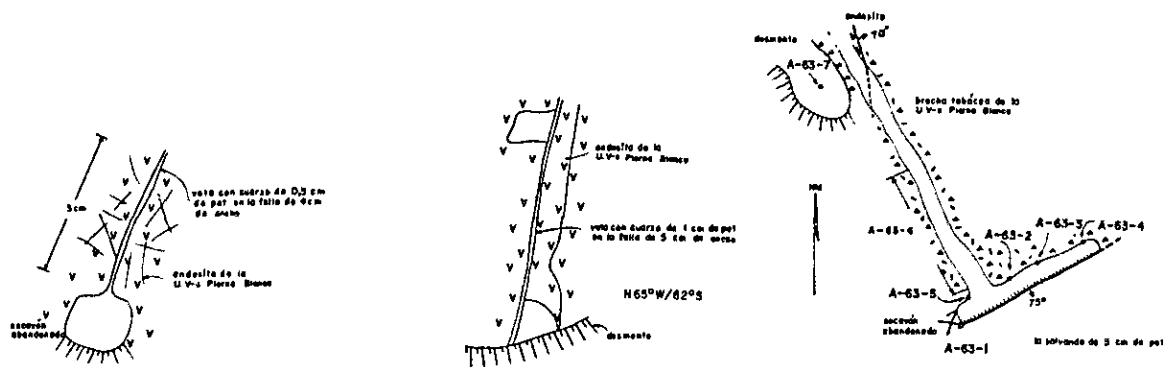
(1) Zona mineralizada de Minas del Prado (lat. S 36°40'42", long. W 71°41'10")

Esta zona mineralizada se ubica a unos 2 km al SSE del pueblo de Minas del Prado. La existencia de mineralización de oro era conocida desde fines del siglo XVIII y fue trabajada en pequeña escala hasta 1973, actualmente se encuentra paralizada; en la mina hay un socavón y un rajo.

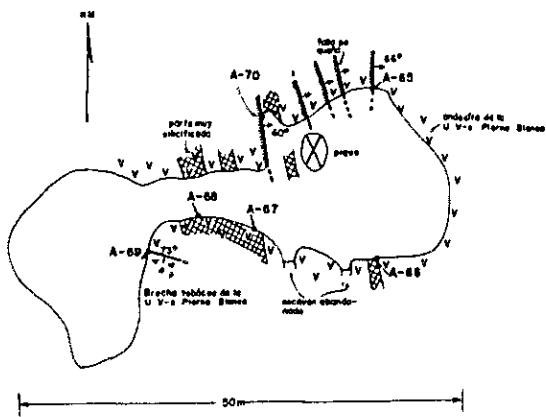
La mineralización de oro, que no fue observada macroscópicamente, se encuentra concentrada principalmente en vetas de cuarzo y de arcilla y en una zona silicificada intensamente con pirita diseminada. El objetivo de este trabajo es determinar dónde se encuentra la mayor concentración de oro. Se pudo diferenciar tres tipos de mineralización (Fig. I-6).

- a) Vetas de cuarzo y de arcilla
- b) Zona silicificada media a fuerte
- c) Zona silicificada media a débil o sin silicificación

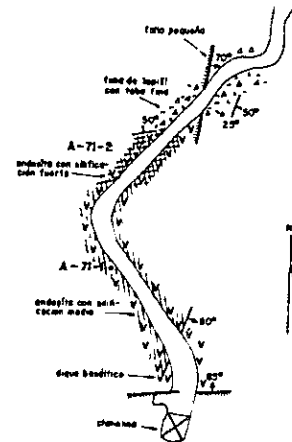
a) Vetas de cuarzo y de arcilla. - La roca encajadora corresponde a andesitas, tobas brechosas andesíticas y tobas de lapilli andesíticas de la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca. Las vetas de cuarzo están emplazadas en fallas de



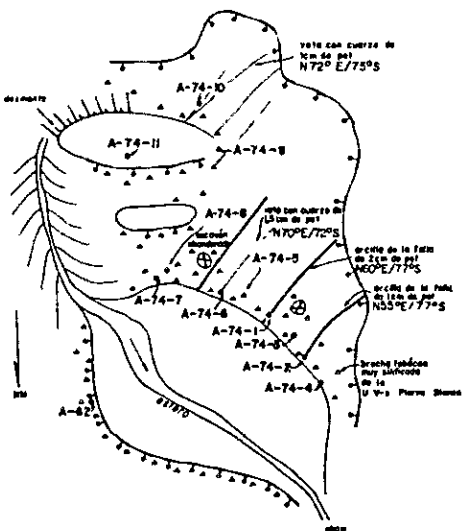
(I) Croquis de perfil del punto A-25 (II) Croquis de perfil del punto A-26 (III) Croquis de la planta del punto A-63



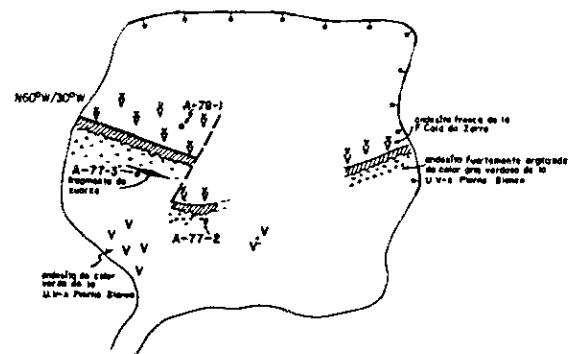
(IV) Croquis de la planta del punto A-65 ~ A-70



(V) Croquis de la planta del punto A-71



(VI) Croquis del laboreo principal A-62, A-74



(VII) Croquis de perfil del punto A-77

Fig. I-6 CROQUIS GEOLOGICO Y UBICACION DE MUESTRAS EN MINAS DEL PRADO

pequeño desplazamiento, la potencia varía entre 0,5 y 5 cm. Los minerales corresponden a cuarzo, algo de feldespato potásico, montmoril onita, halloysita hidratada y magnetita que puede estar transformada en hematita. El oro nativo no fue observado al microscopio. Los resultados de los análisis químicos fueron los siguientes:

Muestra N°	Rumbo e inclinación	Potencia (cm)	Au (g/t)	Ag (g/t)
A-25	N 75° E/68° S	0,5	0,1	<0,2
A-26	N 65° E/78° S	1,0	4,3	1,0
A-74-11	-	0,3	8,0	1,4 (rodado de veta)

Los valores de oro señalados en el cuadro corresponden a los mas altos encontrados en la zona. Hay 5 o 6 vetas de cuarzo paralelas de rumbo N 65° - 75° E con inclinación de 60° - 70° al sur; la corrida no se puede determinar pues las observaciones fueron hechas en el borde del rajo, pero de acuerdo con la longitud de un socávon corrido por una de las vetas, parecen no tener gran extensión. La densidad de las vetas no es clara, porque los afloramientos son malos, pero se puede estimar un distanciamiento de 40 a 50 m.

Las vetas de arcilla corresponden principalmente a fallas y tienen 1,0 cm a 80 cm de potencia y el promedio es de 10 cm. Presentan color gris claro principalmente; algunas contienen fragmentos de vetas de cuarzo y otras solamente arcilla. Análisis de rayos X permiten determinar feldespato potásico, algo de clorita y escasa limonita. El oro presenta valores altos puntuales, pero el promedio es relativamente bajo. A continuación se presentan los resultados del análisis químico.

Muestra N°	Rumbo e inclinación	Potencia (cm)	Au (g/t)	Ag (g/t)	Observaciones
A-32	N 60° E/57° S	10,0	0,06	<0,2	
A-65	N-S /66° E	5,0	0,04	<0,2	
A-70	N 8° E/62° E	8,0	2,5	0,4	fragmentos de cuarzo
A-74-1	N 60° E/77° S	2,0	0,08	0,5	
A-76-2	N 55° E/77° S	1,0	0,08	1,2	
A-76-6	N 70° E/72° S	1,5	1,3	1,1	fragmentos de cuarzo
A-76-10	N 66° E/77° S	5,0	1,0	1,2	fragmentos de cuarzo
A-75-2	N 65° E 75° S	15,0	50,0	30,0	
A-75-3	N 68° E/75° S	10,0	0,18	<0,2	
A-76-1	N 55° E/90°	80,0	2,1	2,8	
A-81	N 38° E/73° S	1,5	0,06	1,7	con limonita

La desidad de las vetas en la parte central y sur del yacimiento es alta; la distancia entre estas es de 3 a 5 m y son paralelas; el rumbo predominante es aproximadamente N 50° E, algunas son norte-sur y la inclinación es 75° al sur. Algunas de estas vetas tienen fragmentos de cuarzo lo cual puede indicar reactivación de las fallas. La roca encajadora presenta diversos grados de silicificación en la zona de las vetas; en pocos lugares existe montmorillonitización y cloritización.

b) Zona silicificada media a fuerte. Esta zona se distribuye entre las vetas del tipo a) o donde estas no existen. La roca alterada corresponde a la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca.

Existen 5 o 6 zonas silicificadas dispuestas en frajas con orientación aproximadamente N 50° E, de 50 a 100 m de ancho que no fueron reconocidas en detalle. La roca alterada presenta silicificación media a fuerte en las vesículas de andesita y en fracturas pequeñas e irregulares, e intensamente en la matriz de las rocas piroclásticas. Existe también algo de sericitización, feldespatos potásico secundario y pirita diseminada (3% a 5%). La pirita es de grano muy fino y euhedral, a veces

rodeando los fragmentos de lapilli; es común observar pequeñas cantidades de calcopirita rodeando pirita.

Algunos cristales de pirita están oxidados en los bordes a hematita y limonita.

En este trabajo no se pudo observar oro nativo al microscopio.

Los análisis químicos realizados dieron los siguientes resultados (las muestras rotuladas A-63 fueron obtenidas cada 3 m):

Muestra N°	Au (g/t)	Ag (g/t)	Litología	Alteración
A-55	0,38	0,2	Andesita brechosa	silicificación media a fuerte
A-60	0,16	0,3	Andesita	silicificación
A-62	<0,04	<0,2	Toba brechosa	silicificación media
A-63-1	0,20	0,4	"	"
A-63-2	0,38	0,4	"	"
A-63-3	0,12	0,3	"	"
A-63-4	0,80	0,5	"	"
A-63-5	0,38	0,5	"	"
A-63-7	2,8	1,3	"	" a fuerte (rodado)
A-66	0,23	0,2	Andesita	silicificación con limonitización.
A-67	< 0,04	0,2	"	silicificación media a fuerte, cuarzo, zeolita en vesículas.
A-68	0,04	0,2	"	silicificación fuerte
A-71-1	0,10	< 0,2	"	silicificación media
A-71-2	0,28	0,2	"	silicificación fuerte
A-73-2	0,14	0,2	"	"
A-74-3	0,04	0,3	Toba lapilli	silicificación media
A-74-4	1,2	1,1	Toba brechosa	silicificación fuerte con cuarzo en vesículas
A-74-5	2,7	1,1	"	silicificación media
A-74-7	5,6	1,1	"	silicificación fuerte y pirita
A-74-9	4,4	1,1	"	silicificación fuerte
20	1,0	0,46	Promedio	

c) Zona con silicificación débil o sin silicificación. - Estas rocas se muestran alternadas con el tipo b) y se ubican en la parte sur del yacimiento. La roca alterada corresponde a las mismas rocas descritas anteriormente, andesitas y rocas piroclásticas andesíticas gris blanco con argilización; la débil zona de argilización es verde, tiene limonita, hornblenda y pirita diseminada. Los resultados de los análisis químicos son los siguientes:

Muestra N°	Au (g/t)	Ag (g/t)	Alteración y observaciones
A-63-6	< 0,04	< 0,2	Silicificación débil, argilización débil
A-69-1	< 0,04	< 0,2	Limonitización
A-69-2	< 0,04	0,2	
A-72	0,24	< 0,2	Silicificación débil, limonitización
A-73-1	0,18	< 0,2	Limonitización
A-75-1	0,06	< 0,2	
A-76-2	0,08	< 0,2	Pirita diseminada
A-79-4	< 0,04	< 0,2	Pirita diseminada
A-78	0,12	0,6	Silicificación débil
A-79	< 0,04	0,2	Pirita diseminada
A-58	0,90	< 0,2	Pirita diseminada

Consideraciones sobre la mineralización en el área de Minas del Prado. -

En esta zona las concentraciones de oro más altas están ubicadas en las vetas con cuarzo y arcilla. En la zona silicificada media a fuerte y en la zona silicificada débil o sin silicificación existe muy baja concentración. En los tipos numerados a) y b) los valores de oro son muy variable y los de plata son muy bajos.

La mineralización de oro está relacionada al proceso de silicificación como ha sido descrito en los tipos a) y b).

(2) Zona mineralizada El Sauce (lat. S 36° 38'18", long. W 71° 32'08")

A unos 3 km al este de la quebrada Los Hormigones, en el sector de El Sauce, existen afloramientos de andesita intensamente silicificados y en parte sericitizados con diseminación de pirita (3 %) y manchas de limonita. La pirita se encuentra también rellenando fracturas de potencia menor de 3 mm. Esta zona mineralizada parece estar relacionada con una falla de rumbo aproximado N 10° E

(3) Zona mineralizada El Purgatorio (lat. S 36° 38'42", long. W 71° 35'10")

A 2 km al sur de la confluencia de la quebrada El Purgatorio con el río Cato, existe una zona de alteración con intensa silicificación y cloritización en andesitas de la Unidad Volcanica El Sauce. Al oeste de la quebrada mencionada, en el fondo de dos quebradas tributarias se encontraron dos vetas de cuarzo. La veta N° 1 ubicada más al norte cruza oblicuamente la quebrada y posee rumbo E-W e inclinación de 60° al sur; la potencia es de 2,5 cm y tiene una corrida de 2 a 3 m de extensión. La veta N° 2 ubicada más al sur está localizada a unos 300 m de la anterior, en ella existe un laboreo de 14 m de largo y 0,5 m de ancho. En la parte oeste, la veta laboreada se bifurca en 2 ramas: una de éstas conserva el rumbo de la veta principal, pero es muy irregular y parece desaparecer hacia el oeste. La otra rama presenta rumbo N 25° E e inclinación de 80° al sureste, su potencia media es 2 cm.

A 500 m de los afloramientos descritos existe una zona de 10 m de largo por 2 m de ancho de andesita cloritizada con vetas de cuarzo de potencia promedio 20 cm, muy irregular y con boxwork de pirita. Estas vetas fueron exploradas rudimentariamente hace unos 4 años por los lugareños.

El resultado químico de los análisis de las vetas fue:

Muestra N°	Potencia (cm)	Au (ppm)	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Localidad
F-71	2	105	32	8	-	23	oeste Qda. Purgatorio
F-74	20	(ppb) <40	0,6	141	<2	57	este Qda. Purgatorio

La Fig. I-7 corresponde a un esquema de los afloramientos descritos.

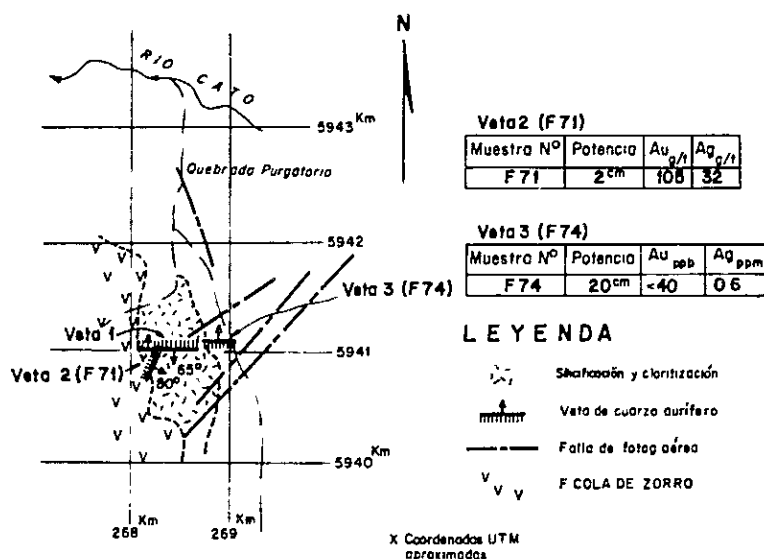


Fig I-7 ESQUEMA GEOLOGICO ZONA QUEBRADA EL PURGATORIO

2.2.3 Placeres auríferos (Tipo III)

(1) Depósitos Aluviales Cuaternarios

Al NW del yacimiento Minas del Prado afloran depósitos aluviales que se disponen discordantemente sobre la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca y la Unidad Sedimentaria La Segunda. En el área donde se distribuyen los tipos anteriormente enumerados hubo trabajos de extracción de oro por medio de calicatas, zanjas y pequeños rajos.

El sedimento es de naturaleza volcánica y está constituido por rodados de andesita; el tamaño de éstos varía entre 5 y 10 cm de diámetro. El ripio presenta

limonita en la matriz y alrededor de los rodados, y a veces pequeñas capas de limonita pardo oscuro. Estratos limonitizados se alternan con el ripio. Los resultados de los análisis de las capas con limonita fue el siguiente:

Muestra N°	Au (g/t)	Ag (g/t)
A-12	< 0,04	< 0,2
A-15	< 0,04	< 0,2
A-16	< 0,04	< 0,2
A-18	0,12	< 0,2
A-19	< 0,04	< 0,2
A-20	< 0,04	< 0,2
A-21	< 0,04	< 0,2
A-21-1	< 0,04	0,3
A-35	0,34	< 0,2
A-51	< 0,04	< 0,2
A-52	< 0,04	< 0,2

Los valores de oro son demasiado bajos si se considera que esta zona fue explotada. Pero algunas muestras son buenos indicadores de que se trata de un placer originado en la zonas denominadas a), b), c) de Minas del Prado. La información recogida no permite establecer la importancia de este placer.

2.3 Consideraciones

En esta área se han definido tres tipos de depósitos minerales (Tab. I-3).

Tipo I. - (Mineralización de cobre y molibdeno). - Corresponde a depósitos emplazados en la granodiorita del Cretácico Superior. La etapa de mineralización puede ser ubicada en el Cretácico Superior a Pre-Eoceno. La mineralización está cerca de la falla principal regional y puede representar una zona de debilidad indirectamente relacionada con ésta. Este tipo de depósito está representado por el Prospecto

San José.

El Prospecto San José abarca aproximadamente 1 km² y presenta minerales primarios y alteración hidrotermal similares a los yacimientos tipo pórfido cuprífero, sin embargo no se observa zonación y tampoco es posible determinar el área total de la zona mineralizada, debido a que ésta está cubierta en su mayor parte por volcanitas de la Formación Cola de Zorro; se estima que los afloramientos alterados y mineralizados reconocidos en el curso de los esteros San José y San Juanito representan una facie marginal del cuerpo cubierto. Por consiguiente es necesario obtener información de los fenómenos que podrían existir bajo dicha formación mediante técnicas indirectas (geofísica, etc.).

La zona mineralizada de Los Azules presenta silicificación intensa y sericitización pero los valores de cobre y molibdeno son bajísimos comparados con San José, por lo cual no presenta interés.

Las manifestaciones de mineralización en el río Chillán y en otras zonas son escasas y los valores de cobre y molibdeno son muy bajos.

Tipo II. - (Mineralización hipógena de oro). - El yacimiento aurífero de Minas del Prado está emplazado en la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca a partir de él se ha formado el placer del mismo nombre. Vetas-fallas de algunos centímetros, con cuarzo aurífero se emplazan en la Unidad Volcánica El Sauce. En Minas del Prado, la mineralización está relacionada a una zona silicificada, el oro se encuentra en vetillas de cuarzo y fracturas pequeñas en una red densa. La mineralización se produjo después de la depositación de la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca y antes de la efusión de lavas de la Formación Cola de Zorro.

El proceso de mineralización en Minas del Prado se inicia con los movimientos tectónicos que dieron origen a las pequeñas fallas de dirección N 50° E e inclinación

65° SE. Posteriormente, soluciones silicatadas con oro y sulfuros ascendieron a través de las fracturas generando un sistema de vetas y redes de vetillas, asociadas a una zona silicificada.

Los problemas más importantes por resolver para conocer mejor este tipo de depósito son los siguientes:

- (1) Determinar la forma y el tamaño de la zona silicificada media a fuerte.
- (2) Determinar la densidad de vetillas, pues se sabe que existe relación directa con la concentración del oro.
- (3) La relación del oro con piritización debe ser conocida con más detalle.
- (4) Determinar exactamente los minerales que se han formado junto al oro.
- (5) Conocer la potencialidad de la zona cubierta por la Formación Cola de Zorro y la Unidad Sedimentaria La Segunda.
- (6) La relación con las rocas intrusivas no está clara y debe ser considerada con más detalle.

Las dos primeras recomendaciones son importantes al considerar el valor económico del yacimiento; es interesante conocer mediante técnicas geofísicas la extensión del cuerpo mineralizado bajo la Formación Cola de Zorro.

En el lugar denominado El Purgatorio se obtuvo 105 g/t de oro en una vetilla de cuarzo de 2 cm de potencia, por corresponder a un valor aislado, carece de interés.

Tipo III. - (Placeres de oro). - Este tipo corresponde al originado por la erosión en el yacimiento de Minas del Prado y depositación de oro en sedimentos fluviales en las cercanías del mismo. El plano de discordancia entre la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca y la Formación Cola de Zorro debe ser considerado con la mayor atención por la importancia que el paleorelieve puede haber jugado en la formación de placeres. Esta investigación puede ser llevada en conjunto con el estudio del yacimiento hipógeno.

Capítulo 3 Geoquímica

3.1 Generalidades

Simultáneamente con el estudio geológico-económico de Minas del Prado y del Prospecto San José, se realizó una prospección geoquímica estratégica en el área Coihueco-Recinto mediante sedimentos fluviales, con el objeto de detectar nuevas áreas con interés económico. Lo anterior, en consideración a la espesa vegetación que cubre gran parte de la zona estudiada, como asimismo, a los extensos sectores en que afloran volcanitas recientes cubriendo las unidades mas antiguas.

3.2 Recolección de muestras

Las muestras fueron recolectadas en la vasta red de drenaje que ofrece la región y corresponden a sedimentos activos, en general con materia orgánica, cuya granulometría varía de arenas a arcillas.

Se recolectaron un total de 327 muestras en un área de 612 km², con una densidad promedio de 0,53 muestra por km². Las áreas con mayor densidad de muestreo se ubicaron en el río Cato y en los esteros Pierna Blanca, San Juanito y San José.

En terreno, las muestras fueron tamizadas a aproximadamente 50 mallas y enviadas húmedas al laboratorio. La cantidad de muestra tomada fue del orden de 200 gr.

Para la ubicación de las muestras en terreno se empleó un mapa a escala 1: 50.000, indicándose al mismo tiempo el ambiente geológico en que fueron recolectadas.

3.3 Análisis de las muestras

En el Laboratorio Químico del IIG en Santiago, las muestras de sedimentos

fueron secadas a temperatura ambiente y tamizadas a 80 mallas. Posteriormente fueron sometidas a un ataque químico parcial con HCl, HNO₃ y HClO₄.

Las soluciones obtenidas de todas las muestras, fueron analizadas en un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer 403, por los siguientes elementos: Cu, Pb, Mn y Ag. Los análisis de Mo se efectuaron por colorimetría y los de As por el método de Gutzeit (cromatografía). En forma adicional, un set de 49 muestras del área de Minas del Prado, se analizó por Au mediante absorción atómica.

Con el objeto de conocer el error de muestreo, se recolectó una de cada 20 muestras en forma duplicada, graficándose en una hoja de control de precisión, la media de los resultados versus la diferencia entre ellos. Por otra parte, el error analítico se determinó de igual forma, mediante duplicados que entrega el Laboratorio Químico.

No se consideran los elementos As y Ag, por presentarse por lo general, bajo los respectivos límites de detección. Los resultados y la precisión a un nivel de confianza de 95 % se indican en la siguiente tabla:

Elemento	Límite de detección (ppm)	Error de muestreo Precisión (n=) (%)	Error analítico Precisión (n=) (%)
Cu	10	± 6	± 4
Zn	20	± 7	± 3
Mn	5	± 5	± 3
Mo	1	(°) ± 40	(°) ± 30

(°) Los altos valores de error de muestreo y analítico del Mo, se deben a que los contenidos de este elemento son muy bajos, y por consiguiente, pequeñas diferencias en la duplicación de resultados influyen al graficarlos en las tablas de control de precisión.

3.4 Tratamiento estadístico de los datos

Los resultados analíticos fueron procesados en el computador I. B. M. 360/50

de la Empresa Nacional de Computación a Informática Ltda. (ECOM), mediante los programas GESTAT y FACTOR ANALISIS, disponibles en el IIG.

El programa GESTAT calcula los estadígrafos básicos de una población de datos con una o más variables, construye histogramas (Fig. I-8) y establece relaciones entre las variables, entregando una tabla con los valores erráticos mayores y menores que $\bar{X} \pm S$, $\bar{X} \pm 2S$ y $\bar{X} \pm 3S$.

El programa FACTOR ANALISIS realiza un análisis de factores en grupos de variables medidas en varias observaciones. El análisis de factores investiga las relaciones de un conjunto de variables (p. ej. elementos químicos) para determinar si la varianza original del sistema se puede expresar por un conjunto menor de variables básicas o factores.

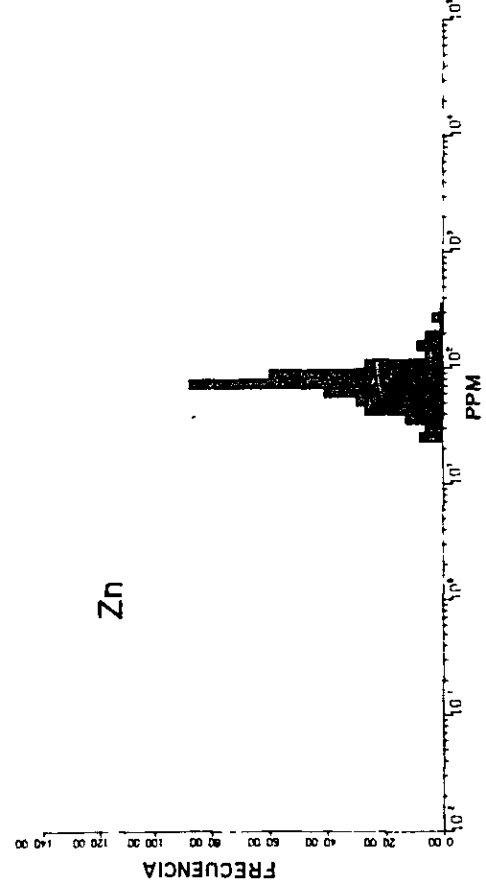
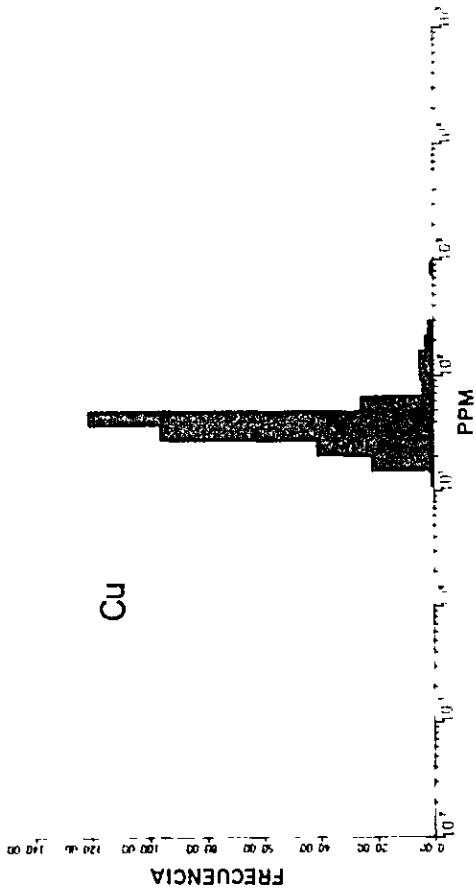
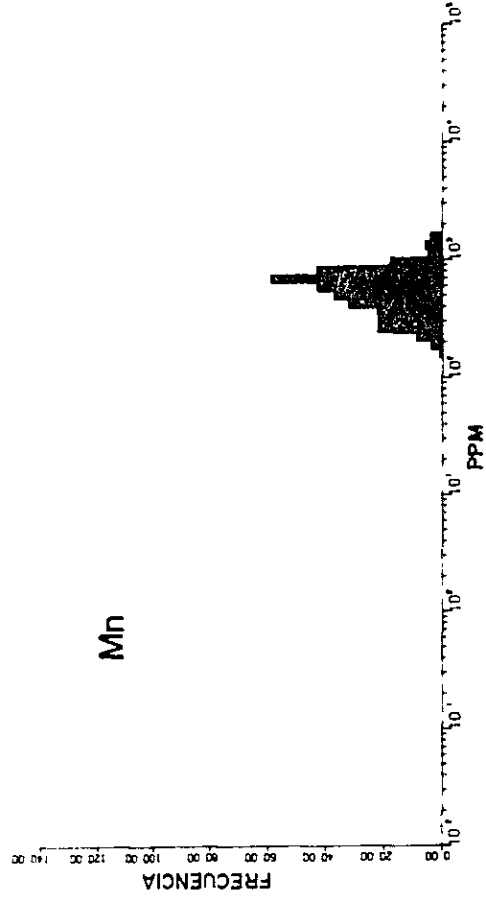
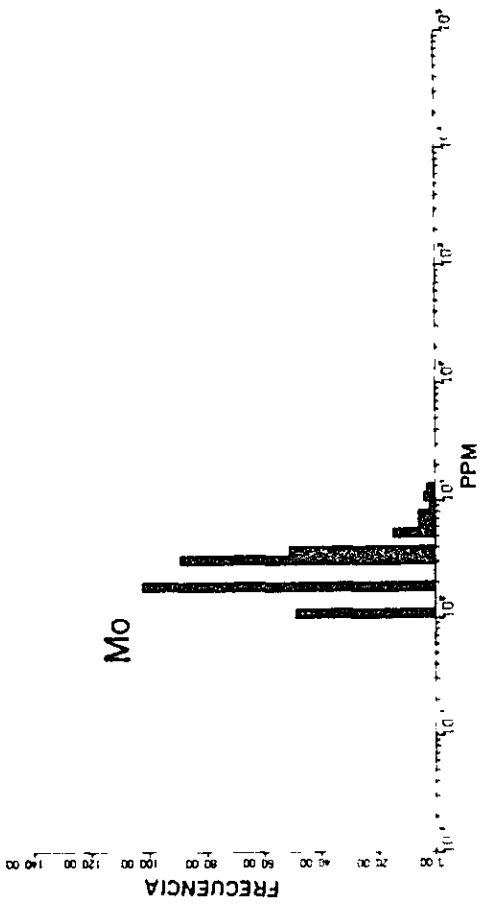


Fig. I - 8 HISTOGRAMA DE DISTRIBUCION DE LOS ELEMENTOS ANALIZADOS, AREA COIHUECO - RECINTO

3.5 Resultados y discusión

En este punto se presentan en primer lugar los resultados para cada elemento en muestras de sedimentos fluviales de toda el área y posteriormente los resultados obtenidos del análisis de multivariadas (PL. I-5).

1) Distribución espacial de los elementos

Los estadígrafos básicos obtenidos para los diferentes elementos considerados, como asimismo, las clases de mapeo se indican en la tabla I-4. Las clases de mapeo se determinaron en base a la media (\bar{X}) y desviación standard (S) de la población tamizada, adicionando 2 y 3 veces esta última a la respectiva media. De tal forma, los valores superiores a $\bar{X} + 3S$ se los consideró anomalía probable y los comprendidos entre $\bar{X} + 2S$ y $\bar{X} + 3S$ como anomalía posible. En adelante se los mencionará como valores anómalos a ambos tipos.

Cobre

Los valores anómalos de cobre se asocian en forma moderada con los valores de arsénico en los esteros San Juanito y Pierna Blanca. La correspondencia con los otros elementos es mala. Los valores absolutos en general son bajos; el valor más alto alcanza 980 ppm en una muestra recolectada en el estero San Juanito.

Los valores anómalos se distribuyen en el curso superior del estero Pierna Blanca, estero San Juanito y curso superior del estero San José; no se detectaron valores anómalos en el resto del área. Las anomalías reflejan la mineralización del Prospecto San José y la detectada en el intrusivo granodiorítico en los esteros San Juanito y Pierna Blanca.

En el curso superior del río Chillán se detectó un valor anómalo aislado, en un sector en que se recolectaron pocas muestras y que no ofrece indicios de mineralización.

Tab. I-4 ESTADIGRAFOS BASICOS DE LOS SEDIMENTOS FLUVIALES,
 AREA COIHUECO-RECINTO

(población tamizada)

Elemento	Media (ppm)	Desviación standard (ppm)	$\bar{X} \pm S$ (ppm)	$\bar{X} + 2S$ (ppm)	$\bar{X} + 3S$ (ppm)	Skew	Kurtosis
Cu	38,25	17,00	55,25	72,25	89,25	0,45	2,45
Zn	78,25	35,61	113,86	149,47	185,08	-0,12	1,07
Mn	586,98	259,33	846,31	1.105,64	1.364,97	-0,48	4,60
Mo	2,95	1,83	4,78	6,61	8,44	0,07	0,09
As	5,53	1,53	7,06	8,59	10,12	2,44	4,89

Zinc

Los valores anómalos de zinc se asocian en forma moderada con los de manganeso. En términos geoquímicos los valores anómalos son bajos; el valor más alto es de 360 ppm y corresponde a una muestra recolectada al suroeste del cerro Miñihue, que no se presenta acompañada por otros valores altos, de lo que se desprende que podría provenir de un área debilmente mineralizada.

Los valores anómalos de este elemento se distribuyen en forma errática, de preferencia, en la mitad occidental del área estudiada. Todos los valores se presentan aislados, lo que les resta importancia económica.

Manganeso

Los valores anómalos de este elemento se correlacionan como se señaló anteriormente, en forma moderada con zinc y mal con los restantes elementos. En general, los valores representan contenidos normales y muy homogéneos, siendo el elemento que más se aproxima a una distribución normal. El valor más alto es de 1.700 ppm (muestra GC-39) y se sitúa en la ribera sur del río Niblinto, cerca de Loma Bonita.

Los valores anómalos de Mn se distribuyen en forma errática en el área estudiada, observándose una débil concentración al sureste del pueblo de Minas del Prado.

Molibdeno

Los valores anómalos de este elemento se correlacionan mal con todos los otros elementos. El valor más alto de Mo alcanza 14 ppm, en general los contenidos son muy bajos.

También las anomalías de Mo se distribuyen erráticamente, con excepción del estero Relbuncó, río Diguillín y curso superior del estero San José, que poseen dos valores anómalos cada uno. Debido a la baja densidad de muestreo y a que las lavas

de la formación Cola de Zorro cubren numerosos afloramientos, habría que prestar atención a los sectores en que se presentan dichas anomalías para futuros estudios de detalle.

Arsénico

Se correlaciona moderadamente con los valores anómalos de Cu en los esteros San Juanito y Pierna Blanca. Los contenidos de arsénico en términos absolutos son muy bajos, el valor más alto es de 60 ppm y se obtuvo en un pequeño afluente del estero Pierna Blanca.

Los valores anómalos de As se distribuyen desordenadamente en el área estudiada, con excepción de los esteros San Juanito y Pierna Blanca, donde tienden a agruparse. Posiblemente este elemento ocurre en forma muy débil en las áreas mineralizadas del Prospecto San José, asociado a la mineralización de cobre.

Plata

Los valores de plata son inferiores al límite de detección (0,5 ppm), con excepción de la muestra GB-10 que posee 7,5 ppm. Esta muestra se ubica en el estero San Juanito y presenta también contenido anómalo de cobre.

Oro

Por este elemento se analizaron solamente muestras del área de Minas del Prado. Los contenidos en general son muy bajos, los valores más altos corresponden a 260 ppb (muestra GA-17) y 180 ppb (muestra GC-25), ambas recolectadas muy próximo a las minas y 140 ppb (muestra GC-5), situada en una quebrada situada al noroeste del pueblo de Minas del Prado. Los restantes valores son inferiores a 80 ppb de Au.

2) Análisis de multivariables

Con el objeto de analizar las relaciones existentes entre los diferentes elementos, se efectuó un estudio de multivariables, que incluyó análisis de correlaciones y análisis de factores. Se consideraron los elementos Cu, Zn, Mn, Mo y As.

En la tabla I-5 se presentan los pares de elementos con coeficientes de correlación más significativos en el conjunto de muestras de sedimentos.

Tab. I-5 COEFICIENTES DE CORRELACION, MUESTRAS DE SEDIMENTOS FLUVIALES, AREA COHUECO-RECINTO

	Valores de (r)			
N	(r) Significativo (*)	0,5 a 0,7	0,3 a 0,5	0,1 a 0,3
327	0,11	Zn - Mn		Cu - As

(*) Valor de (r) significativo al nivel de confianza 95 %.

Dos pares de elementos resultaron con correlaciones significativas en el área : Zn-Mn, que posee un coeficiente de correlación moderado y que posiblemente corresponde a una asociación producto de meteorización de las rocas, ya que los óxidos de manganeso suelen fijar algunos elementos, entre ellos Zn, y la asociación Cu-As, que posee coeficiente de correlación muy bajo, aunque localmente en el área del Prospecto San José, existirían contenidos de As asociados a la mineralización del Prospecto.

El análisis de factores (modo R) analiza las relaciones que existen entre las variables en una serie de muestras. Las asociaciones más significativas que resultaron de este análisis se indican en la tabla I-6.

Tab. I-6 ASOCIACIONES DE ELEMENTOS DEL ANALISIS DE FACTORES, AREA COIHUECO-RECINTO

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Cu	0,005	<u>0,704</u>	<u>0,206</u>
Zn	<u>0,904</u>	0,015	0,063
Mn	<u>0,905</u>	0,018	-0,052
Mo	0,008	0,041	<u>0,969</u>
As	0,024	<u>0,793</u>	0,143
% de varianza explicada por cada factor	32,9%	23,1%	19,5%
Varianza total	75,5%		

* Los elementos subrayados son aquellos con las más altas cargas en cada factor.

Los resultados confirman las asociaciones definidas anteriormente; además un bajo porcentaje de la varianza total del sistema es explicada por el factor Cu-Mo, el que posee un coeficiente de correlación muy bajo.

Finalmente, en base a las dos principales asociaciones de elementos, se definieron valores factoriales poderados (factor scores) para todas las muestras del área. El factor Zn-Mn posee sus valores más altos en toda la mitad occidental del área, predominando en el ambiente volcánico de la Formación Cola de Zorro, en particular en el extremo noroeste, en que afloran conglomerados volcánicos. El factor Cu-As posee sus valores más altos en las áreas mineralizadas de los esteros Pierna Blanca y San Juanito, y en consecuencia se asocia a la mineralización cuprífera del prospecto San José.

En consideración a lo expuesto anteriormente se puede concluir:

1. En general, los valores absolutos de todos los elementos analizados son bajos.
2. El único elemento que conforma una anomalía clara es el cobre, esta anomalía se sitúa en los esteros Pierna Blanca, San Juanito y curso inferior del estero San

José, reflejando la mineralización del Prospecto San José. Por otra parte, la mineralización aurífera de Minas del Prado se insinúa débilmente en base a los análisis químicos de los sedimentos fluviales.

3. En el área existen 2 asociaciones de elementos con coeficientes de correlación significativos. El factor Zn-Mn que predomina en las unidades volcánicas de la Formación Cola de Zorro y el factor Cu-As, que caracteriza el ambiente granodiorítico en que se aloja la mineralización de Prospecto San José.

Capítulo 4 Conclusiones y Recomendaciones

Las unidades presentes en el área corresponden a rocas volcánicas, volcánico-sedimentarias, intrusivas y metamórficas, cuya edad está comprendida entre el Cretácico Superior y el Holoceno.

Estas unidades, de más antiguo a más moderno, son:

- Metamorfitas de Los Azules: gneiss de biotita Pre-Cretácico Superior.
- Unidad Volcánica El Sauce: andesitas e ignimbritas Pre-Cretácico Superior.
- Granitoides : Cretácico Superior
- Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca rocas piroclásticas andesíticas y dacíticas y rocas sedimentarias, de edad Terciario Inferior.
- Diques y sills andesíticos.
- Formación Cola de Zorro: lavas andesíticas y rocas piroclásticas de edad Plioceno Superior-Pleistoceno.
- Unidad Sedimentaria La Segunda: conglomerados y areniscas volcánicas de edad Pleistoceno.
- Depósitos Aluviales, Coluviales y de Terrazas Fluviales: gravas, arenas y limos de edad Holoceno.

Las estructuras principales consisten en pliegues y fallas de rumbo aproximado N-S. En el área hay 3 zonas mineralizadas: la zona de mayor interés corresponde al yacimiento con mineralización hipógena de oro de Minas del Prado emplazado en la Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca; consiste en brechas silicificadas con pirita y oro. Esta zona debe ser estudiada para establecer su potencial económico y para conocer la relación existente entre mineralización y zona silicificada. El trabajo realizado permitió determinar una ley media de 1,0 g/t en la zona

silicificada, lo cual justifica continuar los trabajos de exploración. El método de trabajo recomendado consiste en el levantamiento geológico de detalle a escala 1:5.000, geofísica con polarización inducida y reconocimiento mediante calicatas y zanjas, etc.

La segunda zona de importancia corresponde al Prospecto San José con cobre y molibdeno en forma de stockwork y diseminado. Al parecer la parte central de la zona con interés está cubierta por las lavas andesíticas de la Formación Cola de Zorro. La ley media aproximada de algunos sectores es 1 % de cobre y 0,28 % de molibdeno. Los estudios propuestos corresponden a exploración geofísica (IP) en el sector cubierto por las volcanitas de la Formación Cola de Zorro.

La tercera zona en orden de importancia corresponde a los placeres auríferos de Minas del Prado, siendo geológicamente posible la extensión de los antiguos depósitos con oro.

La prospección geoquímica regional no detectó nuevas áreas de interés con posible significado económico. Los valores absolutos que se obtuvieron fueron bajos y el único elemento que conforma un área anómala bien definida es el cobre, reflejando la mineralización del Prospecto San José.

PARTE II

EXPLORACION EN EL

AREA DEL PROSPECTO OTUE

Capítulo 1 Antecedentes sobre el Prospecto Otué

El Prospecto Otué fue descubierto durante el levantamiento geológico a escala 1: 50.000 realizado en el área del río Queuco, a fines del año 1977, como parte del programa conjunto IIG-MMAJ que, en su tercera fase de trabajo, contempló la explotación minera del sector cordillerano de las VIII y IX Regiones, franja Coihueco (Ñuble)-Lonquimay (Malleco).

En el sector del río Otué se detectó una zona anómala por cobre que presenta afloramientos de granodiorita fuertemente alterada y mineralizada, que no ha sido trabajada ni reconocida, lo que la hacía interesante desde el punto de vista económico.

En base a estos antecedentes se planificó un mapeo geológico de detalle en una zona de 25 km², que incluyó exploración geoquímica con sedimentos fluviales, con el propósito de definir el área mineralizada y tener una visión global del prospecto.

Capítulo 2 Geografía

2.1 Ubicación

El Prospecto Otué está ubicado administrativamente en la comuna de Santa Bárbara, provincia de Bío-Bío, VIII Región.

El área estudiada comprende una superficie de 25 km² que posee la forma de un cuadrado de 5 km por lado, situado en el sector norte del curso inferior del río Otué.

Sus coordenadas geográficas aproximadas son: 37°45' lat sur y 71°29' long oeste.

2.2 Topografía

El área estudiada se ubica en la Cordillera de Los Andes y se caracteriza por su relieve abrupto con profundas quebradas y laderas inclinadas cubiertas de espesa vegetación. El principal rasgo morfológico lo constituye el cordón del cerro Cauñicu, que cruza la parte central del área estudiada con rumbo este-oeste a noreste-suroeste. Las principales alturas de este cordón son el cerro Cauñicu (1.613 m) en el sector noreste del área y el cerro Pelado (1.581 m) en el sector central-norte. Las cotas más bajas corresponden al curso del río Otué y alcanzan 650 msnm.

La red de drenaje es relativamente densa y se origina en los faldeos del cordón Cauñicu. Al norte de este cordón los cursos de agua se dirigen al norte y al oeste, hacia el estero Cauñicu y río Queuco respectivamente, situados fuera del área de estudio. Al sur del cordón, la red de drenaje llega al río Otué, afluente del río Queuco.

2.3 Clima y vegetación

Según la clasificación climática de Köppen (Fuenzalida, 1965) el área de estudio

se ubicaría en una zona de transición entre el clima de hielo, característico de la zona cordillerana y el clima templado-cálido con estación seca y lluviosa semejante que predomina en el valle central. Se producen fuertes variaciones térmicas anuales (13°C), con isotermas que fluctúan entre 19° y 20° C en enero y 6° a 7° en julio. Los meses comprendidos entre abril y septiembre son lluviosos, atenuándose las lluvias a partir de octubre. En las partes altas las precipitaciones caen en forma de nieve.

La vegetación está representada por desarrollo de matorral denso y bosques. Los matorrales corresponden a maqui (*Aristotelia chilensis*), murtila (*Ugni molinae*) y colihue (*Chusquea*) entre otros. En los bosques se encuentran robles (*Nothofagus obliqua*), canelos (*Drimys winteri*), peumo (*Cryptocaria alba*) y avellanos (*Gevuina avellana*). Fuera de la zona de estudio, en los cordones de cerros de mayor altura, se desarrollan araucarias (*Araucaria araucana*).

2.4 Acceso

El acceso al área del Prospecto Otué se realiza a partir de la Carretera Panamericana, unos 4 km al sur de la ciudad de Los Angeles. Un camino rípiado en regulares condiciones que sigue la orilla norte del río Bío-Bío, alcanza el pueblo de Santa Bárbara y llega a la localidad de Bío-Bío (Ralco), distante 85 km de Los Angeles. Desde Bío-Bío se continúa por la orilla sur del río Queuco hasta la cercanía de la confluencia de este con el río Otué (14 km), posteriormente hay que emplear caballos para recorrer un sendero de aproximadamente 6 km que pasa por la mina Curacarel y siguiendo al noreste alcanza el área estudiada. La zona del prospecto se puede recorrer tanto a pie como a caballo, aunque las huellas no son numerosas. El acceso a los sectores con vegetación muy densa, hay que hacerlo siguiendo la red de drenaje.

Durante el invierno por razones climáticas el acceso se torna muy difícil.

2.5 Recursos naturales

Los recursos naturales son relativamente buenos, aunque la carencia de caminos hasta el área del prospecto, hace dificultoso y demoroso la obtención de materiales y alimentos desde los centros poblados (Santa Bárbara, Los Angeles, etc.).

En el área del prospecto y en sus cercanías viven lugareños que cuentan con caballos y alimentos (carne bovina, quesos, etc.) sirviendo a la vez, cuando se requiere, de buenos baqueanos. Los recursos de agua son muy abundantes.

Capítulo 3 Método de trabajo

El método de trabajo para el Prospecto Otué puede desglosarse en los siguientes puntos:

1) Trabajo de terreno

- Mapeo geológico de detalle, a escala 1: 10.000 de un área de 25 km², con énfasis en los sectores que ofrecen mineralización (estero Quilmahue, sector sur-oeste del área). Simultáneamente con el mapeo se recolectaron muestras de sedimentos fluviales, con un espaciado teórico de 250 m y mayor densidad en las zonas mineralizadas. Como base topográfica se utilizó un mapa a escala 1: 10.000 que se obtuvo de una restitución aerofotogramétrica realizada en el Instituto Geográfico Militar (I. G. M.).
- Recolección de muestras para posterior estudio en gabinete. En las áreas mineralizadas se recolectaron muestras para análisis de mena.

2) Trabajos de laboratorio

En laboratorio se estudiaron numerosas muestras mediante cortes transparentes, pulidos y análisis de difracción de rayos X.

Los análisis químicos, tanto de las muestras de mena como de los sedimentos de drenaje, se realizaron en el Laboratorio Químico del IIG. Las muestras de menas se analizaron por Cu, Mo, S, Ag, y Au y los sedimentos por Cu, Zn, Mn, Mo, As y Ag.

3) Tratamiento estadístico de la información geoquímica

Con el objeto de procesar la información geoquímica obtenida se utilizaron los programas de computación GESTAT Y FACTOR ANALISIS. Los datos obtenidos fueron interpretados y volcados en el informe final.

II-2 GEOLOGÍA Y EXPLORACION GEOQUIMICA DE DETALLE DEL AREA DEL PROSPECTO OTUE

Capítulo 1 Geología

1.1 Generalidades

En el área estudiada afloran rocas volcánicas del Cretácico Medio y Terciario Medio (Oligoceno), las primeras se asignan a la Formación Abanico (Aguirre, 1960). Los cuerpos intrusivos están representados por granodioritas y andesitas basálticas.

Al este del área, la Formación Abanico posee tectónica monoclinial con inclinación al norte; al oeste, la misma formación presenta rumbos variados con inclinación al este. Las rocas volcánicas asignadas al Oligoceno tienen estructura monoclinial y son subhorizontales con manteo al norte.

Predominan dos sistemas de fallas: norte-sur y nor-este-suroeste.

1.2 Rocas estratificadas

En el área estudiada las rocas estratificadas están representadas por la Formación Abanico de edad Cretácico Medio y por rocas volcánicas del Oligoceno.

(PL. II-1, II-5)

1.2.1 Formación Abanico

Esta formación está constituida por lavas y piroclastos de composición andesítica. Litológicamente se distinguen dos miembros: uno inferior, formado por andesitas basálticas y otro superior, constituido por andesitas de hornblenda, que en la parte superior posee niveles de piroclastos.

1) Miembro Inferior

Distribución: Este miembro se presenta al sureste del área estudiada.

Espesor : + 150 m

Litología : El miembro inferior está constituido por andesitas basálticas que poseen gran espesor, cuyos afloramientos presentan aspecto tobáceo. Son rocas de color café-rojizo y café-verdoso, que se observan fuertemente fracturadas. Generalmente presentan amígdalas, pequeños lentes y venillas de zeolita; éstas últimas cortan la estratificación, en cambio los lentes son paralelos a ella. Al microscopio presentan textura intersertal y amigdaloidal; los fenocristales están constituidos por plagioclasa subhedral (oligoclasa-andesina); la masa fundamental está formada por microlitos de plagioclasa, clinopiroxeno y escaso vidrio. Los minerales secundarios están representados por zeolita (laumontita), clorita y algo de sericita.

Estructura y relaciones de contacto: El miembro inferior presenta tectónica monoclinal con rumbo N 50° - 80°W e inclinación 20° - 30°N. Corresponde a la unidad más antigua que aflora en el área estudiada y su base se desconoce.

2) Miembro Superior

Distribución : Este miembro presenta gran distribución en el área estudiada, exceptuando el sector sureste.

Espesor : +1.300 m

Litología : Este miembro está constituido por lavas andesíticas de hornblenda que presentan gran espesor, con algunas intercalaciones de niveles piroclásticos andesíticos. Las andesitas de hornblenda se observaron en el miembro inferior como una facie intrusiva y su distribución y relación con las andesitas basálticas de dicho miembro se muestra en la figura II-1.

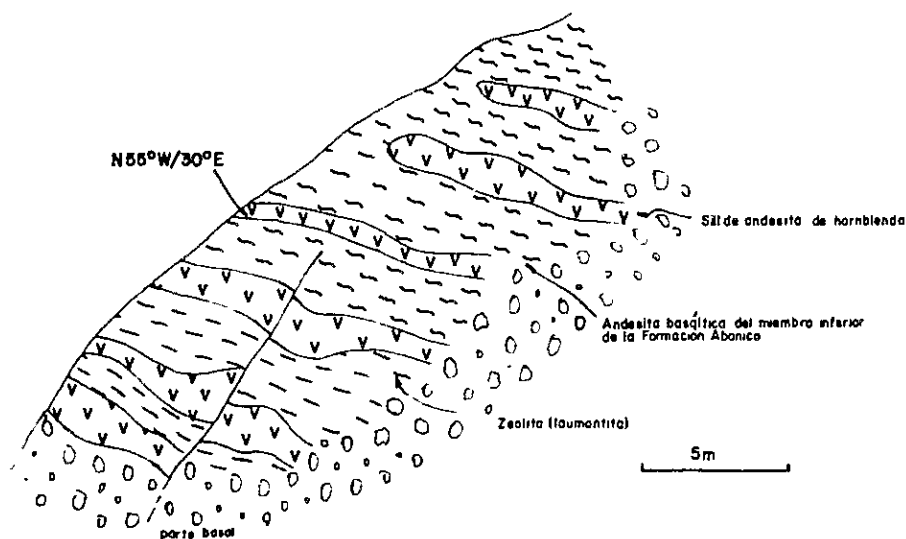


Fig. II-1 CROQUIS DEL PERFIL DEL PUNTO A-86
 (Relación entre las facies intrusivas de andesitas de hornblenda y las andesitas basálticas del miembro inferior de la Formación Abanico)

Cerca de la base de este miembro se produce una transición de andesita basáltica a andesita de hornblenda. Las rocas de este miembro son gris-verdoso y verde-amarillento; duras, compactas y con abundantes fracturas. Poseen amígdalas de clorita de tamaño 1-2 mm.

Al microscopio la andesita de hornblenda presenta textura intersertal, intergranular y pilotaxítica. Los fenocristales corresponden a plagioclasa euhedral (albita-oligoclasa-andesina), escaso feldespato potásico, biotita subhedral que a veces presenta alta birrefringencia, hornblenda subhedral y escasa augita subhedral. La masa fundamental esta formada por microlitos de plagioclasa, hornblenda, zircon y minerales opacos. La mayor parte de estas rocas es holocristalina. Como minerales secundarios se observa clorita y cerca del contacto con el intrusivo granodiorítico hay abundante epidota y escasa actinolita.

En el área mineralizada del estero Quilmahue, las plagioclasas se presentan alteradas a sericita, calcita y sílice.

Los niveles piroclásticos están intercalados en las andesitas de hornblenda con espesores de 5 a 30 m y corresponden a tobas finas a brechas tobáceas. Los fragmentos son angulares a subangulares, corresponden a lavas dacíticas, algunos cloritizados y epidotizados, otros con textura pilotaxítica, o bien, lavas afaníticas con estructura de flujo.

Son rocas generalmente muy duras, gris-verdoso, verde-amarillento y gris-pardo; a veces presentan gradación de sus clastos y cerca del contacto con el intrusivo granodiorítico hay abundante epidota.

Estructura y relaciones de contacto: Por efecto de una falla de rumbo norte-sur, el este del área estudiada, las lavas del Miembro Superior se disponen monoclinamente con rumbo este-oeste e inclinación 30° N, en el sector oeste se observan rumbos variados con manteos del orden de 30° al este.

Este miembro se dispone concordantemente sobre el Miembro Inferior, aunque el contacto no es del todo claro. Además, existe una transición litológica entre ambos miembros por lo que se supone que la depositación fue continua.

1.2.2 Rocas volcánicas del Oligoceno

Distribución: Se presentan en el sector sureste del área estudiada en forma elongada norte-sur.

Espesor : + 100 m

Litología : Esta unidad esta representada en mayor proporción por facies efusivas y en parte por facies intrusivas. En la base de esta secuencia existen lavas andesíticas afaníticas, el resto está constituido por andesitas basálticas y andesitas de hornblenda.

Son rocas duras, compactas y están fracturadas en dos direcciones preferenciales. En sectores frescos son gris-oscuro, y en las partes meteorizadas, gris-pardo.

Al microscopio, la textura es intersertal con fenocristales de plagioclasa (andesina) y hornblenda. La masa fundamental está formada por microlitos de plagioclasa y hornblenda. Esta unidad se presenta generalmente fresca y rara vez se observa hornblenda alterada a clorita.

Estructura y relaciones de contacto: Esta unidad se dispone en forma subhorizontal con inclinación al norte y discordantemente sobre la Formación Abanico. Su edad es de $34,3 \pm 3,0$ m.a., que corresponde al Oligoceno (Terciario Medio), según datación radiométrica (K/Ar).

1.3 Rocas intrusivas

Las rocas intrusivas del área estudiada están representados por granodioritas y andesitas basálticas.

1) Granodioritas

Se distribuyen en la parte central y en los extremos noroeste y suroeste del área de estudio. Según el levantamiento geológico realizado como parte de la fase III del convenio en el área del río Queuco, en estos dos últimos sectores la granodiorita conformaría un solo cuerpo intrusivo que llamaremos cuerpo oeste; el intrusivo que aflora en el sector central lo denominaremos cuerpo central.

El cuerpo central posee forma elongada norte-sur con algunas ramificaciones, por su extensión corresponde a un stock. Su contacto oriental es recto y está limitado por fallas, sirviendo de roca huésped a la mineralización del Prospecto Otué.

El tipo litológico predominante corresponde a una granodiorita, pero existen otras facies intrusivas tales como monzodiorita cuarcífera, pórfido diorítico cuarcífero y monzodiorita. Son rocas blanquecinas, duras, quebradizas. Una muestra representativa tiene al microscopio textura holocristalina granular, constituida principalmente por plagioclasa subhedral (oligoclasa) de tamaño 0,2 a 3 mm, felde-

spato potásico anhedral de tamaño 0,1 a 1,0 mm, cuarzo anhedral con extinción ondulosa de 2 mm y hornblenda de 0,1 a 2,0 mm. Según cálculo modal, el porcentaje de cuarzo, plagioclasa y feldespato potásico es: 43 %, 53 % y 13 % respectivamente. Los minerales accesorios son minerales opacos y apatita. La facie de monzodiorita se presenta en una remificación del sector norte del cuerpo central, es verde oscura con puntos blancos, muy dura y masiva. Al microscopio presenta textura holocristalina granular y los minerales principales son: plagioclasa (andesina-labradorita) con tamaño 0,2 a 2 mm, feldespato potásico subhedral a anhedral con tamaño 0,2 a 0,6 mm, hornblenda de 0,2 a 4 m, cuarzo anhedral de 0,1 a 4 mm y biotita euhedral de 0,4 a 0,6 mm. Los minerales accesorios son minerales opacos. Según cálculo modal, los porcentajes de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa son: 3,9 %, 12,9 % y 83,2 % respectivamente.

El cuerpo central presenta generalmente alteración hidrotermal débil a fuerte. Sus feldespatos están alterados a sericita y los máficos a clorita, por lo cual no se pudo efectuar datación radiométrica.

El cuerpo oeste corresponde al extremo oriental de un batolito granodiorítico mapeado durante el levantamiento geológico regional en el área del río Queuco (IIG-MMAJ, 1977). Los tipos litológicos que presenta este cuerpo con: monzodiorita cuarcífera y granodiorita; por su aspecto y litología son rocas muy similares al cuerpo central; el grado de alteración es más débil que éste último, presentándose sericitización y cloritización. La edad radiométrica (K/Ar) que se asigna al batolito al cual pertenece el cuerpo oeste es $76,5 \pm 1,83$ m.a. y $55,34 \pm 1,88$ m.a., que corresponde al lapso Cretácico Superior a Terciario Inferior. La edad del cuerpo central no se pudo establecer, pero debido a que intruye a la Formación Abanico y por ser litológicamente muy similar al cuerpo oeste, se le supone la misma edad.

2) Andesitas basálticas

Se presentan en forma de pequeños diques dentro del cuerpo central de granodiorita y cerca de sus bordes. Poseen forma tabular con espesores de 0,2 a 1,0 m, sus rumbos preferenciales son este-oeste. Son rocas de color verde oscuro a gris-verdoso, duras y compactas, de textura afanítica.

Al microscopio, una muestra representativa posee textura pilotaxítica con fenocristales de plagioclasa euhedral a subhedral (oligoclasa-andesina) con tamaños de 0,4 a 0,8 mm y hornblenda euhedral con tamaño 0,2 a 1,5 mm. La masa fundamental está formada por microlitos de plagioclasa, hornblenda y minerales opacos.

Estas lavas se presentan generalmente alteradas mostrando carbonatización, cloritización, silicificación y sericitización débil. Los diques presentan un borde de enfriamiento de 1 cm de espesor; además intruyen la zona mineralizada del Prospecto Otué, por lo cual la edad de los diques es posterior a la mineralización, no existiendo datos para afirmar la edad de estos cuerpos.

1.4 Estructura

En el área estudiada existen pliegues, fallas y una discordancia.

Los pliegues son suaves y afectan las unidades volcánicas.

Existen dos sistemas preferenciales de fallas: nortesur y noreste-suroeste, los cuales controlarían la mineralización del Prospecto Otué.

Las fallas de dirección norte-sur se presentan en el sector central-este del área, visualizándose claramente en la mitad sur, y se infiere su existencia debido a quiebres en el rumbo de las lavas en la mitad norte. Este sistema configura una zona de falla de 150 a 200 m de ancho, donde existen varias fallas paralelas que dan origen a zonas de cizalle de 0,3 a 1 m de potencia, en las que se observa arcilla y brecha de falla. La inclinación de este sistema es de 80° a 90° al este y son fallas

normales que presentan descenso del bloque este.

El sistema noreste-suroeste es menos intenso que el anterior, no origina zona de falla y posee menor corrida. Está representado por tres fallas; la ubicada mas al sur, recorre la quebrada del estero Quilmahue y posee un ancho de 0,30 m, las restantes se ubican mas al norte, cruzan el estero Quilmahue y poseen poca corrida, con ancho de 3 a 5 m. La inclinación de este sistema es 50° a 70° al noroeste y sureste. El sistema de fallas norte-sur es anterior al sistema noreste-suroeste.

En el área estudiada las rocas volcánicas del Oligoceno se disponen discordantemente sobre la Formación Abanico.

