



GOBIERNO DE CHILE
SERVICIO NACIONAL DE
GEOLOGÍA Y MINERÍA

ISSN 0717-7283

SUBDIRECCIÓN NACIONAL DE GEOLOGÍA



GEOLOGÍA DEL ÁREA VICUÑA-PICHASCA

REGIÓN DE COQUIMBO

Germán Pineda F.
Carlos Emparan C.

CARTA GEOLÓGICA DE CHILE

SERIE GEOLOGÍA BÁSICA

No. 97

Escala 1:100.000

2006

CARTA GEOLÓGICA DE CHILE

SERIE GEOLOGÍA BÁSICA

- No. 68 Hoja Pisco Elqui, Región de Coquimbo. 1988. C. Mpodozis y P. Cornejo. 1 mapa geológico, 1:250.000.
- No. 69 Hoja Illapel, Región de Coquimbo. 1991. S. Rivano y P. Sepúlveda. 1 mapa geológico, 1:250.000.
- No. 70 Hoja Aguas Blancas, Región de Antofagasta. 1995. N. Marinovic, I. Smoje, V. Makshev, M. Hervé y C. Mpodozis. 1 mapa geológico, 1:250.000.
- No. 71 Hoja Curacautín, Regiones de la Araucanía y del Biobío. 1997. M. Suárez y C. Emparán. 1 mapa geológico 1:250.000 (realizado por C. Emparán, M. Suárez y J. Muñoz, 1992).
- No. 72 Hoja Salar de la Isla. 1992. J.A. Naranjo y P. Cornejo. 1 mapa geológico, 1:250.000.
- No. 73 Hojas Quillota y Portillo. 1993. S. Rivano, P. Sepúlveda, R. Boric y D. Espiñeira. 1 mapa escala 1:250.000. Texto inédito 'Geología de las Hojas Quillota y Portillo' (Rivano, 1996).
- No. 74 Geología del área Talagante-San Francisco de Mostazal, Regiones Metropolitana y del Libertador General Bernardo O'Higgins. 2001. D. Sellés y P. Gana. 1 mapa escala 1:100.000.
- No. 75 Mapa Geológico de Chile. 2002. Servicio Nacional de Geología y Minería. 1 mapa en 3 hojas escala 1:1.000.000.
- No. 76 Carta Caldera, Región de Atacama. 2003. E. Godoy, C. Marquardt y N. Blanco. 1 mapa escala 1:100.000.
- Nos. 77-78 Cartas Castilla y Totoral Bajo, Región de Atacama. 2003. Blanco, E. Godoy y C. Marquardt. 1 mapa escala 1:100.000.
- No. 79 Geología del área Castro-Dalcahue, Región de Los Lagos. 2003. M. Arenas y P. Duhart. 1 mapa escala 1:100.000.
- No. 80 Geología del Área Coihaique-Balmaceda, Región Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo. 2003. R. De la Cruz, M. Suárez, M. Belmar, D. Quiroz y M. Bell. 1 mapa escala 1:100.000.
- No. 81 Geología del Área Los Lagos-Malalhue, Región de Los Lagos. 2003. P. Duhart, J.L. Antinao, J. Clayton, S. Elgueta, P. Crignola y M. McDonough. 1 mapa escala 1: 100.000.
- No. 82 Carta Baquedano, Región de Antofagasta. 2004. M. Basso. 1 mapa escala 1:100.000.
- No. 83 Geología del Área de Liquiñe-Neltume, Regiones de Los Lagos y de la Araucanía. 2004. L. Lara y H. Moreno. 1 mapa escala 1:100.000.
- No. 84 Hoja Arica, Región de Tarapacá. 2004. M. García, M. Gardeweg, J. Clavero y G. Hérial. 1 mapa escala 1:250.000.
- No. 85 Área Oriental de la Hoja Cochrane y Villa O'Higgins, Región Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo. 2004. R. De la Cruz, D. Welkner, M. Suárez y D. Quiroz. 1 mapa escala 1:250.000.
- No. 86 Geología del Área Chonchi-Cucao, Región de Los Lagos. 2004. D. Quiroz, P. Duhart y P. Crignola. 1 mapa escala 1:100.000.
- No. 87 Geología del Volcán Lanín, Región de La Araucanía. 2004. L. Lara. 1 mapa escala 1:50.000.
- No. 88 Geología del Volcán Llaima, Región de La Araucanía. 2005. J.A. Naranjo y H. Moreno. 1 mapa escala 1:50.000.
- No. 89 Cartas Antofagasta y Punta Tetras, Región de Antofagasta. 2005. G. González y H. Niemeyer. 1 mapa escala 1:100.000.
- No. 90 Hoja Salvador Occidental, Región de Atacama. 2005. E. Godoy y L. Lara. 1 mapa escala 250.000.
- No. 91 Carta Copiapó, Región de Atacama. 2005. C. Arévalo. 1 mapa escala 1:100.000.
- No. 92 Carta Los Loros, Región de Atacama. 2005. C. Arévalo. 1 mapa escala 1:100.000.
- No. 93 Geología del Complejo Volcánico Taapaca, Región de Tarapacá. 2005. J. Clavero, R.S. J. Sparks. 1 mapa escala 1:50.000.
- No. 94 Geología del Área Quellón-Isla San Pedro, Región de Los Lagos. 2006. D. Quiroz, P. Duhart. 1 mapa escala 1:100.000.
- No. 95 Geología del Área Puerto Guadal-Puerto Sánchez. 2006. R. De la Cruz, M. Suárez. 1 mapa escala 1:100.000.
- No. 96 Geología del Área Andacollo-Puerto Aldea. 2006. C. Emparán, G. Pineda. 1 mapa escala 1:100.000.

SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA - CHILE

SUBDIRECCIÓN NACIONAL DE GEOLOGÍA

**GEOLOGÍA DEL ÁREA
VICUÑA-PICHASCA**

REGIÓN DE COQUIMBO

Germán Pineda F.
Carlos Emparan C.

**CARTA GEOLÓGICA DE CHILE
SERIE GEOLOGÍA BÁSICA**

No. 97

Escala 1:100.000

2006

GEOLOGÍA DEL ÁREA VICUÑA-PICHASCA, REGIÓN DE COQUIMBO

Escala 1:100.000

CARTA GEOLÓGICA DE CHILE

SERIE GEOLOGÍA BÁSICA, No. 97, 2006

ISSN 0717-7283

Inscripción No. 158.860

© Servicio Nacional de Geología y Minería, Avda. Santa María 0104, Casilla 10465, Santiago, Chile.

Director Nacional: Patricio Cartagena D.

Subdirectora Nacional de Geología: Renate Wall Z.

Derechos reservados. Prohibida su reproducción.

Comité Editor: Paula Cornejo P., Aníbal Gajardo C., Estanislao Godoy P-B., Arturo Hauser Y., Ernesto Pérez d' A., Carlos Portigliati N. y Andrew Tomlinson, Renate Wall Z.

Editores: Carlos Arévalo V. y Constantino Mpodozis M.

Jefe de Publicaciones: Manuel Suárez D.

Encargada de Publicaciones: Soraya Amar N.

Corrección idiomática: Soraya Amar N.

Diagramación: Mariela González A.

Referencia bibliográfica

Pineda, G.; Emparan, C. 2006. Geología del área Vicuña-Pichasca, Región de Coquimbo. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica*, No. 97, 40 p., 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.

Portada: En primer plano, se aprecian parronales de la ciudad de Vicuña y en segundo plano, contacto por falla entre rocas de la Formación Los Elquinos e intrusivos cretácicos a través de la Falla Vicuña.

Fotografía: G. Pineda F.

CONTENIDO

RESUMEN	5
ABSTRACT	5
INTRODUCCIÓN	6
ESTRATIGRAFÍA	7
PALEOZOICO	7
Batolito Elqui-Limarí	7
Plutón Paiguano Cp	7
Plutón Río Claro Crc.....	7
Plutón Chapilca Cch	8
PÉRMICO-TRIÁSICO	9
Formación Matahuaico Pm	9
Intrusivos del Pérmico-Triásico	10
Plutón Dolores PTrgd.....	10
Plutón Uchumi PTrgu	10
Plutón Alcohuás Ptrga	10
Formación Las Breas Trlb	11
JURÁSICO	12
Formación Tres Cruces Jtc	12
Formación Algarrobal Ja	12
CRETÁCICO INFERIOR	13
Formación Río Tascadero Krt	13
Formación Quebrada Marquesa Kqm	14
Miembro Inferior Kqm1	14
Miembro Superior Kqm2	15
Formación Pucalume Kp	16
Estratos de Quebrada La Tatora Kqlt.....	17
Intrusivos Hipabisales Dacíticos-Andesíticos Kih	19
Complejo Intrusivo Cerro El Chivato Kgac	19
CRETÁCICO SUPERIOR	19
Formación Viñita Kv.....	19
Intrusivos Monzoníticos y Dioríticos Kmd	20
Intrusivos Hipabisales Andesíticos a Dacíticos Ksih	21
Formación Los Elquinos Kle	21
Estratos Quebrada Yungay Kqy	22
Intrusivos del Cretácico Superior tardío	23
Diorita Esperanza Ksde	23
Monzodiorita El Pedregoso Ksmep	23
Diorita Ollada Ksdo	23
Diorita Pichasca Ksdp	24
Diorita Peralillo Ksdpl.....	24
PALEOCENO-EOCENO INFERIOR	24
Intrusivos del Paleoceno-Eoceno	24
Monzogranito El Bosque PaEmb	24
Monzogranito Loma Colorada PaEmlc	25
Diorita Cuarto Chinchillero PaEdc	25
EOCENO MEDIO-SUPERIOR	25
Intrusivos Hipabisales Eih	25
Diorita El Venado Edv	26

MIOCENO-PLEISTOCENO	26
Depósitos aluviales antiguos MPla	26
PLEISTOCENO-Holoceno	27
Depósitos de remoción en masa Plrm	27
Depósitos fluviales antiguos Plf	27
Depósitos aluviales y coluviales PIHa	27
Depósitos fluviales recientes Hf	28
GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	28
GEOLOGÍA ECONÓMICA	30
SÍNTESIS GEOLÓGICA	30
AGRADECIMIENTOS	31
REFERENCIAS	31

ANEXOS

I DATACIONES RADIOMÉTRICAS	35
Tabla 1. Edades radiométricas	37
Tabla 2. Datos analíticos K-Ar de este trabajo	38
II FÓSILES	38
Tabla 3. Localidades fosilíferas	38
III YACIMIENTOS	39
Tabla 4. Yacimientos Metálicos y de Rocas y Minerales Industriales	39

Mapa (fuera de texto)

Geología del Área Vicuña-Pichasca, Región de Coquimbo, Escala 1:100.000.

RESUMEN

En el área Vicuña-Pichasca, ubicada en la precordillera de la Región de Coquimbo, entre los 30°00'-30°30'S y 70°30'-71°00'W, afloran rocas cuyas edades van desde el Paleozoico hasta el Eoceno Superior. Las rocas más antiguas, de edad carbonífera, corresponden a plutones de variada composición y dimensión, denominados Plutón Paiguano, Plutón Río Claro y Plutón Chapilca, pertenecientes al Batolito Elqui-Limarí. Sus equivalentes volcánicos están representados por una secuencia volcánica continental, constituida por brechas piroclásticas, tobas, lavas ácidas y pequeñas intercalaciones de limolitas con flora fósil de edad pérmica, representada por la Formación Matahuaico. La actividad volcánica persiste hasta el Triásico, incluyendo, además, el desarrollo de pequeñas cuencas lacustres caracterizadas por rocas de la Formación Las Breas. Pequeños afloramientos del Jurásico Inferior se reconocen como evidencia de la primera transgresión marina que tenía como límite oriental el batolito Paleozoico. Siguiendo al alzamiento y posterior retirada del mar, comienza un período de erosión acompañado de actividad volcánica, representado por la Formación Algarrobal de edad jurásica medio-superior. Luego se desarrolla una nueva cuenca marina de edad cretácica inferior, representada por la Formación Río Tascadero en el sector oriental y por la Formación Arqueros en el sector occidental. Un período de extensión continental de edad cretácica inferior-superior temprano, que abarca más del 50% del área de estudio, da origen a las cuencas sedimentarias representadas por la Formación Quebrada Marquesa, Los Estratos de Quebrada La Totorá y la Formación Pucalume. Este ciclo está acompañado de una intensa actividad volcánica andesítica y piroclástica, caracterizada por rocas de la Formación Viñita, de edad cretácica superior bajo y cuyas raíces magmáticas se manifiestan en plutones graníticos a dioríticos. La actividad volcánica continúa en forma interrumpida en el Cretácico Superior alto con aporte sedimentario (Formación Los Elquinos), y culmina con la generación de estructuras tipo caldera (Caldera Cerro Tololo) en rocas de los Estratos de Quebrada Yungay (Maastrichtiano). En el Paleoceno-Eoceno la actividad magmática continúa, pero con menor desarrollo, y se manifiesta con pequeños plutones tipo stock de composición granítica a diorítica. La región puede ser dividida en tres dominios estructurales: **1.** Dominio occidental, caracterizado primero por un régimen extensional continental de edad cretácica temprana representado por el Sistema de Fallas El Romero que da origen a la cuenca de Quebrada Marquesa, seguido por una deformación compresional que origina el Anticlinal de Talcuna y una serie de pliegues que afectan la Formación Quebrada Marquesa. En el Cretácico tardío bajo se genera la Falla El Chape, estructura de crecimiento de dirección NNE reactivada en forma inversa que pone en contacto rocas de la Formación Quebrada Marquesa con rocas de los Estratos de Quebrada La Totorá. La reactivación está marcada por un plegamiento en rocas de los Estratos de Quebrada La Totorá. **2.** Dominio Central, caracterizado por el Cretácico tardío, donde se registra otro evento extensivo representado por la caldera cerro Tololo, estructura volcánica semicircular cuyo eje mayor de dirección NNW alcanza 17 km de largo y eje menor de dirección este-oeste de 16 km de largo. Sus depósitos tendrían una distancia de 44 km. **3.** Dominio oriental, caracterizado por un sistema estructural más complejo que se inicia con una falla inversa Eocena (Falla Rivadavia) que pone en contacto plutones pérmicos-triásicos con la cobertura mesozoica. La Falla Vicuña, de probable edad Eocena, representaría un retrocorrimiento que levanta toda la cobertura mesozoica, con dirección nort-sur y ángulos de 18° hasta 45° y largo aproximado de 150 km. La mineralización en la zona se encuentra restringida a yacimientos de manganeso, pequeños yacimientos de cobre y depósitos polimetálicos en menor cantidad, además de extensas zonas de alteración hidrotermal asociadas a cuerpos hipabisales andesíticos que intruyen rocas de la Formación Los Elquinos.

ABSTRACT

Paleozoic up to Upper Eocene rocks crop out in the precordillera of Coquimbo, between the 30°00'-30°30'S and 70°30'-71°00'W (Vicuña-Pichasca). The oldest units (Paiguano Pluton, Río Claro Pluton and Chapilca Pluton) are carboniferous in age. A related volcanic continental succession is made up of pyroclastic breccias, tuffa, acid lava and small fossil flora-bearing Permian siltstones (Matahuaico Formation). They represent the basement of the Andean orogen. Volcanic activity persisted up to the Triassic and included the development of small lacustrine basins (Las Breas Formation). Small outcrops of Early Jurassic age (Tres Cruces Formation) represent vestiges of the first marine transgression, easterly bounded by the Paleozoic batholith. After this high stand the sea retreated and erosion coeval with volcanic activity followed (Algarrobal Formation) during the Middle to Upper Jurassic. Subsequently a new marine basin developed during the Lower Cretaceous (Río Tascadero Formation in the eastern and Arqueros Formation in the western half). The end of this phase coincides with the beginning of an Early to Lower Late Cretaceous period of continental extension, whose rocks include more than 50% of the area. The related sedimentary basins are represented by the Quebrada Marquesa Formation, Quebrada La Totorá Beds and Pucalume Formation. This cycle coincides an intense andesitic and pyroclastic volcanic activity characterized by rocks of the Late Cretaceous Viñita Formation, whose magmatic roots are preserved as granitic to dioritic plutons. The volcanic activity is partly interrupted during the Late Cretaceous by the sedimentary contribution of the Los Elquinos Formation and culminates with the generation of the Cerro Tololo Caldera and its related maastrichtian Quebrada

Yungay beds. During the Paleocene-Eocene the magmatic activity wanes and is represented by small granite to diorite stocks. Three structural domains are recognized: **1.** Western domain, characterized by an extensional continental regime. The first two events are of Early Cretaceous age and are represented by the Romero and El Chape Fault Systems, whose activities are linked to the origin of the Quebrada Marquesa and Quebrada La Titora Beds basins. The first event is followed by a compression that originates the Talcuna Anticline and a series of folds in the Quebrada Marquesa Formation. During the Upper Early Cretaceous the NNE trending El Chape growth fault is inverted and the Quebrada La Titora Beds are thrust on top of the Quebrada Marquesa Formation. Reactivation is marked by folding of the younger unit. **2.** Central domain, characterized the Upper Cretaceous registers a third extensive event represented by the Cerro Tololo Caldera, an elliptical volcanic structure whose major EW-trending axis reaches 25 km and its minor NS axis 17 km. Its deposits, the Quebrada Yungay Beds, extended for at least 44 km. **3.** Eastern domain, characterized by a complex structural system in which the Mesozoic cover is first extensionally detached from its basement and then eastward inverted during the Eocene: the Rivadavia Fault. The 150 km long, west vergent Vicuña Fault, on the other hand, has been joined at depth with the Rivadavia Fault and interpreted as the western branch of a flower structure. It may, however represent the western margin of a compressional horst.

The mineralization in the zone is restricted to manganese deposits, small copper and polymetallic deposits. Extensive hidrothermal alteration zones are associated with andesitic hipabisal bodies that intrude rocks of the Los Elquinos Formation.

INTRODUCCIÓN

El área Vicuña-Pichasca se ubica en la precordillera de la IV Región entre los 30°00' y 30°30'S y los 70°30' y 71°00'W. El principal acceso se hace por el camino que sale de la carretera La Serena-Vicuña en el cruce del puente Vicuña, en dirección sur, por el camino de tierra hacia Pichasca. Al área central-oriental de la zona se puede acceder por el camino que lleva hacia la quebrada Arrayán y por la quebrada San Carlos, esta última con dirección hacia el observatorio astronómico cerro Tololo. El acceso al sur del área se puede recorrer desde Ovalle, por el valle de Hurtado hasta El Bolsico. Los principales ríos que constituyen la hoya hidrográfica son: por el norte, el río Elqui que nace de la unión de los ríos Turbio y Claro, en las cercanías de Rivadavia y, por el sur, el río Hurtado que da origen al río Limarí en Ovalle.

Este trabajo forma parte del proyecto Hoja La Serena, financiado con fondos sectoriales del Servicio Nacional de Geología y Minería. En este trabajo se hace un estudio detallado de la estratigrafía y se incorporan nuevos datos cronológicos directos, de manera tal de poder insertar en un marco geológico regional, las unidades definidas anteriormente por Thomas (1967), Dediós (1967), Cornejo (1982) y Mpodozis y Cornejo (1988). El levantamiento de terreno se efectuó entre los años 2000 y 2002, teniendo como bases topográficas los cuadrángulos Cerro Tololo, Vicuña, Pichasca y Hurtado a escala 1:50.000, preparados por el Instituto Geográfico Militar (IGM). La geología fue trazada, en el terreno, sobre fotografías aéreas (vuelos SAF del año 1982) y posteriormente complementada con imágenes satelitales con bandas 741 preparadas en la Unidad de Sistema de Información Geológica (USIG) del Servicio Nacional de Geología y Minería.

Durante el desarrollo del terreno se recolectaron 660 muestras de las que se hicieron 200 cortes transparentes. Se efectuaron 13 dataciones K-Ar en el Laboratorio del Servicio Nacional de Geología y Minería y 4 U-Pb en el Departamento de Geología General, Instituto de Geociencias, Universidade de Sao Paulo, Brasil.

El material fosilífero fue analizado por Ernesto Pérez y Alfonso Rubilar del Servicio Nacional de Geología y Minería y Mario Suárez del Museo de Historia Natural. Las asignaciones de edades para las distintas unidades se basaron en la Escala Geológica del Tiempo 2004 (Gradstein *et al.*, 2004).

ESTRATIGRAFÍA

PALEOZOICO

BATOLITO ELQUI-LIMARÍ

La Alta Cordillera de Elqui y Limarí está formada por un gran batolito, que se extiende, fuera de la zona de estudio, por más de 200 km desde el río Grande hasta el río Tránsito y alcanza un ancho máximo de 60 km, entre Rivadavia y el río La Laguna. Este complejo intrusivo, al que Mpodozis *et al.* (1976) denominaron Batolito Elqui-Limari (BEL), está constituido por un centenar de plutones, formados por rocas intrusivas del más variado tipo. La mayoría de ellos son de edad paleozoica superior a triásica, excepto algunos cuerpos de granodioritas y dioritas que son de edad cretácica. En la Geología del Área Vicuña-Pichasca, el BEL aflora en el borde oriental, a lo largo de 26 km, con un ancho máximo de 9 km, desde el río Claro hasta la quebrada Huracán. Su límite occidental aparece cubierto por las secuencias mesozoicas, pérmicas y jurásicas, representadas por las Formaciones Matahuaico y Tres Cruces; su borde oriental no aflora en el área de estudio. A pesar de la complejidad interna del batolito, ya Mpodozis y Cornejo (1988) lograron separarlo en plutones de similar petrografía, textura, relaciones de contacto y edad. Es así, como en este trabajo se usan los nombres definidos en la Hoja Pisco Elqui (Mpodozis y Cornejo, 1988) para estos plutones. El BEL, en la zona de estudio, agrupa un conjunto de seis plutones (Paiguano, Río Claro y Chapilca de edad carbonífero-pérmico, Uchumi, Alcohuás y Dolores de edad pérmica-triásica) que a continuación se describen.

Plutón Paiguano Cp (Carbonífero)

(Mpodozis *et al.*, 1976)

Definición y relaciones de contacto. El Plutón Paiguano es un cuerpo plutónico de color gris formado por granitos y tonalitas gnéisicas. Aflora en un área de 10 km² al noreste del mapa, en la loma El Fraile. Aparece intruido por el plutón Dolores de edad pérmica-triásica.

Litología. Constituido por granitos y tonalitas gnéisicas, cuyas rocas de textura fanerítica grano medio a grueso presentan un bandeamiento sinmagmático, marcado por la orientación subparalela de los minerales máficos. En mayor cantidad, afloran rocas graníticas con biotita y anfíbola de textura foliada y en la que se reconoce un protolito plutónico granitoideo constituido por cuarzo, plagioclasa alteradas a caolinita y esmectitas y ortoclasa. Las biotitas forman bandas lepidoblásticas discontinuas con titanita y epidota intersticial. Se reconoce apatitos como accesorios y escasos opacos.

En menor proporción, se encuentran tonalitas con anfíbola y biotita, de textura holocristalina hipidiomorfa de grano grueso, con leve cataclasis, constituida por plagioclasa con incipiente alteración a caolinita y smectitas; ortoclasa, parcialmente deformada y cuarzo microfracturado y recrystalizado. Los máficos corresponden a anfíbola verde gruesa, localmente recrystalizadas y a biotitas deformadas, con leve alteración a clorita y prehnita y forman incipientes bandas de foliación. Se reconocen abundantes accesorios como apatito, circón y esfeno y magnetita diseminada.

Edad. En el área de estudio, no se obtuvo dataciones para este plutón; sin embargo, granitoides del Plutón Chapilca (Cch) datados en 273±8 Ma (Empanan y Pineda, 1999) intruyen la unidad en el Área Condoriaco-Rivadavia. Con estos antecedentes es posible asignar, tentativamente, la unidad al Carbonífero tardío.

Plutón Río Claro Crc (Carbonífero)

(Mpodozis *et al.*, 1976)

Definición y relaciones de contacto. El Plutón Río Claro aflora en el extremo noreste del mapa y se extiende a través de una franja norte-sur de aproximadamente 23 km de largo por 4 km de ancho, desde

la quebrada Chancoqui hasta la loma Los Miranda. Es un cuerpo plutónico de color gris rosáceo intenso variando a gris claro, el que incluye gran variedad de litologías que van desde monzogranitos a dioritas. Localmente, lo intruyen enjambre de diques félsicos de color rosado y básicos de color oscuro. Está cubierto en discordancia por las secuencias volcánicas continentales de la Formación Matahuaico (Pm) de edad pérmica y lo intruyen los plutones Dolores (PTrgd), Uchumi (PTrgu) y Alcohuás (PTrga) de edad pérmica-triásica.

Litología. Constituido por monzogranitos, tonalitas, granodioritas, dioritas cuarcíferas y dioritas. En algunos lugares, como en las nacientes de la Quebrada Monte Grande y la ladera sur de la quebrada Pisco Elqui, se caracteriza por la intrusión de enjambres de diques andesíticos de color negro y silíceos afaníticos de color rosado.

La litología predominante y que caracteriza a este plutón corresponde a monzogranitos de anfíbola y biotita. Se observan levemente cataclásticos con grano grueso constituidos por plagioclasa con moderada alteración a caolinita y sericita; ortoclasa en gruesos cristales y cuarzo con bandas de deformación y recrystalización. Los minerales máficos corresponden a biotita y anfíbola cloritizada parcial o totalmente deformada. Los minerales accesorios son magnetita, apatito y esfeno.

En menor cantidad, afloran tonalitas y granodioritas con hornblenda y biotita de grano grueso. Sus minerales esenciales corresponden a andesina, cuarzo y feldespato potásico, intersticial en las tonalitas, que, en las granodioritas, forma cristales anhedral de ortoclasa; hornblenda y biotita reemplazada por clorita, epidota y cristales de prehnita en los planos de clivaje. Los minerales accesorios más comunes son apatita, esfeno, circón y magnetita.

En forma subordinada, afloran dioritas cuarcíferas y dioritas de grano grueso de hornblenda y biotita, con abundantes xenolitos básicos (microdioritas).

Edad. En dioritas ubicadas en la quebrada Chancoqui se obtuvo una edad K-Ar en biotita de 288 ± 7 Ma y en tonalitas ubicadas en la quebrada Monte Grande, una edad K-Ar en anfíbola de 289 ± 9 Ma. Considerando que tanto las biotitas como las anfíbolas se encuentran alteradas a clorita, se interpretan ambas edades como mínimas o posiblemente rejuvenecidas durante el evento termal pérmico-triásico representado por los plutones Dolores, Uchumi y Alcohuás de edad pérmica-triásica. Por otra parte, en la Hoja Guanta se han obtenido edades carboníferas (K-Ar, anfíbola) para esta unidad (Cordillera de La Punilla: 303 ± 9 Ma; Estero Guanta: 297 ± 9 Ma; Nasi *et al.*, 1985). Otra edad carbonífera fue presentada por Ribba (1985) (K-Ar, anfíbola: 310 ± 18 Ma), en una muestra proveniente del valle del Tránsito. Rex (1987) obtuvo una errorcrons Rb-Sr, pobremente definida, de 310 ± 8 Ma con muestras provenientes del valle del río Turbio. Dados estos antecedentes es posible asignar la unidad al Carbonífero tardío.

Plutón Chapilca Cch (Carbonífero)

(Empan y Pineda, 1999)

Definición y relaciones de contacto. El Plutón Chapilca fue definido en el Área Condoriaco-Rivadavia como un plutón de color blanco, de granodiorita de biotita. En la zona de estudio, aparece bien expuesto en el extremo noreste del mapa en un área de aproximadamente 20 km², desde el cerro La Vaca hasta la loma El Pozo. En ocasiones está atravesado por enjambres de diques básicos y félsicos. Lo intruye el plutón Dolores de edad pérmica-triásico. En el Área Condoriaco-Rivadavia donde fue definido, está en contacto con la Formación Las Breas mediante falla normal de bajo ángulo (Falla Algarrobal) y por falla inversa con las formaciones Matahuaico (Pm), Tres Cruces (Jtc), Algarrobal (Ja) y Pucalume (Kp).

Litología. Está formado principalmente por granodioritas y granitos de biotita de grano medio a grueso, inequigranulares, localmente cataclásticos de color gris claro a blanco, que afloran en el extremo nororiental del mapa. Además, se han reconocido bolsones pegmatíticos de muscovita de color blanco brillante a rosado, compuestas por cristales de variado tamaño (5-15 mm) de feldespato, cuarzo y muscovita.

La roca muestra texturas hipidiomórfica, alotriomórfica inequigranular y sacaroidal, con tamaño de grano muy variable (5-0,5 mm). Su mineralogía está compuesta por oligoclasa-andesina en cristales euhedrales, sericitizados y débilmente zonados; feldespato potásico, anhedral (ortoclasa peritética argilizada

y cristales menores de microclina intersticial); cuarzo anhedral, con extinción ondulosa y láminas de deformación, y biotita (5-15%) con inclusiones de circón y muscovita, de distribución irregular, dentro de los diversos plutones. Tiene escasa anfíbola, apatito, clinozoicita y esfeno como minerales accesorios.

Edad. En el Área Condoriaco-Rivadavia se obtuvo una edad K-Ar en biotita de 273 ± 8 Ma (Emparan y Pineda, 1999), que se interpretó como una edad mínima. En la Hoja Pisco-Elqui, Mpodozis y Cornejo (1988) obtuvieron edades K-Ar en muscovita de 301 ± 4 y 259 ± 6 Ma y en biotita 235 ± 6 y 212 ± 4 Ma, las que interpretaron como rejuvenecidas, producto de un evento termal pérmico, excepto la primera la que permitiría inferir una edad carbonífera tardía para esta unidad.

PÉRMICO - TRIÁSICO

FORMACIÓN MATAHUAICO Pm (Pérmico)

(Dediós, 1967)

Definición, espesor y relaciones estratigráficas. La Formación Matahuaico fue definida como una secuencia volcánica de origen continental, constituida principalmente por brechas piroclásticas, tobas, lavas ácidas y limolitas en las cuales se han reconocido hojas atribuibles a *Cordaïtes hislopi* (Bunb). Posteriormente Emparan y Pineda (1999) modificaron la definición separándola en dos asociaciones de facies: la primera corresponde a una secuencia bien estratificada de origen volcanosedimentario continental (Pm (a)) y la segunda a riolitas macizas (Pm (b)). En el área de estudio, la formación posee espesores variables y alcanza hasta 1.000 m de potencia. De base no expuesta y techo en discordancia de erosión con las formaciones Tres Cruces (Jtc), Algarrobal (Ja) y Las Breas (Trlb). Intruida, además, por los plutones Uchumi (PTrgu) y Alcohúas (PTrga) de edad pérmica-triásica.

Distribución y litología. Esta formación aflora como una delgada franja al oeste del río Claro, desde Alcohúas hasta las quebradas Matahuaico y Uchumi, con espesores variables de hasta 1.000 m. Se han distinguido dos asociaciones de facies sin relación de contacto directo entre ellas:

Pm (a) 800 m de una secuencia estratificada volcanosedimentaria de color pardo oscuro, rojo oscuro, verde y morado. Se reconoce desde la quebrada Matahuaico hasta la quebrada Pangué, ubicada al sur de la loma Pajonales, compuesta por tobas de lapilli (fragmentos riolíticos, dacíticos y andesíticos), tobas vítreas, brechas epiclásticas, conglomerados monomíticos negros y lutitas negras.

Pm (b) 500 a 1.000 m de una secuencia volcánica de color gris azulino. Aflora en el sector La Campana, en las juntas de la quebrada Uchumi con el Valle del río Elqui. Está constituida por riolitas porfíricas macizas, vitrófiros de anfíbola-biotita intensamente silicificados y andesitas fluidales de anfíbola con masa fundamental parcialmente silicificada.

Edad, correlaciones y ambiente depositacional. En la quebrada Matahuaico, Letelier (1977) encontró material paleobotánico en un nivel de 2 m de lutitas negras de Pm(a). Corresponden a hojas atribuibles a *Cordaïtes hislopi* (Bunb.) según Archangelsky y Arrondo (1973) y a *Noeggerathiopsis hislopii* (Bunb.) *Feistmantel* emend. *Maithy* según Bernardes y Da Silva (1976). El género *Cordaïtes* tiene un rango de edad entre el Carbonífero y el Pérmico y según algunos autores hasta el Triásico. *Cordaïtes hislopi* (Bunb.) pareciera tener una edad pérmica, Archangelsky y Arrondo (1973) datan una taoflora, en la que esta especie está incluida, en el Pérmico inferior (Lubeckense A.). *Noeggerathiopsis hislopii* (Bunb.) *Feistmantel* emend. *Maithy* según el recuento de Bernardes y Da Silva (1976) se conoce durante todo el Pérmico en los terrenos gondwánicos. La Formación Matahuaico ha sido correlacionada con el Grupo Pastos Blancos (Martin *et al.*, 1999) ubicado en la zona de El Indio. A su vez en la Cordillera Frontal de Mendoza y San Juan existen afloramientos de riolitas, pórfidos riolíticos e intrusivos subvolcánicos que se incluyen dentro del Grupo Choiyoi, el que también se correlaciona con esta formación. Las rocas de la Formación Matahuaico probablemente corresponden a productos volcánicos de un arco magmático del Paleozoico superior. El predominio de las rocas ácidas indicaría que existió una importante componente de corteza continental involucrada en la génesis de los magmas (Mpodozis y Cornejo, 1988).

INTRUSIVOS DEL PÉRMICO-TRIÁSICO

Esta unidad forma parte del complejo intrusivo, al que Mpodozis *et al.* (1976) denominaron Batolito Elqui-Limarí (BEL), y está constituida por tres plutones (Dolores, Uchumi, Alcohuás), formados por rocas intrusivas graníticas. En el área de estudio, aflora en tres franjas elongadas de dirección NNW, ubicadas en el extremo noreste del mapa. Intruye rocas de la Formación Matahuaico (Pm) y los plutones Río Claro (Crc), Chapilca (Cch) y Paiguano (Cp) de edad carbonífera.

Plutón Dolores PTRgd (Pérmico-Triásico)

(Mpodozis y Cornejo, 1988)

Definición y relaciones de contacto. El Plutón Dolores corresponde a un cuerpo intrusivo de color rosado a gris claro, formado por monzogranitos de grano grueso. Aflora aproximadamente en un área de 11 km², en el extremo noreste del mapa, en una franja elongada entre la quebrada La Bajada y la loma El Pozo. Intruye los plutones Río Claro (Crc), Paiguano (Cp) y Chapilca (Cch) de edad carbonífera.

Litología. Constituido por monzogranitos de grano grueso, de color rosado, con biotita y horblenda cloritizada y epidotizada y subordinadamente tonalitas de grano muy grueso. Estos granitoides presentan rasgos penetrativos de cataclasis, con foliación microscópica y alteración a clorita y epidota.

Edad. En el área de estudio no se ha obtenido dataciones radiométricas para el plutón, sin embargo las relaciones de contacto observadas en la quebrada Chancoqui, donde rocas de esta unidad intruyen los plutones Río Claro (Crc) y Paiguano (Cp) de edad carbonífera, permiten acotar la base de la unidad al pérmico. Si se considera, además, que clastos y fragmentos cristalinos derivados de esta unidad se encuentran en las formaciones del Triásico Superior y a esto se suma lo observado en la Hoja Pisco Elqui, (Mpodozis y Cornejo, 1988) donde se determinó una edad pérmica-triásica para la unidad sobre la base de las distintas relaciones de intrusión de los plutones Pérmicos, es posible asignar la unidad al Pérmico-Triásico.

Plutón Uchumi Ptrgu (Pérmico-Triásico)

(Mpodozis y Cornejo, 1988)

Definición y relaciones de contacto. El Plutón Uchumi corresponde a un cuerpo intrusivo de color rosado a gris claro, formado por monzogranitos de grano medio a grueso. Aflora aproximadamente en un área de 25 km² en una franja norte-sur, entre las quebradas La Despensa y Pisco Elqui. Intruye la Formación Matahuaico (Pm) y el Plutón Río Claro (Crc).

Litología. Constituido por monzogranitos de biotita y horblenda de grano medio a grueso. Estas rocas presentan rasgos penetrativos de cataclasis con foliación microscópica, acompañada de alteración de epidota y clorita en sus minerales máficos.

Edad. En el área de estudio, no se ha obtenido dataciones radiométricas para el plutón; sin embargo, es posible asignar esta unidad al Pérmico-Triásico, sobre la base de las relaciones de contacto observadas en el cerro Potrerillos, donde rocas de esta unidad intruyen tonalitas carboníferas del Plutón Río Claro y en la quebrada La Despensa, donde intruyen rocas de la Formación Matahuaico (Pérmico), además de lo observado en la Hoja Pisco Elqui (Mpodozis y Cornejo, 1988), cuya edad se determinó como pérmica-triásica para la unidad, considerando las distintas relaciones de intrusión de los plutones Pérmicos. Por último, también se considera que clastos y fragmentos cristalinos derivados de esta unidad se encuentran en las formaciones del Triásico Superior.

Plutón Alcohuás Ptrga (Pérmico-Triásico)

(Mpodozis y Cornejo, 1988)

Definición y relaciones de contacto. El Plutón Alcohuás corresponde a un cuerpo intrusivo de color rosado a gris claro, formado por monzogranitos de grano medio a grueso. Aflora aproximadamente en un

área de 18 km² en una franja norte-sur, entre las quebradas La Viga y Huracán. Intruye la Formación Matahuaico (Pm) y el Plutón Río Claro (Crc).

Litología. Constituido por monzogranitos de biotita y horblenda de grano medio a grueso. Estas rocas, al microscopio, se observan foliadas y con alteración de epidota y clorita. Están constituidas por plagioclasa suborientadas, deformadas y microfracturadas; ortoclase parcialmente triturada, y cuarzo deformado, formando bandas subparalelas a la foliación. Los minerales máficos se encuentran totalmente epidotizados y bandeados.

Edad. En el área de estudio no se ha obtenido dataciones radiométricas para el plutón; sin embargo es posible asignar la unidad al Pérmico-Triásico, ya que rocas de este plutón intruyen tonalitas carboníferas del Plutón Río Claro (Crc) y rocas de la Formación Matahuaico (Pérmico), sumado a lo observado en la Hoja Pisco Elqui (Mpodozis y Cornejo, 1988), donde se determinó una edad pérmica-triásica para la unidad, sobre la base de las distintas relaciones de intrusión de los plutones Pérmicos.

FORMACIÓN LAS BREAS Trlb (Triásico-Jurásico)

(Dediós, 1967)

Definición, espesor y relaciones estratigráficas. La Formación Las Breas fue definida por Dediós (1967), en el Cuadrángulo Vicuña. La describe como una secuencia de rocas sedimentarias continentales, formada principalmente por conglomerados, lutitas carbonosas y areniscas en las que los clastos más abundantes son de cuarzo. Señala que la formación comprendería, además, capas delgadas de toba riolítica fluidal y toba brechosa riolítica. Posteriormente, Emparan y Pineda (1999), en el Área de Condoriaco-Rivadavia, la redefinieron como una secuencia sedimentaria y volcánica continental de 300-550 m de espesor en las que reconocen tres asociaciones de facies: la primera integrada por rocas sedimentarias de color blanco anaranjado a negro con un nivel de lutitas negras con flora fósil, en la que se identificó (Covacevich, 1995) *Dicroidium* cf. *lancifolium*, *Dicroidium* sp., *Dipteridaceae* indet., cf. *Chiropteris copiapensis*, de edad triásica (Superior?); la segunda, por ignimbritas riolíticas y riolíticas gris rojizo con una intercalación sedimentaria con flora fósil de cf. *Chiropteris copiapensis* (Covacevich, 1994) de edad triásica (Superior?) y la tercera compuesta por andesitas y basaltos de piroxenos. En la zona de estudio, la formación aflora al este de la quebrada Uchumi, como una franja discontinua de dirección NNW de color gris oscuro verdoso. Cubre, en discordancia angular, la Formación Matahuaico (Pm) y subyace en discordancia de erosión, a las Formaciones Tres Cruces (Jtc) y Algarrobal (Ja).

Distribución y Litología. En el área se han reconocido las tres asociaciones de facies definidas por Emparan y Pineda (1999):

Trlb (a) Corresponde principalmente a brechas y es la asociación de facies de mayor exposición areal. Aflora al sureste de la quebrada Uchumi, en la loma Pajonales y en la quebrada Huracán. Está constituida por aproximadamente 300 metros de brechas epiclásticas (fragmentos de lavas, pórdidos riolíticos, granitoides y cuarzo), areniscas (cuarzarenitas y subfeldsarenitas) de grano fino, conglomerados finos y lutitas negras.

Trlb (b) Corresponde a ignimbritas, cuyo afloramiento, ubicado en la intersección de la quebrada Uchumi con el río Elqui, tiene una potencia de no más de 20 m y está constituido por tobas de lapilli dacíticas silicificadas con matriz vítrea fluidal desvitrificada. Se observa, además, illita y caolinita en la matriz y circón como accesorio.

Trlb (c) Asociación de facies compuesta por andesitas y basaltos de piroxeno. Aflora desde el sector Los Caserones hasta el Cordón de la Viga, al este de la quebrada Uchumi. Está constituida por aproximadamente 150 metros de andesitas y basaltos fluidales amigdaloidales de anfíbola y piroxeno, reemplazados por clorita, cuarzo y magnetita. Las amígdalas están rellenas con calcita, clorita y sílice.

Edad, correlaciones y ambiente depositacional. En tobas de la asociación de facies (b) ubicadas en la quebrada Matahuaico se obtuvo una edad U-Pb de 196,8±4,1 Ma, edad que sitúa la formación en el Hettangiano. Sin embargo, sobre la base de flora fósil reconocida en las facies (a) fuera del área de estudio tanto Dediós (1967) como Letelier (1977) asignaron una edad triásica media-superior para la formación; posteriormente Covacevich (1995) sugirió una edad triásica (superior?). Considerando todos estos

antecedentes se asigna, en forma tentativa, para la Formación Las Breas una edad triásica superior-jurásica inferior. La Formación Las Breas se ha correlacionado tradicionalmente con la Formación San Félix de edad triásica media (29°S, 70°30'W), la cual representa los depósitos de una cuenca marina en extensión; sin embargo, las facies sedimentarias continentales de la Formación Las Breas indicarían un ambiente de depositación aluvial con desarrollo de cuencas lacustres en el techo de la cuenca marina Triásica, lo que hace más apropiado correlacionarla con la Secuencia Los Tilos (Martín *et al.*, 1999) expuesta al este del Batolito Elqui-Limarí en la zona de El Indio.

JURÁSICO

FORMACIÓN TRES CRUCES Jtc (Jurásico Inferior)

(Dediós, 1967)

Definición, espesor y relaciones estratigráficas. La Formación Tres Cruces fue definida por Dediós (1967) en el Cuadrángulo Vicuña, como una secuencia sedimentaria marina fosilífera integrada por conglomerados finos, areniscas cuarcíferas, areniscas calcáreas, calizas fosilíferas y lutitas de edad jurásica. En el área de estudio aflora con una potencia máxima de 200 m, está cubierta en discordancia angular y de erosión por la Formación Algarrobal (Ja) y se apoya en discordancia de erosión sobre las formaciones Las Breas (Trlb) y Matahuaico (Pm).

Distribución y litología. Esta formación aflora en dos sectores: uno entre las quebradas Las Cuevas y La Bajada, donde aparece deformada por una estructura sinclinal, y el otro paralelo a la quebrada Matahuaico, formando seis segmentos lenticulares homoclinales. Está compuesta por una secuencia estratificada de color ocre, rosado y blanco en la que, de base a techo, en forma generalizada, se pueden distinguir: (1) alternancia de areniscas arcóscas de guijarros (de cuarzo) y conglomerados de cuarzo finos a gruesos (compuesto de cuarzoarenitas, tobas silicificadas y fragmentos argilizados y cristales de cuarzo), (2) escasas intercalaciones de calizas fósilíferas marinas, (3) conglomerados de cuarzo clasto-soportados, areniscas ortocuarcíferas y lutitas.

Edad, correlaciones y ambiente depositacional. En calizas ubicadas en la localidad de Tres Cruces, inmediatamente al norte del área de estudio, se ha identificado la fauna de *Weyla alata* (von Buch) con distribución del Sinemuriano al Toarciano inferior; *Fanninoceras* de edad pliensbachiana inferior, y *Polyplectus subplanatus* (Oppel) de edad toarciana (Letelier, 1977). Esta fauna permite asignar a la unidad una edad comprendida entre el Sinemuriano y el Toarciano. La Formación Tres Cruces representa los depósitos de transgresión marina que en el Sinemuriano cubrió, a lo menos, el borde Occidental del Batolito Elqui-Limarí (Mpodozis y Cornejo, 1988). Las facies reconocidas en esta zona constituyen depósitos de plataforma calcárea en el que sus facies representan, probablemente el cambio de condiciones submareales profunda, a submareales someras, hacia el techo. Se correlaciona la Formación Tres Cruces con la Formación Lautaro reconocida en la Carta Los Loros (Arévalo, 2005b) y la Hoja La Guardia (Iriarte, 1999) en la III Región de Atacama.

FORMACIÓN ALGARROBAL Ja (Jurásico)

(Dediós, 1967)

Definición, espesor y relaciones estratigráficas. La Formación Algarrobal fue definida por Dediós (1967) en la quebrada homónima, en el Cuadrángulo Rivadavia, como una secuencia de rocas volcánicas andesíticas y sedimentarias clásticas, de origen continental. En la Geología del Área Vicuña-Pichasca, esta formación está constituida por aproximadamente 2.500 m de tufitas, andesitas, tobas y areniscas rojas. Se apoya en discordancia de erosión sobre las formaciones Matahuaico (Pm), Las Breas (Trlb) y Tres Cruces (Jtc) y está cubierta de igual manera por las formaciones Río Tascadero (Krt) y Pucalume (Kp). Al sur del río Hurtado, la falla Vicuña la pone en contacto con la Formación Los Elquinos (Kle).

Distribución y litología. La Formación Algarrobal aflora en dirección NNW a lo largo de la quebrada

Uchumi, desde el sector La Campana hasta Altos de Alcohuás, donde presenta colores pardo rojizo debido a la presencia de hematita; así como también es posible observarla entre las quebradas las Cuevas y Las Barajas donde aparece deformada por una estructura sinclinal; además se reconoce en la localidad de San Agustín, en el río Hurtado y por último en una franja nortesur entre el sector Los Maitenes y al pie de la sierra Negra. Sus principales litologías, de base a techo, son: (1) 2.000 m de una secuencia estratificada de color pardo rojizo que aflora al este de la quebrada Uchumi, en el cerro Las Tórtolas, compuesta por tobas brechosas y de lapilli (fragmentos de andesitas, escorias ferruginosas, vítreos perlíticos, tobas de cristales y líticos silicificados y calcitizados) y lavas andesíticas porfíricas de anfíbola con abundantes vetillas de epidota y sílice, (2) 300 m de tufitas o conglomerados tobáceos masivos con clastos, de hasta 30 mm de diámetro, compuestos de andesitas con diferentes texturas, que afloran en la loma Andacollito, (3) 300 m, aproximadamente, de areniscas de color rojizo de grano grueso a muy grueso, constituidas por fragmentos líticos (intrusivos, andesitas, líticos argilizados y epidotizados) y, en menor proporción cristales de cuarzo y feldespatos. Son inmaduras composicional y granulométricamente y afloran entre el sector los Maitenes y al pie de la sierra Negra, inmediatamente al este de la Falla Vicuña.

Edad, correlaciones y ambiente depositacional. Esta formación carece de indicadores cronológicos directos, sin embargo sus relaciones de contacto, tanto de base como de techo, permiten determinar un rango de edad probable para la unidad. Sobre la base de la edad sinemuriana-toarciana de la Formación Tres Cruces, que subyace a la unidad, y la edad titoniana superior-berriasiano de la Formación Río Tascadero que sobreyace a la formación, se establece una edad jurásica superior para la unidad. Los depósitos de esta formación corresponden a un período de erosión, que afectó parte del basamento que quedó expuesto previa retirada del mar Jurásico (Formación Tres Cruces). Contemporáneo con esta erosión se desarrolló un período volcánico andesítico que se extendió al este, cubrió las secuencias sedimentarias y en otros lugares el basamento pérmico-triásico y triásico. Eventos erosivos y volcánicos contemporáneos con la Formación Algarrobal se han reconocido al sur del río Hurtado, en el río Palomo, donde afloran sedimentitas de la Formación Mostazal (Mpodozis y Cornejo, 1988), que engrana con la Formación Algarrobal; por otra parte, también se han reconocido unidades correlacionables con esta Formación en las Hojas Quillota y Portillo (Rivano, 1993) e Illapel (Rivano y Sepúlveda, 1991), donde afloran secuencias sedimentarias asignadas a las formaciones Río Damas y Tordillo respectivamente, ambas de edad jurásica superior; esta última se ha reconocido hasta el sector argentino. Hacia el norte, es posible correlacionar a la Formación Algarrobal con unidades reconocidas en el río Jorquera, donde afloran conglomerados y lavas andesíticas representadas por la Formación Lagunillas (Jensen, 1976).

CRETÁCICO INFERIOR

FORMACIÓN RÍO TASCADERO Krt (Titoniano superior-Hauteriviano)
(Rivano, 1980)

Definición, espesor y relaciones estratigráficas. La Formación Río Tascadero fue definida por Rivano (1980) en la localidad homónima, como una secuencia de rocas carbonatadas de origen marino. En la zona de estudio, corresponde a una secuencia de aproximadamente 700 m de espesor, bien estratificada, de color pardo amarillento, muy deformada, constituida por calizas de grano fino. Su base cubre, en discordancia de erosión, la Formación Algarrobal (Ja) de edad jurásica superior y está cubierta, en discordancia de erosión, por la formación Pucalume (Kp) de edad barremiana-cenomaniana.

Distribución y litología. Aflora principalmente al sureste del mapa, desde el cerro La Coipa hasta la sierra Negra. Corresponde a una secuencia estratificada y plegada muy homogénea, de color pardo amarillo, formada por rocas carbonatadas marinas. Las rocas carbonatadas son de grano fino, laminadas, constituidas por una alternancia de mudstones y wackestones. En los wackestones, al microscopio, se encontraron fragmentos fósiles (esponjas, espículas de equinoideos), parcialmente reemplazados por carbonatos, clorita, hidrobiotita y óxidos de hierro. Intercaladas en la secuencia de rocas calcáreas de grano fino se reconocen areniscas de grano fino a medio, bien seleccionadas, cementadas por calcita,

composicionalmente inmaduras y texturalmente maduras. Se compone de fragmentos cristalinos (ortoclasa, plagioclasa, cuarzo, magnetita, feldespatos alterados a calcita) y líticos (andesitas, basaltos, clastos calcitizados y cloritizados).

Edad, correlaciones y ambiente deposicional. En el área de estudio, esta formación cuenta con escasa fauna fósil con valor bioestratigráfico. Sin embargo, según Mpodozis y Cornejo (1988) la fauna recolectada al sur de esta zona permite reconocer el Berriasiano superior, Valanginiano y Hauteriviano. En afloramientos basales situados en las cabeceras del río Tuluahuencito, al sur del río Mostazal y sureste de Ovalle (IV Región), fuera del área de estudio, se identificó una fauna de ammonites del género *Kilianella* que permiten señalar una edad cretácica inferior (Neocomiano basal), mientras que la probable presencia de representantes de los géneros *Corongoceras* y *Pseudargentinoceras* indicaría la existencia de niveles de edad titoniana superior (Rubilar y Pérez, 2003). Para esta sección, las condiciones de deposición predominantes corresponderían a un ambiente marino de baja energía, representado por las calizas de grano fino, caracterizadas por escasa o ausente fauna. La Formación río Tascadero se correlaciona con la Formación Arqueros (Empan y Pineda, 1999), al norte del área con la Formación San José (Rivano *et al.*, 1993) en el curso superior del río Juncal (33°S), en Chile, y el Grupo Mendoza, en Argentina (Ramos *et al.*, 1990).

FORMACIÓN QUEBRADA MARQUESA Kqm (Hauteriviano-Albiano temprano)
(Aguirre y Egert, 1962)

Definición, espesor y relaciones estratigráficas. La Formación Quebrada Marquesa fue definida por Aguirre y Egert (1962) como una secuencia sedimentaria clástica de origen predominantemente continental, y volcánica, con una intercalación marina en la base. En su definición original, fue dividida en cuatro miembros. Empan y Pineda (1999) reconocieron sólo dos de los cuatro miembros originales, cada uno formado por diversas asociaciones de facies que engranan o se superponen de manera alterna. En el área de estudio, corresponde a una secuencia volcánica sedimentaria con aproximadamente 2.400 m de espesor. Su base no está expuesta, sin embargo en su localidad tipo está, principalmente, en contacto por falla y discordancia de erosión con la formación Arqueros (Empan y Pineda, 1999) y su techo, lo constituyen los Estratos de Quebrada La Totora (KqIt) que en el área de estudio está en contacto por una falla normal (falla El Chape). La intruyen rocas de las unidades del Complejo Intrusivo Cerro El Chivato (Kgac), Intrusivos monzoníticos y dioríticos (Kmd) e Intrusivos hipabisales andesíticos (Kih).

Distribución y litología. Aflora en una ancha franja norte-sur ubicada al oeste del mapa, desde el valle del río Elqui hasta la quebrada Bulrreme, al sur del río Hurtado. Se reconocieron dos miembros formados por diversas asociaciones de facies que engranan o se superponen entre sí.

Miembro Inferior Kqm1

Secuencia estratificada de aproximadamente 1.400 m de espesor, de color pardo grisáceo a pardo rojizo, volcánica sedimentaria continental con una intercalación marina en la base. Aflora desde el río Elqui hasta la quebrada Bulrreme. Incluye 5 asociaciones de facies que engranan entre sí:

Kqm1(a) 300 m de brechas tobáceas gruesas, macizas, de color pardo oscuro, que afloran en el cerro El Quillay. Están formadas por fragmentos angulosos (5 cm-1 m), de andesitas y subordinadamente de granitoides; engranan hacia el sur con:

Kqm1(b) aproximadamente 800 m de rocas volcánicas rojas que afloran en la quebrada Arrayán. Subiendo hacia el cordón el Romero se puede identificar una secuencia roja que caracteriza esta asociación, en la que se reconoce de base a techo las siguientes litologías:

- tufitas clastosoportada, constituidas por fragmentos de andesitas, epiclásticos silicificados y escoria
- andesita de piroxeno y olivino con amígdalas rellenas con calcita, calcedonia y, en menor cantidad, esmectitas
- toba de lapilli, constituida por fragmentos escoriáceos y andesíticos ferruginosos
- toba lítica soldada, constituida esencialmente por fragmentos líticos andesíticos y tobáceos argilizados

Kqm1(c) 100 m de areniscas calcáreas fosilíferas finas a gruesas, marinas, con alternancia de calizas bioclásticas y micríticas, de color amarillo. Afloran en la quebrada El Porotal intercaladas en las facies Kqm1(b).

Kqm1(d) 100 m de fangolitas lacustres de color amarillo, con flora fósil, reconocidas al sur del río Hurtado, en el sector Pangue, intercaladas en la facies Kqm1(e).

Kqm1(e) 100 m de rocas volcanoclástica de color verde grisáceo, gris medio y pardo rojiza, que aflora en el extremo suroeste del mapa. En la quebrada Cachacos, se reconocen brechas volcánicas andesíticas con fragmentos líticos (tobas y andesitas) multicolores de hasta 2 m de diámetro en una matriz tamaño arena de color verde y en la quebrada El Pangue afloran tobas de lapilli soldadas y basaltos de color pardo rojizo.

Miembro Superior Kqm2

Secuencia estratificada volcánica efusiva y explosiva hacia el techo de aproximadamente 900 m de espesor. Aflora en la loma de la Iglesia y desde el cerro El Diablo hasta la quebrada Las Rivanas. Se caracteriza por su color pardo rojizo oscuro para las lavas y pardo claro para las ignimbritas. En este miembro se ha distinguido cuatro facies:

Kqm2(a) 500 m aproximadamente de andesitas ferruginosas de piroxeno-anfibola, con intercalaciones de tobas líticas andesíticas. Afloran en la loma de La Iglesia y en el cerro Guanaco, donde se intercalan pequeños niveles (5-10 m) de areniscas rojas con mantos de manganeso.

Kqm2(b) 300 m aproximadamente de tobas de color pardo rojizo vítreas-líticas (fragmentos andesíticos), silicificadas. Hacia el techo, la secuencia grada a tobas andesíticas vítreas soldadas. Se reconoce entre los cerros El Diablo y Peñascoso.

Kqm2(c) Aproximadamente 130 m de tufitas clastosoportadas, conglomerados finos y andesitas autoclásticas de piroxeno-olivino de color pardo rojizo. Corresponden a facies de relleno de pequeñas cuencas sedimentarias continentales. Afloran en la quebrada Romeral, intercaladas en las facies Kqm2(b).

Kqm2(d) Lente de yeso de alrededor de 2 km de largo con un espesor aproximado de 100 m, de origen posible sedimentario, que aflora en el cerro Los Yesos.

Edad, correlaciones y ambiente depositacional. La fauna fósil reconocida en la facies Kqm1(c), ubicada en la quebrada El Porotal permite precisar una edad hauteriviana para la base de la Formación Quebrada Marquesa (Rubilar, 1988). Por otra parte, dataciones K-Ar y U-Pb en la Geología del Área Andacollo-Puerto Aldea (Emparan y Pineda, 2006) para ignimbritas del miembro dos de la formación, dan como resultado 107 ± 3 y $107,0 \pm 0,6$ Ma respectivamente, lo que la ubica en el Albiano temprano. En conclusión, el rango estimado de edad para la Formación Quebrada Marquesa es Hauteriviano-Albiano temprano. Anteriormente, la Formación Quebrada Marquesa ha sido correlacionada con la parte superior del Grupo Bandurrias (Moscoso *et al.*, 1982) y con la Formación Las Chilcas (Rivano y Sepúlveda, 1991). En el presente, en la Región de Atacama, en el rango estratigráfico similar y con cierta semejanza de facies (Arévalo, 2005a, Carta Copiapó), equivale a la Formación Bandurrias, de edad hauteriviana-aptiana inferior; que es volcánica-sedimentaria continental, con intercalaciones marinas someras. Sin embargo, el rango estratigráfico de la Formación Quebrada Marquesa abarca también parte del rango de la Formación Cerrillos, continental-sedimentaria con intercalaciones volcánicas, de edad albiana-turoniana (Arévalo, 2005a, Carta Copiapó). Hacia el sur, la Formación Quebrada Marquesa es correlacionable con la Formación Veta Negra, volcánica andesítica, con intercalaciones sedimentarias continentales, del Barremiano?-Aptiano? y con espesor de 3.000 m (Gana *et al.*, 1996; Wall *et al.*, 1996). Esa correlación se mantiene hacia el este en el área de Tiltill (Wall *et al.*, 1999). Sin embargo, al sur, en el área Talagante-San Francisco de Mostazal, la Formación Veta Negra disminuye su espesor a 800 m; por otra parte, la Formación Las Chilcas, suprayacente de la anterior, presenta en sus niveles inferiores también 800 m de lavas andesíticas de tendencia alcalina, lavas dacíticas, domos y tobas riolíticas con edades U-Pb cercanas a 110 Ma (Sellés y Gana, 2001). Estos niveles inferiores de la Formación Las Chilcas serían correlacionables por litología y edad con los niveles más altos reconocidos en este mapa para la Formación Quebrada Marquesa (Miembro 2, facies 2b).

Las rocas del Miembro 1 de la Formación Quebrada Marquesa, se habrían depositado en una cuenca extensional de tipo hemigraben, limitada hacia el oeste por un sistema de fallas de crecimiento, representado en este mapa por el Sistema Falla El Romero. Esta idea es compatible con la distribución de las brechas epiclásticas muy gruesas, que constituyen los niveles inferiores de la Formación Quebrada Marquesa, y cuyos depósitos muestran un espesor decreciente hacia el este. Diferencias entre la velocidad de erosión y la subsidencia de la nueva cuenca (Quebrada Marquesa) adyacente al este, habría posibilitado la ingresión marina somera registrada en los niveles inferiores de la Formación Quebrada Marquesa. La abundancia y espesor de las brechas epiclásticas matriz soportadas, intercaladas con areniscas de guijarros angulosos y engranando con los depósitos marinos, revelarían una morfología de abanicos aluvionales, que acceden a una cuenca marina somera. Sobre estos depósitos se expone una potente sucesión de estratos volcánicos andesíticos gruesos, principalmente piroclásticos, con escasas y delgadas intercalaciones sedimentarias terrígenas; implicaría el emplazamiento de un frente volcánico al este del sistema de fallas de relevo, con actividad principalmente explosiva y que habría colmatado la cuenca (Quebrada Marquesa). La predominancia de características de inmadurez en los depósitos sedimentarios (brechas matriz soportadas, guijarros angulosos en las areniscas, escasez de conglomerados y rocas de grano fino), sugiere un régimen de precipitaciones espaciadas y torrenciales que favorecen los mecanismos de flujos de detritos y una morfología de conos y llanuras de aluvión, con angostos cauces de flujo permanente. La presencia de grietas de secamiento y aparente escasez de fauna y flora en sedimentitas lacustres, indicarían un clima más bien árido y templado. Las rocas que constituyen el Miembro 2 se interpretan depositadas en el entorno evolutivo, asociado a calderas volcánicas. El orden de sucesión litológica de los estratos que constituyen el Miembro 2, su composición y sus relaciones de contacto, sugieren un nuevo desplazamiento del frente volcánico hacia el este y una evolución progresiva de las características de las cámaras magmáticas en la estratigrafía. Asimismo, se puede interpretar comparable a los depósitos resultantes del modelo evolutivo de las calderas volcánicas, propuesto por Lipman *et al.* (1978). Las lavas andesíticas y basálticas de la facies 2a, basal, se interpretan como productos de estrato volcanes precursores de la actividad de caldera (similar a lo descrito por Henry y Price, 1989). Las rocas sedimentarias de la facies 2c, con componentes e intercalaciones volcánicas y engranando con estratos volcánicos, se interpretan como depósitos de intracaldera, originados en un proceso de colapsos parciales sucesivos (semejante a lo descrito por Giannetti, 2001). Las ignimbritas de la facies 2b representarían la culminación de la actividad explosiva del evento de caldera.

FORMACIÓN PUCALUME Kp (Barremiano-Cenomaniano)

(Dediós, 1967)

Definición, espesor y relaciones estratigráficas. La Formación Pucalume fue definida como una secuencia de origen continental, constituida principalmente por rocas sedimentarias clásticas y subordinadamente por depósitos piroclásticos y lavas andesíticas. En la región, presenta aproximadamente 500 metros de espesor, aflora en dos franjas de color rojo, finamente estratificadas, constituidas por conglomerados finos, areniscas y calizas. Se apoya discordantemente sobre la Formación Algarrobal (Ja) y en concordancia sobre la Formación Río Tascadero (Krt) y está cubierta en discordancia por la Formación Viñita (Kv). La intruyen rocas plutónicas de las unidades Ksdpl y PaEmb.

Distribución y litología. Se reconoce a lo largo de dos franjas de dirección norte-noroeste. La primera, con estratificación fina, aflora desde la quebrada Andacollito y sigue a lo largo de la quebrada Uchumi hasta la quebrada El Pangué. La segunda, finamente estratificada y plegada, aflora desde el cordón La Coipa hasta el cerro La Horqueta. Se ha distinguido, de base a techo, las siguientes litologías:

- Conglomerados de color rojizo, grano medio, matriz soportados, compuesto por fragmentos líticos andesíticos con distintas texturas, rocas sedimentarias y algunos clastos silicificados.
- Areniscas de color pardo rojizo, grano muy grueso, con escasa matriz y cemento carbonatado; mal seleccionadas granulométrica y composicionalmente. Compuesta de fragmentos líticos (andesíticos de diferentes texturas, escoriáceos, tobáceos alterados, graníticos, areniscas de grano muy fino y líticos calcitizados, silicificados o argilizados); cristales (cuarzo, plagioclasa alterada a esmectitas e illita, ortoclasa perfitica).

- Calizas de grano fino (Wackestones) recrystalizada, compuestas por litoclastos (cuarzo, feldespatos alcalinos, plagioclasa, magnetita y líticos) y granos carbonatados (fragmentos de fósiles, oolitas y pellets).
- Limolitas carbonatadas, fisibles, constituidas principalmente por fragmentos tamaño limo grueso de feldespatos, cuarzo y magnetita-hematita y también escasos cristales de muscovita.

Edad, correlaciones y ambiente depositacional. La Formación Pucalume carece de fauna fósil con valor bioestratigráfico. Estratigráficamente está cubierta por la Formación Viñita (Turoniano-Coniaciano?) y se apoya en concordancia sobre la Formación Río Tascadero (Turoniano superior-Hauteriviano) y en discordancia sobre la Formación Algarrobal (Jurásico). Por otra parte Dediós (1967), por correlaciones, le asignó una edad aptiana-albiana. Considerando los antecedentes, se establece un rango de edad probable para la formación de Barremiano-Cenomaniano. Por similitud de facies, se puede correlacionar con los Estratos de Quebrada La Totorá (Albiano superior-Coniaciano), que han sido interpretados como rocas asociadas a un evento extensional continental. Inmediatamente al sur en la V Región es posible correlacionarla con la Formación Cristo Redentor, que corresponde a una secuencia transicional a continental de edad cretácica temprana (Rivano, 1993). Las rocas sedimentarias de la Formación Pucalume se habrían depositado en un ambiente regresivo posterior al ambiente marino infralitoral, representado por las rocas de la Formación Río Tascadero. Se desarrollan facies regresivas, con implantación de un ambiente subaéreo, que luego gradaría a condiciones lacustres. El predominio de los aportes volcánicos indica un cambio en las condiciones de sedimentación, acompañado de una mayor actividad volcánica, que se desarrolla contemporáneamente a la depositación de estas sedimentitas (Cornejo, 1982).

ESTRATOS DE QUEBRADA LA TOTORA Kqlt (Albiano medio-Cenomaniano)

(Empan y Pineda, 1999)

Definición, espesor y relaciones estratigráficas. Los Estratos de Quebrada La Totorá corresponden a una secuencia sedimentaria continental, definida informalmente en el Área Condoriaco Rivadavia. Aflora allí como una franja bicolor (pardo y amarilla), norte-sur, que cruza la quebrada Marquesa a la altura de la quebrada La Totorá y que equivale a los miembros uno y dos de Formación Viñita, *sensu* Aguirre y Egert (1965). En el área de estudio, alcanza una potencia aproximada de 1.000 metros y está constituida por cuatro asociaciones de facies: Kqlt(a) conglomerados con intercalaciones de areniscas, Kqlt(b) areniscas calcáreas y lutitas lacustres, Kqlt(c) conglomerados monomíticos y Kqlt(d) brechas líticas. Sobreyace en discordancia de erosión a la Formación Quebrada Marquesa (Kqm) y subyace en concordancia a la Formación Viñita (Kv). La intruye la Diorita Ollada (Ksdo), la Diorita Pichasca (Ksdp) y los pórfidos andesíticos de la unidad Ksih.

Distribución y litología. Las rocas de esta unidad afloran como una franja estratificada y suavemente plegada de dirección nor-noreste, ubicada en el tramo medio occidental del mapa desde el Valle del Río Elqui hasta el extremo sur del área en estudio. Se caracteriza por su color pardo rojizo, con niveles de color amarillo y presenta, en general, lomajes suaves. En el área de estudio se ha reconocido cuatro facies, las cuales engranan entre sí:

Kqlt(a) Esta es la facies de mayor extensión areal y se distribuye desde el valle del río Elqui hasta el sur del río Hurtado; su mejor exposición se encuentra entre las localidades de Samo Alto y Pichasca en el valle del río Hurtado. Está constituida por conglomerados tobáceos pardos rojizos, con intercalaciones de areniscas de igual color. Los conglomerados presentan fragmentos de tamaño entre 10 y 20 cm con un máximo de hasta los 40 cm, y son de variada composición y color, muy redondeados y de buena esfericidad. En general, predominan los clastos andesíticos ocoíticos, en menor cantidad los graníticos, areniscas gris claras, areniscas rojas, tobas reomórficas, lutitas, andesitas afáníticas y, localmente, calizas con *Ostreas* y *Exogiras*. Al microscopio se clasifican como tufitas o conglomerado tobáceos, constituidos por fragmentos líticos (tobáceos silicificados, andesíticos, andesíticos ferruginosos, granodioríticos, fragmentos silicificados y argilizados) y de cristales (plagioclasa, cuarzo, hematita-magnetita) cementados por ceolitas o material ferruginoso. Las areniscas son de tamaño fino y están constituidas principalmente por cristales (feldespatos, ortoclasa y plagioclasa, cuarzo, máficos alterados a clorita y epidota y magnetita-hematita) y líticos

(andesitas con diferente cantidad de óxidos e hidróxidos de hierro, fragmentos dacíticos, líticos silicificados, argilizados, epidotizados o cloritizados) con escasa matriz y cemento de esmectitas. Se presentan como lentes y principalmente sobreyacen los conglomerados; su mejor exposición se encuentra en el sector Las Mollacas. En las areniscas ubicadas en la localidad de San Pedro de Pichasca, se encuentran restos óseos de dinosaurios, fragmentos de caparazón de tortugas y abundante madera petrificada (Casamiquela *et al.*, 1969; Suárez, 2003). El material óseo habría pertenecido a dinosaurios saurópodos titanosaurinos y parte del mismo se atribuyó a una especie reconocida en Argentina: *Antarctosaurus whichmannianus* Huene (Suárez, 2003).

Kqlt(b) Secuencia bien estratificada de color amarillo grisáceo, sin estructuras internas, restringida a pequeños afloramientos en torno a los bordes de la franja sedimentaria. Se reconoce en el sector de loma Amarilla, Corral Quemado y al sur de la quebrada La Cuesta. Está constituida por areniscas calcáreas lacustres, areniscas de guijarro con restos carbonosos grano decrecientes, lutitas grises e intercalaciones de tobas cineríticas grises. Mantos de manganeso del distrito minero de Corral Quemado se encuentran asociados a esta facies.

Kqlt(c) 300 a 400 m de conglomerados monomíticos de color pardo oscuro grisáceo, que afloran en la quebrada Chépica, a lo largo de 6 km en dirección norte-sur. Están constituidos principalmente por fragmentos de andesitas porfíricas ocoíticas de 30 cm en promedio, alcanzando hasta 1 m de tamaño y de muy buena esfericidad y redondeamiento. La matriz al microscopio corresponde a una tufita o conglomerado tobáceo, formada por líticos andesíticos con diferentes texturas, predominando las ocoítas. En menor proporción se reconocen dacitas y rocas silicificadas.

Kqlt(d) Brechas piroclásticas líticas con una potencia de 600 m, que afloran al suroeste del mapa en el cerro La Mollaquita. Sobreyacen a las facies Kqlt(a) y están en contacto por falla normal con ignimbritas del miembro uno de Formación Quebrada Marquesa. Están constituidas por fragmentos multicolores de composición andesítica de diferente textura, tobas y granitos, en una matriz de color verde con abundante plagioclasa y máficos alterados a clorita-epidota.

Edad, correlaciones y ambiente depositacional. El estudio faunístico permite establecer que, en general, los vertebrados corresponden a restos muy fragmentarios, que no permiten determinaciones dentro de un nivel genérico y/o específico. Con excepción de los restos atribuidos a dinosaurios titanosáuridos con un rango temporal Albiano-Maastrichtiano (Suárez, 2003), la restante fauna de vertebrados examinada en este trabajo está representada por entidades taxonómicas con un amplio registro cronoestratigráfico (e.g., *Crocodylia*; *Quelonia*; *Teropoda*), lo que no permite precisar su edad. La presencia de dinosaurios saurópodos de la familia *Titanosauridae* acotaría una edad máxima cretácica inferior. Este grupo se encuentra distribuido ampliamente en Patagonia Argentina durante el Cretácico Inferior y Superior temprano con registros desde el Albiano (J. Calvo com. oral.) Esta familia de saurópodos ha sido registrada en Argentina solo hasta el Maastrichtiano temprano (e.g., *Saltasaurus loricatus*, *Neuquensaurus*) y estas últimas formas son de talla inferior a las conocidas en el Cenomaniano-Santoniano. Por otra parte, antecedentes radiométricos K-Ar y U-Pb de ignimbritas de la Formación Quebrada Marquesa obtenidos en la Geología del Área Andacollo-Puerto Aldea (Empanan y Pineda, 2006) dan una edad mínima de 107 ± 3 Ma (Albiano temprano) y para ignimbritas de la Formación Viñita, ubicadas sobre areniscas de los Estratos de Quebrada La Totorá, se obtuvo una edad U-Pb de $86,77 \pm 0,84$ Ma. En conclusión, considerando los antecedentes expuestos, se estima para la unidad una edad probable albiana media a cenomaniana. Por similitud de facies, los Estratos de Quebrada La Totorá se pueden correlacionar con la Formación Cerrillos, en la Región de Atacama (Arévalo, 2005a) y con la Formación Las Chilcas, en la región central (Rivano, 1993). Las secuencias sedimentarias de los Estratos de Quebrada La Totorá representan flujos arenosos densos y flujos de detritos depositados en un ambiente de llanuras de inundación. Los conglomerados corresponderían a flujos de detritos formados en condiciones de alta energía, probablemente asociados con áreas proximales de deposición aluvial. Los Estratos de Quebrada La Totorá se sitúan en contacto estructural (falla de borde) con rocas de la Formación Quebrada Marquesa y sus características litológicas sugieren un origen en una cuenca subsidente, asociada a la fase de extensión continental correlacionable con el evento Aptiano-Cenomaniano (?), propuesto por Mpodozis y Allmendinger (1993).

INTRUSIVOS HIPABISALES DACÍTICOS-ANDESÍTICOS Kih (Cretácico Inferior tardío)

(Nueva unidad)

Definición y relaciones de contacto. Rocas hipabisales tipo stocks y filones de composición dacítica y microdiorítica-andesítica, preferentemente de textura porfírica. Su color varía del pardo claro al gris y al blanco, con tonalidades amarillas y anaranjadas. Esta unidad intruye la formación Quebrada Marquesa.

Distribución y Litología. La unidad aflora al oeste de la falla El Chape, en el cerro Peñascoso. En el área de estudio se ha reconocido solo la facies **a** de las dos definidas por Emparan y Pineda (2006) en la Geología del Área Andacollo-Puerto Aldea.

Kih (a) Constituida principalmente por pórfidos dacíticos de anfíbola-biotita con variedades a pórfidos dacíticos de anfíbola, dacitas porfíricas de anfíbola-biotita y dacitas afaníticas y fluidales. Estas últimas variedades afloran en las facies de borde de los stocks. Sus minerales félsicos presentan alteración a sericita, esmectita y caolinita y anfíbola reemplazada por calcita y hematita-magnetita.

Edad. Para esta unidad, en la zona de estudio no se han obtenido dataciones radiométricas; sin embargo, en la Geología del Área Andacollo-Puerto Aldea (Emparan y Pineda, 2006) se obtuvieron 7 edades radiométricas, en los intrusivos de la facies dacítica expuesta en el cordón de los cerros Varillar-Cantera. También, tres de las dataciones K-Ar en biotita con idéntico resultado 107 ± 3 Ma; otras K-Ar en biotita de 107 ± 3 Ma y 105 ± 3 Ma; además se obtuvo edades U-Pb en circón de $103,4 \pm 2$ Ma y $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en anfíbola de $102 \pm 3,4$ Ma.

Los resultados radiométricos indicarían una edad cretácica inferior tardía (107-103 Ma) para esta unidad.

COMPLEJO INTRUSIVO CERRO EL CHIVATO Kgac (ca. 103 Ma)

(Emparan y Pineda, 1999)

Definición y relaciones de contacto. El Complejo Intrusivo Cerro El Chivato fue definido al norte de esta área como un stock constituido por granodioritas, andesitas, pórfidos dioríticos y microdioritas, con contactos transicionales entre sí. En la zona de estudio, se caracteriza por una variación gradual entre las diversas litologías que varían de monzonitas cuarcífera a dioritas y andesíticas, principalmente y por la intensa alteración propilítica que afecta a toda la unidad. En los contactos de intrusión con la Formación Quebrada Marquesa, genera zonas de alteración hidrotermal argílica y cuarzo-sericítica.

Distribución y Litología. Aflora como un stock en el extremo noroeste del mapa, en las confluencias de la quebrada Arrayán con el valle del río Elqui, en un área de 16 km², y desarrolla mayor extensión en la Geología del Área Andacollo-Puerto Aldea (Emparan y Pineda, 2006). Está constituido por andesitas porfíricas y afaníticas de anfíbola, pórfidos andesíticos de anfíbola, microdioritas y monzonitas cuarcíferas, todas con contactos gradacionales entre sí. En general, se observa una fuerte alteración a esmectita y albita en las plagioclasas y clorita y epidota en los máficos.

Edad. En la Geología del Área Andacollo-Puerto Aldea (Emparan y Pineda, 2006), ubicada inmediatamente al oeste de la Geología del Área Vicuña-Pichasca se obtuvo, en una diorita (de piroxeno, anfíbola y biotita), una edad K-Ar en biotita de 103 ± 3 Ma que se interpreta como cercana a la cristalización.

CRETÁCICO SUPERIOR

FORMACIÓN VIÑITA Kv (Turoniano-Coniaciano?)

(Aguirre y Egert, 1965)

Definición, espesor y relaciones estratigráficas. La Formación Viñita fue definida por Aguirre y Egert (1965) en el Cuadrángulo Quebrada Marquesa como una secuencia de rocas clásticas y volcánicas de origen continental, comprendidas en tres miembros. Posteriormente, Emparan y Pineda (1999) la redefinieron, dejando como los Estratos de Quebrada La Totorá los miembros uno y dos y la Formación Viñita propiamente

tal el miembro 3. En esta nueva interpretación, la Formación Viñita se redefine como una secuencia volcánica con intercalaciones sedimentarias continentales. Su espesor es difícil de calcular debido a que los intrusivos interrumpen la continuidad de los afloramientos. Dediós (1967) mencionó 4.500 m en el Cuadrángulo Vicuña, lo cual parece ser algo exagerado. Mpodozis y Comejo (1988) estimaron potencias parciales entre 500 y 1.500 m entre los ríos Hurtado y Grande, lo que parece más razonable. En el área de estudio, está cubierta en discordancia por ignimbritas de los Estratos de Quebrada Yungay (Kqy) y en aparente concordancia por la Formación Los Elquinos (Kle). Se apoya en paraconcordancia sobre los Estratos de Quebrada La Totorá (Kqtl) y en discordancia con la Formación Pucalume (Kp). Está intruida por plutones de edad cretácico superior y paleoceno-eoceno.

Distribución y Litología. La Formación Viñita se distribuye en dos franjas aisladas, separadas por la falla Vicuña, una en el sector de la alta cordillera y la otra en la media montaña. En el área de estudio se ha reconocido solo cuatro asociaciones de facies volcánicas de las cinco definidas por Emparan y Pineda (1999), que se superponen parcialmente y/o engranan entre sí:

Kv (a) Esta facies aflora principalmente al este de la falla Vicuña y se extiende en una franja norte-sur de color gris oscuro. Está constituida por andesitas ferruginosas y andesitas basálticas porfíricas de anfíbola y piroxeno, con intercalaciones delgadas de tobas de lapilli y brechas piroclásticas compuestas por fragmentos líticos (andesitas y daciandesitas) y cristales (plagioclasa).

Kv (b) Secuencia de color pardo oscuro con niveles verdosos, constituida principalmente por tobas de lapilli y de líticos andesíticos intensamente alterados a epidota, clorita, sericita, calcita y esmectitas; andesitas y andesitas basálticas de piroxeno, porfíricas y afaníticas, y brechas piroclásticas líticas con fragmentos andesíticos y dacíticos.

Kv (c) Ignimbritas macizas, gris claro a gris rosáceo con textura eutaxítica. Corresponden a:

Tobas andesíticas gruesas cinerítica de cristales y líticos, semisoldada, intensamente alterada a esmectitas y tobas de lapilli soldada, con textura piroclástica fluidal, de composición dacítica.

Kv (e) Brechas piroclásticas líticas de color verde con fragmentos volcánicos andesíticos de hasta 1 m de diámetro, con intercalaciones de pequeños niveles de tobas de lapilli andesíticas y tobas gruesas cineríticas soldadas de composición andesítica.

Edad, correlaciones y ambiente depositacional. En ignimbritas de las facies Kv(c) ubicadas en la base de la Formación Viñita, reconocidas inmediatamente al norte de la localidad de Pichasca, se obtuvo una edad U-Pb de $86,77 \pm 0,84$ Ma, lo que permite asignar la Formación al Cretácico Superior. Está cubierta por rocas de los Estratos de Quebrada Yungay datados en $68,5 \pm 6,4$ Ma (U-Pb) y la intruyen, además, plutones con edad de 66 ± 2 Ma (K-Ar). Considerando las edades obtenidas y sus relaciones de contacto e intrusión, se propone para la unidad una edad situada en el rango Turoniano-¿Coniaciano? La Formación Viñita se correlaciona con la Formación Hornitos (Segerstrom *et al.*, 1959) en la III Región y se interpreta como un sistema volcánico de composición andesítica a andesítica-basáltica, asociado a la extensión cretácica superior temprana continental representada por las rocas de los Estratos de Quebrada La Totorá.

INTRUSIVOS MONZONÍTICOS Y DIORÍTICOS Kmd (97-93 Ma)

(Emparan y Pineda, 1999)

Definición y relaciones de contacto. Esta unidad fue definida en el Área Condoriaco-Rivadavia (Emparan y Pineda, 1999) como un conjunto de stocks, que afloran en forma aislada y cuya composición principal es de monzonitas a dioritas. En el área de estudio corresponden a stocks que intruyen los miembros uno y dos de la Formación Quebrada Marquesa (Kqm).

Distribución y Litología. Se distribuyen como pequeños cuerpos de 1 km² de superficie, expuesta aproximadamente en las cercanías del cerro Varillar al suroeste del mapa; en el área de estudio se reconocieron las facies Kmd(c) y Kmd(d), de las definidas por Emparan y Pineda (1999).

Kmd (c) Monzodioritas cuarcíferas de anfíbola-biotita y de anfíbola-piroxeno de color gris rosáceo.

Kmd (d) Dioritas de anfíbola-piroxeno de color pardo oscuro.

Edad. En el área de estudio esta unidad carece de edades, debido a la alteración existente en las rocas. Emparan y Pineda (1999) en el Área Condoriaco-Rivadavia obtuvieron dos dataciones K-Ar, en anfíbola y biotita de 96 ± 4 Ma y 93 ± 2 Ma, respectivamente.

INTRUSIVOS HIPABISALES ANDESÍTICOS A DACÍTICOS Ksih (83-76 Ma)

(Emparan y Pineda, 1999)

Definición y relaciones de contacto. Esta unidad fue definida en el Área Condoriaco-Rivadavia (Emparan y Pineda, 1999) como cuerpos tipo stocks y diques de composición andesítica a dacítica. En la zona de estudio corresponde a rocas hipabisales de composición andesítica a diorítica. Intruyen los Estratos de Quebrada La Totorá y la Formación Quebrada Marquesa.

Distribución y Litología. Rocas de esta unidad se han reconocido en el extremo oeste del área de estudio. Afloran como pequeños cuerpos que alcanzan hasta 20 km² de superficie de exposición, generalmente emplazados en un sistema estructural de dirección NNE. En el área de estudio se reconoció solo la facies Ksih(a) de las definidas por Emparan y Pineda (1999) y corresponde a:

Ksih(a) pórfidos andesíticos de piroxeno, andesitas de anfíbola-piroxeno y pórfidos dioríticos de piroxeno y olivino.

Los pórfidos andesítico de piroxeno, presentan textura porfídica, con leve alteración a calcita. Se compone de plagiocasa levemente alterada a illita; piroxeno, clinopiroxeno, augita; olivino completamente alterados a magnetita, hematita, goethita y limonita y masa fundamental intergranular con microlitos de plagioclasa, magnetita, calcita y pumpellita.

Las andesitas de anfíbola y piroxeno presentan textura porfídica y están intensamente alteradas a calcita y ceolitas. Su mineralogía está compuesta por plagioclasas muy alteradas a calcita y ceolita, anfíbolos y piroxenos totalmente alterados a clorita y calcita y masa fundamental con textura traquítica y con microlitos iguales que los fenocristales.

Edad. Se han obtenido dos edades K-Ar en roca total: 68±2 Ma para un dique andesítico y 52,4±6,4 Ma para un pórfido andesítico. Ambas edades se interpretan como mínimas, debido a la alteración de la roca (máficos cloritizados). Emparan y Pineda (1999), sin embargo, obtuvieron edades K-Ar en roca total, de 83±3, 77±3 y 76±3 Ma, que interpretan como cercanas a la cristalización.

FORMACIÓN LOS ELQUINOS Kle (Campaniano-Maastrichtiano?)

(Aguirre y Egert, 1965)

Definición, espesor y relaciones estratigráficas. La Formación Los Elquinos fue definida por Aguirre y Egert (1965) al norte del río Elqui (Cuadrángulo Quebrada Marquesa), como una secuencia de origen continental, constituida por lavas, tobas y brechas de composición basáltica a riolítica. Posteriormente, Emparan y Pineda (1999) la redefinieron separándola en dos unidades: los Estratos de Quebrada Yungay (Kqy) y la Formación Los Elquinos (Kle), quedando la primera como una secuencia volcánica de lavas y tobas e ignimbritas separadas en dos asociaciones de facies respectivamente y la segunda como una secuencia volcanosedimentaria continental, multicolor, bien estratificada en la que alternan principalmente rocas sedimentarias con intercalaciones de lavas y rocas piroclásticas. En el presente trabajo, se reinterpretó la Formación Los Elquinos y se incorporó a esta unidad las lavas y tobas de las facies Kqy(b) de los Estratos de Quebrada Yungay definidos por Emparan y Pineda (1999). El espesor total de la formación es difícil de establecer. Según Dediós (1967), en el Cuadrángulo Vicuña alcanzaría a 3.500 m, sin sobrepasar los 1.500 m en el valle del río Hurtado. Su base en discordancia la constituye la Formación Viñita (Kv) y su techo también discordante, los Estratos de Quebrada Yungay (Kqy). La intruyen la Diorita Esperanza (Ksde), Diorita Pichasca (Ksdp), Diorita Cuarto Chinchillero (PaEdc) e Intrusivos hipabisales del Eoceno (Eih).

Distribución y Litología. Se extiende en forma continua desde el valle del río Elqui hasta la quebrada del Chacay, donde constituye una planicie con lomajes suaves. Entre el valle del río Elqui y el río Hurtado afloran 800 metros aproximadamente de una secuencia estratificada de color pardo grisáceo, de tobas andesíticas de lapilli de cristales, lavas andesitas porfíricas de anfíbola piroxeno y, en menor, cantidad tufitas o brechas tobáceas. Entre el río Hurtado y la quebrada El Maitén afloran principalmente sedimentitas (areniscas de guijarro, conglomerados) de color rojo e intercalaciones de calizas y areniscas calcáreas de color gris amarillento. Cabe destacar la presencia de vetas de oxidados de cobre en esta franja sedimentaria. Al sur de la quebrada El Maitén afloran brechas volcanoclásticas de color gris, lavas

andesíticas, tobas andesíticas de líticos y cristales y sedimentitas con escasas intercalaciones calcáreas. Esta zona se caracteriza por la intrusión de diques dacandesíticos que alteran la roca de caja.

Edad, correlaciones y ambiente depositacional. La edad para la formación está dada por sus relaciones de contacto; la de su base, por la Formación Viñita (ca 90 Ma) y al estar intruida por plutones de 66 Ma indican un rango probable de edad Campaniano-Maastrichtiano. Las rocas de la Formación Los Elquinos representan un ambiente volcánico de composición andesítica, en el que se desarrollan simultáneamente flujos arenosos densos y de detritos formados en condiciones de alta energía.

ESTRATOS DE QUEBRADA YUNGAY Kqy (Maastrichtiano)

(Empan y Pineda, 1999)

Definición, espesor y relaciones estratigráficas. Los Estratos de Quebrada Yungay fueron definidos en el Área Condoriaco-Rivadavia, inmediatamente al norte del mapa, como una secuencia de rocas volcánicas, mayormente piroclásticas, separadas en dos asociaciones de facies Kqy(a) correspondiente a ignimbritas y Kqy(b) correspondiente a tobas y lavas andesíticas. Equivalen a la parte media y superior de la Formación Los Elquinos *sensu* Aguirre y Egert (1965). En el área de estudio se redefinió la unidad, dejando solo como los Estratos de Quebrada Yungay a la asociación de facies Kqy(a) de ignimbritas macizas, con un espesor aproximado de 700 m. Su base cubre en discordancia la Formación Viñita (Kv) y la Formación Los Elquinos (Kle) y su techo no aflora. Localmente, están intruidos por monzodioritas de la unidad Ksmep y dioritas de la unidad PaEdc.

Distribución y Litología. Las rocas de esta unidad afloran como una secuencia monoclin al tramo central del área de estudio. Se han reconocido rocas volcánicas, mayormente piroclásticas, gris claro y, en parte, gris parduscas, correspondientes a 700 metros aproximadamente de tobas soldadas, vítreas, de cristales de color pardo, con pómez, líticos andesíticos y silicificados. Se distribuyen por cerca de 15 km desde el cerro Tololo hasta la quebrada Los Quemados; su límite está dado por una estructura semicircular que correspondería al borde de una caldera volcánica de colapso (caldera Cerro Tololo). Su mejor exposición se encuentra en el cerro del mismo nombre, donde se puede observar fiamme de hasta un metro de largo por dos centímetros de espesor. El soldamiento aumenta considerablemente hacia la parte más alta de la secuencia y se reconocen ignimbritas reomórficas rojas que corresponden a tobas muy soldadas vítreas y de cristales con líticos negros andesíticos. En el Cordón del Morado, la secuencia piroclástica es de un color gris oscuro con tonalidades moradas y está levemente silicificada posiblemente por la intrusión de los plutones Ksmep. Tobas muy soldadas con pliegues reomórficos de color blanco rosáceo, se intercalan en los flujos mayores, afloran hacia el techo de la secuencia y se pueden observar desde la quebrada San Carlos hacia la parte alta del cerro Tololo. Al microscopio, se clasifica como una toba gruesa cinerítica soldada, de composición dacítica, constituida por fragmentos de cristales (cuarzo, plagioclasa, pseudomorfos de máficos), fiammes y líticos (tobas andesíticas).

Edad, correlaciones y ambiente depositacional. Para esta unidad, en ignimbritas, se obtuvo dos edades U-Pb de $63,0 \pm 1,4$ y $68,5 \pm 6,4$ Ma. Esto junto con sus relaciones de contacto permite asignar una posible edad maastrichtiana para la unidad. Las ignimbritas de los Estratos de Quebrada Yungay se interpretan como depósitos volcánicos desarrollados en un ambiente del tipo caldera de colapso, (Caldera Cerro Tololo) de la que parte de su borde estaría preservado. El eje mayor de dirección NNW tendría 17 km de largo y su eje menor de dirección este-oeste, 16 km de largo; las facies de ignimbrita extracaldera se encontrarían en la quebrada Yungay en el Área Condoriaco-Rivadavia (Empan y Pineda, 1999). La estructura de borde está en parte sellada por intrusivos de la unidad Ksgd en el sector La Laguna ubicado al sur de esta y por hipabisales de la unidad Eih en la quebrada Churque. En el cerro Cuarto Chinchillero, ubicado en el centro de la caldera, afloran intrusivos de la unidad PaEdc que se interpretarían como parte del magmatismo remanente de la caldera.

INTRUSIVOS DEL CRETÁCICO SUPERIOR TARDÍO (71-63 Ma)

(Emparan y Pineda, 1999)

Corresponden a rocas plutónicas de grano medio en general, color gris claro a gris rosáceo que forman cuerpos elongados y semirredondeados tipo stocks, en el cual se han reconocido cinco plutones: Dioritas Esperanza, Ollada, Pichasca y Peralillo y la Monzodiorita El Pedregoso. Intruyen las formaciones Quebrada Marquesa (Kqm), Viñita (Kv), Los Elquinos (Kle), Estratos de Quebrada La Totorá (Kqlt), Pucalume (Kp), Algarrobal (Ja), Tres Cruces (Jtc) y Matahuaico (Pm).

Diorita Esperanza Ksde

Definición y relaciones de contacto. Corresponde a un cuerpo plutónico de color gris claro, que forma 7 cuerpos intrusivos de superficie de exposición menor a 6 km² cada uno, de formas redondeadas y elongadas y composición diorítica y monzodiorítica; intruye las formaciones Quebrada Marquesa (Kqm), Viñita (Kv), Los Elquinos (Kle) y Estratos de Quebrada La Totorá (Kqlt).

Distribución y Litología. Afloran como cuerpos tipo stock principalmente en los alrededores del sector Esperanza, entre las juntas de la quebrada San Carlos y el valle del río Elqui. En esta unidad predominan las dioritas de anfíbola-piroxeno Ksde(d) de color gris claro y en forma subordinada afloran monzodioritas cuarcíferas de anfíbola-biotita Ksde(m) de color gris claro a gris rosáceo.

Edad. Se ha obtenido una edad K-Ar para esta unidad de 65±2 en biotita en las facies Ksde(m), que se interpreta como cercana a la cristalización.

Monzodiorita El Pedregoso Ksmep

Definición y relaciones de contacto. Corresponde a un cuerpo plutónico de formas redondeadas de color gris claro a gris rosáceo, de superficie de exposición de aproximadamente 87 km² y composición monzodiorítica. Intruye la Formación Viñita (Kv) y los Estratos de Quebrada Yungay (Kqy).

Distribución y Litología. Aflora en el sector La Laguna y en los cerros Pedregoso, La Chabela y el Buitre, y forma un plutón de aproximadamente 87 km² de exposición, de color gris claro a gris rosáceo. Corresponde a una monzodiorita de anfíbola y biotita alteradas a clorita y epidota. Al microscopio presenta plagioclasa y cuarzo parcialmente fracturadas, esfeno y apatito como minerales accesorios y escasa magnetita diseminada.

Edad. No se han obtenido edades radiométricas para este plutón. Sin embargo, su relación de intrusión en torno al borde estructural de la probable caldera cerro Tololo y su continuidad geográfica con plutones de edad cretácica superior ubicados inmediatamente al sur, permiten asignar a esta unidad una edad probable de cristalización cretácica superior.

Diorita Ollada Ksdo

Definición y relaciones de contacto. Corresponde a un cuerpo plutónico de forma elongada, de color gris claro, con una superficie de exposición de aproximadamente 17 km² y composición diorítica. Intruye el miembro 2 de Formación Quebrada Marquesa (Kqm2a) y a los Estratos de Quebrada La Totorá (Kqlt).

Distribución y Litología. Aflora como un cuerpo elongado tipo stock, principalmente en el Cordón Ollada. Corresponde a una diorita de anfíbola-piroxeno de grano medio. Al microscopio presentan las siguientes características: roca plutónica de textura holocristalina, fanerítica, hipidiomórfica, equigranular, de grano medio, compuesta por plagioclasa con inclusiones de magnetita y piroxeno, ortoclasa y cuarzo en menor cantidad y máficos con predominio de hornblenda por sobre piroxenos con alteración tardimagmática. Como mineral accesorio se reconoce apatito.

Edad. Se ha obtenido una edad K-Ar en roca total para un dique asociado a esta unidad de 68 ± 2 Ma, la que se interpreta como cercana a la cristalización.

Diorita Pichasca Ksdp

Definición y relaciones de contacto. Corresponde a un cuerpo plutónico diorítico de forma circular, de color gris claro, con una superficie de exposición de aproximadamente 140 km². Intruye las formaciones Viñita (Kv) y Los Elquinos (Kle) y la intruye el Monzogranito Loma Colorada (PaEmlc).

Distribución y Litología. Afloran como cuerpos tipo stock principalmente en la zona centro-sur del mapa, en la quebrada Pichasca, Lomas Las Trampas y en la Loma Parada. Constituida por dioritas de grano medio de color gris claro, con anfíbola-piroxeno con inclusiones de magnetita y una leve a moderada alteración a clorita y tremolita-actinolita. Como mineral accesorio se reconoce apatito.

Edad. Se han obtenido dos edades K-Ar para esta unidad: 66 ± 2 Ma y $56,6\pm 1,5$ Ma en roca total. La edad que mejor representa la unidad es la primera, considerando la restante como mínima dado su grado de alteración.

Diorita Peralillo Ksdpl

Definición y relaciones de contacto. Corresponde a un cuerpo plutónico diorítico y, en menor cantidad, granodiorítico de color gris claro. Con forma elongada y superficie de exposición de aproximadamente 36 km². Intruye las formaciones Algarrobal (Ja), Pucalume (Kp) y Viñita (Kv) y está en contacto por la falla Vicuña con la Formación Los Elquinos (Kle).

Distribución y Litología. Afloran como cuerpos tipo stocks, alineados en dirección norte-sur al este de la falla Vicuña. Se han reconocido las siguientes facies:

Ksdpl(d) dioritas cuarcíferas de anfíbola y de biotita-anfíbola-piroxeno de grano fino a grueso. Afloran en el Cordón de Peralillo y forman un plutón de color gris claro. Al microscopio, se observan plagioclasas levemente alteradas a calcita. Como máfico, horblenda alterada a clorita, tremolita, actinolita y calcita subordinada. Como minerales accesorios epidota y apatito. Cercano a los bordes de la falla Vicuña se reconoce una diorita cuarcífera de biotita, anfíbola y piroxeno de grano grueso y foliada.

Ksdp(gd) granodioritas de anfíbola-piroxeno epidotizada, de color gris claro verdoso. Afloran inmediatamente al norte de la localidad de Diaguitas, así como también es posible reconocerla en el cerro El Toro, cerro La Campana y quebrada La Bajada.

Edad. Se ha obtenido una edad K-Ar para esta unidad de 63 ± 2 Ma en biotita en las facies Ksdpl(d), además de una edad de $62,4\pm 1,6$ en biotita obtenida en la Hoja Pisco Elqui (Mpodozis y Cornejo, 1988). En rocas de esta unidad, al norte del área de estudio, Emparan y Pineda (1999) obtuvieron edades K-Ar en biotita de 63 ± 2 Ma y 65 ± 3 Ma. Considerando estos últimos antecedentes se estima una edad probable de cristalización cretácica superior.

PALEOCENO-EOCENO INFERIOR

INTRUSIVOS DEL PALEOCENO-EOCENO (56-41 Ma; Paleoceno-Eoceno)
(Emparan y Pineda, 1999)

Monzogranito El Bosque PaEmb

Definición y relaciones de contacto. El monzogranito El Bosque corresponde a un plutón de forma alargada de aproximadamente 100 km² de color gris claro y composición monzogranítica y granodiorítica en menor cantidad. Intruye las formaciones Viñita (Kv), Pucalume (kp) y la Diorita Peralillo (Ksdpl)

Distribución y Litología. Se ubica al este de la Falla Vicuña, desde el cerro El Portillo hasta la loma Negra, y está constituidos por las siguientes facies:

PaEmb(m) Monzogranitos de grano medio, color gris claro rosáceo de anfíbola-biotita, piroxeno-biotita-anfíbola. Aflora desde el cerro Las Ñipas hasta la loma Negra.

PaEmb(gd) Granodioritas de grano medio, de color gris claro, de biotita-anfíbola-piroxeno parcialmente cloritizados y con magnetita diseminada. Como minerales accesorios apatito y esfeno.

Edad. Se han obtenido cuatro edades K-Ar en biotita para esta unidad, estas son: en las facies PaEmb(gd), $48,3 \pm 1,4$ Ma; $41,8 \pm 1,2$ Ma, $42,6 \pm 1,2$ Ma y en la facies PaEmb(m), $44,7 \pm 1,1$ Ma. Además, Mpodozis y Cornejo (1988) obtuvieron edades de $42,4 \pm 1,2$ Ma y $41,7 \pm 1,2$ Ma para la misma unidad en la Hoja Pisco Elqui. Considerando que la unidad PaEmb está incluida en la unidad de Intrusivos graníticos a dioríticos de edad paleocena-eocena definida por Emparan y Pineda (1999), que incluye edades entre los 56 y 51 Ma y que las edades de 48,3, 42,4 y 32,3 son mínimas producto de la alteración reconocida en sus máficos, se estima una edad probable para la unidad del Paleoceno-Eoceno.

Monzogranito Loma Colorada PaEmic

Definición y relaciones de contacto. Esta unidad corresponde a un plutón de composición monzogranítica de grano medio, color gris rosáceo. Aflora en una superficie de 21 km² aproximadamente e intruye las formaciones Viñita (Kv) y Los Elquinos (Kle) y la Diorita Pichasca (Ksdp).

Distribución y Litología. Se ubican en la loma Colorada, inmediatamente al este de la localidad de Serón. Su litología principal la constituyen monzogranitos de grano medio de anfíbola-biotita cloritizadas y en forma subordinada granodioritas gris clara de biotita cloritizada.

Edad. No se han obtenido edades para esta unidad. Sin embargo, sus relaciones de intrusión con la Formación Los Elquinos (Kle) y la Diorita Pichasca (Ksdp), permiten estimar una edad probable para la unidad del Paleoceno-Eoceno.

Diorita Cuarto Chinchillero PaEdc

Definición y relaciones de contacto. Esta unidad corresponde a un plutón de composición diorítica de grano medio, color gris claro verdoso. Aflora en una superficie de 20 km² aproximadamente e intruye los Estratos de Quebrada Yungay (Kqy) y la Formación Los Elquinos (Kle).

Distribución y Litología. Se ubica al centro del área de estudio, en el cerro Cuarto Chinchillero. Está constituida por dioritas de grano medio de anfíbola-piroxeno cloritizadas.

Edad. Se ha obtenido una edad K-Ar en biotita para esta unidad de $32,3 \pm 1,1$ Ma. Considerando, además, que intruye los Estratos de quebrada Yungay (Kqy), se estima una edad probable para la unidad del Paleoceno-Eoceno.

EOCENOMEDIO-SUPERIOR

INTRUSIVOS HIPABISALES Eih (41-34 Ma)

(Emparan y Pineda, 1999)

Definición y relaciones de contacto. Stocks de variadas dimensiones que afloran en la parte centro-norte del área y en los que se han reconocido solo dos facies de las tres definidas por Emparan y Pineda (1999). Intruyen los Estratos de la Quebrada Yungay y desarrollan aureolas de alteración propilítica y silicificación en los contactos. Son rocas porfíricas con amplia variedad petrográfica y dos tipos predominantes: pórfidos andesíticos y dioríticos.

Distribución y Litología. Se ubican principalmente al centro norte del área de estudio y corresponden a:

Eih(a) Pórfidos andesítico-basálticos de color gris oscuro, con fenocristales de plagioclasa y localmente, clinopiroxeno, olivino y/o anfíbola, con masa fundamental intergranular, pilotaxítica y subofítica, incluyendo traquiandesitas.

Eih(c) Pórfidos dioríticos de anfíbola y piroxeno de color gris claro y gris oscuro, con fenocristales de plagioclasa, anfíbola y clinopiroxeno, con masa fundamental gruesa, holocristalina fina, formada por los mismos minerales anteriores más cuarzo y opacos.

Edad. En el área de estudio no se obtuvo dataciones para estos intrusivos. Es posible correlacionarlos con la franja de intrusivos eocenos reconocida por Emparan y Pineda (1999), inmediatamente al norte del área, y en la que se obtuvo 7 edades K-Ar de entre 41 y 34 Ma.

Diorita El Venado Edv (ca. 37 Ma) (unidad nueva)

Definición y relaciones de contacto. Corresponde a un plutón de forma ovalada, de color gris claro, que aflora en el sector Altos del Pangue, en el borde sureste del área de estudio, y se extiende fuera de ella hasta la quebrada Venado. La unidad está formada por dioritas cuarcíferas y tonalitas incluidas en un solo plutón, que se extiende por más de 50 km². Está en contacto por intrusión con rocas de las formaciones Viñita (Turoniano-Coniaciano) y Las Breas (Triásico-Jurásico); fuera del área intruye plutones de edad carbonífera.

Distribución y Litología. En la zona de estudio la unidad aflora en la mitad oriental del mapa. Se compone de dioritas cuarcíferas a tonalitas de grano medio de anfíbola y biotita, textura holocristalina hipidiomorfa, constituida por: plagioclasa, en cristales tabulares de hasta 2,4 mm; ortoclasa, en cúmulos gráficos, intersticiales a la plagioclasa; cuarzo; anfíbola, en cristales prismáticos de hasta 4,5 mm; biotita en cristales laminares de hasta 1,4 mm. Como minerales accesorios se reconoce circón y esfeno.

Edad. En la quebrada El Bosque y en el cerro del Pangue se obtuvo edades K-Ar en biotita de 36,3±0,9 y 37,3±0,9 Ma en una tonalita y granodiorita, respectivamente. Estas edades son interpretadas como de cristalización. Si bien es cierto en las dioritas cuarcíferas se observó una leve deformación dúctil, ésta no afecta la edad obtenida en la roca, por consiguiente los datos permiten asignar esta unidad al Eoceno. La diorita El venado Rivano *et al.* (1986-1991) la incluyen en la Unidad Fredes, la que corresponde a una asociación de grandes plutones de dioritas, granodioritas y granitos leucocráticos de edad Paleoceno-Eoceno.

MIOCENO-PLEISTOCENO

DEPÓSITOS ALUVIALES ANTIGUOS MP1a (Mioceno-Pleistoceno)

Definición y relaciones de contacto. Secuencia sedimentaria continental. Compuesta por gravas gruesas, bien redondeadas, con intercalaciones de arenisca poco consolidadas, limos lenticulares, de origen fluvial y brechas muy gruesas angulosas con abundante matriz limoarenosa, originadas en eventos de remoción en masa de tipo flujo de detritos. En el área de estudio, están cortados por sedimentos aluviales cuaternarios.

Distribución y litología. Afloran como pequeños cuerpos aislados ubicados en las quebradas Uchumi, San Carlos o La Arena y en los sectores La Laguna y La Punilla. Se han reconocido dos facies:

MP1a(a) Compuesta por gravas gruesas polimícticas, matriz de arena, las cuales rellenan y forman terrazas altas que se han reconocido en el sector La Laguna a una cota de 1.600 m. En este lugar se encontraron troncos fósiles como fragmentos rodados de edad indeterminada.

MP1a(b) Compuesta por brechas poco consolidadas, polimícticas, con matriz de arena. Forman conos aluvionales cortados por depósitos aluviales recientes. Afloran en las quebradas Uchumi y San Carlos. En esta última se intercala una toba de ceniza de probable edad miocena.

Edad, correlaciones y ambiente depositacional. En el área de estudio no se obtuvo dataciones directas para la unidad; sin embargo, sus relaciones de contacto con depósitos aluviales recientes, la presencia de troncos y las tobas intercaladas, permiten correlacionarlas con la Formación Confluencia (Emparan y Pineda, 2000), a la que se le ha conferido una edad miocena-pleistocena. Sus depósitos se interpretan como facies sedimentarias producto de erosión fluvial y aluvial asociadas a redes hidrográficas antiguas, que rellenan el paisaje en forma sincrónica con volcanismo del Mioceno (Emparan y Pineda, 2000).

Eventos similares se han reconocido en la Región de Atacama relacionados con el alzamiento tectónico en bloque de la zona altiplánica, que dio origen a las Gravas de Atacama (Mpodozis *et al.*, 1995).

PLEISTOCENO-Holoceno

Los depósitos no consolidados depositados durante el Pleistoceno-Holoceno ocupan un 4% del área de estudio y se restringen a ciertos sectores de los cursos de los ríos Elqui y Hurtado, con mayor desarrollo en torno a la confluencia con sus principales tributarios. Incluyen depósitos del Pleistoceno, comúnmente truncados por depósitos del Holoceno, principalmente por cursos fluviales.

En los ríos Elqui y Hurtado los depósitos de sedimentos no consolidados son, en su mayoría, de origen fluvial y aluvial. Se presentan como relleno donde los valles se ensanchan o confluyen con quebradas. Existen, además, depósitos de remoción en masa y escombros de falda en algunas quebradas o en sectores de altas pendientes.

DEPÓSITOS DE REMOCIÓN EN MASA Pirm (Pleistoceno)

Corresponden a depósitos macizos y mal seleccionados, formados por bloques polimícticos, matriz soportados, con moderada consolidación, distribuidos caóticamente en una matriz limoarcillosa. Producidos por el deslizamiento de roca y material coluvial en laderas abruptas, se ubican en la base de escarpes de laderas y afloran principalmente al oeste de la quebrada Tres Cruces y en el sector La Aguada en la quebrada Uchumi, donde se puede observar su mayor afloramiento con una potencia aproximada de 250 metros. Se los asigna al Pleistoceno.

DEPÓSITOS FLUVIALES ANTIGUOS Pif (Pleistoceno)

Sedimentos semiconsolidados, de color marrón grisáceo a gris claro, que se encuentran en terrazas a lo largo de los márgenes de los cursos fluviales actuales, los cuales las erosionan.

Corresponde a un depósito estratificado con estructuras internas como lentejones de bolones asignados a episodios de inundación y laminación paralela y cruzada en los niveles finos, indicando episodios de aguas tranquilas. Están compuestos de mayor a menor cantidad por gravas muy gruesas y gruesas, con abundante matriz de arena, con incipiente consolidación; contienen intercalaciones de gravas finas arenosas y arenas. Considerando su relación estratigráfica con los depósitos actuales y dada su inactividad, se le asigna una edad pleistocena.

DEPÓSITOS ALUVIALES Y COLUVILES PIHa (Pleistoceno-Holoceno)

Bajo este nombre se han agrupado dos tipos de depósitos: aluviales y coluviales. Los primeros corresponden a sedimentos no consolidados, generados por cursos de agua y flujos de detritos. Son de color pardo claro y presentan una morfología de cono de deyección. Se desarrollan donde cambia la pendiente y disminuye la energía hidráulica. Se localizan cerca del área fuente, en este caso, cerca de los cordones montañosos y están compuestos por bolones y bloques, clasto y matriz soportados. No poseen estructuras sedimentarias; sin embargo, en las facies más distales o alejadas disminuye el tamaño de grano, acumulándose además de grava, arena y limo y pueden presentar estratificación plana y cruzada. Los sedimentos son composicional y texturalmente inmaduros.

Los depósitos coluviales no consolidados y mal seleccionado presentan morfología de cono o abanico de alta inclinación. Se acumulan en las cabeceras de quebradas, también en laderas de cerros de alta pendiente y quebradas rocosas. Están constituidos por clastos angulosos a subangulosos, predominantemente de tamaño grava, con matriz de arena y limo. Son de color gris y no poseen estratificación, aunque pueden aparecer sucesivas secuencias caóticas que se distribuyen paralelas a la ladera. Su origen es local, producto de la alteración de la roca *in situ* y posterior transporte como derrubios

de ladera o depósitos de solifluxión. Frecuentemente están asociados a masas inestables. Se acumulan en las cabeceras de quebradas, laderas de cerros de alta pendiente y escarpes rocosos, donde son trasportados por gravedad, con una participación menor de agua como fuente de transporte.

Cubren o cortan todos los depósitos preexistentes y engranan o cortan depósitos fluviales antiguos y recientes. Dada su relación de contacto con depósitos fluviales antiguos y considerando que se encuentran localmente activos, se les asigna una edad pleistocena-holocena.

DEPÓSITOS FLUVIALES RECIENTES Hf (Holoceno)

Depósitos no consolidados, estratiformes a lenticulares e internamente homogéneos, con capas de hasta 4 m de espesor, constituidos por bolones, gravas y arenas que afloran a lo largo de los cursos actuales de los ríos Elqui y Hurtado en barras laterales e islas, a lo largo de canales secundarios y en zonas de desborde. Estos depósitos presentan color gris a gris oscuro. Son predominantemente clastosoportados y, en menor cantidad, matriz soportados. Compuesto por gravas gruesas y muy gruesas, polimícticas, con abundante matriz de arena, noconsolidadas y clastos con orientación y/o imbricación. Considerando que estos depósitos se encuentran actualmente activos, se les asigna una edad holocena.

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La zona cubierta por la Geología del Área Vicuña-Pichasca se puede dividir en los dominios estructurales occidental, central y oriental, los dos últimos separados por la Falla Vicuña.

DOMINIO OCCIDENTAL

En el Dominio Occidental, un sistema de fallas normales de orientación noroeste e inclinación hacia el este, desplaza rocas volcánicas de la Formación Quebrada Marquesa y Estratos de Quebrada La Totorá. Estas estructuras, Sistema Falla El Romero, están expuestas desde la quebrada el Arrayán hasta Corral Quemado, se reconoce por más de 50 km fuera de la zona de estudio y culmina cubierta por rocas de los Estratos de Quebrada La Totorá. La prolongación del Sistema Falla El Romero fuera del área de estudio, en el Área La Serena-La Higuera (Emparan y Pineda, 2000), muestra esta estructura que corta rocas de las formaciones Arqueros y Quebrada Marquesa. No existen evidencias directas acerca de la edad de estas estructuras; sin embargo, características en los contactos de las fallas que constituyen este sistema muestran la variación en la distribución de las brechas epiclásticas muy gruesas, que constituyen los niveles inferiores del miembro uno de la Formación Quebrada Marquesa, y cuyos depósitos muestran un espesor decreciente hacia el este de la falla, lo que indicaría un sistema de fallas de crecimiento activo durante la depositación de las rocas de esta formación. Considerando la geometría y la distribución de las rocas de la Formación Quebrada Marquesa en torno al Sistema Falla El Romero, se interpreta como un sistema extensional de fallamiento lítrico, del Cretácico Temprano, generado a partir de una rampa de relevo que pone en contacto rocas de la Formación Arqueros con la Formación Quebrada Marquesa. Un segundo evento estructural se evidencia en la denominada Falla El Chape, de orientación NNE e inclinación hacia el este, que se extiende por aproximadamente 50 km, con dos ramales asociados, uno norte-sur que parte en la quebrada Potrerito y se extiende por aproximadamente 15 km hacia el sur, y otro de dirección noroeste, ubicado a la altura de la localidad el Pangue al suroeste del área de estudio, que se extiende por 14 km en la zona y se prolonga fuera de ella en dirección sur. La Falla El Chape pone en contacto rocas de la Formación Quebrada Marquesa con rocas de los Estratos de Quebrada La Totorá. Esta estructura tiene un movimiento inicial normal, reactivado en forma inversa, evidenciado en el tramo de falla de orientación norte-sur y en el segmento norte del tramo NNE. A pesar de que no existen pruebas directas acerca de la edad de esta estructura, en los contactos en su borde se observó una variación de espesor y tamaño de grano de las facies sedimentarias de los Estratos de Quebrada La Totorá, que disminuyen

en la medida que se aleja de la falla, lo que indica una falla de crecimiento activo durante la depositación. Además, intrusivos hipabisales Ksih sellan esta estructura en los tramos donde se evidencia sólo movimiento normal, en cambio aparecen cortados en los tramos en que el movimiento es inverso. Considerando estos antecedentes se estima una edad cretácica temprana tardía para el movimiento inicial normal de la falla El Chape. Un tercer evento estructural se reconoce en el Anticlinal de Talcuna, desarrollado en la Formación Quebrada Marquesa, principalmente al norte de la zona de estudio, en el Área Condoriaco-Rivadavia (Empan y Pineda, 1999). Posee eje NNW, suave buzamiento al norte, asimétrico, inclinación media de 20° en el ala oeste y un ala este más tendida, resultando un plano axial inclinado al este. También se reconoce un sistema de deformación compresional en los Estratos de Quebrada La Totorá, evidenciado en al menos dos pliegues: uno sinclinal y otro anticlinal con eje de dirección NNE. La edad de esta compresión sería previa a la Formación Viñita (Turoniano-Coniaciano) y posiblemente esté asociada a la inversión de la Falla El Chape.

DOMINIO CENTRAL

En el Dominio Central, el rasgo estructural más significativo corresponde a una estructura semicircular de 18 km de diámetro que desplaza con movimiento normal rocas de la Formación Los Elquinos. Parte de esta estructura se reconoce en el cordón Rodriguillo y al norte de Serón, formando una hemicaldera. Esta estructura alberga, en su interior, las ignimbritas de los Estratos de Quebrada Yungay (Empan y Pineda, 1999), rocas que se interpretan como producto del vaciamiento repentino de la cámara magmática, provocando posteriormente el colapso de las paredes que generan la estructura de caldera, denominada la caldera Cerro Tololo. Esta caldera, por el este, está cortada por la Falla Vicuña, estructura que limita el dominio Central y por el oeste su estructura no ha sido reconocida. La edad de la caldera Cerro Tololo y por consiguiente de su estructura de borde, está dada por las ignimbritas de los Estratos de Quebrada Yungay, Cretácico Tardío-Paleoceno y por los intrusivos Ksmep que la sellan. Este dominio se caracteriza por una tectónica extensional del Cretácico Tardío-Paleoceno, con el desarrollo de estructuras volcánicas tipo caldera de colapso: Calderas Condoriaco, El Indio, Llano Perradas y Tierras Blancas, en el área inmediatamente al norte (Empan y Pineda, 1999) y Caldera Cerro Tololo, en la región.

DOMINIO ORIENTAL

El rasgo estructural más antiguo reconocido en el dominio Oriental corresponde a un sistema compresional de probable edad cretácica tardía, que genera una deformación que fue absorbida por las calizas de la Formación Río Tascadero en las cuales se formó una serie de pliegues y escamas. Lo más probable es que esta deformación tuvo lugar después de la depositación de la Formación Viñita, cuya evidencia de plegamiento estaría reflejada en el sinclinal Guanto. Eventos compresionales con edad eocena están registrados por las fallas Vicuña y Rivadavia, estructuras que podrían constituir un sistema en flor que levanta la cobertura mesozoica, el que es comparable a la fase transpresional eocena media registrada a lo largo de todo el Sistema de Fallas de Domeyko desde Antofagasta hasta Copiapó, contemporánea con la Fase Incaica de deformación andina. Es posible, sin embargo, que la primera corresponda a un retrocorrimiento más joven. La Falla Vicuña es una falla inversa que se extiende en dirección norte-sur por todo el mapa, con vergencia hacia el oeste, levantando el bloque oriental con ángulos de 18° hasta 45° en algunas ocasiones. Pone en contacto rocas de la Formación Los Elquinos con plutones PaEmb y Ksdp y con rocas de las formaciones Algarrobal y Pucalume. Esta estructura alcanzaría un largo aproximado de 150 km hasta donde se ha reconocido. La falla Rivadavia es una falla inversa con vergencia hacia el este, que en el área de estudio se extiende por 25 km de dirección norte-sur y pone en contacto rocas de la unidad Ptrg con rocas de las formaciones Algarrobal y Tres Cruces y con tonalitas de edad carbonífera. La edad de esta estructura está registrada en intrusivos sintéctonicos con edades K-Ar en roca total de 40,5 y 40,3 Ma en sus milonitas y de 40,9 Ma en anfíbola para sus rocas cataclásticas (Empan y Pineda, 1999).

GEOLOGÍA ECONÓMICA

La mineralización principal se encuentra restringida principalmente a yacimientos de manganeso, pequeños yacimientos de cobre y depósitos polimetálicos en menor cantidad. Existen, además, extensas zonas de alteración hidrotermal en las que se han realizado estudios que no arrojan señales de interés económico. La mineralización en el dominio occidental se encuentra asociada a la Formación Quebrada Marquesa y a Los Estratos de Quebrada La Totora y se restringe a pequeños mantos de manganeso asociados a cuencas lacustres en las que se depositaron lavas andesíticas que aportan la mineralización. Destacan el Distrito minero de Corral Quemado, las minas Las Marías, Loma Negra y Cisne. El cobre, en esta franja, se encuentra principalmente estratiforme, asociado a rocas volcánicas andesíticas de las formaciones Viñita y Quebrada Marquesa. En el dominio central, se reconoce una franja mineralizada con pequeños yacimientos de cobre y polimetálicos principalmente en vetas asociadas a la Formación Los Elquinos. En el dominio oriental se reconocen yacimientos de cobre y polimetálicos, en vetas, asociados a la formaciones Pucalume, Viñita e intrusivos de edad Cretácico Superior tardío, Paleoceno-Eoceno y Eoceno.

Las zonas de alteración de mayor extensión areal se encuentran asociadas a intrusivos hipabisales andesíticos de probable edad eocena, emplazados en rocas volcánicas de la Formación Los Elquinos. Se reconocen, además, pequeñas zonas de alteración en rocas de las formaciones Quebrada Marquesa y Viñita y los Estratos de Quebrada La Totora, producto de la intrusión de plutones e hipabisales de edad cretácica superior. Es posible también reconocer alteración en un segmento de la Falla Rivadavia. Se pueden distinguir, al menos, cuatro tipos de alteración, cuarzo-sericítica, argílica, propilítica y sílicea. En tobas y andesitas de la Formación Los Elquinos, ubicadas en la quebrada Las Mollacas, se ha reconocido un área de silicificación intensa, en la que tanto la matriz como los fenoclastos del protolito han sido lixiviados y reemplazados por sílice micro a criptocristalina. En otros casos de la misma unidad se ha reconocido, además, alteración argílica (caolinita y trazas de alunita) y abundante limonita con reconocimiento parcial de relictos de la textura de la roca. Se reconoce alteración cuarzo-sericítica y argílica en el Portezuelo Chacay, en rocas pertenecientes a la unidad Ksdp, cuyo protolito es una granodiorita con tendencia porfídica y cuyos feldespatos se encuentran alterados a una mezcla de sericita, caolinita, trazas de alunita y jarosita diseminada. Las pequeñas zonas de alteración reconocidas en tufitas de los Estratos de Quebrada La Totora corresponden a rocas intensamente argilizadas (caolinita y smectitas) con matriz totalmente hematitizada y vetillas capilares con cuarzo microcristalino. En la quebrada del Chacay se reconoce una franja de alteración de aproximadamente 3 km de largo, que afecta a rocas de las formaciones Viñita y Los Elquinos. Presenta alteración a caolinita, con menor cantidad de sericita, trazas de alunita e incipiente silicificación. Por otra parte, la Formación Viñita en el sector Rincón de Cortadera y quebrada San Carlos se muestra con alteración propilítica afectando los máficos a clorita, epidota y, en algunos casos, rellenos por calcita, clorita y zeolitas.

SÍNTESIS GEOLÓGICA

La Geología del Área Vicuña-Pichasca representa un registro geológico de casi 300 Ma que va desde el Carbonífero al Holoceno. Las rocas más antiguas corresponden a intrusivos de edad Paleozoica representados por los Plutones Paihuano, Río Claro y Chapilca y constituyen parte de un arco magmático gondwánico. Sus equivalentes volcánicos están representados por riolitas y tobas ácidas de la Formación Matahuaico. Según Mpodozis y Cornejo (1988) estas rocas forman parte del extenso cinturón magmático del Paleozoico Superior, que se extiende por más de 2.000 km desde Neuquén y la Cordillera Frontal de Mendoza y San Juan, en Argentina, hasta la Precordillera de Iquique, en Chile. A continuación, en el Triásico, la actividad magmática disminuye, el Batolito Elqui-Limarí es alzado y erosionado, y se desarrollan pequeñas cuencas sedimentarias lacustres con gran aporte volcánico caracterizado por la Formación Las

Breas. Durante el Jurásico Inferior se reconoce la primera transgresión marina documentada por la Formación Tres Cruces, si bien en el área solo quedan pequeños afloramientos como evidencia de esta transgresión que tenía como límite oriental el batolito Paleozoico. Posteriormente, entre el Jurásico Superior y Cretácico Inferior, se genera un alzamiento con retirada del mar y comienza un período de erosión acompañado de actividad volcánica representado por la Formación Algarrobal. En el Cretácico Inferior se produce una nueva ingresión del mar al continente, representado por la Formación Río Tascadero y por la Formación Arqueros, lo que se ha denominado como cuenca marginal abortada (Levi y Aguirre, 1981; Aberg *et al.*, 1984; Mpodozis y Ramos, 1990). Después, en el Cretácico Temprano, se desarrolla un período extensional, representado por un sistema de fallamiento lístrico generado a partir de una rampa de relevo que pone en contacto rocas de la Formación Arqueros con Formación Quebrada Marquesa (Emparan y Pineda, 1999). Parte de las estructuras de este fallamiento están expuesta en el Sistema Falla El Romero culminando selladas por rocas de los Estratos de Quebrada La Totorá. Al este del área de estudio, en rocas de la Formación Pucalume, está representada parte de esta extensión Cretácica Temprana. A continuación se desarrolla un segundo evento extensional de edad cretácica temprana tardía, generado a partir de una falla de crecimiento, invertida, denominada Falla El Chape, que pone en contacto rocas de la Formación Quebrada Marquesa con rocas de los Estratos de Quebrada La Totorá. En el Cretácico Superior, comienza la actividad volcánica lávica y piroclástica (formaciones Viñita y Los Elquinos) que continúa generando estructuras tipo caldera como Condoriaco, al norte de la zona, y la caldera cerro Tololo representada por Los Estratos de Quebrada Yungay, en el área de estudio. Eventos compresionales de edad cretácica tardía se manifiestan en una serie de pliegues concentrados en las calizas neocomianas de la Formación Río Tascadero y en el Sinclinal Guanto en rocas de la Formación Viñita. Probablemente, esta compresión esté asociada a la que dio origen al Anticlinal de Talcuna, reconocido principalmente en el dominio occidental al norte del área. En el Paleoceno-Eoceno la actividad magmática continúa, pero con menor desarrollo en la zona y se manifiesta con pequeños plutones tipo stock de composición granítica a diorítica y con un período compresional registrado por las fallas Vicuña y Rivadavia, estructuras que podrían constituir un sistema en flor de edad eocena, que levanta la cobertura mesozoica. La mineralización principal se encuentra restringida principalmente a yacimientos de manganeso, pequeños yacimientos de cobre y depósitos polimetálicos en menor cantidad. Existen, además, extensas zonas de alteración hidrotermal en las que se han realizados estudios que no arrojan señales de interés económico.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a todos los profesionales del Servicio Nacional de Geología y Minería que colaboraron en la elaboración de este trabajo, en especial a las geólogas señoras L. Cuitiño y L. Varas, quienes realizaron los estudios petrográficos; a los paleontólogos señores E. Pérez, A. Rubilar y M.E. Suárez, quienes efectuaron las determinaciones paleontológicas; a los señores L. Farías, C. Reyes y las señoras X. Andrade, I. Lazo y C. Morales, quienes digitalizaron y diagramaron el mapa. A los dibujantes, señores L. Southerland y F. Morales. A los señores J. Soto, H. Rojo y M. Martínez, conductores del Servicio Nacional de Geología y Minería. A don L. Cabello del sector de Peralillo, compañero y arriero de largas jornadas de trabajo. Finalmente, a los geólogos señores E. Godoy, P. Cornejo, C. Arévalo y C. Mpodozis por las valiosas críticas realizadas al texto y mapa. Vaya a todos ellos nuestro agradecimiento.

REFERENCIAS

- Arévalo, C. 2005a. Carta Copiapó, Región de Atacama. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica*, Nos. 91, 54 p., 1 mapa escala 1:100.000.
- Arévalo, C. 2005b. Carta Los Loros, Región de Atacama. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica*, Nos. 92, 54 p., 1 mapa escala 1:100.000.

- Åberg, G.; Aguirre, L.; Levi, B.; Nyström, J.O. 1984. Spreading-subsidence and generation of ensialic marginal basins: an example from the early Cretaceous of central Chile. *Geological Society of London, Special Publication*, No. 16, p. 185-193.
- Aguirre, L.; Egert, E. 1962. Las formaciones manganesíferas de la región de Quebrada Marquesa, provincia de Coquimbo. *Revista Minerales*, No. 76, p. 25-37.
- Aguirre, L.; Egert, E. 1965. Cuadrángulo Quebrada Marquesa. *Instituto de Investigaciones Geológicas, Carta Geológica de Chile*, No. 15, 92 p.
- Archangelsky, S.; Arrondo, O. 1973. Palaeophytología Kurtziana III.10. La tafoflora pérmica de Sierra de los Llanos, Provincia La Rioja. *Ameghiniana*, Vol. 10, No. 3, p. 201-228.
- Bernardes de Oliveira, M.E.C.; Da Silva Pontes, C.E. 1976. Algumas observacoes sobre cordaitofitas da Formacao Rio Bonito, Grupo Tubarao, Bacia do Paraná, Brasil. *In Congreso Geológico Chileno* No. 1, p. L21-L81.
- Casamiquela R.; Corvalán, J.; Franquesa, F. 1969. Hallazgo de dinosaurios en el Cretácico Superior de Chile. Su importancia cronológica-estratigráfica. *Instituto de Investigaciones Geológicas de Chile, Boletín* No. 25, p. 1-31.
- Cornejo, P. 1982. Geología del valle del río Hurtado, Cordillera de Ovalle, IV Región. Memoria de Título (Inédito), *Universidad de Chile, Departamento de Geología*, 242 p.
- Covacevich, V. 1995. Informe Paleontológico (Inédito), *Servicio Nacional de Geología y Minería*, 2 p.
- Dediós, P. 1967. Cuadrángulo Vicuña, Provincia de Coquimbo. *Instituto de Investigaciones Geológicas, Carta Geológica de Chile*, No.16, 65 p.
- Empanan, C.; Pineda, G. 1999. Area Condoriaco-Rivadavia. Región de Coquimbo. *Servicio Nacional de Minería, Mapas Geológicos*, No. 12, 1 mapa escala 1:100.000.
- Empanan, C.; Pineda, G. 2000. Area La Serena-La Higuera. Región de Coquimbo. *Servicio Nacional de Geología y Minería. Mapas Geológicos*, No. 18, 1 mapa escala 1:100.000.
- Empanan, C.; Pineda, G. 2006. Geología del área Andacollo-Puerto Aldea, Región de Coquimbo. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica*, No. 96, 85 p., 1 mapa escala 1:100.000.
- Gana, P.; Wall, R.; Gutiérrez, A. 1996. Mapa Geológico del Área de Valparaíso-Curacaví, Regiones de Valparaíso y Metropolitana. *Servicio Nacional de Geología y Minería. Mapas Geológicos*, No. 1, 20 p., 1 mapa escala 1:100.000.
- Giannetti, B. 2001. Origin of the calderas and evolution of Roccamonfinavolcano (Roman Region, Italy). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Vol. 106, p. 301-319.
- Gradstein, F.M.; Ogg, J.G.; Smith, A.G.; Agterberg, F.P.; Bleeker, W.; Cooper, R.A.; Davydov, V.; Gibbard, P.; Hinnov, L.; House, M.R.; Lourens, L.; Luterbacher, H-P.; McArthur, J.; Melchin, M.J.; Robb, L.J.; H. Knoll, A.; Laskar, J.; Monechi, S.; Powell, J.; Plumb, K.A.; Raffi, I.; Röhl, U.; Sanfilippo, A.; Schmitz, B.; Shackleton, N.J.; Shields, G.A.; Strauss, H.; Van Dam, J.; Veizer, J.; van Kolschoten, Th.; Wilson, D. 2004. *A Geologic Time Scale 2004*. Cambridge University Press, aprox. 500 p.
- Henry, C.D.; Price, J.G. 1989. The Christmas Mountains caldera complex, Trans-Pecos Texas-Geology and development of a lacco caldera. *Bulletin of Volcanology*, Vol. 52, p. 97-112.
- Iriarte, S.; Arévalo, C.; Mpodozis, C. 1999. Hoja La Guardia, Región de Atacama. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Mapas Geológicos*, No. 13, 1 mapa escala 1:100.000.
- Letelier, M. 1977. Petrología, ambiente de depositación y estructura de las formaciones Matahuaico, Las Breas, Tres Cruces *sensu lato* e intrusivos hipabisales Permo-Triásicos, en el área de Rivadavia-Alcohuás, valle del Elqui, IV Región, Chile. Memoria de Título (Inédito), *Universidad de Chile, Departamento de Geología*, 131 p.
- Levi, B.; Aguirre, L. 1981. Ensialic spreading-subsidence and the Mesozoic and Paleogene Andes of Central Chile. *Journal of the Geological Society of London*, Vol. 138, p. 75-81.
- Lipman, P.W.; Doe, B.R.; Hedge, C.E.; Steven, T.A. 1978. Petrologic evolution of the San Juan volcanic field southwestern Colorado-Lead and strontium evidence. *Geologic Society of America Bulletin*, Vol. 89, p. 59-82.
- Ludwig, K.R. 1988. ISOPLOT for MS-DOS, a plotting and regression program for radiogenic-isotope data, for IBM-PC compatible computers, version 1.00, Open-File Report, No. 88-557. U.S. *Geological Survey*.
- Martin, M.; Clavero, J.; Mpodozis C. 1999. Late Paleozoic to Early Jurassic tectonic development of the high Andean Principal Cordillera, El Indio Region, Chile (29-30°S). *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 12, p. 33-49.
- Moscoso, R.; Nasi, C.; Salinas, P. 1982. Hoja Vallenar y parte norte de La Serena, Regiones de Atacama y Coquimbo. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile*, No. 55, 100 p.
- Mpodozis, C.; Parada, M.A.; Rivano, S.; Vicente, J.C. 1976. Acerca del Plutonismo Tardi-Hercínico de la Cordillera Frontal entre los 30° y 33°S (Provincias de Mendoza y San Juan, Argentina, Coquimbo, Chile). *In Congreso Geológico Argentino*, No. 6, Actas, Vol. 1, p. B57-B67.
- Mpodozis, C.; Cornejo, P. 1988. Hoja Pisco Elqui, IV Región de Coquimbo. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile*, No. 68, 164 p.
- Mpodozis, C.; Ramos, V.A. 1990. The Andes of Argentina and Chile. *In Geology of the Andes and its Relationship to Energy and Mineral Resources. Circum Pacific Council of Energy and Mineral Resources. Earth Science Series*, Vol. 11, p. 59-90.

- Mpodozis, C.; Cornejo, P.; Kay, S.M.; Tittler, A. 1995. La Franja de Maricunga: Síntesis de la evolución del frente volcánico Oligoceno-Mioceno de la zona sur de los Andes Centrales. *Revista Geológica de Chile*, Vol. 22 No. 2, p. 273-313.
- Nasi, C.; Mpodozis, C.; Cornejo, P.; Moscoso, R.; Maksae, V. 1985. El Batolito Elqui-Limarí (Paleozoico Superior-Triásico): Características petrográficas, geoquímicas y significado tectónico. *Revista Geológica de Chile*, No. 25-26, p. 77-111.
- Ramos, V.A.; Rivano, S.; Aguirre-Urreta, M.B.; Godoy, E.; Lo Forte, G.L. 1990. El Mesozoico del cordón del límite entre Portezuelo Navarro y Monos de Agua (Chile-Argentina). *In Congreso Geológico Argentino, No. 11, Actas*, Vol. 2, p. 43-46.
- Rex, A.J. 1987. The Geology, Geochemistry and Mineralization of the North Chilean High Cordillera. Ph.D. Thesis. (Unpublished), *University of Leicester*, 212 p. United Kingdom.
- Ribba, L.P. 1985. Geología Regional del Cuadrángulo El Tránsito, Región de Atacama, Chile. Memoria de Título (inédito), *Universidad de Chile, Departamento de Geología y Geofísica*, 203 p.
- Rivano, S. 1980. Cuadrángulos D-86, Las Ramadas, Carrizal y Paso Río Negro. Región de Coquimbo. *Instituto de Investigaciones Geológicas, Carta Geológica de Chile*, No. 41-44, 68 p.
- Rivano, S.; Sepúlveda, P. 1986. Hoja Illapel, Región de Coquimbo, Chile. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile*, No. 69, 1 mapa escala 1:250.000.
- Rivano, S.; Sepúlveda, P. 1991. Hoja Illapel, Región de Coquimbo, Chile. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile*, No. 69, 132 p.
- Rivano, S.; Sepúlveda, P.; Boric, R.; Espíñeira, D. 1993. Hojas Quillota y Portillo, V Región. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile*, No. 73, 1 mapa escala 1:250.000.
- Rubilar, A. 1988. Fauna de ostras del Cretácico Inferior (Neocomiano), proveniente de localidades ubicadas al norte y sur del valle del río Elqui, Hoja La Serena, IV Región, norte de Chile (Inédito), *Servicio Nacional de Geología y Minería*, 17 p.
- Rubilar, A.; Pérez, E. 2003. Invertebrados fósiles de probable edad titoniano superior-berrasio, provenientes del sureste de Ovalle, IV Región. Informe Paleontológico N° 2003-08, *Servicio Nacional de Geología y Minería*, 6 p.
- Rubilar, A.; Pérez, E.; Torres, T. 2003. Fauna y Flora fósil del Cretácico recolectada al sureste de Andacollo, en especial en el área de Pichasca, IV Región. Informe Paleontológico No. 2003-03 (Inédito), *Servicio Nacional de Geología y Minería*, 7 p.
- Sellés, D.; Gana, P. 2001. Geología del Área Talagante-San Francisco de Mostazal. Regiones Metropolitana de Santiago y del Libertador General Bernardo O'Higgins. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile*, No. 74, 30 p. 1 mapa escala 1:100.000.
- Segerstrom, K.; Parker, R.L. 1959. Cuadrángulo Cerrillos. Provincia de Atacama. *Instituto de Investigaciones Geológicas, Carta Geológica de Chile*, Vol. 1, No. 2, 33 p., 1 mapa escala 1:50.000.
- Steiger, R.H.; Jäger, E. 1977. Sub commission on geochronology: convention on the use of decay constants in geo- and-cosmo chronology. *Earth and Planetary Science Letters*, Vol. 36, No. 3, p. 359-362.
- Suárez, M. 2003. Nuevos antecedentes paleontológicos sobre los Estratos de Quebrada La Totorá, Cretácico de la IV Región. Informe Preliminar (Inédito), *Servicio Nacional de Geología y Minería*, 10 p.
- Thomas, H. 1967. Geología de la Hoja Ovalle, Provincia de Coquimbo. *Instituto de Investigaciones Geológicas, Boletín*, No. 23, 58 p.
- Wall, R.; Gana, P.; Gutiérrez, A. 1996. Mapa Geológico del Área de San Antonio-Melipilla, Regiones de Valparaíso, Metropolitana y del Libertador General Bernardo O'Higgins. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Mapas Geológicos*, No. 2, 20 p., 1 mapa escala 1:100.000.
- Wall, R.; Sellés, D.; Gana, P. 1999. Área Tilti-Santiago, Región Metropolitana. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Mapas Geológicos*, No. 11, 1 mapa escala 1:100.000.

ANEXOS

I DATACIONES RADIOMÉTRICAS

Tabla 1. Edades radiométricas

Tabla 2. Datos analíticos K-Ar de este trabajo

II FÓSILES

Tabla 3. Localidades fosilíferas

III YACIMIENTOS

Tabla 4. Yacimientos metálicos y de Rocas y Minerales Industriales

ANEXO I

DATACIONES RADIOMÉTRICAS

Procedimiento analítico y condiciones instrumentales

Las condiciones analíticas de las dataciones realizadas durante este trabajo son las siguientes:

MÉTODO K-Ar

Las dataciones por método K-Ar fueron efectuadas en el Laboratorio de Geocronología del Servicio Nacional de Geología y Minería (Santiago de Chile). El material utilizado tiene, en el caso de los minerales, una pureza cercana al 100%; en el caso de roca total, el material es tamizado en malla 60/80. En ambos casos, el material es pasado por un cuarteador y las fracciones son analizadas por K y por Ar radiogénico. El análisis químico de K se realiza, por triplicado, en un espectrómetro de absorción atómica, en modo emisión, con estándar de Litio. Para el análisis de Ar la muestra es introducida en un crisol de molibdeno y colgada dentro de una línea de ultra alto vacío de vidrio Pyrex, la que es calentada a una temperatura de 300°C, por un período de 13 a 15 horas, obteniendo finalmente un nivel de vacío adecuado (10^{-8} Torr). Posteriormente, la muestra es fundida en un horno de inducción de radiofrecuencia y los gases purificados mediante zeolitas, Cu, óxido de Cu y Ti. El volumen de Ar se determinó por dilución isotópica, con trazador enriquecido en ^{38}Ar ; las lecturas de razones isotópicas se realizaron en un espectrómetro de masas AE1, modelo MS-10S. Las constantes utilizadas corresponden a las adoptadas en el Congreso Internacional de Geología No. 25 (1976), Sydney, Australia y posteriormente publicadas por Steiger y Jäger (1977).

$$\lambda(^{40}\text{K}\epsilon) = 0,581 \times 10^{-10} \text{ años}^{-1}, \lambda(^{40}\text{K}\beta) = 4,962 \times 10^{-10} \text{ años}^{-1},$$

$$\text{abundancia isotópica } ^{40}\text{K} = 0,01167 \text{ átomo\%, razón atmosférica } ^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar} = 295,5.$$

MÉTODO U-Pb

Las dataciones por método U/Pb fueron efectuadas por Miguel Bassei, en el Instituto de Geociências de la Universidade de São Paulo (Brasil). El procedimiento utilizado fue el siguiente:

Los fragmentos que constituyen la muestra son reducidos a un tamaño de 100-200 mallas en un molino de discos. Parte del material es cuarteado, pulverizado y usado para análisis de roca total. El material restante es seleccionado en una Mesa de Wilfley; la parte rica en minerales pesados es tratada con bromoformo ($d=2,89 \text{ g/cm}^3$). El concentrado de minerales pesados es procesado en un Separador Magnético de Frantz a 0,5 A. La fracción nomagnética es tratada con yoduro de metileno ($d=3,3 \text{ g/cm}^3$), y la fracción conteniendo los minerales pesados es nuevamente procesada en un Separador Magnético de Frantz a 1,0 y 1,5 A. Cuando es necesario se procede a lavar con ácido nítrico para eliminar los sulfuros. Después del lavado, el material es nuevamente procesado en el Separador Magnético de Frantz y dividido en varias fracciones magnéticas ricas en circones.

La purificación final de cada fracción (preferiblemente lo menos magnética), es efectuada mediante selección manual en una lupa binocular. En esta etapa, se procede a efectuar una abrasión con aire de una pequeña cantidad de los cristales de circones, utilizando la misma cantidad de pirita cada 15 minutos; el objetivo es remover el plomo comúnmente adsorbido sobre la superficie de los cristales. Entonces, la fracción tratada es lavada con ácido nítrico caliente (al 50%) y luego en un aparato de ultrasonido con agua, para remover la pirita.

El peso de cada fracción de circones se obtiene después de evaluar el volumen de cristales bajo la lupa binocular; el peso final de la fracción se calcula usando la razón volumen/densidad. Después de pesar, se procede a lavar con ácido nítrico (al 50%) y en un aparato de ultra sonido con agua, para remover el material orgánico.

La disolución de los cristales de circón es efectuada con la adición de HF y HNO_3 en microprobetas de teflón. También, se agrega un trazador de $^{205}\text{Pb}/^{235}\text{U}$. Un conjunto de 15 probetas dispuestas en un contenedor de metal, es dejado en un horno a 200°C por 3 días. Entonces, el HF se evapora y se agrega HCl (6N). Las microprobetas quedan en el horno por 24 horas. Después de la evaporación del HCl (6N), el residuo es disuelto en HCl (3N).

El U y el Pb son concentrados y purificados haciendo pasar la solución a través de una columna de resina de intercambio aniónico. A la solución, enriquecida en U y Pb, se le agrega ácido fosfórico y se deja evaporar hasta que se forman microgotas. La muestra es depositada en un filamento de renio y la composición isotópica es determinada con un espectrómetro de masa Finnigan MAT 262, de fuente sólida. Después de resumir los datos (PBDAT), los resultados son dibujados en diagramas apropiados, usando el programa ISOPLOT/EX (Ludwig, 1998).

TABLA 1. EDADES RADIOMÉTRICAS.

Muestra	UTM		Litología	Método y Materia	Edad (Ma ± 2σ)	Referencia
	N	E				
Plutón Río Claro Crc						
GP-1279	6.676.390	352.716	Diorita	K-Ar biotita	288 ± 7	Este trabajo
GP-1126	6.668.645	352.388	Tonalita	K-Ar anfíbola	289 ± 9	Este trabajo
Formación Las Breas Trlb						
GP-1860	6.677.857	345.259	Toba de cristales	U-Pb circón	196,8 ± 4,1	Este trabajo
Formación Viñita Kv						
GP-1510	6.638.431	319.052	Toba soldada	U-Pb circón	86,77 ± 0,84	Este trabajo
Estratos de Quebrada Yungay Kqy						
ES-1667	6.661.545	327.300	Toba soldada	U-Pb circón	63,0 ± 1,4	Este trabajo
ES-724	6.659.525	328.030	Toba soldada	U-Pb circón	68,5 ± 6,4	Este trabajo
Intrusivos hipabisales andesíticos-dacíticos Ksih						
ES-1515	6.677.211	323.752	Andesita	K-Ar roca total	52,4 ± 6,4	Este trabajo
Intrusivos del Cretácico Superior tardío Ks						
GP-1103	6.676.753	343.085	Diorita	K-Ar biotita	63 ± 2	Este trabajo
ES-1625	6.670.414	327.507	Monzodiorita	K-Ar biotita	65 ± 2	Este trabajo
GP-1710	6.632.719	335.020	Diorita	K-Ar roca total	56,6 ± 1,5	Este trabajo
GP-1491	6.636.684	331.030	Pórfido microdiorítico	K-Ar roca total	66 ± 2	Este trabajo
HC249	6.676.100	340.800	Monzonita cuarcífera	K-Ar biotita	62,4 ± 1,6	Mpodozis y Cornejo, 1988
Intrusivos del Paleoceno-Eoceno PaE						
GP-1596	6.636.375	348.453	Granodiorita	K-Ar biotita	44,7 ± 1,1	Este trabajo
GP-1221	6.666.092	341.940	Diorita	K-Ar biotita	48,3 ± 1,4	Este trabajo
GP-1599	6.638.422	345.587	Diorita	K-Ar biotita	42,6 ± 1,2	Este trabajo
GP-1708	6.646.868	343.977	Monzodiorita cuarcífera	K-Ar biotita	41,8 ± 1,2	Este trabajo
ES-1661	6.655.406	332.311	Monzodiorita	K-Ar biotita	32,3 ± 1,1	Este trabajo
HC245	6.636.700	349.450	Granodiorita	K-Ar biotita	41,7 ± 1,2	Mpodozis y Cornejo, 1988
HC248	6.662.900	340.500	Granodiorita	K-Ar biotita	42,4 ± 1,2	Mpodozis y Cornejo, 1988
Intrusivos del Eoceno Edv						
GP-1084	6.646.378	351.724	Diorita cuarcífera	K-Ar biotita	37,3 ± 0,9	Este trabajo
GP-1083	6.644.104	350.164	Tonalita	K-Ar biotita	36,3 ± 0,9	Este trabajo
Diques						
GP-1529	6.625.467	335.271	Dique diorítico	K-Ar biotita	39,3 ± 1,1	Este trabajo
ES-697	6.667.000	321.000	Dique dacítico	K-Ar roca total	68 ± 2	Este trabajo
ES-1680	6.657168	327.902	Dique diorítico	K-Ar biotita	33,0 ± 4,8	Este trabajo

TABLA 2. DATOS ANALÍTICOS K-Ar DE ESTE TRABAJO.

Muestra	Unidad	Material	%K	Ar rad. (nl/g)	%Ar atm.	Edad (Ma $\pm 2\sigma$)
GP-1279	Cgd	Biotita	6,976	84,743	12	288 $\pm$ 7
GP-1126	Cgd(a)	Anfibola	0,667	8,122	8	289 $\pm$ 9
ES-1680	Dique	Biotita	0,355	0,460	67	33,0 $\pm$ 4,8
ES-697	Dique	Roca total	1,502	4,034	12	68 $\pm$ 2
GP-1529	Dique	Biotita	6,179	9,551	23	39,3 $\pm$ 1,1
GP-1083	Egd	Biotita	7,134	10,161	13	36,3 $\pm$ 0,9
GP-1084	Egd	Biotita	7,376	10,8	15	37,3 $\pm$ 0,9
ES-1625	Ksgd	Biotita	7,655	19,791	17	65 $\pm$ 2
GP-1103	Ksgd	Biotita	7,648	19,11	69	63 $\pm$ 2
GP-1491	Ksgd	Roca total	1,064	2,776	20	66 $\pm$ 2
GP-1710	Ksgd	Roca total	1,137	2,534/2,548	48/42	56,6 $\pm$ 1,5 *
ES-1515	Ksih	Roca total	0,093	0,192	83	52,4 $\pm$ 6,4
ES-1661	PaEgd	Biotita	6,922	8,765	45	32,3 $\pm$ 1,1
GP-1221	PaEgd	Biotita	5,365	10,21	31	48,3 $\pm$ 1,4
GP-1596	PaEgd	Biotita	7,174	12,636	22	44,7 $\pm$ 1,1
GP-1599	PaEgd	Biotita	7,363	12,339	34	42,6 $\pm$ 1,2
GP-1708	PaEgd	Biotita	6,503	10,687	34	41,8 $\pm$ 1,2

* Corresponde a la media ponderada de dos resultados en el análisis del argón.

TABLA 3. LOCALIDADES FOSILÍFERAS.

Muestra	Loc	UTM		Unidad	Fósiles	Edad	Referencias
		N	E				
ES-1565	1	6.679.002	318.733	Kqm1(c)	<i>Rutitrigonia cf. undulatostrata</i>	Neocomiano	Rubilar, 1988
ES-1566	2	6.678.900	318.700	Kqm1(c)	<i>Rutitrigonia agrioensis</i>	Hauteriviano	Rubilar, 1988
ES-1567	3	6.678.850	318.750	Kqm1(c)	<i>Rutitrigonia agrioensis</i>	Hauteriviano	Rubilar, 1988
ES-1564	4	6.679.169	318.843	Kqm1(c)	<i>Myophorella (Promyophorella)</i>	Hauteriviano sup.-Barremiano inf.	Rubilar, 1988
GP-1757F	5	6.626.272	311.199	Kqm1(d)	<i>Araucarioxylon pichasquensis</i>	Cret. Inf. alto-Cret. Sup. basal	Rubilar <i>et al.</i> , 2003
GP-1565F1-2	6	6.626.272	311.199	Kqm1(d)	<i>Coniferales indet.</i>	Cret. Inf. alto-Cret. Sup. basal	Rubilar <i>et al.</i> , 2003
GP-1758F1-2	7	6.626.998	311.595	Kqm1(d)	<i>Vegetalia (?) indet.</i>	Cret. Inf. alto-Cret. Sup. basal	Rubilar <i>et al.</i> , 2003
GP-1756F1	8	6.646.995	323.731	Kqlt(a)	<i>Coniferales indet.</i>	Cret. Inf. alto-Cret. Sup. basal	Rubilar <i>et al.</i> , 2003
GP-1793	9	6.637.487	319.152	Kqlt(a)	<i>Coniferales indet.</i>	Cret. Inf. alto-Cret. Sup. basal	Rubilar <i>et al.</i> , 2003
GP-1791	10	6.637.488	319.144	Kqlt(a)	<i>Coniferales indet.</i>	Cret. Inf. alto-Cret. Sup. basal	Rubilar <i>et al.</i> , 2003
GP-1775F1,6	11	6.637.756	319.207	Kqlt(a)	<i>Coniferales indet.</i>	Cret. Inf. alto-Cret. Sup. basal	Rubilar <i>et al.</i> , 2003
GP-1790F-C	12	6.637.493	319.142	Kqlt(a)	<i>Sauropoda indet.</i>	Indeterminada	Suárez, 2003
GP-1790F	13	6.637.493	319.142	Kqlt(a)	<i>Dinosauria indet.</i>	Indeterminada	Suárez, 2003
GP-1788F	14	6.637.494	319.137	Kqlt(a)	<i>Crocodyliiformes indet.</i>	Indeterminada	Suárez, 2003
GP-1790F-D	15	6.637.493	319.142	Kqlt(a)	<i>Chelonii indet.</i>	Indeterminada	Suárez, 2003
GP-1788FA,C	16	6.637.494	319.137	Kqlt(a)	<i>Chelonii indet.</i>	Indeterminada	Suárez, 2003
GP-1792FA	17	6.637.488	319.146	Kqlt(a)	<i>Chelonii indet.</i>	Indeterminada	Suárez, 2003
---	18	6.671.800	348.250	Pm	<i>Cordaites hislop i (Bunbury)</i> y <i>Noeggerathiopsis hislopi (Bunbury)</i>	Pérmico	Letelier, 1977

TABLA 4. YACIMIENTOS METÁLICOS Y DE ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES.

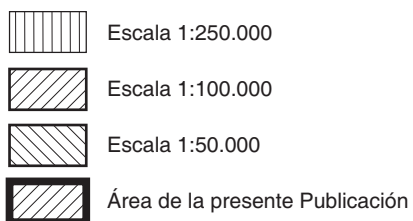
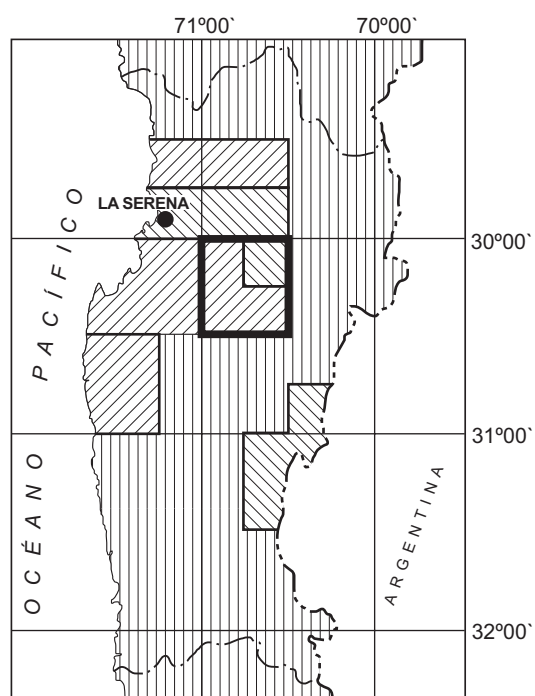
No.	UTM		Recurso	Unidad de caja	Nombre (s)	Forma del yacimiento	Referencia
	N	E					
1	6.675.275	309.022	Cu-Au	Kqm1(b)	Don Víctor, Corazón de Jesús	Vetiforme	Este trabajo
2	6.674.371	308.860	Cu-Au	Kqm1(b)	El Arrayán	Vetiforme	Este trabajo
3	6.675.108	316.904	Cu	Kqm1(b)	-----	Vetiforme	Este trabajo
4	6.672.989	328.355	Ag-Pb	Kqy(b)	Esperanza	Vetiforme	Este trabajo
5	6.672.728	324.191	Cu	Kqlt(a)	-----	Vetiforme	Este trabajo
6	6.672.861	316.722	Cu	Kqm2(a)	-----	Vetiforme	Este trabajo
7	6.672.888	316.379	Cu	Kqm2(a)	-----	Vetiforme	Este trabajo
8	6.666.812	311.725	Cu	Kqm2(a)	-----	Vetiforme	Este trabajo
9	6.666.320	311.490	Cu	Kqm2(a)	-----	Vetiforme	Este trabajo
10	6.666.128	311.599	Cu	Kqm2(a)	-----	Vetiforme	Este trabajo
11	6.667.273	321.818	Cu-Mn	Kqlt(a)	-----	Estratiforme	Este trabajo
12	6.668.378	324.890	Cu	Kv(a)	-----	Vetiforme	Este trabajo
13	6.668.240	324.876	Cu	Kv(a)	-----	Vetiforme	Este trabajo
14	6.662.635	308.756	Cu	Kqm1(b)	Esperanza	Estratiforme-Vetiforme	Este trabajo
15	6.662.270	308.596	Cu	Kqm1(b)	Porvenir	Estratiforme-Vetiforme	Este trabajo
16	6.660.735	314.470	Mn	Kqm2(a)	-----	Estratiforme	Este trabajo
17	6.660.145	313.972	Mn	Kqm2(a)	-----	Estratiforme	Este trabajo
18	6.658.403	313.990	Mn	Kqm2(a)	-----	Estratiforme	Este trabajo
19	6.653.812	312.580	Mn	Kqlt(b)	-----	Estratiforme	Este trabajo
20	6.652.420	312.860	Mn	Kqlt(b)	-----	Estratiforme	Este trabajo
21	6.652.248	313.169	Mn	Kqlt(b)	-----	Estratiforme	Este trabajo
22	6.652.318	313.564	Mn	Kqlt(b)	-----	Estratiforme	Este trabajo
23	6.652.171	313.866	Mn	Kqlt(b)	-----	Estratiforme	Este trabajo
24	6.652.163	313.992	Mn	Kqlt(b)	-----	Estratiforme	Este trabajo
25	6.652.167	314.096	Mn	Kqlt(b)	-----	Estratiforme	Este trabajo
26	6.651.719	313.329	Mn	Kqlt(b)	-----	Estratiforme	Este trabajo
27	6.651.583	313.841	Mn	Kqlt(b)	-----	Estratiforme	Este trabajo
28	6.672.126	344.588	Cu	JKa	Sta. Rosa	Estratiforme	Este trabajo
29	6.671.518	344.816	Cu	JKa	Yume	Estratiforme	Este trabajo
30	6.653.450	338.630	Cu	Kqy(b)	-----	Vetiforme	Este trabajo
31	6.635.138	314.541	Cu-Au	Kqlt(a)	-----	Vetiforme	Este trabajo
32	6.626.396	323.356	Cu-Au	Ksgd(b)	-----	-----	Este trabajo
33	6.626.173	314.502	Cu-Au	Kqlt(d)	-----	-----	Este trabajo
34	6.636.359	350.839	Cu-Au-Ag	Kv(a)	Venado	Vetiforme	Este trabajo
35	6.624.328	321.737	Cu	Ksgd(b)	Poroto	-----	Este trabajo
36	6.630.291	310.880	Cu	Kqlt(a)	Farellones	Estratiforme	Este trabajo
37	6.640.048	309.665	Cu-Mn	Kqlt(b)	La Romero	Estratiforme	Este trabajo
38	6.640.488	309.753	Cu-Mn	Kqlt(b)	La Serena	Estratiforme	Este trabajo
39	6.641.386	309.868	Cu-Mn	Kqlt(b)	Patiza	Estratiforme	Este trabajo

continuación tabla 4.

No.	UTM		Recurso	Unidad de caja	Nombre (s)	Forma del yacimiento	Referencia
	N	E					
40	6.641.430	310.407	Cu-Mn	KqIt(b)	Toro	Estratiforme	Este trabajo
41	6.641.612	308.427	Cu-Mn	Kqm1(e)	La Fragua	Estratiforme	Este trabajo
42	6.642.251	310.401	Cu-Mn	Ksih(a)	-----	Estratiforme	Este trabajo
43	6.642.592	309.691	Cu-Mn	Kqm1(e)	San Pablo	Estratiforme	Este trabajo
44	6.642.903	309.271	Cu-Mn	Kqm1(e)	La Fragua	Estratiforme	Este trabajo
45	6.643.844	309.717	Mn	Kqm1(e)	Chanar	Estratiforme	Este trabajo
46	6.650.580	313.424	Mn	KqIt(b)	Pollaco	Estratiforme	Este trabajo
47	6.650.853	313.944	Mn	KqIt(b)	Lucero	Estratiforme	Este trabajo
48	6.651.096	314.057	Mn	KqIt(b)	Videla	Estratiforme	Este trabajo
49	6.653.457	312.431	Mn	KqIt(b)	La Macanuda	Estratiforme	Este trabajo
50	6.652.560	310.279	Mn	KqIt(b)	Porvenir	Estratiforme	Este trabajo
51	6.657.890	314.077	Mn	Kqm2(a)	Tres Mosqueteros	Estratiforme	Este trabajo
52	6.659.908	314.213	Mn	Kqm2(a)	Los Loros	Estratiforme	Este trabajo
53	6.660.520	314.116	Mn	Kqm2(a)	Santo Tomás	Estratiforme	Este trabajo
54	6.660.794	310.054	Cu	Kqm2(a)	Escondida	Vetiforme	Este trabajo
55	6.676.229	316.491	Cu	Kqm1(b)	San Luis	Vetiforme	Este trabajo
56	6.677.602	316.391	Cu	Kqm1(b)	La Gloria	-----	Este trabajo
57	6.677.680	316.058	Cu	Kqm1(b)	Mina Grande	Vetiforme	Este trabajo
58	6.675.517	327.896	Cu	Ksgd(b)	Esperanza	-----	Este trabajo
59	6.673.241	314.651	Cu	Kqm1(b)	-----	-----	Este trabajo
60	6.670.006	336.379	Ag-Cu-Au	Kqy(b)	Ponderosa (Mostaza 14), San Pedro (Mostaza 7), San Gregorio (Mostaza 2).	Vetiforme	Ulriksen, 1990
61	6.663.388	338.326	Fe	Kqy(b)	Pangue	Vetiforme	Ulriksen, 1990
62	6.667.586	346.311	Cu	Kp	Yume Vieja, Yume 1, Santa Ana, Mantos Naranjos.	Estratiforme	Ulriksen, 1990
63	6.646.159	335.518	Cu	Kqy(b)	Sta. Teresa	Irregular, bolsón	Ulriksen, 1990
64	6.643.565	335.868	Cu	PaEgd(e)	Los Molles	Irregular, bolsón	Ulriksen, 1990
65	6.643.807	350.224	Cu-Ag-Au	Egd	Mantos Grandes	Estratiforme	Ulriksen, 1990
66	6.630.256	309.821	Cu	Kqm1(e)	Farellón, Florida	Estratiforme	Ulriksen, 1990
67	6.638.838	339.821	Cu, Ag, Au	Kp	Manto Los Molles	Vetiforme	Ulriksen, 1990
68	6.634.824	337.621	Cu, Ag	Kle	Disputada	Vetiforme	Ulriksen, 1990
69	6.632.473	340.304	Cu	Kle	Sácate El Poncho	Vetiforme	Ulriksen, 1990
70	6.635.216	346.181	Au, Cu, Ag	PaEgd(e)	Chamaquito	Vetiforme	Ulriksen, 1990
71	6.629.983	342.668	Fe, Cu	Kp	Sin información	Vetiforme	Ulriksen, 1990
72	6.628.403	338.205	Pb, Zn, Au	Kv(b)	Frente Popular	Vetiforme	Ulriksen, 1990

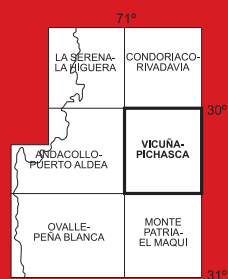
CARTA GEOLÓGICA DE CHILE

SERIE GEOLOGÍA BÁSICA





SITUACIÓN DE ÁREAS VECINAS



TERRITORIO CHILENO ANTÁRTICO



*"ACUERDO ENTRE LA REPÚBLICA DE CHILE Y LA REPÚBLICA ARGENTINA PARA PRECISAR EL RECORRIDO DEL LÍMITE DESDE EL MONTE FITZ ROY HASTA EL CERRO DAUDET". (Buenos Aires, 16 de diciembre de 1998).