

# Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina

**1:250.000**

## Hoja Geológica 3769-III **Chos Malal**



Imagen satelital del sector centro-norte de la Hoja Chos Malal. Se observan los derrames volcánicos y geofomas cuaternarias del campo volcánico Tromen, flanqueadas por serranías elongadas de orientación submeridional, características de la faja plegada y corrida de Chos Malal.

### **Provincias del Neuquén y de Mendoza**

Hector Leanza, Raúl Giacosa, Mariano Hernández, Ignacio Hernando, Martín Turienzo, Mario Rosas,  
Natalia Sánchez, Fernando Lebinson, Juan Carlos Danieli, Marcelo Barrionuevo,  
Alberto Garrido, María Fernanda Rodríguez, Gabriel Asato

**Programa Nacional de Cartas Geológicas  
de la República Argentina  
1:250.000**

Hoja Geológica 3769-III

**Chos Malal**

Provincias del Neuquén y de Mendoza

Hector Leanza<sup>1</sup>, Raúl Giacosa<sup>2</sup>, Mariano Hernández<sup>2</sup>, Ignacio Hernando<sup>2</sup>,  
Martín Turienzo<sup>3</sup>, Mario Rosas<sup>4</sup>, Natalia Sánchez<sup>3</sup>, Fernando Lebinson<sup>3</sup>,  
Juan Carlos Danieli<sup>5</sup>, Marcelo Barrionuevo<sup>6</sup>, Alberto Garrido<sup>7</sup>,  
María Fernanda Rodríguez<sup>8</sup>, Gabriel Asato<sup>8</sup>

<sup>1</sup> ex-geólogo Servicio Geológico Minero Argentino – Instituto de Geología y Recursos Minerales

<sup>2</sup> Servicio Geológico Minero Argentino – Centro General Roca

<sup>3</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – Universidad Nacional del Sur

<sup>4</sup> Servicio Geológico Minero Argentino – Centro Mendoza

<sup>5</sup> Universidad Nacional del Comahue, Zapala

<sup>6</sup> Yacimientos Petrolíferos Fiscales S.A.

<sup>7</sup> Museo Provincial de Ciencias Naturales Prof. Dr. Juan A. Olsacher, Zapala

<sup>8</sup> Servicio Geológico Minero Argentino – Instituto de Geología y Recursos Minerales

*Supervisión:* Gabriela Anselmi

*Validación:* Mario Franchi y Gabriela Anselmi

*Edición:* Marcos Vila

Normas, dirección y supervisión del Instituto de Geología y Recursos Minerales

**SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO  
INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES**

**Boletín Nº 454**

Buenos Aires - en prensa

---

**SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO**

---

*Presidente:* Dr. Julio Bruna Novillo

---

**INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES**

---

*Director:* Dr. Martín Gozalvez

---

**DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA REGIONAL**

---

*Directora:* Dra. Alicia Folguera

**REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA**

*Esta publicación debe citarse como:*

Leanza, H., Giacosa, R., Hernández, M., Hernando, I., Turienzo, M., Rosas, M., Sánchez, N., Lebinson, F., Danieli, J.C., Barrionuevo, M., Garrido, A., Rodríguez, M.F., Asato, G. (en prensa). Hoja Geológica 3769-III, Chos Malal, provincias del Neuquén y de Mendoza. Escala 1:250.000. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín N° 454, 135 pp. Buenos Aires.

ISSN 0328-2333

ES PROPIEDAD DEL INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES - SEGEMAR  
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN



INSTITUTO DE  
GEOLOGÍA Y  
RECURSOS  
MINERALES



Servicio Geológico Minero Argentino

Av. General Paz 5445 (Colectora provincia) 1650 - San Martín - Buenos Aires - República Argentina

Edificios 14 y 25 | (11) 5670-0100

[www.segemar.gov.ar](http://www.segemar.gov.ar)

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b>	1
<b>ABSTRACT</b>	2
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	3
NATURALEZA DEL TRABAJO	3
UBICACIÓN DE LA HOJA, ÁREA QUE ABARCA Y ASPECTOS ORO-HIDROGRÁFICOS	3
INVESTIGACIONES ANTERIORES	3
<b>2. ESTRATIGRAFÍA</b>	6
INTRODUCCIÓN Y SÍNTESIS ESTRATIGRÁFICA	6
2.1. MESOZOICO	8
2.1.1. Triásico	8
CICLO PRECUYANO	8
Formación Cordillera del Viento (1)	8
2.1.2. Triásico Superior – Jurásico Inferior	8
Formación Milla Michicó (2)	8
2.1.3. Jurásico	9
Formación La Primavera (3)	9
GRUPO CUYO	10
Formación Los Molles (4)	10
Formación Lajas (5)	11
Formación Tábanos (6)	12
GRUPO LOTENA (7)	12
Formación Lotena (8)	12
Formación La Manga (9)	12
Formación Auquilco (10)	12
2.1.4. Jurásico Superior - Cretácico Inferior	13
GRUPO MENDOZA	13
Formación Tordillo (11)	13
Formación Vaca Muerta (12)	14
Miembro Huncal (12a)	14
Formación Mulichinco (13)	16
Formación Agrio (14)	17
Miembro Pilmatué (14a)	17
Miembro Avilé (14b)	17
Miembros Agua de la Mula y Chorreado (14c)	17
GRUPO BAJADA DEL AGRIO	19
Formación Huitrín (15)	19
Formación Rayoso (16)	19
2.1.5. Cretácico Superior	21
GRUPO NEUQUÉN	21
Subgrupo Río Limay	22
Formación Candeleros (17)	22
Formación Huincol (18)	22
Subgrupo Río Neuquén (19)	23
Subgrupo Río Colorado (20)	24
Formación Bajo de la Carpa (21)	24
Formación Analecto (22)	25
2.1.6. Cretácico Superior - Paleógeno	25
GRUPO MALARGÜE (23)	25
Formación Loncoche (24)	26
Formación Roca (25)	26
Formación Pircala (26)	27
GRUPO NAUNAUCO	27
Formación Colipilli (27)	27
Formación Cayanta (28)	28

2.2. CENOZOICO .....	29
2.2.1. Paleógeno .....	29
2.2.1.1. Oligoceno – Mioceno medio .....	29
Formación Vaca Mahuida (29) .....	29
Formación Rincón Escondido y Rodados Lustrosos (30) .....	29
Dacita Morales (31) .....	30
2.2.2. Neógeno .....	30
2.2.2.1. Mioceno .....	30
Formación Sierra Negra.....	30
Miembro Filo Morado (32a).....	30
Miembro Puesto Tillerías (32b).....	30
Andesita Pichi Tril (33) .....	31
Intrusivos Cerro Bayo (34).....	31
Volcanitas Cerro Vizcachas (35).....	32
Formación Desfiladero Negro (36).....	32
Conglomerado Tralalhue (37).....	32
Formación Chos Malal (38).....	34
2.2.2.2. Mioceno - Plioceno.....	34
Formación La Visera (39).....	34
Formación La Tiza (40) .....	34
Formación Rincón Bayo (41) .....	35
2.2.2.3. Plioceno .....	35
Basalto Coyocho (42) .....	35
COMPLEJO VOLCÁNICO AUCA MAHUIDA.....	36
Basalto Rincón del Infiernillo (43).....	36
Basalto Pampa del León (44) .....	36
Volcanitas Cerro La Manea (45).....	36
Sedimentitas Ramblón Colorado (46) .....	36
Sedimentitas Pata Mora (47) .....	37
2.2.3. Neógeno - Cuaternario .....	37
2.2.3.1. Plioceno - Pleistoceno .....	37
Formación Pampa Encima (48) .....	37
2.2.4. Cuaternario .....	37
2.2.4.1. Pleistoceno .....	37
Formación Tilhué (49a, 49b) .....	37
Basalto Chapúa (50) .....	37
Depósitos Laháricos del Tromen (51) .....	37
Basalto Cerro Wayle (52) .....	38
Basalto El Puente (53).....	38
Basalto Cerro Morado (54).....	38
Depósitos que cubren superficies pedimentadas (55).....	38
Depósitos que cubren superficies pedimentadas con pendiente al río Colorado (56) .....	38
Depósitos fluviales antiguos de los ríos Neuquén y Currileuvú (57) .....	39
Depósitos fluviales antiguos del río Colorado (58) .....	39
Depósitos hidrovolcánicos (59).....	39
Basaltos del valle del río Colorado (60).....	39
2.2.4.2. Holoceno .....	39
Basalto Tromen (61).....	39
Basalto Cerro Carbonilla (62).....	39
Depósitos glacifluviales (63) .....	39
Depósitos de remoción en masa (64).....	39
Depósitos de costras calcáreas (65).....	40
Depósitos de bajos y lagunas (66).....	40
Depósitos coluviales (67) .....	40
Depósitos aluviales (68) .....	40
<b>3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL .....</b>	<b>40</b>
Introducción .....	40
Faja plegada y corrida de Chos Malal (Sección A-A´).....	42

Faja plegada y corrida del Agrio (Sección B-B').....	53
Dorso de los Chihuideos .....	62
Evolución tectónica y estructural .....	63
<b>4. GEOMORFOLOGÍA</b> .....	68
Introducción .....	68
Geoformas derivadas de procesos endógenos .....	68
Geoformas derivadas de procesos exógenos.....	71
<b>5. HISTORIA GEOLÓGICA</b> .....	75
<b>6. RECURSOS MINERALES</b> .....	77
6.1. Depósitos de minerales metalíferos .....	78
6.2. Depósitos de minerales industriales y rocas de aplicación .....	98
6.3. Yacimientos de combustibles fósiles.....	112
Petróleo y Gas .....	112
Asfaltita .....	116
<b>7. SITIOS DE INTERÉS GEOLÓGICO</b> .....	119
<b>TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO</b> .....	122

TRABAJO EN PRENSA

## RESUMEN

La Hoja 3769-III Chos Malal ubicada en las provincias del Neuquén y de Mendoza, posee un registro estratigráfico muy completo de la cuenca Neuquina, que incluye unidades de su basamento volcánico, un potente registro marino-continental del Jurásico al Cretácico Inferior y la secuencia sinorogénica continental del Cretácico Superior. Desde el punto de vista tectónico incluye el sector de la faja plegada y corrida de Chos Malal, Malargüe y del Agrio, el dorso de los Chihuidos, el sector de la altiplanicie del Tromen y los sectores orientales de la provincia volcánica de la Payenia.

Las unidades volcanosedimentarias más antiguas, incluidas en el Ciclo Precuyano del Triásico Superior al Jurásico Inferior, conforman el basamento sobre el que apoyan las sedimentitas del Grupo Cuyo, el primer ciclo sedimentario marino completo de carácter transgresivo – regresivo, que incluye depósitos marinos distales, litorales, continentales y evaporíticos, depositados entre el Jurásico Inferior y el Jurásico Medio. El segundo ciclo sedimentario durante el Calloviano y el Oxfordiano conforma el Grupo Lotena, con sedimentos silicoclásticos, carbonatos y evaporitas. A comienzos del Kimmeridgiano y hasta el Barremiano inferior se acumulan varias unidades continentales y marinas del Grupo Mendoza, en tanto que a partir del Barremiano y hasta el Albiano, en un contexto de subsidencia regional, la cuenca se someriza y acumula sedimentos químicos y clásticos de ambiente mixto y continental del Grupo Bajada del Agrio.

A partir del Cenomaniano y en discordancia sobre el sustrato anterior se depositaron las capas rojas del Grupo Neuquén, cuyos depósitos representan el relleno de una cuenca de antepaís asociada al desarrollo del sector de faja plegada y corrida, durante la Orogenia Patagónica del Cretácico Superior. Por encima y en discordancia apoyan sedimentos de ambiente continental y marino reunidos en el Grupo Malargüe, con edades desde el Campaniano hasta el Daniano.

En el sector occidental de la Hoja afloran rocas subvolcánicas y volcánicas de edad Cretácico Tardío - Paleoceno, incluidas en el Grupo Naunauco. El resto del Paleógeno está muy poco representado y pueden mencionarse los reducidos afloramientos de sedimentitas clásticas y epiclásticas del Oligoceno, asignadas a las formaciones Vaca Mahuida y Rincón Escondido.

Del Neógeno hay varias unidades volcánicas y sedimentarias. Entre las primeras destacan lavas basálticas y rocas piroclásticas de la Formación Sierra Negra del Mioceno inferior, junto a los intrusivos de la Andesita Pichi Tril y la Formación Desfiladero Negro, del Mioceno medio y superior, respectivamente. Entre los sedimentos, hay afloramientos aislados de sedimentitas continentales epi- y piroclásticas asociadas a un nuevo levantamiento durante el Mioceno de la faja plegada y corrida del Agrio y Chos Malal. Se trata del Conglomerado Tralalhue y las formaciones Chos Malal, La Visera, Rincón Bayo y La Tiza, con edades desde el Mioceno medio hasta el Plioceno inferior temprano. Del Plioceno afloran varias unidades de basaltos provenientes del centro eruptivo de la sierra de Auca Mahuida, agrupadas en el Complejo Volcánico Auca Mahuida, así como depósitos continentales epi- y piroclásticos, cuya edad está en el límite Plioceno – Pleistoceno.

Del Pleistoceno y el Holoceno destacan por su extensión los afloramientos volcánicos de la altiplanicie del Tromen, así como depósitos clásticos gruesos continentales que cubren superficies pedimentadas o bien conforman las antiguas terrazas de los ríos Neuquén y Colorado. Finalmente, hay sedimentos asociados a remoción en masa y depósitos fluviales y lagunares del Holoceno y actuales. La estructura tectónica está asociada, en primer término, al desarrollo de cuencas extensionales con geometría de hemigraben durante el Triásico al Jurásico Inferior, en tanto que los relieves estructurales más notorios están vinculados al desarrollo, a partir del Cretácico Superior, de las fajas plegadas y corridas de Malargüe, Chos Malal y Agrio.

El esquema regional geomorfológico está controlado por las sedimentitas mesozoicas con una franja occidental más estructurada y otra oriental, con un paisaje caracterizado por la alternancia de estratos subhorizontales a levemente inclinados con diferente competencia a la erosión. Acompañan a este paisaje aquellos asociados al volcanismo Eoceno hasta Holoceno. El relieve es de tipo compuesto, influenciado principalmente por los sucesivos cambios climáticos acaecidos durante el Cuaternario, acompañado por una intensa acción erosiva, alternante con el volcanismo.

La acción fluvial, la intensidad y tipo de precipitaciones, la gravedad, el vulcanismo, la sismicidad, la acción eólica y, de forma muy reducida el accionar antrópico, han condicionado el modelado del paisaje. Se pueden encontrar relieves en plena juventud hasta con una madurez incipiente. La cordillera del Viento y el campo volcánico Tromen conforman, por sus dimensiones, paisajes geomorfológicos de significativa importancia.

En la Hoja afloran numerosos depósitos de minerales metalíferos, minerales y rocas industriales y rocas de aplicación. Hay cobre sedimentario en el Grupo Neuquén, cobre hidrotermal y oro en vetas en el cerro Mayal, acumulaciones de oro libre en aluviones del río Neuquén, depósitos de hierro con Ba-Sr en los cerros Caycayén, Naunauco, Colipilli, del Diablo y de los Bueyes, y hierro volcanogénico en la sierra de Huantraico. Entre minerales y rocas industriales, destacan baritina y celestina, azufre volcanogénico y epibiogénico, un depósito de diatomita, sales de sodio, sales de potasio presentes en gran parte del subsuelo, así como depósitos de yeso, travertinos y calizas fosilíferas. Hay importantes yacimientos de petróleo, gas y asfaltitas; entre los primeros destacan yacimientos como El Portón, Filo Morado, Chihuido de la Sierra Negra, El Trapial y Puesto Hernández. Las manifestaciones vetiformes de asfaltitas son muy numerosas en toda la región periférica al volcán Tromen.

**Palabras clave:** Chos Malal, cuenca Neuquina, estratigrafía, estructura, recursos minerales, recursos hidrocarburos.

## ABSTRACT

Located in the provinces of Neuquén and Mendoza, the Geological Sheet 3769-III, Chos Malal, presents a very complete stratigraphic record that comprises units of its volcanic basement, an extensive marine-continental record from the Jurassic to the Lower Cretaceous, and the synorogenic continental sequence from the Upper Cretaceous. From a tectonic point of view, it includes the sector of the Chos Malal, Malargüe and Agrio fold and thrust belts, the Chihuidos High, the sector of the Tromen plateau, and the eastern sectors of the Payenia volcanic province.

The oldest volcano-sedimentary units, included in the Precuyan Cycle from the Upper Triassic to the Lower Jurassic, form the basement on which the sedimentary rocks from the Cuyo Group lie, the first complete marine sedimentary cycle of transgressive-regressive character, which comprises distal marine deposits, litoral, continental and evaporitic deposits, deposited between the Lower Jurassic and the Middle Jurassic. The second sedimentary cycle, during the Callovian and Oxfordian, includes the Lotena Group, with silicoclastic sediments, carbonates and evaporites. From the beginning of the Kimmeridgian and up to the lower Barremian, several continental and marine units from the Mendoza Group were accumulated, while from the Barremian up to the Albian, in a regional subsidence context, the basin became shallow and accumulated chemical and clastic sediments of mixed environments, as well as continental sediments from the Bajada del Agrio Group.

From the Cenomanian and in unconformity on the previous substratum, the red beds of the Neuquén Group were deposited, whose deposits represent the infill of a foreland basin associated with the development of the fold and thrust belt sector, during the Upper Cretaceous Patagonic Orogeny. Campanian to Danian continental and marine sediments gathered in the Malargüe Group lie over these layers in unconformity.

In the western sector of the Sheet, Late Cretaceous – Paleocene subvolcanic and volcanic rocks outcrop, which are included in the Naunauco Group. Although the rest of the Paleogene is barely represented, the reduced Oligocene clastic and epiclastic sedimentary rocks outcrops are worth mentioning, assigned to the Vaca Mahuida and Rincón Escondido Formations.

The Neogene is represented by several volcanic and sedimentary units. Basaltic lavas and pyroclastic rocks from the lower Miocene Sierra Negra Formation can be highlighted among the volcanic units, along with the Pichi Tril Andesita intrusives and the Desfiladero Negro Formation, from the middle and upper Miocene, respectively. In relation to the sediments, isolated outcrops of epiclastic and pyroclastic continental sedimentary rocks are observed in the central and western sectors, which are associated with a new uplift during the Miocene of the Agrio fold and thrust belt. These are the Tralalhue Conglomerate and the Chos Malal, La Visera, Rincón Bayo and La Tiza Formations, with ages ranging from the middle Miocene to the early lower Pliocene. From the Pliocene, there are various basaltic units from the eruptive center of the Auca Mahuida range, grouped in the Auca Mahuida Volcanic Complex, as well as epiclastic and pyroclastic continental deposits, whose ages are in the Pliocene-Pleistocene limit.

Due to their extension, the Pleistocene and Holocene volcanic outcrops of the Tromen plateau can be highlighted, as well as the thick continental clastic deposits which either cover piedmont surfaces or form the old terraces of the Neuquén and Colorado rivers. Finally, the presence of sediments related to mass-removal, fluvial and lake deposits from the Holocene and current day can be observed.

The tectonic structure is mainly associated with the development of half-graben-geometry extensional basins during the Triassic to the Lower Jurassic, while the most significant structural reliefs, from the Upper Cretaceous onwards, are linked to the development of the Malargüe, Chos Malal and Agrio fold and thrust belts.

The regional geomorphological scheme is controlled by the Mesozoic sedimentary rocks with a more deformed western belt and an eastern sector with a landscape characterised by the alternation of subhorizontal to slightly tilted strata with different competence to erosion. Along with this landscape are those ones associated with Eocene to Holocene volcanism. The relief is composite-type, mainly influenced by successive climate changes during the Quaternary, accompanied by the intense action of the erosive forces which alternated with intense volcanism moments.

The fluvial action, the intensity and type of rainfall, gravity, volcanism, seismicity, wind action, and, to a very limited extent, the anthropic action have conditioned the landscape modelling. Both, young and old types of reliefs can be observed. Considering their dimensions, the Cordillera del Viento and the Tromen volcanic field form geomorphological landscapes of great importance. Numerous deposits of metalliferous minerals, industrial minerals and rocks, as well as stones outcrop in the Sheet. Sedimentary copper can be found in the Neuquén Group; hydrothermal copper and gold veins can be found in the Mayal hill; gold accumulations are present in alluvial deposits of the Neuquén river; iron deposits with Ba-Sr can be found in the Caycayén, Naunauco, Colipilli, del Diablo and de los Bueyes hills; and volcanogenic iron is present in the Huantraico range. Among the industrial minerals and rocks, the most important resources correspond to barite and celestite, volcanogenic and epibiogenetic sulphur, and a diatomite deposit. Furthermore, potassium salts are present in most part of the subsurface as well as gypsum deposits, travertines and fossiliferous limestones.

Important oil and gas fields and asphaltite deposits can be observed in the area of study. Among the first ones, oil fields such as El Portón, Filo Morado, Chihuido de la Sierra Negra, El Trapial and Puesto Hernández are highlighted. Moreover, vein manifestations of asphaltites are very numerous throughout the peripheral region of the Tromen volcano.

**Keywords:** Chos Malal, Neuquén basin, stratigraphy, structure, mineral resources, hydrocarbon resources.

## 1. INTRODUCCIÓN

### NATURALEZA DEL TRABAJO

Las actividades de campo fueron realizadas por H. Leanza y la confección de un primer mapa geológico de la Hoja Chos Malal que data de diciembre del año 2011 fue realizada por Leanza *et al.* (2013). Sobre esta versión, se completaron las estructuras faltantes, se ajustaron algunos contactos, se agregaron niveles de estratos guía y se modificaron levemente algunos nombres del cuadro estratigráfico. El texto completo, así como los mapas estructural y geomorfológico fueron realizados por los coautores de acuerdo a esta distribución: R. Giacosa (coordinación, estratigrafía), M. Turienzo, N. Sánchez, F. Lebinson y M. Hernández (geología estructural), M. Rosas (geomorfología), I. Hernando y J. C. Danieli (recursos minerales), R. Giacosa, I. Hernando y M. Barrionuevo (recursos hidrocarburíferos) y G. Asato y M. Hernández (digitalización cartográfica), contando con la colaboración de M.F. Rodríguez y A. Garrido (Leanza *et al.* 2013)

Es importante señalar que al no tener acceso, los coautores, a los datos de campo o textos preliminares elaborados por H. Leanza, ni de haber participado en actividades de campo, el contenido de la Hoja, en particular la estratigrafía, la descripción geológica de rocas y unidades, los recursos minerales y los sitios de interés geológico están basados exclusivamente en los antecedentes disponibles en publicaciones e informes, así como en el análisis de la información satelital. Las figuras de secciones estratigráficas en el texto y mapa son reproducciones de aquellas de la Hoja Chorriaca (Leanza *et al.* 2006). El mapa geomorfológico realizado por M. Rosas está basado en el mapa geológico de la Hoja y la interpretación de imágenes satelitales por parte del autor. La geología estructural está basada en los numerosos trabajos previos realizados en la región por M. Turienzo, N. Sánchez y F. Lebinson.

### UBICACIÓN DE LA HOJA, ÁREA QUE ABARCA Y ASPECTOS ORO-HIDROGRÁFICOS

La mayor parte de la Hoja Geológica 3769-III Chos Malal se ubica en el norte de la provincia del Neuquén, con un sector ubicado al norte del río Colorado en la provincia de Mendoza. Sus coordenadas limítrofes son los paralelos 37° y 38° de latitud sur y los meridianos 69° y 70°30' de longitud oeste, con una superficie estimada de 14.776 km<sup>2</sup>. La ciudad de Chos Malal, con 13.092 habitantes en 2010, es la localidad más importante en la Hoja y

la región, seguida de la localidad de Buta Ranquil (Fig. 1). La Hoja está limitada al norte y sur por las Hojas Barrancas y Zapala, y por las de Andacollo y Catriel al oeste y este, respectivamente. Los topónimos utilizados como referencia en la descripción son los que figuran en la base cartográfica elaborada por el Instituto Geográfico Nacional, aclarándose y situándose aparte aquellos que proceden de otra fuente (Fig. 2).

Su territorio está atravesado por el río Neuquén junto a sus dos principales tributarios, el río Curi Leuvú y el arroyo Pichi Neuquén, en tanto que por el sector noreste de la Hoja fluye el río Colorado. Desde el punto de vista orográfico las mayores alturas están en la región del volcán Tromen, un amplio sector de mas de 2.000 m s. n. m., donde se destacan los cerros Tromen (4.114 m s. n. m.), Negro del Tromen (3.386 m s. n. m.), Wayle (3.296 m s. n. m.), Tilhué (2.560 m s. n. m.) y Bayo (2.502 m s. n. m.). Al oeste de la región del Tromen, las alturas descienden hasta el río Curi Leuvú, donde comienzan a ascender hacia las estribaciones orientales de la cordillera del Viento, donde alcanzan los 2.760 m s. n. m. en el cerro Ñiraico, ubicado sobre el límite mismo de la Hoja.

En el sector ubicado al oeste del río Neuquén hay varias elevaciones con alturas de entre 2.000 y 2.300 m s. n. m., como los cerros Caycayén, Naunauco, del Diablo, de los Bueyes y Colipilli, entre otros. En la mitad oriental de la Hoja las alturas máximas apenas superan los 1.500 m s. n. m. Allí, en la parte norte, se destaca la región de las sierras de Huantraico y Negra y las estribaciones occidentales de la sierra de Chachahuén, en tanto que al sur se halla la sierra de los Chihuidos, y más al este las estribaciones occidentales de la sierra Auca Mahuida.

### INVESTIGACIONES ANTERIORES

Los antecedentes geológicos son muy numerosos y pueden agruparse en varias categorías y disciplinas.

*Antecedentes de cartografía regional.* La Hoja está cubierta en un 95 % por cinco Hojas Geológicas del programa 1:200.000 y una del programa 1:100.000 del Servicio Geológico Minero Argentino. Entre las primeras se cuentan: 32b, Chos Malal (Zöllner y Amos 1973); 32c, Buta Ranquil (Holmberg 1976); 32d, Sierra Chachahuén (Holmberg 1962); 33c, Los Chihuidos Norte (Ramos 1981) y 32d, Sierra Auca Mahuida (Holmberg 1964) y del programa 1:100.000 la 3769-31, Chorriaca (Leanza *et al.* 2006). Las cuatro Hojas Geológicas del programa 1:250.000 limítrofes son (Fig.1): 3772-IV, Andacollo

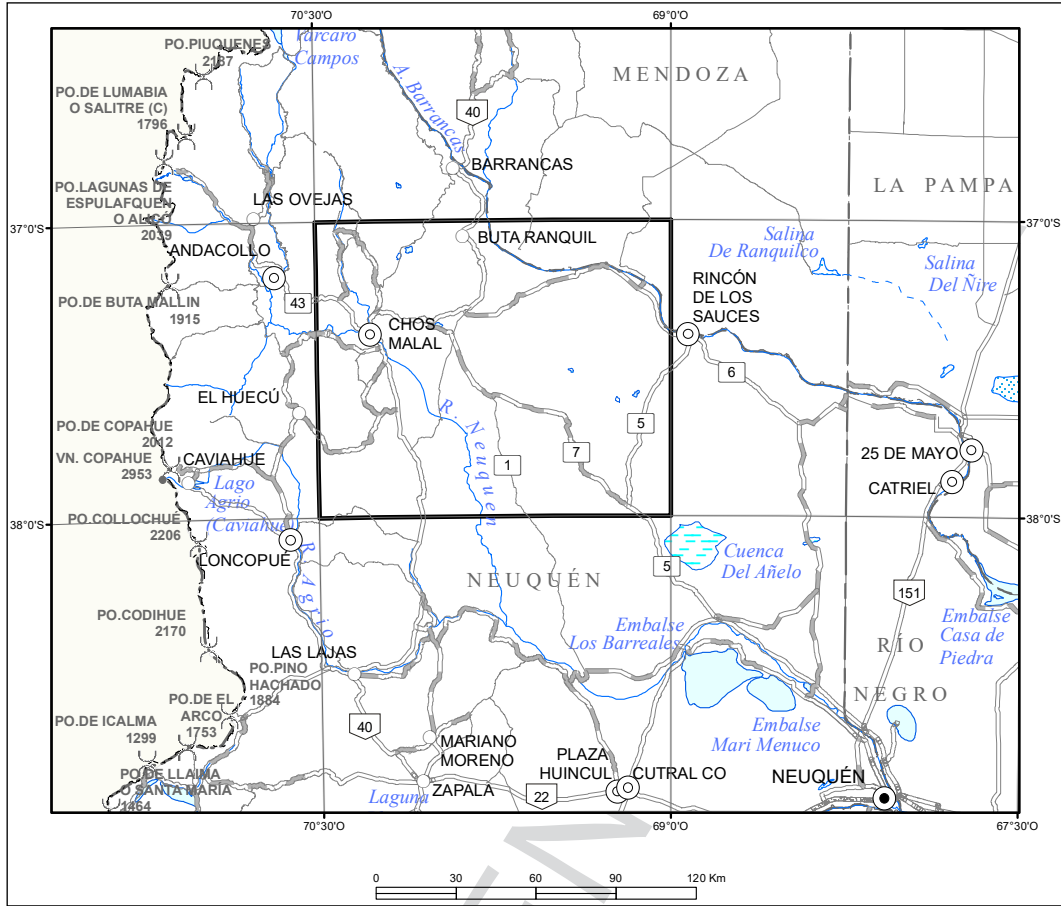


Figura 1. Ubicación de la Hoja Chos Malal y Hojas limítrofes: al norte y sur Hojas Barrancas y Zapala, al oeste y este Hojas Andacollo y Catriel, respectivamente.

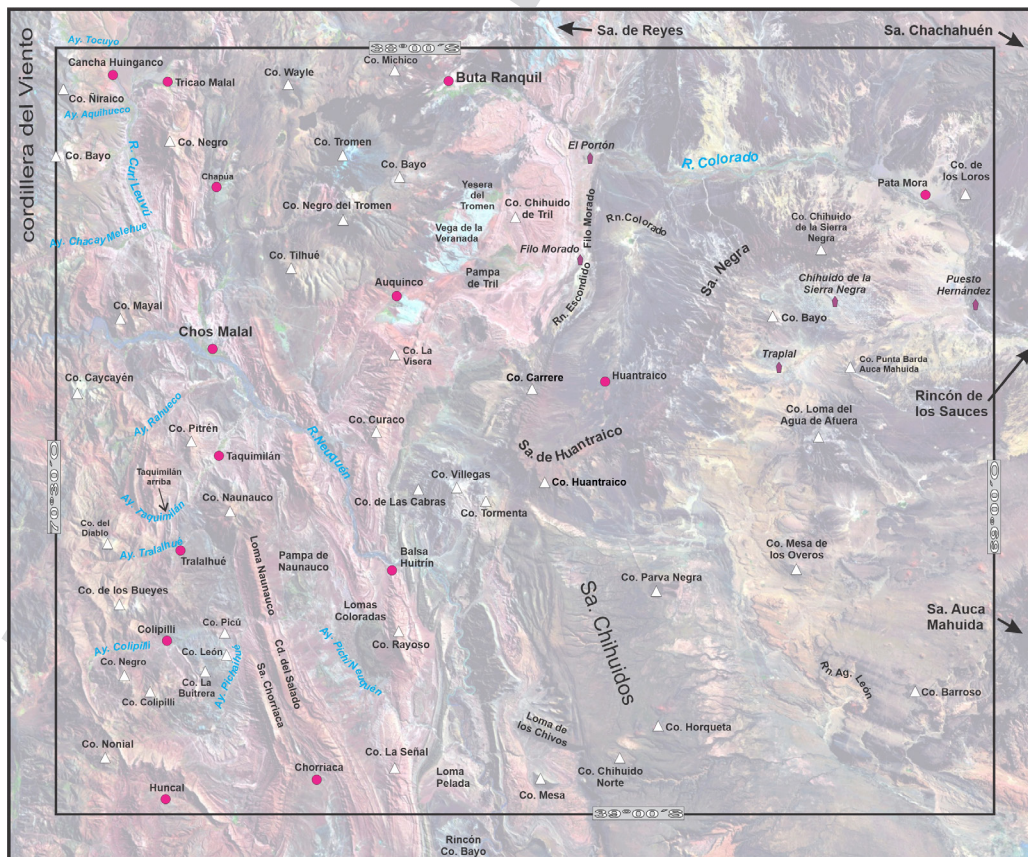


Figura 2. Localidades y rasgos de la hidrografía y orografía de la Hoja Chos Malal mencionados en el texto.

(Rovere *et al.* 2004); 3769-IV, Catriel (Wilson *et al.* 2022); 3769-I, Barrancas (Narciso *et al.* 2004) y 3969-I, Zapala (Leanza *et al.* 2001). También, se cuenta con la descripción de la Geología y Recursos Naturales del Departamento Añelo (Ardolino *et al.* 1996), cuyo sector noroeste es parte del área sureste de la Hoja.

*Antecedentes estratigráficos, sedimentológicos y paleontológicos.* Dado que la mayor parte de las rocas aflorantes en la Hoja son sedimentitas de la cuenca Neuquina, hay antecedentes muy numerosos, muchos de los cuales son citados en el texto, en tanto que una completa actualización de estos, así como nuevas síntesis y enfoques, pueden encontrarse en el Relatorio de la Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén, que se complementa adecuadamente con el Mapa Geológico de la provincia del Neuquén (Leanza *et al.* 2011). Entre los trabajos de este relatorio que han sido de suma utilidad mencionaremos: Aguirre-Urreta *et al.* (2011a), Arregui *et al.* (2011a, b), Carbone *et al.* (2011), Garrido (2011), Rodríguez (2011), Spalletti *et al.* (2011a, b) y Zavala y Ponce (2011), entre otros. Además, para las unidades precuyanas se ha seguido el esquema estratigráfico de Llam-bías *et al.* (2007), para las sedimentitas jurásicas se ha utilizado el trabajo de Gulisano y Gutiérrez Pleimling (1995), para el Cenozoico del sector de las sierras de Huantraico y Negra el de Garrido *et al.* (2012), y en relación con la nomenclatura de las discordancias se ha utilizado la propuesta por Leanza (2009).

*Antecedentes de episodios volcánicos.* Sobre el volcanismo del límite Cretácico - Paleoceno se consultó a Llam-bías y Aragón (2011), del volcanismo Mioceno - Plioceno a Kay y Copeland (2006) y del Pleistoceno - Holoceno de la región del Tromen a Galland *et al.* (2007) y Llam-bías *et al.* (2011).

*Antecedentes de geología estructural y tectónica.* Sobre la tectónica del Paleozoico hasta el Triásico en la zona de la cordillera del Viento y adyacencias, se contó con los trabajos de Giacosa *et al.* (2014), Sagripanti *et al.* (2014) y Vergani *et al.* (1995). La mayoría de los estudios estructurales realizados en la Hoja abordan la evolución y cinemática de la faja plegada y corrida del Agrio y la de Chos Malal, como los de Aramendía *et al.* (2019), Kozlowski *et al.* (1996), Lebinson *et al.* (2015, 2018), Ramos (1998), Sánchez *et al.* (2014, 2015, 2018), Turienzo *et al.* (2014, 2018) y Zamora Valcarce *et al.* (2006a, 2007, 2009). Las contribuciones para el sector del dorso de los Chihuidos y

flanco oriental de la cuenca son de Brinkworth *et al.* (2005), Cristallini *et al.* (2006, 2009) y Pángaro *et al.* (2011).

*Antecedentes de geomorfología.* Entre los trabajos que desarrollan los aspectos geomorfológicos de la Hoja se incluyen aquellas descripciones en las Hojas Geológicas en escala 1:200.000, 1:250.000 y 1:100.000, citadas ya como parte de los antecedentes de cartografía regional. Trabajos geomorfológicos específicos incluyen un análisis regional en el capítulo de geomorfología del Relatorio de la Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén (González Díaz y Di Tommaso 2011). A escala local están el análisis geomorfológico del tramo medio e inferior de la cuenca de drenaje del río Curi Leuvú (González Díaz y Folguera 2011) y la Geomorfología de la Provincia del Neuquén (González Díaz y Ferrer 1986). Acerca de las inundaciones periódicas que se producen en la localidad de Chos Malal existe el estudio de Rodríguez y Suvires (2016).

*Antecedentes de recursos minerales.* En el libro de los Recursos Minerales de la República Argentina, varios autores abordan, en varios de sus capítulos, información sobre estos recursos situados en el marco de la Hoja: Casé y Malvicini (1999), Castro (1999), Franchini y Malvicini (1999a, b), Rojas (1999a, b) y Zappettini (1999) sobre depósitos metalíferos; Balod (1999), Etcheverry (1999) y Gabriele (1999a, b) referidos a depósitos de minerales industriales. También, cabe destacar la reciente síntesis de los recursos metalíferos de la provincia del Neuquén de Zanettini (2018), la metalogénesis del área de Colipilli de Llam-bías y Malvicini (1978) y aquella asociada a las formaciones Colipilli y Cayanta (Franchini 1990). Hay aportes sobre mineralizaciones de baritina y celestina en de Barrio *et al.* (2014), de depósitos barítico-polimetálicos en Colipilli en Salvioli (2017) y de la cuenca potásica en Frigerio *et al.* (2003). En cuanto a rocas y minerales industriales en la provincia del Neuquén fueron de gran utilidad las recopilaciones de Angelelli *et al.* (1976) y Danieli *et al.* (2011).

*Antecedentes de recursos hidrocarburíferos.* En el sector noreste de la Hoja hay varios yacimientos de hidrocarburos, como El Portón, Filo Morado, Chihuido de la Sierra Negra, El Trapial y Puesto Hernández, entre otros, algunos de los cuales han sido tratados por Argüello (2011) y Valenzuela *et al.* (2011), en sendos capítulos del Relatorio de la Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén.

## 2. ESTRATIGRAFÍA

### *INTRODUCCIÓN Y SÍNTESIS ESTRATIGRÁFICA*

La mayor parte de las rocas que afloran en la Hoja son depósitos correspondientes al relleno de la cuenca Neuquina y en segundo lugar rocas del volcanismo basáltico del Cenozoico (Cuadro 1). Las primeras están situadas en el sector de la faja plegada y corrida de la cuenca Neuquina y en el dorso de los Chihuidos, en tanto que las segundas pertenecen a la región del Tromen y a la provincia volcánica basáltica de la Payenia.

Con respecto a los depósitos de la cuenca Neuquina, el registro estratigráfico en la Hoja es uno de los más completos de la cuenca, e incluye algunas unidades de su basamento volcánico, la secuencia preorogénica del Jurásico al Cretácico Inferior y la secuencia sinorogénica del Cretácico Superior.

Las unidades del basamento en este sector de la cuenca están agrupadas en el Ciclo Precuyano del Triásico Superior – Jurásico Inferior. Son secuencias depositadas en cuencas extensionales generalmente asimétricas, integradas por depósitos volcánicos y sedimentarios de origen continental, que finalizan en un ambiente marino, que preanuncia el primer gran ciclo sedimentario marino en la cuenca.

El relleno inicial de la cuenca Neuquina acaeció durante el primer ciclo sedimentario marino completo de carácter transgresivo – regresivo, comprende varias unidades reunidas en el Grupo Cuyo. Estas representan depósitos marinos distales, litorales, continentales y evaporíticos, cuya depositación ocupó la parte terminal del Jurásico Inferior y el Jurásico Medio. Por encima se depositaron las unidades que conforman el Grupo Lotena, representativo del segundo ciclo sedimentario e integrado por sedimentos silicoclásticos, carbonáticos y evaporíticos durante el Calloviano y el Oxfordiano. A comienzos de Kimmeridgiano y hasta el Barremiano inferior tiene lugar la depositación de varias unidades de naturaleza continental y marina que conforman el Grupo Mendoza. Sus unidades, las formaciones Tordillo, Vaca Muerta, Mulichinco y Agrio, son las de mayor exposición en esta Hoja y conforman los sectores más estructurados en el sector de la faja plegada y corrida. A continuación le suceden, durante el Barremiano al Albiano, las formaciones Huitrín y Rayoso que integran el Grupo Bajada del Agrio. Se trata de un conjunto de sedimentitas químicas y clásicas de ambiente mixto y continental, que señala el cierre de la etapa preorogénica de la cuenca Neuquina.

Separado de la Formación Rayoso por la discordancia Patagonídica, se depositan los términos iniciales del Grupo Neuquén, que incluye varias unidades de origen continental reunidas en subgrupos y cuyos depósitos representan el relleno de una cuenca de antepaís, desarrollada junto al sector de faja plegada y corrida de la cuenca durante la orogenia Patagonídica del Cretácico Superior. Cubriendo en discordancia a las unidades del Grupo Neuquén se apoyan aquellas del Grupo Malargüe, integrado por varias unidades de ambiente continental y marino con edades desde el Campaniano hasta el Daniano. Sus afloramientos no son extensos en la Hoja y corresponden a las formaciones Loncoche, Roca y Pircala.

En el sector occidental de la Hoja afloran rocas subvolcánicas y volcánicas del Cretácico Tardío - Paleoceno, incluidas en el Grupo Naunauco. Son rocas de un arco magmático dispuestas regionalmente en una faja eruptiva denominada cinturón andesítico Naunauco. En cuanto al Oligoceno, hay reducidos afloramientos de sedimentitas clásticas y epiclásticas asignadas a las formaciones Vaca Mahuida y Rincón Escondido.

El Neógeno incluye numerosas rocas volcánicas, la mayoría de las cuales afloran en la mitad oriental de la Hoja y corresponden a lavas basálticas y rocas piroclásticas de la Formación Sierra Negra y a los intrusivos de la Andesita Pichi Tril y de la Formación Desfiladero Negro. En el sector central y occidental hay afloramientos aislados de sedimentitas continentales epi- y piroclásticas asociadas a un nuevo levantamiento ocurrido durante el Mioceno en el sector de la faja plegada y corrida. Se trata del Conglomerado Tralalhue y las formaciones Chos Malal, La Visera, Rincón Bayo y La Tiza, cuyas edades varían algo entre sí y comprenden desde el Mioceno medio hasta posiblemente el Plioceno inferior temprano. Del Plioceno son varias las unidades de basaltos provenientes del centro eruptivo de la sierra Auca Mahuida, agrupadas informalmente en el Complejo Volcánico Auca Mahuida, así como depósitos continentales epi- y piroclásticos, cuya edad está en el límite Plioceno – Pleistoceno.

En toda la región del volcán Tromen se destacan las rocas del Agrupamiento Volcánico Tromen – Tilhué, que incluye lavas, piroclastitas e intrusivos silíceos, andesíticos y basálticos del Pleistoceno y el Holoceno, que constituyen las mayores alturas en la Hoja. También del Pleistoceno son varios depósitos clásticos gruesos de origen continental, que cubren superficies pedimentadas o bien conforman los antiguos depósitos fluviales de los ríos Neuquén y Colorado. Finalmente, hay distribuidos en toda la Hoja sedimentos asociados a remoción en masa y depósitos fluviales y lagunares del Holoceno y actual.

CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	66. Dep. bajos y lagunas	67. Dep. coluviales	68. Dep. aluviales	66. Limos y arcillas. 67-68. Gravas, arenas, limos			
			63. Dep. glaciifluviales	64. Dep. remoción en masa	65. Dep. costas calcáreas	63-64. Bloques, gravas, arenas. 65. Calizas travertínicas			
			62. Basalto Cerro Carbonilla			62. Basaltos olivínicos			
			61. Basalto Tromen			61. Basaltos olivínicos			
		PLEISTOCENO	60. Basaltos del valle del río Colorado			60. Basaltos olivínicos			
			59. Dep. hidrovulcánicos			59. Tobas, tufitas, aglomerados			
			57. Dep. fluviales antiguos ríos Neuquén y Currulevú		58. Dep. fluviales antiguos río Colorado	57-58. Gravas, arenas, limos			
			55. Dep. sobre sup. pedimen. indiferenciados		56. Dep. sobre sup. pedimen. pendiente río Colorado	55-56. Conglomerados, gravas, arenas			
	53. Basalto El Puente		54. Basalto Cerro Morado	53-54 Basaltos olivínicos					
	52. Basalto Cerro Wayne			52. Basaltos olivínicos					
	NEÓGENO	PLIOCENO	46. Sed. Rambón Colorado		47. Sed. Pata Mora		46-47. Areniscas, tufitas, fangolitas		
			Grupo Auca Mahuida	45. Basalto Cerro La Manea		45. Basaltos olivínicos			
				44. Basalto Pampa del León		44. Basaltos olivínicos			
				43. Basalto Rincón del Infernillo		43. Basaltos olivínicos			
		42. Basalto Coyocho			42. Basaltos olivínicos				
		MIOCENO	41. Fm. Rincón Bayo	39. Fm. La Visera		40. Fm. La Tiza		39-40-41. Congl., aren., pelitas, tufitas, paleosuelos, br. oligomíticas	
				37. Conglomerado Tralalhue		38. Fm. Chos Malal		37-38. Conglomerados, areniscas, limolitas, fangolitas, arcilitas	
			36. Fm. Desfiladero Negro			36. Diques basálticos			
	35. Volcanitas Cerro Vizcachas			35. Andesitas, dacitas, ignimbritas riolíticas, tobas, tufitas.					
PALEÓGENO	OLIGOCENO	33. Andesita Pichi Tril		34. Intrusivos Cerro Bayo		33. Andesitas hornblendíferas, 34. Riolitas			
		32. Fm. Sierra Negra		29. Fm. Vaca Mahuida		32ab. Basaltos, andesitas, congl. brechosos, aglom. volc., tobas y tufitas			
	32a. Mbo. Filo Morado		32b. Mbo. Puesto Tillerías y Rodados Lustrados		29. Aren., pelitas, 30. Tufitas, pelitas, aren., congl. 31. Stocks, diq. dacíticos				
	31. Dacita Morales		30. Fm. Rincón Escondido y Rodados Lustrados		27-28. Andesitas hornblendíferas y anfibólicas, pórfidos monzodioríticos cuarzosos, brechas autoclásticas				
	EOCENO	Inferior							
	PALEOCENO	27. Fm. Colipilli	28. Fm. Cayanta	23. Grupo Malargüe	26. Fm. Pircala				
MESOZOICO	CRETÁCICO	Superior	MAASTRICHTIANO	25. Fm. Roca		23-24-25-26. Areniscas, pelitas, fangolitas, calizas, yesos, conglomerados			
			CAMPANIANO	24. Fm. Loncoche					
			SANTONIANO	20. Subgrupo Río Colorado		20. Areniscas, fangolitas	22. Fangolitas, areniscas, tobas		
			CONIACIANO	21. Fm. Bajo de la Carpa		21. Conglomerados, areniscas, fangolitas			
			TURONIANO	19. Subgrupo Río Neuquén			19. Conglomerados, areniscas, fangolitas		
		Inferior	CENOMANIANO	Subgrupo Río Limay		18. Fm. Huincul		18. Conglomerados, areniscas, fangolitas	
			ALBIANO	Grupo Bajada del Agrio		16. Fm. Rayoso		16. Conglomerados, areniscas, limolitas, arcilitas, yesos	
			APTIANO			15. Fm. Huitrín		15. Calizas, dolomitas, areniscas, arcilitas, evaporitas	
			BARREMIANO						
			HAUTERIVIANO	14. Fm. Agrio		14c. Mbos. Agua de la Mula y Chorroado		14. Pelitas, calizas, coquinas, areniscas	
	JURÁSICO	Superior	VALANGINIANO	14b. Mbo. Avilé		14c. Pelitas, calizas, coquinas			
				14a. Mbo. Pilmatué		14b. Areniscas			
			BERRIASIANO	13. Fm. Mulichinco		14a. Pelitas, calizas, coquinas			
		Medio	13. Fm. Mulichinco			13. Conglomerados, areniscas, limolitas, coquinas			
			12. Fm. Vaca Muerta			12. Pelitas, margas bituminosas, calizas			
			12a. Mbo. Hunca						
			11. Fm. Tordillo			11. Conglomerados, areniscas, arcilitas, tufitas			
			Inferior	TITHONIANO	7. Grupo Lotena		10. Fm. Auquilco		7. Conglomerados, areniscas, pelitas, calizas, yesos
				KIMMERIDGIANO			9. Fm. La Manga		10. Yesos
OXFORDIANO				8. Fm. Lotena		9. Calizas, pelitas			
Superior	CALLOVIANO			6. Fm. Tábanos		8. Conglomerados, areniscas, pelitas			
	BATHONIANO	4. Fm. Los Molles		5. Fm. Lajas		6. Calizas, pelitas, yesos			
	BAJOCIANO					5. Areniscas, limolitas, arcilitas, coquinas, calizas			
Inferior	AALENIANO					4. Lutitas, areniscas, limolitas, margas, calizas			
	TOARCIANO			3. Fm. La Primavera		3. Areniscas, tobas, tufitas, calizas, basaltos, pelitas			
	PLIENSCHACHIANO			2. Fm. Milla Michicó		2. Riolitas, basaltos, areniscas, brechas volcánicas			
TRIÁSICO	Superior			1. Fm. Cordillera del Viento		1. Andesitas, riolitas, basaltos, brechas, tobas, ignimbritas, conglomerados, areniscas			

Cuadro 1. Cuadro estratigráfico de la Hoja 3769-III, Chos Malal.

## 2.1. MESOZOICO

### 2.1.1. TRIÁSICO

#### CICLO PRECUYANO (1, 2, 3)

##### **Formación Cordillera del Viento (1)**

*Andesitas, riolitas, basaltos, tobas, brechas, ignimbritas, conglomerados, areniscas*

##### *Antecedentes*

Esta unidad fue propuesta por Leanza *et al.* (2006) a partir de la segregación de la parte superior de una espesa columna volcánica asignada al Grupo Choyoi, que forma gran parte del flanco oriental de la cordillera del Viento. Posteriormente, las rocas pérmicas del Grupo Choyoi fueron reasignadas por Llambías *et al.* (2007) al Complejo Volcánico-Plutónico Huingancó. La Formación Cordillera del Viento junto a las formaciones Milla Michicó y La Primavera, integran en esta región el Ciclo Precuyano (Gulisano *et al.* 1984), que incluye diversas formaciones que anteceden la depositación del Grupo Cuyo en la cuenca Neuquina. Los afloramientos situados en la Hoja formaron parte del estudio de Sagripanti *et al.* (2014).

##### *Distribución areal*

La unidad conforma una faja de afloramientos en el sector noroeste de la Hoja, donde se expone como una secuencia homoclinal de rumbo norte e inclinación al este. Constituye el faldeo oriental de la cordillera del Viento (Fig. 3a), hasta las cercanías del cerro Domuyo al norte. Como se observa en la figura 2 de Llambías *et al.* (2007), la mayor parte de los afloramientos están en la Hoja Andacollo y continúan al norte en la Hoja Las Ovejas. Otro pequeño afloramiento de esta unidad en la Hoja está en su borde norte, unos 12 km al NE de Buta Ranquil. Estas rocas son parte del extremo austral de la sierra de Reyes y fueron asignadas a la Formación Remoredo por Narciso *et al.* (2004).

##### *Litología*

De acuerdo a Leanza *et al.* (2006), esta unidad consiste en un potente conjunto estratificado de 1.300 m de espesor de mantos de brechas y lavas andesíticas a basálticas, escasos filones capa y lacolitos, y algunas intercalaciones de ignimbritas. En su base se encuentran delgados mantos discontinuos de conglomerados y areniscas.

Los conglomerados de la base pasan abruptamente a mantos de lavas basáltico-andesíticas y brechas

andesíticas, que conforman una secuencia monótona y espesa. Las brechas andesíticas están constituidas por clastos y matriz de similar composición. Entre las brechas andesíticas se intercalan lavas andesíticas y mantos de ignimbritas silíceas, así como cuerpos lenticulares intrusivos de andesitas que probablemente sean pequeños lacolitos o filones capa (Llambías *et al.* 2007).

La Formación Cordillera del Viento incluye rocas con contenido en SiO<sub>2</sub> desde 74 % a 47 % y clasifican químicamente como riolitas, dacitas, andesitas y basaltos. Constituye una asociación magmática de tipo bimodal y en este sentido se diferencian de la composición de los mantos ignimbríticos de la infra-yacente Formación La Premio, que corresponde a la unidad volcánica del Complejo Volcánico-Plutónico Huingancó. Para otros datos químicos complementarios ver Llambías *et al.* (2007).

##### *Relaciones estratigráficas y edad*

La Formación Cordillera del Viento se apoya en discordancia erosiva sobre granodioritas, granitos y rocas volcánicas del Complejo Volcánico-Plutónico Huingancó de edad pérmica, mediante una superficie ondulada elaborada durante la fase Huárpica asignada al Triásico Inferior a Medio (Llambías *et al.* 2007, véase su figura 7). Está cubierta en discordancia por los mantos basálticos de la Formación Milla Michicó, superficie que Llambías *et al.* (2007) atribuyen a la fase Tunuyán (Fig. 3a).

Carbone *et al.* (2011) la correlacionan con la Formación Ñireco del área del depocentro Chachil. Basada en la edad de las unidades infra y suprayacentes, se la asigna al Triásico Medio a Superior.

### 2.1.2. TRIÁSICO SUPERIOR - JURÁSICO INFERIOR

##### **Formación Milla Michicó (2)**

*Riolitas, basaltos, andesitas, brechas volcánicas*

##### *Antecedentes*

La Formación Milla Michicó fue descripta por primera vez por Freytes (1969, en Digregorio 1972) para identificar una sección volcánica como parte de los Pórfidos Cuarcíferos Superiores de Zöllner y Amos (1973) o bien como la unidad superior del Grupo Choyoi. Leanza *et al.* (2006) y luego Llambías *et al.* (2007) separaron y equipararon con las unidades del ciclo Precuyano a las partes media y superior de lo considerado como Grupo Choyoi, y las asignaron a las formaciones Cordillera del Viento y Milla Michicó, respectivamente.

### *Distribución areal*

Los afloramientos de esta unidad están expuestos en el sector noroeste de la Hoja, al oeste del paraje Cancha Huingancho, donde se dispone como un conjunto homoclinal que inclina al este. Aflora a lo largo de la vertiente oriental de la cordillera del Viento, siguiendo los afloramientos de la Formación Cordillera del Viento sobre la que se apoya en suave discordancia (Fig. 3a), estando la mayor parte de los afloramientos en la Hoja Andacollo.

### *Litología*

La unidad está formada por unos 400 m de espesor de mantos volcánicos de basaltos y basalto-andesitas con algunas riolitas, todos muy compactos y con marcada estratificación. Entre los mantos de lavas se intercalan escasas y delgadas lentes brechosas con clastos y matriz ígnea de igual composición. Las rocas tienen un contenido en SiO<sub>2</sub> de 46 % a 49 % y clasifican químicamente como andesita-basaltos (Llambías *et al.* 2007).

### *Relaciones estratigráficas y edad*

La Formación Milla Michicó está limitada discordantemente en base y techo por las formaciones Cordillera del Viento (Fig. 3a) y La Primavera, respectivamente, y fue correlacionada con la Formación Lapa del Triásico Superior por Leanza *et al.* (2005). La unidad es anterior a las ignimbritas riolíticas de la base de la Formación La Primavera datadas en  $183 \pm 1$  Ma (U-PB SRHIMP, Suárez *et al.* 2008), y de esta manera su edad quedaría comprendida entre el Triásico Superior y el Jurásico Inferior.

## 2.1.3. JURÁSICO

### **Formación La Primavera (3)**

*Areniscas, tobas, tufitas, calizas, basaltos, pelitas*

#### *Antecedentes*

El nombre de Formación La Primavera fue propuesto por Suárez y de la Cruz (1997) para identificar rocas volcánicas asociadas a depósitos marinos fosilíferos, que afloran en el sector de las nacientes del arroyo Chacay Melehue, en inmediaciones del cerro La Primavera. Estas rocas habían sido cartografiadas e identificadas por Zöllner y Amos (1973) en el cuadro estratigráfico del mapa de la Hoja 32b, Chos Malal, como Tobas porfíricas y Sedimentitas fosilíferas del Liásico.

Para algunos autores la Formación La Primavera representa la unidad basal del Grupo Cuyo en la cordillera del Viento (Rovere *et al.* 2004, Leanza *et al.* 2005, Llambías *et al.* 2007), en tanto que para otros, sus características, al igual que aquellas de su homóloga Formación Colomichicó, son afines a las unidades del ciclo Precuyano (Zappettini *et al.* 2018).

### *Distribución areal*

La gran mayoría de sus depósitos están expuestos al oeste, en la Hoja Andacollo, donde se encuentra la localidad tipo. Siguen hacia el norte por el faldeo oriental de la cordillera del Viento y sus partes septentrionales afloran en el sector noroeste de la Hoja, a la altura del paraje de Cancha Huingancho. En el arroyo Aquihueco hay buenas secciones de esta unidad, así como de las formaciones infra y suprayacentes.

### *Litología*

Con un espesor cercano a los 400 m, presenta en inmediaciones del cerro La Primavera, fuera del ámbito de la Hoja, un predominio de facies volcánicas donde son mencionados conglomerados basales, areniscas, mantos de basaltos y tobas ignimbríticas de tonos claros (Fig. 3b). Contiene lentes de calizas y sus 150 m finales son areniscas y pelitas. Los afloramientos en la Hoja son predominantemente de sedimentitas. Limolitas y pelitas incluyen una variada fauna de invertebrados compuesta por bivalvos, braquiópodos, gasterópodos y corales (véase figuras 8 y 9, Zöllner y Amos 1973).

### *Relaciones estratigráficas y edad*

Sus rocas cubren en discordancia a la Formación Milla Michicó y están cubiertas a su vez discordantemente por la Formación Los Molles. De acuerdo con Leanza *et al.* (2005), la Formación La Primavera sería correlacionable con las formaciones Sierra Chacaico y Chachil. También lo sería con la secuencia volcánica de la Formación Colomichicó que aflora al noroeste, en la Hoja Las Ovejas, donde Zappettini *et al.* (2018) dataron una toba en  $185.2 \pm 1.9$  Ma. Como hemos mencionado, estos autores consideraron que la Formación Colomichicó presenta características típicas de los depocentros volcánicos precuyanos.

De acuerdo con el contenido fosilífero, las rocas de la Formación La Primavera son del Pliensbachiano, edad corroborada por una datación en ignimbritas de la base de la unidad ( $183 \pm 1$  Ma, Suárez *et al.* 2008).



Figura 3. Unidades estratigráficas del ciclo Precambriano en adyacencias de la ruta provincial 43 que une las localidades de Chos Malal y Andacollo. a) Contacto entre andesitas de la Formación Cordillera del Viento y basaltos de la Formación Milla Michicó, un poco al oeste del límite occidental de la Hoja. b) Afloramientos de la Formación La Primavera dominados por depósitos piroclásticos groseramente estratificados de tonos claros e ignimbritas riolíticas hacia la parte superior.

## GRUPO CUYO (4, 5, 6)

### Antecedentes

El Grupo Cuyo (Dellapé *et al.* 1978) comprende varias unidades del primer ciclo sedimentario marino completo de carácter transgresivo – regresivo, que conforma el relleno inicial de la cuenca Neuquina. Está integrado por las formaciones Los Molles (depósitos marinos distales), Lajas (litorales), Challacó y Punta Rosada (continentales) y Tábanos (evaporíticos). En la Hoja están representadas las formaciones Los Molles y Tábanos y en este ámbito, la depositación habría comenzado en el Toarciano, alcanzando el Calloviano Medio y se encuentra limitado a piso y techo, por las discordancias Rioatuélica y Loténica (*sensu* Leanza 2009). Además de las unidades señaladas, en el Grupo se incluyen otras unidades, como las formaciones Chachil, Sierra Chacaicó y Piedra Pintada en la Hoja Picún Leufú, entre las más conocidas (para un tratamiento completo del Grupo, véase Arregui *et al.* 2011a).

### Formación Los Molles (4)

*Lutitas, areniscas, limolitas, margas*

### Antecedentes

La Formación Los Molles (Weaver 1931) es una espesa sucesión pelítica marina que aflora en amplios sectores de la cuenca Neuquina. En el sector oeste de la Hoja fue cartografiada por Zöllner y Amos (1973) como Dogger - Oxfordiano y al este por Stipanovic (1966), Holmberg (1976) y Gulisano y Gutiérrez Pleimling (1995).

### Distribución areal

La unidad aflora en cuatro sectores de la Hoja. En el noroeste, en una larga faja de 25 km entre los arroyos Tocuyo y Chacay Melehue, pertenecientes al flanco oriental de la cordillera del Viento (Fig. 4a), y al este del cerro Caycayén en el arroyo Rahueco (Gulisano y Gutiérrez Pleimling 1995, figura 40). Otros dos afloramientos más pequeños están en la parte centro norte de la Hoja, en el sector de la Yesera del Tromen, al sur-suroeste de Buta Ranquil. Para más detalles sobre la distribución de los afloramientos en La Yesera véase Gulisano y Gutiérrez Pleimling (1995, figura 43).

### Litología y ambiente

La unidad está integrada principalmente por lutitas negras de ambiente mayormente anóxico, con intercalaciones de areniscas, limolitas y margas, acumuladas en el marco de un régimen turbidítico. Los afloramientos del sector occidental están bien expuestos en el perfil de Chacay Melehue (Gulisano y Gutiérrez Pleimling 1995, figura 29 y trabajos reseñados en Rovere *et al.* 2004), con un espesor de unos 800-850 m de lutitas negras con nódulos calcáreos e intercalaciones de conglomerados y calizas micríticas. Rovere *et al.* (2004) distinguen cuatro tramos: a) el inferior con 90 m de lutitas con material tobáceo, b) 55 m de turbiditas que incluyen diamictitas por desmoronamiento (*slumping*) (Fig. 4b), junto con depósitos laháricos intercalados, c) 250 m de lutitas negras con intercalaciones de areniscas y de conglomerados al tope, y d) un tramo superior de 400 m de lutitas negras con nódulos calcáreos y niveles de tobas y areniscas.

Las condiciones sedimentarias en el perfil de Chacay Melehue han sido interpretadas como de un ambiente marino de *offshore*, restringido y de condiciones anóxicas, en el marco de una prolongada subsidencia asociada a un régimen extensional (Gulisano y Gutiérrez Pleimling 1995). En el primer tercio del perfil, los numerosos ejemplos de diamictitas por desmoronamiento (*slumping*), junto con depósitos laháricos intercalados, caracterizan un borde de cuenca con marcada inestabilidad acompañado por actividad volcánica y/o sísmica, de naturaleza catastrófica (Llambías y Leanza 2005).

En adyacencias de la Yesera del Tromen, los afloramientos están en el borde de la laguna de la vega de la Totorá (o Vega de la Veranada), en el núcleo del anticlinal Auquinco, y consisten en 80 m de lutitas negras a gris verdosas cuya parte superior está bioturbada (Gulisano y Gutiérrez Pleimling 1995); por otra parte, Stipanovic (1966) menciona también intercalaciones de limolitas arcósicas entre las lutitas.

La sección de Chacay Melehue tiene varios niveles con amonites, estudiados por numerosos investigadores que hacen referencia a sus características y asignación cronológica (véase Dellapé *et al.* 1979, Rosenfeld y Volkheimer 1980, Riccardi y Westermann 1991a, b, Riccardi 1993, Riccardi y Gulisano 1993, Gulisano y Gutiérrez Pleimling 1995, entre otros).

#### *Relaciones estratigráficas y edad*

A unos kilómetros del límite oeste de la Hoja, la unidad se apoya en concordancia sobre la Formación La Primavera, mediante una caliza basal muy similar a la de la Formación Chachil de la región de la sierra de Chachil (véase figura 3f, en Leanza *et al.* 2005), y está a su vez cubierta a través de un límite neto por la Formación Tábanos (Fig. 4a), mientras que los afloramientos de la Yesera del Tromen yacen por debajo de la Formación Lajas.

Basado en su relación de yacencia sobre la Formación La Primavera del Pliensbachiano y su contenido de amonites, se ha establecido una edad que abarca desde el Toarciense superior al Calloviano inferior (véase Riccardi *et al.* 1990, 2011; Gulisano y Gutiérrez Pleimling 1995).

### **Formación Lajas (5)**

*Areniscas, limolitas, arcilitas, coquinas, calizas*

#### *Antecedentes*

Esta unidad fue definida por Weaver (1931) en la provincia del Neuquén sin indicación de una sec-

ción o localidad tipo, pero con una clara referencia de su posición estratigráfica. Dellapé *et al.* (1978) establecieron que la Formación Lajas representa la culminación de la secuencia regresiva del Grupo Cuyo, determinada por la progradación de las facies marino marginales y deltaicas sobre las facies distales de la Formación Los Molles.

#### *Distribución areal*

La Formación Lajas conforma un pequeño afloramiento al norte del paraje Auquinco en los alrededores del bajo de la vega de la Totorá, conocido como vega de la Veranada por otros autores como Stipanovic (1966), Gulisano y Gutiérrez Pleimling (1995). La distribución de los afloramientos en el sector puede verse en la figura 43 de los últimos autores y corresponden a la parte inferior de la Formación Lotena en la sección y mapa de Stipanovic (1966). Las exposiciones son parte de una faja de rumbo nor-noroeste muy discontinua que sigue al norte de la Hoja en la sierra de Reyes y llega al flanco oriental de la sierra de Cara Cura, donde alcanzan mayores dimensiones (Narciso *et al.* 2004).

#### *Litología*

Las características del afloramiento de vega de la Totorá se corresponden con el horizonte (Lci) asignado por Stipanovic (1966) a la parte inferior de la Formación Lotena, caracterizado por 67 m de arcosas y limolitas. Holmberg (1976), quien reproduce las observaciones del levantamiento estratigráfico de Yrigoyen (1948), menciona 120 m de espesor de areniscas bayas y parduzcas, margas y arcillas arenosas, así como intercalaciones de calcáreos grises azulados. Integra estos estratos junto a las lutitas ubicadas a piso, en el Grupo Reyes. Gulisano y Gutiérrez Pleimling (1995) distinguen dos intervalos en una sección de 70 a 100 m: el inferior de limolitas bioturbadas y areniscas finas a medianas con arcilitas y una abundante fauna de bivalvos, braquiópodos, corales y amonites; y el superior con areniscas medianas a gruesas hasta conglomerádicas.

#### *Relaciones estratigráficas y edad*

Regionalmente, el contacto basal con la Formación Los Molles es transicional y de engranaje lateral, en tanto que, en vega de la Totorá, se apoyan en su techo estratos conglomerádicos asignados a la Formación Lotena. Respecto de su edad y sobre la base de su contenido fosilífero, se la considera del Bajociense al Calloviano inferior.

## Formación Tábanos (6)

*Calizas, pelitas, yesos*

### Antecedentes

La Formación Tábanos está formada por evaporitas y pelitas que representan una etapa de generalizado desecamiento de la cuenca, por lo que constituye la unidad cuspidal del Grupo Cuyo. Fue identificada formalmente por Stipanovic (1966) en el área del arroyo Tábanos, al sur de Mendoza.

### Distribución areal

En la Hoja la unidad aflora de manera continua a lo largo de más de 25 km, entre los arroyos Tocuayo al norte hasta el arroyo Chacay Melehue al sur, siendo parte, al igual que las unidades previas, de la potente secuencia homoclinal del flanco oriental de la cordillera del Viento (Fig. 4a). Vuelve a aflorar en el arroyo Rahueco, al suroeste del cerro Caycayén.

### Litología y ambiente

En la Hoja la Formación Tábanos está formada por estratos de tonos claros de calcáreos yesosos, que en afloramiento presentan un color pardo a ocre, con un espesor que oscila entre 10 a 50 m y que por su color y persistencia constituye un estrato guía regional. En los calcáreos yesosos se interdigitan bancos de yeso blanco puro y calizas macizas grises (Fig. 4a). Los depósitos fueron acumulados en una cuenca evaporítica marina somera con ausencia de sedimentación epiclástica (Gulisano y Gutiérrez Pleimling 1995).

### Relaciones estratigráficas y edad

Dentro de la Hoja, en el perfil de Chacay Melehue, esta unidad se apoya sobre las secuencias turbidíticas de la Formación Los Molles y está

cubierta mediante discordancia (Intracalloviana, Dellapé *et al.* 1979), por los sedimentos clásticos de la Formación Lotena. La cuenca evaporítica posee orientación norte-sur y se extiende desde Mendoza hasta Zapala. Debido a la presencia de amonites del Calloviano medio en la Formación Lotena que la sucede en discordancia, la Formación Tábanos es asignada al Calloviano inferior (Dellapé *et al.* 1979).

## GRUPO LOTENA (7)

### Formaciones Lotena (8), La Manga (9) y Auquilco (10)

*Conglomerados, areniscas, pelitas, calizas, yesos*

### Antecedentes

El Grupo Lotena (Leanza 1992), reconocido también como Ciclo Loteniano - Chacayano (Gulisano *et al.* 1984), representa el segundo ciclo sedimentario de la cuenca Neuquina y está integrado por las formaciones Lotena (sedimentos silicoclásticos), La Manga y Barda Negra (carbonatos) y Auquilco (evaporitas). A nivel regional, ocupa una posición paleogeográfica más restringida que el infrayacente Grupo Cuyo y el suprayacente Grupo Mendoza, de los cuales está separado por las discordancias Loténica (~152 Ma) y Araucánica (~144 Ma), respectivamente.

El Grupo Lotena (7) aparece en el mapa mapeado en su totalidad, y también individualizado en cada una de sus formaciones donde fue posible distinguir las: Lotena (8), La Manga (9) y Auquilco (10). La superficie de los afloramientos es bastante reducida y, por otro lado, no se cuenta con datos suficientes como para hacer una descripción separada de cada unidad, motivo por el cual, la descripción se realizó a nivel de Grupo, haciendo referencia cuando correspondiera, a las formaciones de manera individual.

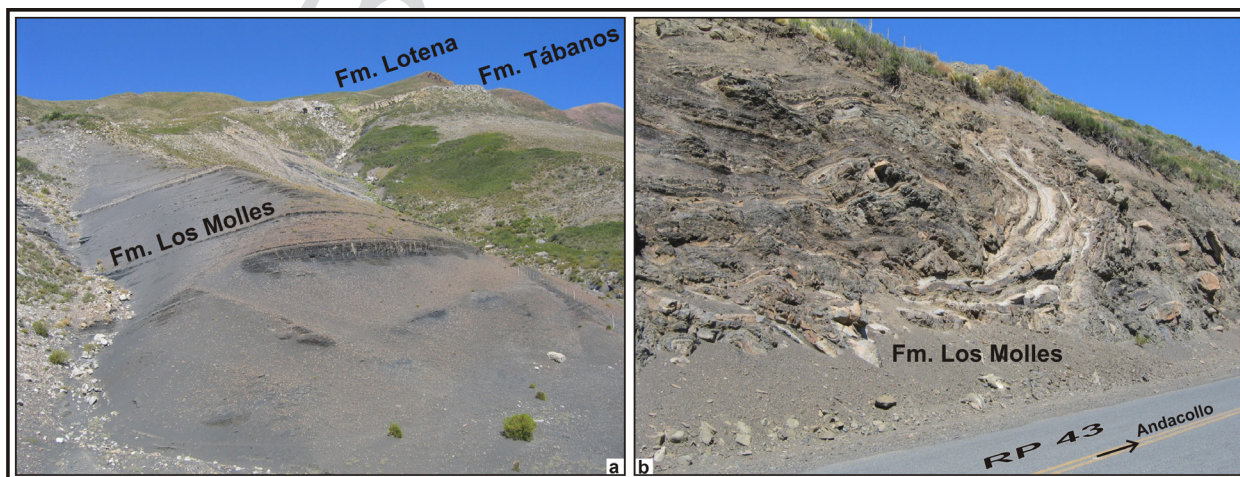


Figura 4. Unidades estratigráficas del relleno inicial de la cuenca Neuquina en adyacencias de la ruta provincial 43 que une las localidades de Chos Malal y Andacollo. a) Vista al SE de la sucesión conformada por las formaciones Los Molles, Tábanos y Lotena. b) Pliegues recumbentes por *slumping* en turbiditas de la Formación Los Molles.

### *Distribución areal*

Las rocas afloran en dos sectores: al oeste y cartografiado como Grupo Lotena se expone de manera continua entre los arroyos Tocuyo y Chacay Melehue, siguiendo un diseño cartográfico similar al de la Formación Tábanos y unidades precedentes, como parte de la secuencia homoclinal que conforma el flanco oriental de la cordillera del Viento (Fig. 4a). Al este, se individualizaron las formaciones integrantes del Grupo, como parte de la faja discontinua de afloramientos que van desde la Yesera del Tromen hasta la sierra de Reyes y continúan al norte en la sierra de Cara Cura; de ellas, la de mayor continuidad y expresión areal es la Formación Auquilco. Para más detalles sobre la distribución de los afloramientos en la Yesera véase Gulisano y Gutiérrez Pleimling (1995, figura 43).

### *Litología y ambiente*

Las características litológicas del grupo en el perfil de Chacay Melehue han sido descritas por Rovere *et al.* (2004). En un total de 180 m de espesor distinguieron tres tramos: a) basal, con conglomerados de origen fluvial, b) intermedio, con pelitas oscuras y areniscas, y c) superior, con arcilitas y limolitas. Al este afloran en el borde de la vega de la Totorá, donde fueron estudiados por Stipanovic (1966, figura 5) y descriptos brevemente por Holmberg (1976). Mayores detalles proporcionaron Gulisano y Gutiérrez Pleimling (1995), quienes asignaron 15 m a la Formación Lotena en dos intervalos, el inferior de areniscas medianas a finas y lentes de conglomerados junto a *sets* de arcilitas verdes y abundantes amonites, y el superior de arcilitas y arcilitas calcáreas, junto a calizas micríticas con bivalvos y amonites; por encima siguen 10 m de calizas y arcilitas calcáreas de la Formación La Manga. Parent y Garrido (2015) describieron a la Formación La Manga en este sector con un espesor de 8,7 m e integrada por calizas micríticas, calizas arenosas y areniscas calcáreas, muy rica en fósiles en comparación con otros sectores de la cuenca Neuquina.

Arealmente la mayor parte de los afloramientos del Grupo en este sector son evaporitas asignadas a la Formación Auquilco, donde predominan niveles de anhidrita y yeso con delgadas intercalaciones de niveles calcáreos estromatolíticos y oolíticos fétidos con un espesor total de unos 300 m (Stipanovic 1966).

El ambiente sedimentario del Grupo Lotena ha sido sintetizado por Arregui *et al.* (2011b) como de depósitos clásticos continentales en la base, que paulatinamente se expanden alternando con areniscas marinas litorales. A medida que progresa

el relleno y disminuye el aporte comienzan a desarrollarse plataformas carbonáticas de ambientes marinos normales. Finalmente, y en relación con un importante descenso del nivel de base, se depositaron importantes espesores de evaporitas.

### *Relaciones estratigráficas y edad*

En el perfil de Chacay Melehue, el grupo cubre en discordancia mediante un conglomerado basal a la Formación Tábanos, y esta cubierto por la Formación Tordillo. En vega de la Totorá, la Formación Auquilco se apoya sobre la Formación Lajas y está cubierta por la Formación Tordillo.

Sobre la base del estudio de su fauna de amonites, la Formación Lotena en la cuenca Neuquina es atribuida al intervalo Calloviano medio - Oxfordiano inferior (Damborenea 1993), la Formación La Manga al Calloviano tardío - Oxfordiano temprano (Parent y Garrido 2015) y la Formación Auquilco al Oxfordiano.

## 2.1.4. JURÁSICO SUPERIOR - CRETÁCICO INFERIOR

### GRUPO MENDOZA (11, 12, 12a, 13, 14, 14a, 14b, 14c)

El Grupo Mendoza (Stipanovic *et al.* 1968) incluye, en orden ascendente de edad, las formaciones Tordillo (continental), Vaca Muerta (marino), Mulichinco (mixto) y Agrio (marino), cuya sedimentación abarcó aproximadamente el intervalo entre el Kimmeridgiano y el Barremiano inferior. El Grupo Mendoza está limitado en piso y techo por las discordancias Araucánica y Pampatrílica, respectivamente (Leanza 2009).

Las unidades litoestratigráficas del Grupo afloran profusamente en toda la mitad occidental de la Hoja, donde conforman los sectores más estructurados de la faja plegada y corrida de Chos Malal y del Agrio. Por sus dimensiones y continuidad lateral han sido mapeadas a nivel de formación y en el caso de la Formación Agrio a nivel de miembro.

Información adicional sobre los extensos antecedentes del Grupo en la región pueden consultarse en Leanza *et al.* (2001, 2006).

### **Formación Tordillo (11)**

*Conglomerados, areniscas, arcilitas, tufitas*

#### *Antecedentes*

La Formación Tordillo, designada formalmente por Stipanovic (1966), fue tratada por Lambert (1956)

en la Hoja 35 b Zapala, como Areniscas y conglomerados Lusitano-Kimmeridgianos, y como Tobas y areniscas del Kimmeridgiano en la Hoja 32 b Chos Malal de Zöllner y Amos (1973). Además, como Formación El Tordillo fue reconocida por Holmberg (1976) en Hoja 32 c Buta Ranquil y como Formación Tordillo en la Hoja 3769-31 Chorriaca por Leanza *et al.* (2006).

#### *Distribución areal*

Aflora en cuatro sectores: a) en el borde oeste de la Hoja, en una larga faja de unos 65 km entre Cancha Huinganco y el sur del cerro Caycayén; b) en el esquinero suroeste, en inmediaciones de los cerros Risco y Agua Fría; c) en la zona de la Yesera del Tromen, inmediatamente al oeste de la ruta nacional 40; y d) en el límite norte de la Hoja, en la margen izquierda del río Colorado, como parte del extremo suroeste de la sierra de Reyes.

#### *Litología y ambiente*

De manera similar a unidades precedentes, los afloramientos más extensos están muy bien expuestos en el perfil de Chacay Melehue sobre la ruta provincial 6, donde afloran unos 600 m de sedimentitas clásticas con participación piroclástica. Hay conglomerados rojizos a morados sobre todo en su base, areniscas tobáceas con estructuras entrecruzadas en artesa o de corte y relleno, intercalaciones de tufitas y algunas de calcáreos castaños y unos 60 m finales de arcilitas verdes (Rovere *et al.* 2004). Estos mismos afloramientos hacia el sur, en la sección de Rahueco, comienzan con arcilitas rojas de ambiente de *playa lake*. Más al sur, en inmediaciones de los cerros Risco y Agua Fría, la unidad alcanza unos 400 m de espesor y está formada por potentes bancos de areniscas y conglomerados de tonos verdosos con estratificación cruzada en artesa, y en forma subordinada por arcilitas y bancos de tufitas (Leanza *et al.* 2006). En la zona de la Yesera del Tromen se mencionan hasta 150 m de areniscas verdes y arcilitas de ambiente lacustre (Gulisano y Gutiérrez Pleimling 1995).

Esta unidad representa condiciones de sedimentación continental con características propias de ríos anastomosados, tanto en su sector proximal como en la porción distal, donde se reconocen llanuras pedemontanas representativas de un ambiente fluvial de baja energía a barreal, en tanto que para las arcilitas verdosas de la parte superior, se interpreta que representan condiciones de ambiente de sedimentación subáqueo de tipo lacustre.

#### *Relaciones estratigráficas y edad*

En Chacay Melehue la Formación Tordillo se apoya en discordancia sobre la Formación La Manga, y en la Yesera del Tromen sobre la Formación Auquilco, relación asignada a la discordancia Araucánica (Leanza 2009, figuras 10a, b, d). A su vez, está cubierta por la Formación Vaca Muerta (Fig. 5). Se considera que su edad corresponde al Kimmeridgiano, aunque podría alcanzar el Tithoniano bajo, habida cuenta que los primeros ammonites reconocidos en la base de la Formación Vaca Muerta corresponden al Tithoniano inferior tardío (Leanza *et al.* 2006). Para su correlación con otras unidades de la cuenca, véase Spalletti *et al.* (2011a).

#### **Formación Vaca Muerta (12)**

*Pelitas, margas bituminosas, calizas*

##### **Miembro Huncal (12a)**

*Areniscas*

#### *Antecedentes*

La Formación Vaca Muerta (Weaver 1931) comprende depósitos de lutitas oscuras depositados durante la generalizada inundación marina del Tithoniano inferior tardío, en tanto que el Miembro Huncal (Leanza *et al.* 2001) constituye una restringida intercalación arenosa de origen turbidítico. Esta Formación fue referida como Tithoniano-Berriasiano en la Hoja 32b Chos Malal (Zöllner y Amos 1973) y como Formación Vaca Muerta en la Hoja 32c Buta Ranquil (Holmberg 1976) y 3769-31 Chorriaca (Leanza *et al.* 2006). En esta última Hoja está cartografiado el Miembro Huncal.

#### *Distribución areal*

Aflora en varios sectores de la Hoja: a) en su borde oeste, conforma una larga faja de unos 70 km entre Cancha Huinganco y Taquimilán Arriba; b) en el esquinero suroeste, en todo un amplio sector de los arroyos Mulichinco y Huncal; c) en la zona de la Yesera del Tromen, inmediatamente al oeste de la ruta nacional 40, y en su continuación al noreste en la sierra de Reyes; d) al sur, en cercanías de Chorriaca y e) al sur del volcán Tromen.

#### *Litología y ambiente*

El perfil columnar de la Formación Vaca Muerta en la comarca de Huncal relevado por Leanza *et al.* (2006) en el esquinero suroeste de la Hoja, es uno de los más potentes en la cuenca. Tiene 1.200 m de espesor con un amplio predominio de pelitas negras, más algunas intercalaciones de calizas

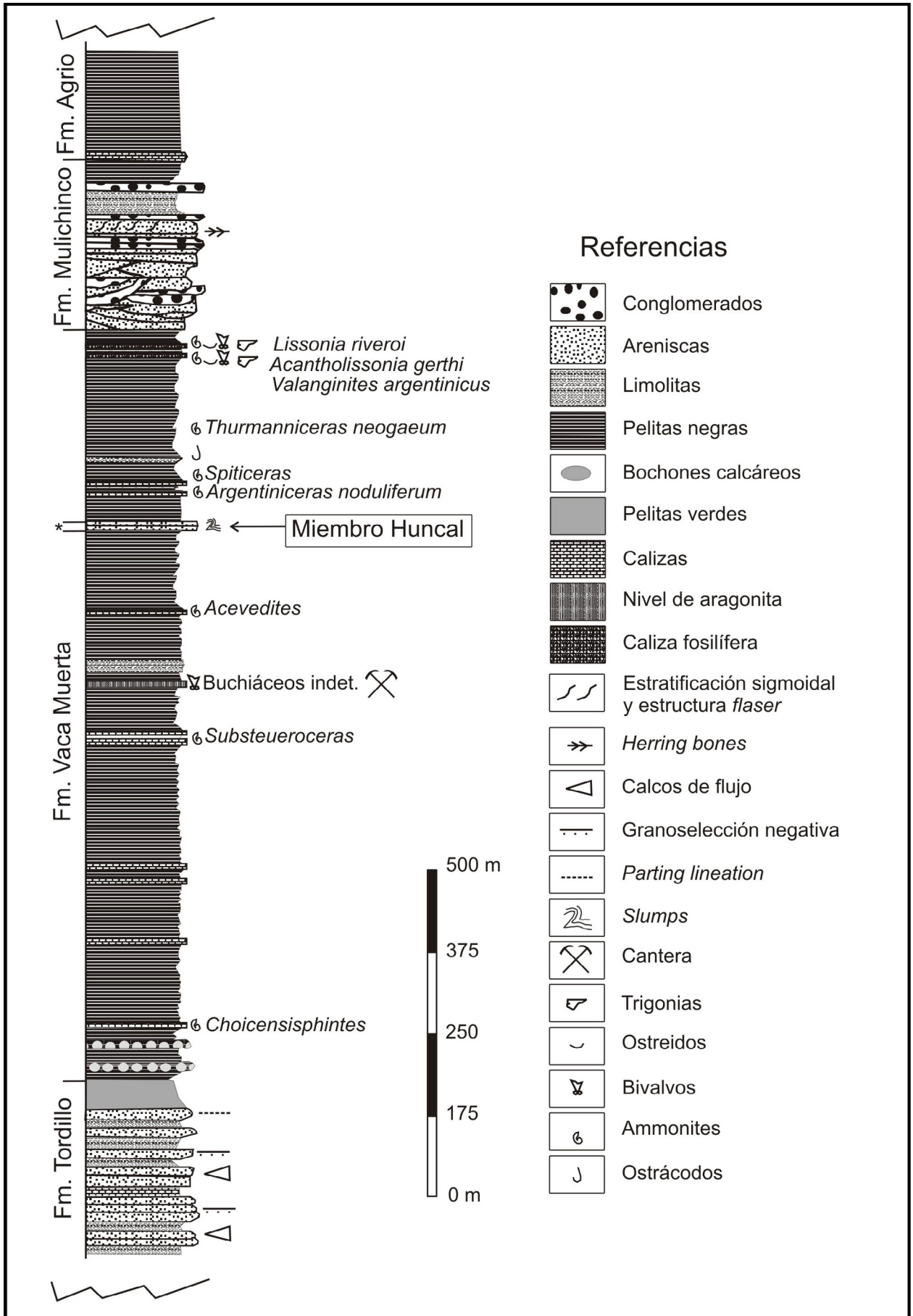


Figura 5. Sección estratigráfica de las formaciones Vaca Muerta y Mulichinco en la comarca de Huncal, relevado por Leanza *et al.* (2006).

distribuidas en todo el perfil, y, en su tercio superior, las areniscas del Miembro Huncal (Fig. 5). En la base del perfil afloran bochones calcáreos de amplia difusión areal, y entre las pelitas y calizas dominan las arcilitas, arcilitas micríticas, micritas arcillosas y micritas, todas ellas con gran cantidad de materia orgánica bituminosa, predominando los colores gris negruzco, castaño oscuro, ocre y amarillento.

El Miembro Huncal o arenisca Huncal, que conforma un estrato guía de 13 m de potencia, está formada por areniscas medianas a finas gris claras, castañas y verdosas, con delgadas intercalaciones de pelitas negras finamente laminadas; presenta estructuras de *slumping* y mecanismos de deformación hidrolástica (Leanza *et al.* 2006). La unidad es portadora de una abundante fauna de invertebrados marinos, y en el perfil de Huncal (Fig. 5) se describieron amonites, bivalvos, ostrácodos y trigonias (Leanza *et al.* 2006).

La Formación Vaca Muerta fue depositada en un ambiente marino de *offshore* escasamente oxigenado y de alto contenido en materia orgánica, con tramos donde se reconocen mecanismos de sedimentación turbidítica. Su contenido de invertebrados denota condiciones marinas de aguas templadas cálidas, y hacia su parte superior hay bancos de coquinas que indican una paulatina somerización.

#### *Relaciones estratigráficas y edad*

La Formación Vaca Muerta se dispone sobre la Formación Tordillo mediante un contacto concordante, pero que constituye un límite de secuencia depositacional. Está cubierta por depósitos de la Formación Mulichinco mediante una marcada discontinuidad, asignada a la discordancia Catanlílica o Huncálica (Leanza 2009). En el área del perfil de Huncal, el contenido fosilífero indica una edad que abarca el Tithoniano inferior alto al Valanginiano inferior (Leanza *et al.* 2006).

### **Formación Mulichinco (13)**

*Conglomerados, areniscas, limolitas, coquinas*

#### *Antecedentes*

La Formación Mulichinco (Weaver 1931) está caracterizada por areniscas que se encuentran dispuestas por encima de las pelitas de la Formación Vaca Muerta. Aflora extensamente en la Hoja y ha sido estudiada y cartografiada en hojas geológicas previas por Zöllner y Amos (1973), Holmberg

(1976), Ramos (1981) y Leanza *et al.* (2006). Hacia el sur, los afloramientos de la Hoja, presentan un gran desarrollo en la vecina Hoja Zapala (Leanza *et al.* 2001).

#### *Distribución areal*

En la mitad norte de la Hoja los afloramientos están al oeste de 69°40'O, en tanto que hacia el sur, lo hacen al oeste de los 70°O. El modo más usual de exposición de los afloramientos es en los núcleos de los numerosos anticlinales de la región y en largas cornisas en los flancos de sinclinales abiertos. Su dureza relativa y su contacto basal con pelitas realza esta última disposición.

#### *Litología y ambiente*

La unidad está formada por areniscas de grano fino y mediano con cemento calcáreo, de tonos claros y colores grises y castaños, bien estratificadas en bancos de 0,5 a 1 m de espesor, todas características distintivas de la formación en la región. En la parte superior afloran conglomerados y areniscas conglomerádicas con clastos de hasta 5 cm de diámetro y niveles coquinoideos en los que predominan *Exogyra couloni* y bivalvos trigónidos (Leanza *et al.* 2006). En su constitución también se encuentran limolitas y arcilitas micáceas fisiles de color negro verdoso. En la región del cerro Mulichinco, ubicada en el esquinero suroeste de la Hoja (Fig. 5), la unidad alcanza los 260 m de espesor (Leanza *et al.* 2006).

La Formación Mulichinco representa una etapa de somerización de la cuenca, vinculada a una fase de inversión tectónica, que derivó en una progradación de los sistemas fluviales hacia áreas depocentrales, reconociéndose ambientes marinos de *nearshore* con influencia mareal, tanto como paleoambientes con desarrollos deltaicos y de tipo fluvial. En los niveles de coquinas se encuentran bivalvos y cefalópodos (véase Leanza *et al.* 2006).

#### *Relaciones estratigráficas y edad*

La Formación Mulichinco se apoya mediante un contacto litológico neto con las lutitas de la Formación Vaca Muerta, límite que, a escala de la cuenca, se asigna a la discordancia Catanlílica. Es cubierta en paraconcordancia por la Formación Agrío (Leanza *et al.* 2006). Por sus relaciones con las unidades fosilíferas infra y suprayacentes, las formaciones Vaca Muerta y Agrío (Miembro Pilmatué), se la atribuye al Valanginiano medio.

**Formación Agrio (14)***Pelitas, calizas, coquinas, areniscas***Miembro Pilmatué (14a)***Pelitas, calizas, coquinas***Miembro Avilé (14b)***Areniscas***Miembros Agua de la Mula y Chorreado (14c)***Pelitas, calizas, coquinas**Antecedentes*

La Formación Agrio (Weaver 1931) reúne un conjunto de sedimentitas fosilíferas mayoritariamente marinas, que se encuentran comprendidas entre las formaciones Mulichinco y Huitrín. Las areniscas del Miembro Avilé separan dos conjuntos más potentes de pelitas, calizas y coquinas, los miembros Pilmatué y Agua de la Mula (Fig. 6), o inferior y superior, respectivamente. El Miembro Chorreado es incluido como parte terminal de esta formación, siguiendo el criterio de Leanza *et al.* (2001, 2006), aunque otros autores, basados en criterios de subsuelo, lo incluyeron dentro de la Formación Huitrín (Gutiérrez Pleimling *et al.* 2011).

*Distribución areal*

La unidad está ampliamente extendida en la Hoja como parte de la faja plegada y corrida de Chos Malal y del Agrio, donde incluyendo los afloramientos en la Hoja Zapala, alcanzan más de 190 km de largo en dirección norte-sur. En sentido transversal, varias repeticiones tectónicas extienden sus afloramientos desde el borde oeste de la Hoja hasta los 69°40'O, alcanzando sus afloramientos 70 km de ancho. El borde oeste de la Hoja es el límite paleogeográfico de la unidad. Hay varios afloramientos de buena calidad tanto en las serranías que conforman anticlinales como en cortes en los valles, como el del río Neuquén y los de los arroyos Chacay Melehue, Taquimilán, Tralalhue, Colipilli y Pichi Neuquén, entre otros. En el mapa, los afloramientos del Miembro Chorreado están incluidos junto a los del Miembro Agua de la Mula (14c).

*Litología y ambiente*

El perfil columnar de la Formación Agrio en el arroyo Pichi Neuquén (Fig. 6) (Leanza *et al.* 2006), alcanza 1.242 m e incluye al Miembro Chorreado, un cuarto y último miembro cartografiado en la Hoja en conjunto con el Miembro Agua de la Mula (14c). El Miembro Avilé, de 15 m de espesor y de gran extensión areal, está formado por areniscas medianas de color gris a castaño claro con estratifi-

cación cruzada planar y en artesa, que regionalmente separa en dos partes la columna. La parte inferior, caracterizada por pelitas, pelitas calcáreas y calizas gris verdosas a gris oscuras, con intercalaciones de coquinas, alcanza 718 m y se asigna al Miembro Pilmatué. El Miembro Agua de Mula, de 500 m de espesor, está compuesto por pelitas negras, gris oscuras y verdosas, con intercalaciones rítmicas de calizas micríticas y calcarenitas castaño rojizas. Ambas unidades poseen, en sus intercalaciones de coquinas distribuidas en toda su columna, una abundante fauna de invertebrados marinos como amonites, bivalvos y gasterópodos, entre otros. Para un detalle de su contenido véase Leanza *et al.* (2006) y referencias allí citadas.

Más al oeste, en la ladera occidental del cerro Rayoso, los dos miembros con numerosos fósiles alcanzan 876 m de espesor, incluyendo 29 m de la arenisca Avilé en su parte intermedia (Ramos 1981, figura 2).

Desde el punto de vista ambiental, la Formación Agrio reúne depósitos marinos, fluviales y eólicos. Los miembros Pilmatué y Agua de la Mula, caracterizados por pelitas negras con numerosos niveles fosilíferos, representan un ambiente de plataforma silicoclástica. Aproximadamente en la parte media de la formación, estas características están interrumpidas por un breve pero extendido episodio de somerización, con areniscas fluviales características del Miembro Avilé, en tanto que la finalización del tramo superior consiste en una rampa carbonática marina, expresada por las calizas del Miembro Chorreado.

Otros detalles sobre paleoambientes y facies sedimentarias, así como cuestiones de estratigrafía secuencial de la Formación Agrio, están extensamente tratados por Spalletti *et al.* (2011b). Desde el punto de vista paleontológico, la Formación Agrio es una de las unidades estratigráficas mejor conocidas y cuenta con numerosas contribuciones, incluyendo una detallada zonación de amonites (véase Aguirre Urreta *et al.* 2011a, Lazo *et al.* 2009).

*Relaciones estratigráficas y edad*

El Miembro Pilmatué se apoya en paraconcordancia sobre la Formación Mulichinco, en tanto que el Miembro Agua de la Mula está cubierto en discordancia por el Miembro Troncoso de la Formación Huitrín. Basado en el contenido de amonites, se asigna el miembro inferior de la Formación Agrio al Valanginiano superior - Hauteriviano inferior, en tanto que el superior al Hauteriviano superior - Barremiano inferior temprano (Leanza *et al.* 2006).

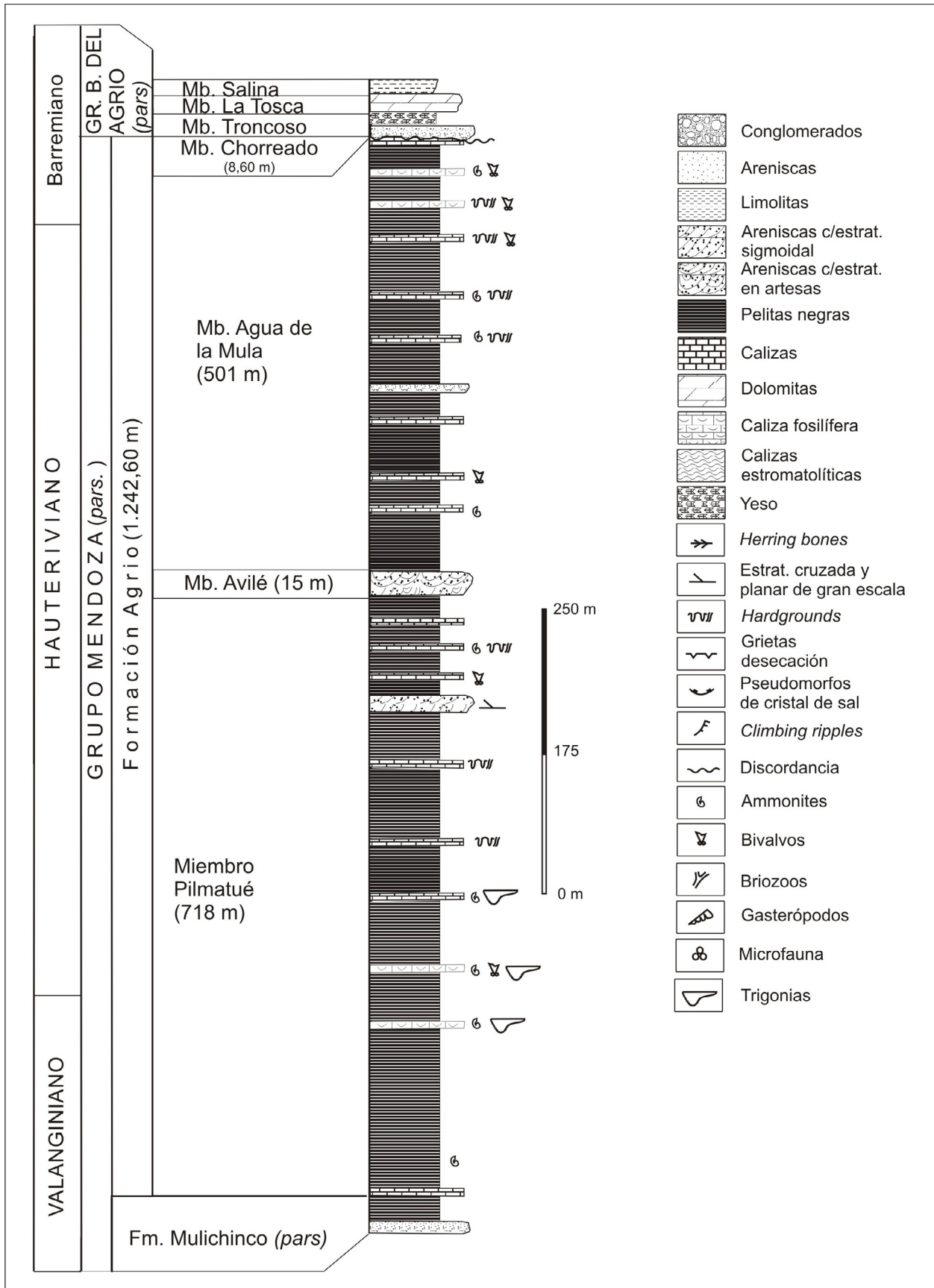


Figura 6. Sección estratigráfica de la Formación Agrio en el arroyo Pichi Neuquén, relevada por Leanza et al. (2006).

## GRUPO BAJADA DEL AGRIO (15, 16)

### Formación Huitrín (15)

*Calizas, dolomitas, areniscas, arcilitas, evaporitas*

#### *Antecedentes*

La Formación Huitrín (Digregorio 1972) reúne un conjunto de sedimentitas químicas y clásticas que se apoyan encima de las pelitas y calizas del miembro superior de la Formación Agrio. Integra, junto a la Formación Rayoso, el Grupo Bajada del Agrio (Méndez *et al.* 1995), y está formada por varios miembros no discriminados en la Hoja, pero sí en mapeos de mayor detalle, como los miembros Troncoso (inferior y superior), La Tosca y La Salina (véase Leanza *et al.* 2006).

#### *Distribución areal*

Aflora en la parte oriental de la faja plegada y corrida del Agrio, en distintos sectores a lo largo de la franja comprendida entre los 69°40' O y 70°10' O; más al oeste, hay afloramientos de carácter aislado al oeste del cerro Naunauco y en la región de Colipilli.

#### *Litología y ambiente*

En las salinas de Huitrín, área tipo de la unidad ubicada al sureste de Balsa Huitrín, se describieron y reconocieron las siguientes litologías y unidades mediante la integración de varios perfiles. De base a techo son: 9 m de areniscas del Miembro Troncoso, que Ramos (1981, figura 2) incluyó en la parte superior de la Formación Agrio; le siguen 95 m de yesos, arcilitas y calizas (Miembro La Tosca); y luego 327 m de arcilitas varicolores aflorantes en un relieve negativo (Miembro La Salina), que posee varias intercalaciones evaporíticas como lentes de sal de unos 10 m de espesor, junto a bancos delgados de yeso de 10 a 50 centímetros.

En el arroyo Pichi Neuquén (Fig. 7), la Formación Huitrín alcanza 183 m de espesor, y está integrada por areniscas fluviales y eólicas (Miembro Troncoso inferior), yesos (Miembro Troncoso superior), calizas y dolomitas (Miembro La Tosca) y arcilitas varicolores y capitas de yeso (Miembro Salina) (Leanza *et al.* 2006). Cabe aclarar que otros autores incluyen este último miembro como parte de la Formación Rayoso (Zavala y Ponce 2011).

La unidad contiene algunos restos de bivalvos de agua dulce, gasterópodos, conchostracos, pelecípodos y niveles con palinomorfos. El ambiente de sedimentación es mixto y característico de una zona de transición continental y marina, donde extensas planicies de abrasión marina con frecuentes retroce-

sos de los mares producen una intensa evaporación en el marco de un clima cálido y desértico.

#### *Relaciones estratigráficas y edad*

La Formación Huitrín se dispone en discordancia a través de su Miembro Troncoso inferior mediante una profunda incisión labrada en los términos superiores de la Formación Agrio (Miembros Agua de la Mula y Chorreado), y está a su vez cubierta paraconcordantemente por las areniscas continentales del Miembro Rincón de la Formación Rayoso, de acuerdo a Leanza *et al.* (2006). Estos autores, quienes han reseñado las dificultades de asignar una edad precisa a la unidad, indicaron que la presencia de amonites en el tramo superior de la Formación Agrio, de foraminíferos barremianos en el Miembro La Tosca y angiospermas albianas en el tramo superior de la unidad, sugiere como edad más probable de la unidad el intervalo Barremiano superior – Aptiano inferior.

### Formación Rayoso (16)

*Conglomerados, areniscas, limolitas, arcilitas, fangolitas, yesos*

#### *Antecedentes*

La Formación Rayoso (*sensu* Herrero Ducloux 1946) designa a una unidad clástica y evaporítica acumulada en el Cretácico Tardío en un ambiente continental, y que posee diferentes subdivisiones litoestratigráficas que fueron sumarizadas por Zavala y Ponce (2011). Siguiendo el criterio de Leanza *et al.* (2006), el mapa de la Hoja excluye a los depósitos del Miembro La Salina por considerarlo el cuspidal de la Formación Huitrín, en tanto que los autores precedentes lo ubican como unidad basal de la Formación Rayoso. Por lo tanto, y mapeados complejivamente como Formación Rayoso, el mapa de la Hoja incluye cuatro miembros: Rincón, Quili Malal, Pichi Neuquén y Cañadón de la Zorra.

#### *Distribución areal*

Aflora a partir del este del meridiano de 70°10' O en el amplio sinclinal de la Pampa Naunauco y en los sectores aledaños al cerro Rayoso, así como en el gran bajo ubicado entre el río Neuquén y la sierra de los Chihuidos, sectores estos últimos en los cuales se encuentra más desarrollada (Fig. 8a, b).

#### *Litología y ambiente*

La unidad reúne un conjunto de sedimentitas del tipo capas rojas, caracterizada por el desarrollo

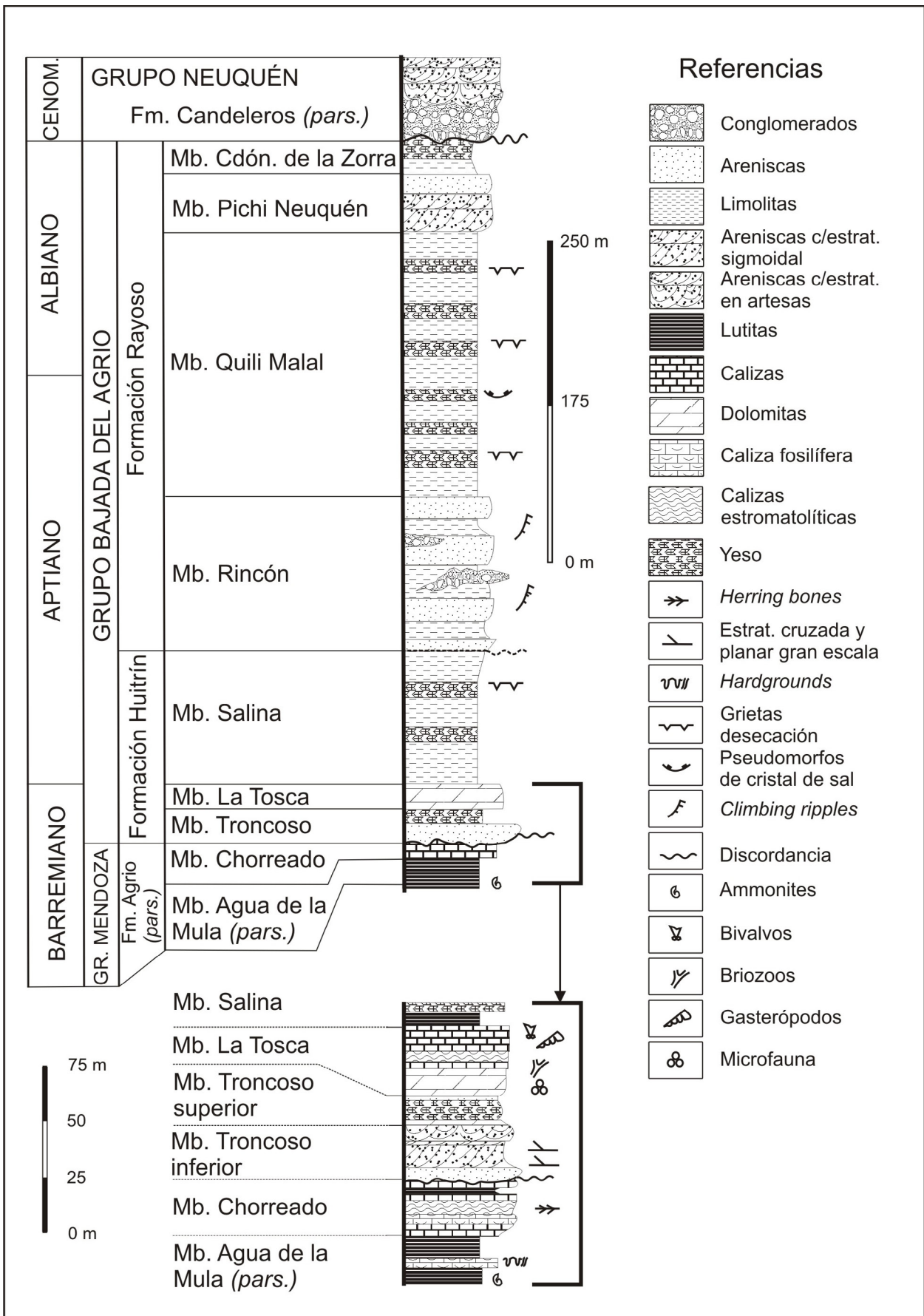


Figura 7. Sección estratigráfica del Grupo Bajada del Agrio en la comarca de Pichi Neuquén – La Visera, relevado por Leanza *et al.* (2006).

de intervalos evaporíticos y clásticos, que alcanzan espesores de centenares de metros. En inmediaciones del río Pichi Neuquén, donde tiene más de 400 m de espesor (Fig. 7), comienza con areniscas castaño rojizo, conspicuos conglomerados polimícticos clasosoportados y fangolitas rojas con fuerte expresión morfológica, y continúa con una distintiva sucesión bandeada de arcilitas varicolores con varios niveles de yeso. Luego siguen areniscas y fangolitas rojas y finalmente arcilitas castaño rojizas y moradas, con intercalaciones de niveles de margas, yeso y areniscas (Leanza *et al.* 2006).

En los afloramientos ubicados entre el río Neuquén y la sierra de los Chihuidos y su continuación al sur de la Hoja, la unidad puede llegar a casi 900 m de espesor (Leanza *et al.* 2001), aunque posee importantes variaciones en distintos sectores (Ramos 1981, figura 4).

Los distintos miembros de la Formación Rayoso denotan haber sido depositados en un ambiente continental. De acuerdo a Zavala y Ponce (2011), para quienes la unidad puede alcanzar hasta 1.200 m de espesor, sus depósitos señalan la desconexión definitiva de la cuenca Neuquina con el paleoocéano Pacífico. Con características que indican que la unidad fue acumulada en un cuerpo lacustre somero perenne y de salinidad variable, con alternancia de períodos húmedos y de extrema aridez, los principales cuerpos arenosos habrían sido transferidos hacia el interior de cuenca por flujos originados por descargas fluviales extraordinarias (Zavala y Ponce 2011).

#### *Relaciones estratigráficas y edad*

La Formación Rayoso cubre en paraconcordancia a la Formación Huitrín y está cubierta en discordancia angular por la Formación Candeleros (Fig. 7), aunque en algunos sectores este contacto adquiere características de paraconcordancia (Fig. 8a). Las relaciones de contacto a piso y techo son asignadas a las discordancias Pichineuquénica y Patagónica, respectivamente (Leanza 2009, figura 16). Teniendo en cuenta la presencia de angiospermas del Albiano en niveles que corresponderían a los tramos inferiores de la unidad, su edad ha sido considerada del Aptiano superior - Albiano (Leanza *et al.* 2001).

### 2.1.5. CRETÁCICO SUPERIOR

#### GRUPO NEUQUÉN (17, 18, 19, 20, 21, 22)

##### *Antecedentes*

A partir de su primera mención a fines del siglo XIX, la nomenclatura de este conjunto de sedimentos

rojos, portadores de restos de dinosaurios, ha ido evolucionando a través de todo el siglo XX (véase Leanza *et al.* 2001, pp 36-37). La actual denominación del Grupo empleando reglas modernas de nomenclatura estratigráfica, se debe a Stipanovic *et al.* (1968). Subdivisiones del Grupo Neuquén en formaciones y miembros fue propuesta por Cazau y Uliana (1973), en tanto que la actual subdivisión en Subgrupos corresponde a Ramos (1981).

El Grupo Neuquén es una sucesión de depósitos de capas rojas de origen continental y de ambientes fluvial, eólico y lacustre somero, ampliamente desarrollado en la cuenca Neuquina durante el Cretácico Superior, que se encuentra limitado a piso y techo por las discordancias Patagónica y Huantraíquica, respectivamente (Garrido 2011). Está conformado por tres subgrupos y nueve formaciones distribuidas de la siguiente manera: el Subgrupo Río Limay con las formaciones Candeleros y Huincul, el Subgrupo Río Neuquén con las formaciones Cerro Lisandro, Portezuelo, Los Bastos, Sierra Barrosa y Plottier y el Subgrupo Río Colorado con las formaciones Bajo de la Carpa y Anacleto.

Los depósitos representan el relleno de una cuenca de antepaís asociada al desarrollo de las fajas plegadas y corridas de Chos Malal y del Agrio durante la orogenia Patagónica del Cretácico Superior. En este sentido, en la Hoja están incluidos en gran parte de la faja plegada y en el sector del *foredeep* de la cuenca sinorogénica, donde se pueden observar las relaciones tectosedimentarias y las imbricaciones tectónicas entre los depósitos pre- y sinorogénicos.

Las unidades iniciales del Grupo Neuquén, en particular las formaciones Candeleros y Huincul están muy bien desarrolladas en la Hoja, y por su extensión pueden cartografiarse como formaciones individuales. Las otras formaciones, ya sea por su exiguo espesor o bien por la falta de caracteres diagnósticos que permitan su individualización, han sido cartografiadas como subgrupo, tal el caso del Subgrupo Río Neuquén. Con respecto al Subgrupo Río Colorado, hay sectores donde no es posible la individualización formacional, en tanto que en otros más al este, se distinguen las formaciones Bajo de la Carpa y Anacleto.

En los antecedentes cartográficos obrantes de la Hoja anteriores a la década del 80, estos depósitos habían sido referidos como Formación Neuquén en las hojas geológicas Chos Malal y Buta Ranquil (Zöllner y Amos 1973, Holmberg 1976) y Neuquéniano en las hojas geológicas Sierra Chachahuén y Auca Mahuida (Holmberg 1962, 1964). Los ante-

cedentes sobre la evolución del conocimiento del grupo, subgrupos y formaciones están extensamente desarrollados en Leanza *et al.* (2001, 2006) y Garrido (2011), entre otros trabajos.

### **Formación Candeleros, Subgrupo Río Limay (17)**

*Conglomerados, areniscas, fangolitas, limolitas*

#### *Distribución areal*

Esta unidad es la de mayor extensión del Grupo Neuquén en la Hoja y se desarrolla a partir del meridiano del cerro Rayoso (70°00'LO) hacia el este, sigue con afloramientos a lo largo del río Neuquén y continúa cubriendo gran parte de la sierra de Los Chihuidos (Fig. 8a). En el noroeste hay una aislada faja de afloramientos el este de Tricao Malal.

#### *Litología*

La unidad está integrada principalmente por areniscas, acompañadas por conglomerados, limolitas y fangolitas. El color violáceo y morado (Fig. 8c) dominante, así como la extrema dureza de sus estratos, la hacen fácilmente reconocible en el campo y en imágenes remotas.

Los mayores espesores pueden llegar a los 250 m y está integrada por areniscas violáceas de grano grueso y escasa selección, con clastos subredondeados a subangulosos en matriz pelítica y cemento calcáreo como ligantes. También son comunes las intercalaciones de estratos de conglomerados polimícticos y areniscas conglomerádicas (Leanza *et al.* 2006), y de manera subordinada hay algunos bancos de limolitas macizas y pelitas. Composicionalmente son areniscas cuarzólicas, areniscas grauváquicas y grauvacas, con una abundante matriz fangosa de coloración morada a rojiza (Garrido 2011). Los conglomerados son más abundantes en los afloramientos ubicados al oeste. El ambiente de depositación es fluvial, propio de depósitos de abanicos terminales, barreales y dunas eólicas (Garrido 2011).

#### *Relaciones estratigráficas y edad*

La unidad se apoya en marcada discordancia angular y/o erosiva sobre unidades jurásicas y cretácicas, y está cubierta concordantemente por la Formación Huincul. El contacto basal corresponde a la discordancia Patagónica. En base a inferencias tectonoestratigráficas y a dataciones en zircones, su edad ha sido asignada al Cenomaniano temprano (Leanza *et al.* 2001, 2006, Tunik *et al.* 2010, Garrido 2011).

### **Formación Huincul, Subgrupo Río Limay (18)**

*Areniscas, conglomerados, fangolitas*

#### *Distribución areal*

La Formación Huincul tiene un área de distribución similar a la de la Formación Candeleros, pero con afloramientos de menor extensión areal, siendo los más importantes aquellos situados en el borde oriental de la sierra de Los Chihuidos. Sus tonos claros contrastan marcadamente con los de la Formación Candeleros, de manera que su identificación resulta más sencilla, y de manera similar a ésta, las inclinaciones de los estratos disminuyen hacia el este.

#### *Litología*

Está formada por areniscas de tonos claros (amarillentas, gris verdosas y verde amarillentas) alternantes con otras de tonos rosados (Fig. 8d), que a su vez se intercalan con fangolitas rojas, con espesores máximos que superan los 200 metros. Son areniscas predominantemente cuarzosas de grano medio a grueso y escasa selección, con apreciable contenido de matriz y cemento calcáreo. Hay también areniscas conglomerádicas, lentes de conglomerados y niveles de fangolitas subordinados (Leanza *et al.* 2001). Desde un enfoque paleoambiental, corresponden a depósitos fluviales de baja sinuosidad de tipo entrelazado arenoso y gravo-arenoso (Garrido 2011). Es frecuente la presencia de troncos silicificados asociados a mineralizaciones de cobre, en lentes de areniscas conglomerádicas (Fig. 8e).

#### *Relaciones estratigráficas y edad*

La Formación Huincul sobreyace concordantemente a la Formación Candeleros, mediando un contacto neto y marcadamente erosivo (Garrido 2010); a su vez subyace en relación de concordancia a la Formación Cerro Lisandro. Sobre la base de los datos microflorísticos, radimétricos, y sus relaciones estratigráficas, Garrido (2011) asignó la unidad al Cenomaniano tardío - Turoniano temprano.

### **Subgrupo Río Neuquén (19)**

*Conglomerados, areniscas, fangolitas*

#### *Distribución areal*

El Subgrupo Río Neuquén tiene una extensión areal considerable en la Hoja. Aflora al norte y sur de Balsa Huitrín, incluyendo todo el entorno de los cerros de las Cabras y Villegas y su continuación al oeste en la sierra de Huantraico. Continúa por

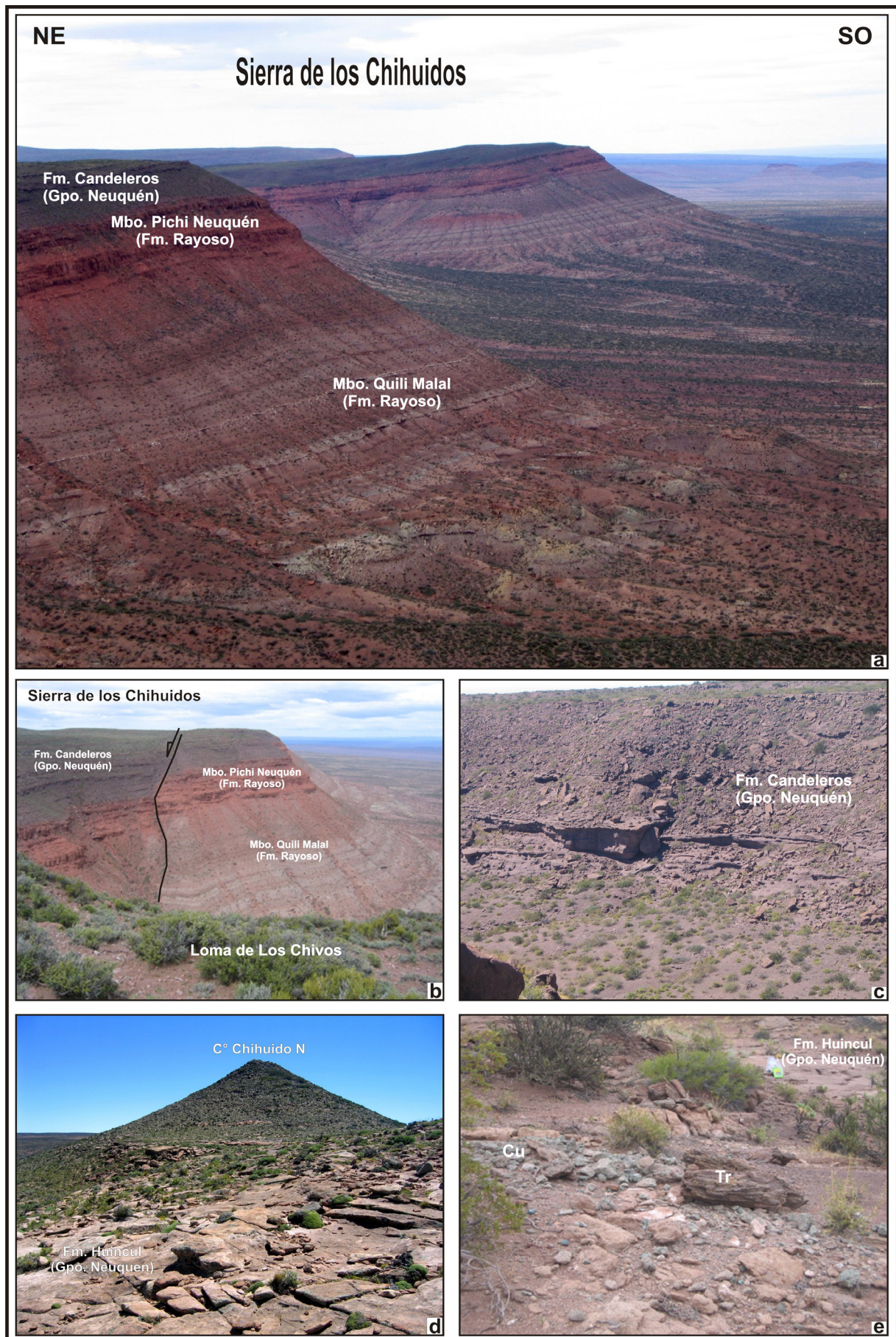


Figura 8. Unidades estratigráficas en la sierra de los Chihuidos. a) Vista general hacia el sureste del faldeo occidental de la sierra. Se observa la inclinación suave al este del conjunto de estratos de la Formación Rayoso (sus miembros Quili Malal y Pichi Neuquén) y por encima la Formación Candeleros, unidad basal del Grupo Neuquén. b) Vista de las mismas unidades en la loma de Los Chivos cortadas por una falla normal de alto ángulo. c) Típicas areniscas de color borraño de la Formación Candeleros. d) Areniscas de la Formación Huincul y basaltos pleistocenos. e) Areniscas con troncos silicificados (Tr) y manifestaciones de óxidos de cobre (Cu) de la Formación Huincul.

todo el sector oriental de las sierras de Huantraico y Negra y en ambos márgenes del río Colorado, continuando al este de la ruta provincial 7, más algunos afloramientos ubicados por debajo de los flujos volcánicos de las sierras de Chachahuén y Auca Mahuida en adyacencias del cerro Barroso, límite suroriental de la Hoja.

#### *Litología*

Al este de la ruta provincial 7, los estratos del subgrupo, con un espesor estimado de unos 300 m, tienen similitudes litológicas con las formaciones Cerro Lisandro, Portezuelo y Plottier (Ramos 1981). Allí, con 82 m, comienzan con conglomerados y sobre todo con arcilitas y fangolitas de color rojo oscuro intenso, algo macizas y fragmentosas, con algunos estratos de arcillas bentónicas de 5 a 20 m de espesor, más algunas intercalaciones de limolitas y areniscas cuarzosas verde amarillentas a gris-verdosas y de grano mediano. A continuación, sigue el tramo integrado por tres secciones con un espesor máximo que apenas supera los 200 m (Ramos 1981), que reconoce similitudes con las formaciones Portezuelo y Plottier. Una sección inferior de potentes bancos de areniscas rojas de grano mediano que culminan con pelitas, una sección intermedia representada por areniscas amarillentas y verdosas, que también gradan a fangolitas rojas, y una sección superior con bancos de areniscas rojas. Las psamitas son areniscas cuarzo-feldespáticas y cuarzolíticas de granulometría mediana, con escasa a nula matriz y poco cemento carbonático (Garrido 2011). Hay también conglomerados polimícticos con clastos de hasta 5 cm de diámetro de cuarzo y volcanitas.

El ambiente de depositación de los tramos arenosos se vincula a sistemas fluviales de alta sinuosidad de tipo meandroso y con carga arenosa dominante, en tanto que los sectores pelíticos han sido interpretados como depósitos de baja energía, vinculados a amplias llanuras aluviales con escaso relieve, en donde los sistemas fluviales sinuosos poseen carga mixta a fangosa dominante (Garrido 2011).

#### *Relaciones estratigráficas y edad*

El Subgrupo Río Neuquén se dispone en concordancia sobre la Formación Huincul a través de una marcada superficie de discontinuidad regional, y está cubierto de manera transicional por estratos asignados a la Formación Bajo de la Carpa. Teniendo en cuenta las edades asignadas por Garrido (2011) a las unidades basal y terminal del Subgrupo, las formaciones Cerro Lisandro (Turoniano tardío -

Coniaciano temprano) y Plottier (Coniaciano tardío - Santoniano temprano), se asigna el Subgrupo Río Neuquén al intervalo Turoniano - Coniaciano, alcanzando quizás el Santoniano temprano.

#### **Subgrupo Río Colorado (20)**

*Areniscas, fangolitas*

Bajo este nombre están agrupados unos estratos que afloran aisladamente al norte de Balsa Huitrín por el entorno oeste del cerro de las Cabras, los cuales de manera discontinuada siguen al oeste del cerro Carrere. Inmediatamente al norte del río Neuquén, en la zona de La Emporlada (Ramos 1981, fig. 5), la unidad está formada por estratos potentes de areniscas arcósicas pardo grisáceas, medianas a gruesas y con laminación entrecruzada, interpuestas entre fangolitas rojas y gris verdosas.

A nivel de subgrupo, los depósitos se caracterizan por la presencia de pelitas y psamitas poco litificadas, ocupando en general las cotas más altas de las bardas y con pobres expresiones geomorfológicas, conformando suaves resaltos escalonados de moderada pendiente, y la presencia de huayquerías (Garrido 2011).

#### **Formación Bajo de la Carpa, Subgrupo Río Colorado (21)**

*Conglomerados, areniscas, fangolitas*

#### *Distribución areal*

En la Hoja la Formación Bajo de la Carpa aflora conformando los sectores de bardas en la periferia occidental y noroccidental de la sierra Auca Mahuida (Fig. 9), en conjunto con la Formación Anacleto. Los mejores afloramientos están en inmediaciones de los cerros Mesa de los Overos y Punta Barda Auca Mahuida.

#### *Litología*

La Formación Bajo de la Carpa está integrada por depósitos principalmente psamíticos de coloración amarillenta hasta rojiza, que están interestratificados con fangolitas rojas y ocasionalmente con bancos de conglomerados de morfología lenticular, que en la Hoja alcanzan 130 m de espesor al pie del cerro Mesa de los Overos (Ramos 1981). Este autor mencionó, en el cerro Villegas, areniscas arcósicas con cemento carbonático de color gris amarillento, en tanto que, Garrido (2011) describió areniscas de tipo cuarzolíticas con escasa a nula matriz y débil cemento carbonático. Las areniscas cuarzosas poseen

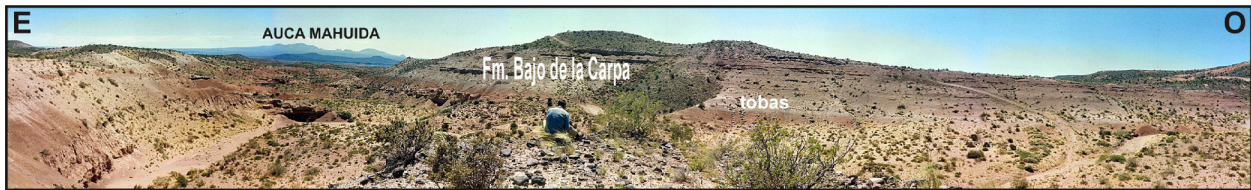


Figura 9. Vista panorámica hacia el sur de los afloramientos de la Formación Bajo de la Carpa, entre los cerros Alto y Punta Barda Auca Mahuida. La unidad está integrada por una alternancia de bancos tabulares de areniscas y fangolitas castañas (chocolate) y castaño-rojizas oscuro, con algunas intercalaciones de horizontes de tobas castaño claro. Fotografía Pablo González.

elevada dureza y generan una marcada expresión topográfica de sus estratos, con planos estructurales horizontales bastante extensos.

La unidad fue depositada en un ambiente con algunas variaciones laterales en sus facies, que incluyen dominios fluviales hasta de planicie de inundación, así como depósitos eólicos. La existencia de niveles de paleosuelos ha sido mencionada por Leanza *et al.* (2001).

#### *Relaciones estratigráficas y edad*

La Formación Bajo de la Carpa se asienta concordantemente sobre los depósitos de la Formación Plottier (Subgrupo Río Neuquén) y está a su vez cubierta transicionalmente por la Formación Anacleto. Sobre la base de su contenido en vertebrados y sus relaciones estratigráficas, se le asigna una edad santoniana (Garrido 2011).

### **Formación Anacleto, Subgrupo Río Colorado (22)**

*Fangolitas, areniscas, tobas*

#### *Distribución areal*

La Formación Anacleto aflora en los mismos sectores que la Formación Bajo de la Carpa, pero a un nivel topográfico más alto y de manera más restringida. En general, lo hace por debajo de niveles de basaltos o de agradación.

#### *Litología*

En la Hoja, se caracteriza por el predominio de fangolitas rojas y verdes, alternando en bancos de 10 a 20 cm de espesor. A su vez, estas fangolitas intercalan con estratos de areniscas finas grisáceas con laminación paralela, que le confiere a la unidad un aspecto bandeado (Ramos 1981). Este autor mencionó un espesor de 90 m en inmediaciones del cerro Villegas, y la presencia de tobas en la parte superior de la unidad.

Estos afloramientos, ubicados en el sector norte de la cuenca, han sido atribuidos a un ambiente de sistemas fluviales meandrosos de carga mixta,

gradando hacia el techo a depósitos de barreales y cuerpos lacustres someros (Garrido 2011).

#### *Relaciones estratigráficas y edad*

La Formación Anacleto se apoya sobre la Formación Bajo de la Carpa de manera transicional, mediante una paulatina desaparición de bancos arenosos y un aumento de fangolitas rojas y bandeadas. Regionalmente, está a su vez cubierta de manera discordante por las sedimentitas del Grupo Malargüe, relación que no se observa claramente en la Hoja. Basado en las relaciones precedentes se la asigna al Campaniano inferior.

### **2.1.6. CRETÁCICO SUPERIOR - PALEÓGENO**

#### **GRUPO MALARGÜE (23)**

*Areniscas, fangolitas, calizas*

Uliana y Dellapé (1981) propusieron otorgar el rango formal de Grupo Malargüe para la sucesión sedimentaria ubicada entre el Grupo Neuquén y las sedimentitas terciarias no deformadas en el área comprendida entre los ríos Colorado y Negro, en el este de Neuquén, norte de Río Negro y oeste de La Pampa. Esta sucesión presenta un desarrollo estratigráfico, posición en la secuencia y antigüedad similares a las de los perfiles típicos de portezuelo de Loncoche y Cañada Colorada en las vecindades de Malargüe.

El Grupo Malargüe está integrado por las formaciones Loncoche, Allen, Jagüel, Roca, Pircala y El Carrizo, con edades desde el Campaniano hasta el Daniano. Son sedimentitas de ambiente continental y marino, que cubren en discordancia a unidades del Grupo Neuquén. De manera sintética, las formaciones Loncoche y Allen, que yacen sobre el Grupo Neuquén, son de carácter continental y marino marginal, la Formación Jagüel son depósitos marinos de plataforma externa, la Formación Roca son los depósitos marinos que se asocian a la primera ingresión atlántica en la cuenca Neuquina, en tanto que las formaciones Pircala y El Carrizo

son depósitos fluviales (Rodríguez 2011). De todas estas unidades, en la Hoja afloran las formaciones Loncoche, Roca y Pircala. Los extensos antecedentes particulares de cada una de estas tres unidades fueron tratados por Rodríguez (2011).

En la Hoja hay cuatro sectores con afloramientos que corresponden a las exposiciones más occidentales del Grupo Malargüe en Neuquén: 1) en las cercanías de Colipilli se halla la caliza Pichaihué, que por sus reducidos afloramientos no se encuentra representada en el mapa, pero reviste importancia paleogeográfica; 2) en el área de Huantraico, que incluye afloramientos tratados a nivel de grupo, más otros asignados a las formaciones Loncoche, Roca y Pircala y que alcanzan un espesor de 400 m (Ramos 1981); 3) al norte del río Colorado, por debajo de la meseta basáltica situada un poco al sur de los 37°S (Holmberg 1976); y 4) los afloramientos en loma de Agua de Afuera (o Mesillas Bayas en Holmberg 1976).

La caliza Pichaihué, ubicada en la zona de Colipilli (70°15'O), se apoya sobre volcanitas asignadas con reservas a la Formación Cayanta. Se trata de calizas fosilíferas portadoras de ostrácodos, bivalvos y gastrópodos, así como restos de troncos de coníferas y palmeras, con tobas intercaladas, con una edad maastrichtiana - daniana (64 Ma, U-Pb SHRIMP; Aguirre-Urreta *et al.* 2011b).

En Huantraico, los afloramientos incluidos en el Grupo Malargüe se apoyan sobre el Subgrupo Río Colorado, formando una faja alrededor del cerro de las Cabras, y continúan al noreste hacia el cerro Carrere, donde están cubiertos por la Formación Sierra Negra.

Los afloramientos situados al norte del río Colorado, de unos 80 m de espesor, incluyen areniscas blancas bien consolidadas en la base, unos 8 m de arcilitas limosas y arenosas, 65 m de arcilitas arenosas y limosas que conforman el grueso del perfil y 7 m de arcilitas gris verdosas (Holmberg 1976).

#### **Formación Loncoche (24)**

*Pelitas, fangolitas, calizas*

##### *Distribución areal*

La Formación Loncoche comprende depósitos lacustres intercalados entre las formaciones Anacleto y Roca, de ambientes continental y marino, respectivamente. En la Hoja aflora en dos sectores: al este de los cerros de Las Cabras y Villegas y en inmediaciones del cerro Mesa de Los Overos y en la loma del Agua de Afuera.

##### *Litología*

Está compuesta mayoritariamente por pelitas de color amarillo verdosas a verde azuladas, hasta color naranja en la parte superior, con intercalaciones de delgados bancos de calizas margosas de 20 a 30 cm, alcanzando la unidad un espesor total de 200 m (Ramos 1981). El ambiente sedimentario fue asignado a depósitos de baja energía acumulados en cuerpos lagunares cercanos a la línea de costa, en el marco de un clima estacional seco (Ramos 1981).

##### *Relaciones estratigráficas y edad*

La unidad se apoya en discordancia (paraconformidad) sobre la Formación Anacleto mediante un contacto neto y está cubierta por la Formación Roca. Sobre la base de sus relaciones estratigráficas y el contenido micropaleontológico (Bertels 1968), se ha establecido una edad para la Formación Loncoche del Campaniano tardío - Maastrichtiano temprano (Ramos 1981).

#### **Formación Roca (25)**

*Pelitas, calizas, areniscas*

##### *Distribución areal*

Sedimentos asignados a la Formación Roca afloran al este de los cerros de Las Cabras y Villegas. Holmberg (1976) atribuye a esta unidad afloramientos situados al norte del río Colorado, por debajo de la meseta basáltica ubicada un poco al sur de los 37°S y en la zona de Mesillas Bayas (loma del Agua de Afuera), que han sido tratados aquí como Grupo Malargüe.

##### *Litología*

La unidad alcanza unos 85 m de espesor máximo y está representada en su base por areniscas algo conglomerádicas o bien por calizas arenosas, continuando con calizas lumachélicas y coquinas. Hacia el techo hay areniscas calcáreas intercaladas con calizas algo arenosas junto con arcilitas calcáreas, y un estrato resistente de caliza coquinoide de gran continuidad lateral. El perfil termina con calizas coquinoideas y arcillosas y arcilitas con niveles de calizas lumachélicas (Ramos 1981).

En la Hoja, la Formación Roca posee un importante contenido fosilífero en moluscos, bivalvos, foraminíferos, ostrácodos, polen, esporas y gimnospermas (véase Ramos 1981). Estos depósitos son indicativos de un ambiente marino somero, con escasa influencia de oleaje y con alta tasa de sedimentación (Barrio 1990).

*Relaciones estratigráficas y edad*

Cubre a la Formación Loncoche (Ramos 1981, Fig. 5) y está cubierta por la Formación Pircala al este del cerro Villegas. Basado en su contenido microfauístico se la asigna al Maastrichtiano - Daniano.

**Formación Pircala (26)**

*Areniscas, fangolitas, conglomerados*

*Distribución areal*

Las sedimentitas continentales de la Formación Pircala afloran en los mismos sectores mencionados para la Formación Roca, vale decir al este de los cerros de Las Cabras y Villegas.

*Litología*

Al oeste del cerro Tormenta, la unidad alcanza 118 m de espesor, a través de 9 paquetes de estratos con espesores desde 10 a 28 m cada uno (Marcón 1975). La componen areniscas medianas a gruesas con clastos subangulosos de volcanitas y tobas silicificadas y lentes de conglomerado fino con estratificación entrecruzada en artesa o planar, en paquetes de 10 y 20 m de espesor, alternando con fangolitas y areniscas finas.

En el marco de un sistema fluvial meandriforme, Barrio (1990) describió dos asociaciones de facies: 57 m de areniscas líticas con estratificación entrecruzada y 35 m de fangolitas rojas macizas. La primera son areniscas medianas a muy finas con estratificación cruzada en artesa dispuestas en estratos gruesos a medianos. La segunda son fangolitas rojizas a grisáceas con estratos muy delgados de areniscas finas, y algunos niveles de conglomerados y carbonatos micríticos.

*Relaciones estratigráficas y edad*

Estratigráficamente se apoya en concordancia sobre la Formación Roca y en base a dataciones isotópicas sobre tobas y tufitas en el sur de Mendoza, se obtuvieron edades correspondientes al Daniano - Selandiano (Parras *et al.* 1998).

**GRUPO NAUNAUCO (27, 28)****Formación Colipilli (27)**

*Andesitas hornblendíferas, pórfidos monzodioríticos cuarzosos*

*Antecedentes*

La Formación Colipilli (Llambías y Rapela 1989) agrupa rocas eruptivas de composición ande-

sítica y emplazamiento subvolcánico, como filones capa y lacolitos, con algunas facies extrusivas subordinadas. Junto con las volcanitas asignadas a la Formación Cayanta (Rapela y Llambías 1985) integran el Grupo Naunauco (Zamora Valcarce 2007), cuya área tipo es la comarca de Naunauco y Colipilli. El Grupo Naunauco, del Cretácico Tardío - Paleoceno, está constituido por rocas de un arco magmático y desde el punto de vista regional son parte de una faja eruptiva denominada cinturón andesítico paleógeno ("Cretácico Tardío - Paleógeno") Naunauco (Llambías y Aragón 2011).

Previamente, Leanza *et al.* (2006) habían agrupado en el Grupo Molle a las formaciones Colipilli y Cayanta de la Hoja Chorriaca, y le asignaron una edad eocena de acuerdo con edades K/Ar de muestras de la zona de Colipilli, cerro del Diablo y cerro Caycayen (Llambías y Rapela 1989). Siguiendo el criterio de Llambías y Aragón (2011) y Salvioli *et al.* (2014) entre otros, se cree conveniente reservar el nombre de Grupo Molle para rocas eruptivas de un ciclo más joven que el Grupo Naunauco.

*Distribución areal*

Los cuerpos intrusivos de la Formación Colipilli se ubican en la parte central del cinturón andesítico paleógeno Naunauco y observan una relación espacial estrecha con la faja plegada y corrida del Agrio y la de Chos Malal. En la Hoja, las rocas afloran al sur de Tricao Malal en inmediaciones del cerro Negro, al oeste de Chos Malal en los cerros Mayal y Caycayén ubicados al norte y sur del río Neuquén respectivamente, en el cerro Naunauco y, finalmente, en varios cerritos de la región de Colipilli y aledaños (cerros Riscoso, Nonial, León, Mazán, Colipilli, Chihuido y otros innominados).

*Litología*

Los cuerpos aflorantes en los cerros Caycayén, Mayal y Negro fueron cartografiados por Zöllner y Amos (1973), y descritos como un centro intrusivo circundado por una acumulación de diques, filones y filones capa de andesitas hornblendíferas. En particular, el intrusivo del cerro Caycayén conforma un cuerpo lacolítico principal de composición microdiorítica cuarzosa, junto a numerosos filones capa y diques de dioritas y dioritas cuarzosas con importante alteración hidrotermal (Franchini y Malvicini 1999a). Las rocas son de color gris claro a verdosas y textura porfirica con fenocristales de hornblenda, plagioclasa y cuarzo en una pasta afanítica. Con respecto al cerro Mayal, han sido

cartografiados un filón capa de andesitas y dacitas, junto a dioritas y dioritas cuarzosas (Franchini y Malvicini 1999b).

En la zona del sinclinal de Colipilli las rocas forman filones capa y lacolitos. De acuerdo a Leanza *et al.* (2006), los primeros tienen mayor distribución y suelen aflorar en las charnelas de los pliegues, en tanto que los cuerpos lacolíticos están más localizados espacialmente y corresponden, los más voluminosos, a los cerros Picú, León, Nonial, Huillincay y Mazán. En su mayoría son andesitas hornblendíferas así como pórfidos dioríticos y monzodioríticos cuarzosos, que registran variaciones texturales desde porfíricas hasta porfiroides, con pastas criptocristalinas a microgranosas. Suelen presentar una notable abundancia de fenocristales que supera el 50 % de la roca y cristales de hornblenda de 1,5 cm de largo promedio, hasta máximos de 5 centímetros. En el cerro Mazán se describieron pórfidos monzodioríticos con plagioclasa, feldespato potásico relativamente abundante, cuarzo, y biotita como único mafito presente (Leanza *et al.* 2006).

#### *Relaciones estratigráficas y edad*

Las facies subvolcánicas en Colipilli intruyen a las sedimentitas de las formaciones Vaca Muerta, Mulichinco, Agrio y Huitrín, en tanto que los lacolitos de los cerros Picú y León lo hacen en la Formación Huitrín. El lacolito del cerro Caycayen intruye rocas de mayor antigüedad, como las formaciones Los Molles, Tábanos, Lotena, La Manga y Tordillo. Al norte de Colipilli, facies subvolcánicas están intruidas por rocas asignadas al Oligoceno (Dacita Morales y Andesita Pichaihué). En inmediaciones del cerro León, calizas fosilíferas con tobos intercaladas de 63,4 Ma (Pb/U SHRIMP, Aguirre-Urreta *et al.* 2011b), asignadas al Grupo Malargüe, se apoyan sobre aglomerados volcánicos de 72,83 Ma (Zamora Valcarce 2007), cuya asignación a alguna de las dos formaciones del Grupo Naunauco no ha sido precisada.

Las relaciones apuntadas en último término indican la presencia de un magmatismo de edad mastrichtiana, en tanto que varias otras edades más jóvenes de 65, 63, 56 y 54 Ma en filones capa en Colipilli, Naunauco y cerro Nonial (Leanza *et al.* 2006, Zamora Valcarce 2007), testimonian mayor actividad a lo largo del Paleoceno. Edades en el Eoceno han sido comunicadas por Llambías y Rapela (1989) en Las Mellizas, Colipilli y en el cerro Caycayén.

### **Formación Cayanta (28)**

*Andesitas anfibólicas, brechas autoclásticas*

#### *Antecedentes*

La Formación Cayanta (Rapela y Llambías 1985) incluye coladas y aglomerados andesíticos, que junto a las facies subvolcánicas de la Formación Colipilli integran el Grupo Naunauco (Zamora Valcarce 2007). Ambas son parte del cinturón andesítico paleógeno (“Cretácico Tardío - Paleógeno”) Naunauco (Llambías y Aragón 2011).

#### *Distribución areal*

Los afloramientos más extensos de la Formación Cayanta están entre los arroyos Colipilli y Pichaihué, donde ocupan la parte central del amplio sinclinal de Colipilli. Otro afloramiento aislado está al oeste del cerro Nonial en el cerro Riscoso.

#### *Litología*

De acuerdo a Leanza *et al.* (2006), la unidad es una sucesión espesa de coladas macizas, domos andesíticos, mantos de brechas autoclásticas y niveles piro-epiclásticos intercalados. Las coladas son de andesitas anfibólicas y piroxénicas y pórfidos andesíticos, químicamente similares a las facies intrusivas de la Formación Colipilli. Predominan rocas de color gris verdoso y textura porfírica con plagioclasa, hornblenda o lamprobolita, augita y sanidina, en pastas cripto a microcristalinas y, excepcionalmente, vítreas. Las coladas y los mantos de brecha alcanzan espesores de 5 m, portando los últimos clastos angulosos de hasta 1 m de tamaño. Los autores incluyeron en la unidad al domo de pórfido andesítico aflorante en el cerro La Buitrera.

#### *Relaciones estratigráficas y edad*

Las rocas asignadas a la Formación Cayanta se disponen por encima del Miembro Chorreado de la Formación Agrio y sobre el Miembro La Tosca de la Formación Huitrín. Los aglomerados volcánicos de 72,83 Ma (Zamora Valcarce 2007), que subyacen a la caliza Pichaihué del Grupo Malargüe en inmediaciones del cerro León, podrían ser parte de la Formación Cayanta. En tal caso, una edad máxima mastrichtiana puede asignarse a la unidad en este sector, en tanto que, algunas coladas andesíticas datadas en la localidad tipo de Cayanta, alcanzan valores en el Eoceno temprano (Rovere 1998).

## 2.2. CENOZOICO

### 2.2.1. PALEÓGENO

#### 2.2.1.1. Oligoceno – Mioceno medio

##### **Formación Vaca Mahuida (29)**

*Areniscas, pelitas*

###### *Antecedentes*

La Formación Vaca Mahuida (Uliana y Camacho 1975) reúne sedimentitas de origen marino hasta continental, que sobreyacen erosivamente a distintos términos del Grupo Malargüe y cuyo ámbito deposicional principal fue el valle del río Colorado. Por tal motivo sus afloramientos, en general delgados y de reducida expresión, pueden hallarse en distintas partes del valle en las vecinas hojas geológicas Catriel y Neuquén. De los escasos afloramientos en la Hoja, sólo hay menciones en Basaldúa (2018).

###### *Distribución areal*

Esta unidad aflora únicamente en la margen sur del río Colorado, en las bardas ubicadas al oeste de Rincón de los Sauces. De acuerdo con Basaldúa (2018), sus afloramientos constituyen una faja tabular y continua, que se extiende por unos 30 km, llegando hasta la Punta Barda Auca Mahuida en el extremo oeste, donde pierden continuidad.

###### *Litología*

Los afloramientos de la Formación Vaca Mahuida observados al este de punta Barda Auca Mahuida tienen características de depósitos lagunares y alcanzan los 20 m de espesor. Están formados por un conjunto friable de arcilitas y areniscas de colores verde oliva, amarillo y morado, dispuestos en niveles tabulares y subhorizontales decimétricos (Basaldúa 2018). Afloramientos cercanos ubicados aguas abajo, en la Hoja Catriel, con espesores exiguos de unos 6 m, han sido descriptos como una alternancia de bancos horizontales de pelitas verdosas a rosadas con abundantes intercalaciones de yeso y estratos calcáreos grises a blanquecinos y rosados, ocasionalmente oolíticos (Wilson *et al.* 2022).

###### *Relaciones estratigráficas y edad*

La unidad ha sido cartografiada por encima de la Formación Anacleto mediando una relación de contacto erosivo y por debajo de los depósitos asignados a la Formación Sierra Negra. Se le asigna una edad del Oligoceno tardío hasta el Mioceno medio (véase discusión en Rodríguez *et al.* 2007).

##### **Formación Rincón Escondido y Rodados Lustrosos (30)**

*Tufitas, pelitas, areniscas, conglomerados*

###### *Antecedentes y distribución areal*

La Formación Rincón Escondido (Garrido *et al.* 2012) reúne depósitos piroclásticos y epiclásticos de edad oligocena, que están expuestos en pequeñas áreas junto con unos característicos conglomerados denominados Rodados Lustrosos. Ambas unidades, debido a su escaso desarrollo, están representadas en conjunto. La localidad tipo se encuentra en el Rincón Escondido, ubicado al pie del Filo Morado y la unidad designa parcialmente otras asignaciones previas como Formación Carrere y Formación Collón Curá, entre otras.

Aflora al oeste del cerro de las Cabras y al pie occidental de la sierra de Huantraico, en la zona de Filo Morado.

###### *Litología*

Los Rodados Lustrosos (Groeber 1939) son depósitos conglomerádicos gruesos y clastosoprotados, con clastos redondeados a subredondeados de volcanitas, cuarzo, calcedonia y troncos silicificados. Los clastos tienen un tamaño promedio de 10 cm, alcanzando 25 cm como máximo y la roca posee escasa matriz arcilloso-cinerítica. La unidad alcanza 18 m de espesor y está dispuesta sobre un marcado paleorrelieve (Garrido *et al.* 2012).

La Formación Rincón Escondido, con 31 m de espesor máximo, es una monótona sucesión predominantemente cinerítica y arcillosa de color rosado a rojo pálido, con ocasionales intercalaciones de delgados cuerpos psamíticos amarillentos de areniscas cuarzolíticas de granulometría mediana. El ambiente de la Formación Rincón Escondido corresponde a depósitos fluviales de dominio psamítico asociados a un importante aporte piroclástico que se disponen y rellenan el mismo paleorrelieve sobre el cual se disponen los Rodados Lustrosos (Garrido *et al.* 2012).

###### *Relaciones estratigráficas y edad*

Los Rodados Lustrosos están asentados en marcada discordancia erosiva sobre sedimentitas asignadas a las formaciones Bajo de la Carpa y Piracala, en tanto que la Formación Rincón Escondido se sitúa neta y concordantemente sobre los Rodados Lustrosos, y está a su vez cubierta en discordancia erosiva por la Formación Sierra Negra. En cuanto a la edad, los Rodados Lustrosos fueron asignados al Eoceno tardío - Oligoceno temprano y la Formación

Rincón Escondido al Oligoceno Temprano - Oligoceno tardío bajo (Garrido *et al.* 2012).

### **Dacita Morales (31)**

*Stocks, diques dacíticos*

#### *Antecedentes y distribución areal*

Bajo esta denominación, Leanza *et al.* (2006) individualizaron un pequeño stock junto con un enjambre de diques asociados de composición dacítica, que afloran al norte del arroyo Colipilli y al sur de la laguna El Gualpe, en inmediaciones del puesto Morales. Tal separación obedecía a la presunción de que la Dacita Morales, que intruye filones capa de la Formación Colipilli en el cerro Palao de Tralalhue, era parte de una fase eruptiva más joven. En su momento, Llambías y Rapela (1989) incorporaron estas rocas dentro de la Formación Colipilli.

#### *Litología*

Las rocas son de color gris blanquecino y presentan textura porfírica, con fenocristales de cuarzo y feldespato, con tamaños de hasta 3 centímetros. Son frecuentes los enclaves máficos de hasta 30 cm y suelen presentar un alto grado de alteración hidrotermal, en particular los feldespatos y la biotita.

#### *Relaciones estratigráficas y edad*

Los cuerpos intruyen discordantemente a las sedimentitas de las Formaciones Agrio, Mulichinco y Vaca Muerta y a los filones capa de la Formación Colipilli, siendo a su vez cortados por diques de la Andesita Pichaihué, unidad asignada al Oligoceno superior – Mioceno superior (Leanza *et al.* (2006).

Basado en las relaciones apuntadas con la Formación Colipilli, Leanza *et al.* (2006) atribuyeron con reservas la Dacita Morales al Oligoceno. Se mantiene tal criterio en la Hoja, pero no se descarta que esta roca sea parte de la Formación Colipilli.

## 2.2.2. NEÓGENO

### 2.2.2.1. Mioceno

#### **Formación Sierra Negra**

##### **Miembro Filo Morado (32a)**

*Basaltos, conglomerados brechosos, tobas, tufitas*

##### **Miembro Puesto Tillerías (32b)**

*Basaltos, andesitas, aglomerados volcánicos, tobas, tufitas*

#### *Antecedentes*

Garrido *et al.* (2012) propusieron el nombre de Formación Sierra Negra para los extensos mantos de basaltos y rocas piroclásticas que integran la región mesetiforme de Huantraico y que incluyen la sierra Negra, el Filo Morado y la sierra de Huantraico (Fig. 10a). Informalmente estas volcanitas han sido referidas como Basalto Huantraico y en la cartografía preexistente como Formación Palaoco (véase Ramos 1981, Holmberg 1976).

#### *Distribución areal*

El Miembro Filo Morado aflora principalmente a lo largo de la base de la sierra de Huantraico (Fig. 10b) y en la sierra Negra, y a partir del Filo Morado continúa al norte del río Colorado. También se le reconoce en el cerro Villegas y en la meseta del cerro Punta Barda Auca Mahuida, en el sector este de la Hoja. El Miembro Puesto Tillerías está expuesto en toda la periferia de la sierra de Huantraico, desde el sur de Filo Morado hasta la sierra Negra, y también aflora en el cerro Villegas.

#### *Litología*

Los espesores máximos estimados de la Formación Sierra Negra son del orden de los 850 m, de los cuales 250 m corresponden al Miembro Filo Morado y unos 600 m al Miembro Puesto Tillerías (Garrido *et al.* 2012).

El Miembro Filo Morado es una secuencia conformada por depósitos de coladas basálticas, cineritas y tufitas blanquecinas, con intercalaciones de estratos y lentes de conglomerados brechosos. Los mayores espesores de coladas basálticas, que alcanzan los 50 m, afloran en las bardas ubicadas a la altura de los yacimientos El Portón y Filo Morado, desde donde disminuyen gradualmente su potencia hacia el sur, siendo reemplazadas lateralmente por depósitos piroclásticos, volcanoclásticos y sedimentarios volcanogénicos. Estos últimos depósitos son casi exclusivos en los afloramientos situados al sur de la sierra de Huantraico (Fig. 10b) y en el frente oriental de la sierra Negra.

Los depósitos volcanoclásticos se presentan como cuerpos canaliformes de conglomerados brechosos clasto-soportados, pobremente seleccionados y con abundante matriz tufítica, encontrándose también otros cuerpos canalizados de menores dimensiones, con depósitos tufítico-arenosos de granulometría variable; este tipo de formas es reemplazado lateralmente por formas estratiformes. Las facies piroclásticas incluyen depósitos tobáceos y tufíticos de granulometría fina, en potentes estratos tabulares

de hasta 30 m de espesor, macizos y compactos y de colores blanquecinos a rosa pálido, con algunos paleosuelos, según Garrido *et al.* (2012). Estos autores mencionaron en niveles del Miembro Filo Morado, el hallazgo de restos de vertebrados fósiles que corresponden a mamíferos, y que consisten en dientes aislados, fragmentos maxilares y mandibulares con dientes, osteodermos y otros restos poscraneos, en general pobremente conservados.

El Miembro Puesto Tillerías es una potente sucesión de coladas basálticas y andesíticas (Fig. 10c) con intercalaciones de bancos tobáceos y tuftíticos macizos, de colores pardos a rojizos y de formas lenticulares o tabulares, con espesores de entre 3 y 10 metros (Garrido *et al.* 2012).

#### *Relaciones estratigráficas y edad*

Ambos miembros se relacionan concordantemente. El Miembro Filo Morado se apoya en discordancia erosiva sobre unidades de los grupos Neuquén y Malargüe y sobre la Formación Rincón Escondido. El Miembro Puesto Tillerías está cubierto por los conglomerados de la Formación La Tiza e intruido por diques de la Formación Desfiladero Negro (Fig. 10c y d)

Las coladas basálticas basales de la Formación Sierra Negra, incluidas en el Miembro Filo Morado, fueron datadas mediante  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  en roca total con valores de  $22.2 \pm 0.2$  y  $22.1 \pm 0.5$  Ma (Cobbold y Rossello 2003) y por  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  en pasta basáltica, con un valor de  $23.4 \pm 0.4$  (Kay y Copeland 2006). Basado en estas edades, en el biocrón de los restos de vertebrados fósiles hallados y en el análisis de correlación de las secuencias, se le adjudica a la Formación Sierra Negra, una edad aquitaniana-burdigaliana, Mioceno temprano (Garrido *et al.* 2012).

#### **Andesita Pichi Tril (33)**

*Andesitas hornblendíferas*

#### **Intrusivos Cerro Bayo (34)**

*Riolitas*

#### *Antecedentes*

La Andesita Pichi Tril (Ramos 1981) agrupa cuerpos intrusivos andesíticos ubicados en la ladera suroriental de la sierra de Huantraico. Incluye otros cuerpos un poco más al norte asignados por Holmberg (1976) a las formaciones Molle y Huincán. González y Aragón (2000) y Garrido *et al.* (2012) describieron estas rocas como Formación Pichi Tril. Se aclara que entre sus afloramientos principales hay dos nominados como cerro Bayo, uno en la sierra

Negra y otro al sureste de la sierra de Huantraico. Estudios complementarios son los de Ramos y Barbieri (1988), Rubinstein y Zappettini (1990), González y Aragón (2000) y Kay y Copeland (2006).

Informalmente se denomina Intrusivos Cerro Bayo a los cuerpos ubicados en la cordillera del Viento, de los cuales no se cuenta con antecedentes descriptivos, salvo su individualización cartográfica en las primeras versiones de la Hoja.

#### *Distribución areal*

La andesita Pichi Tril tiene su afloramiento de mayor tamaño en el cerro Bayo de la sierra Negra, junto a varios cuerpos satélites y diques radiales, ubicados al este de la sierra Negra. Al sureste de la sierra de Huantraico, afloran en el sector loma del Molle-cerro Bayo de la sierra de Huantraico y hacia arriba en las inmediaciones del paraje Huantraico. Al oeste hay varios diques asignados con reservas a esta unidad en inmediaciones de los cerros Nonial y de los Bueyes. En la figura 10b se observa el afloramiento del cerro Bayo al sureste de la sierra de Huantraico. Los denominados informalmente Intrusivos Cerro Bayo, están ubicados en los cerros homónimos sobre el frente oriental de la cordillera del Viento, en el límite occidental de Hoja.

#### *Litología*

La Andesita Pichi Tril está integrada por cuerpos intrusivos de un color ocre anaranjado (“bayo”) que es producto de la alteración hidrotermal, y que contrasta con los tonos oscuros predominantes del resto de las rocas del entorno. Según González y Aragón (2000) el cerro Bayo de la sierra Negra es un complejo de intrusivos subvolcánicos conformado por un lacolito central, un campo de filones capa y un enjambre de diques radiales, emplazado a una profundidad inferior a 500 metros. El lacolito está formado por andesitas porfíricas de color castaño amarillentas con plagioclasa, anfíbol y piroxeno. Los filones capa de 10 a 15 m de espesor son de andesitas basálticas a andesitas, en tanto que los diques radiales tienen composiciones dacíticas con sectores basálticos, y alcanzan 10 m de espesor máximo (González y Aragón 2000).

En el cerro Bayo (de la sierra de Huantraico), Ramos (1981) describió andesitas hornblendíferas y algunas facies piroxénicas que, en algunos sectores poseen, un porcentaje de fenocristales cercano al 50 %.

En los Intrusivos Cerro Bayo, el cuerpo que aflora dentro de la Hoja, la litología dominante son andesitas hornblendíferas.

### *Relaciones estratigráficas y edad*

En el cerro Bayo de la sierra Negra, las rocas intruyen los depósitos del Subgrupo Río Neuquén, con evidencias de metamorfismo térmico de contacto, en tanto que en el cerro Bayo de la sierra de Huantraico lo hacen en la Formación Sierra Negra (Fig. 10b). Al oeste intruyen sedimentitas de la Formación Vaca Muerta.

De acuerdo con la evaluación de Garrido *et al.* (2012) de varias de las edades proporcionadas por Ramos y Barbieri (1988), Cobbold y Rossello (2003) y Kay y Copeland (2006), el rango de edad más probable para la Andesita Pichi Tril se ubica entre los 16 y 15 Ma (Langhiano temprano, Mioceno medio).

Respecto de los Intrusivos Cerro Bayo, estos intruyen a las formaciones La Primavera y Los Molles. Llambías *et al.* (2007, figura 2) los cartografiaron como intrusivos cenozoicos. Por similitud litológica se los correlaciona tentativamente con los intrusivos de la Andesita Pichi Tril y se les asigna provisoriamente una edad similar.

### **Volcanitas Cerro Vizcachas (35)**

*Andesitas, dacitas, ignimbritas riódacíticas, tobas, tufitas*

Se trata de un grupo reducido de rocas volcánicas, ubicadas en inmediaciones del cerro Las Vizcachas, en el sector occidental de la sierra de Chachahuén, y que fueran incluidas por Holmberg (1962) dentro de su Serie Eocénica. Unos pocos afloramientos están dentro de la Hoja justo en el sector limítrofe con la Hoja Catriel. Las rocas han sido también descriptas como Grupo Vizcachas por Kay *et al.* (2006) y Wilson *et al.* (2022).

En la Hoja afloran coladas de andesitas hornblendíferas y dacitas porfíricas, interestratificadas con ignimbritas riódacíticas generalmente soldadas (Kay *et al.* 2006, Wilson *et al.* 2022), más tobas y tufitas intercaladas.

Kay *et al.* (2006) dieron a conocer dataciones radiométricas que permiten establecer que las volcanitas se habrían formado durante el Mioceno tardío. Entre ellas se destacan las ignimbritas riódacíticas con  $7.8 \pm 0.60$  Ma.

### **Formación Desfiladero Negro (36)**

*Diques basálticos*

La Formación Desfiladero Negro (Ramos 1981) reúne un conjunto de diques básicos de marcada expresión morfológica, que afloran en todo el entorno

austral de la sierra de Huantraico. Están ubicados en tres sectores, al oeste del cerro Carrere, en el borde norte de la sierra de los Chihuidos (Fig. 2) y en las lomas ubicadas al norte de aguada Pichitritl.

Son diques de entre 3 y 15 km de longitud y de hasta 15 m de espesor, dispuestos con rumbos variables que sugieren un diseño radial. Litológicamente son basaltos y pórfidos andesíticos con fenocristales de plagioclasa cálcica, piroxeno y olivino (Ramos 1981, Ramos y Barbieri 1988, Rubinstein y Zappettini 1990).

Los diques intruyen rocas de los grupos Neuquén y Malargüe, y de la Formación Sierra Negra (Fig. 10c, d), relación última que al menos permite asignarlos al Mioceno medio – superior (Garrido *et al.* 2012).

### **Conglomerado Tralalhue (37)**

*Conglomerados, areniscas, limolitas*

#### *Antecedentes y distribución areal*

El Conglomerado Tralalhue (Ramos 1998) reúne depósitos psefíticos que afloran en el cerro homónimo y que se apoyan en discordancia angular sobre sedimentitas cretácicas.

A lo largo de unos 17 km, los conglomerados afloran exclusivamente en el sinclinal de Tralalhue, ubicado al este del paraje Tralalhué entre los arroyos Colipilli y Taquimilán.

#### *Litología*

La unidad, cuyo espesor total es de 211 m, se compone de conglomerados clastosoportados polimícticos con estratificación gruesa y poco definida, con clastos angulosos de hasta 10 cm de diámetro de andesitas y en menor cantidad de dacitas, más clastos subredondeados de calizas de hasta 25 cm de diámetro. Hacia arriba disminuye el tamaño de los clastos, y ya en el tramo superior del perfil afloran areniscas en alternancia con limolitas claras (Leanza *et al.* 2006).

Sus características sedimentológicas permiten inferir que se trata de un abanico aluvial distal, con evidencias de un paulatino descenso de su energía hacia el final de su depositación. Ramos (1998) interpretó los conglomerados como depósitos sinorogénicos formados durante el levantamiento del anticlinal de Taquimilán.

#### *Relaciones estratigráficas y edad*

En el área del valle de Colipilli se apoya en discordancia angular sobre los Miembros Agua de

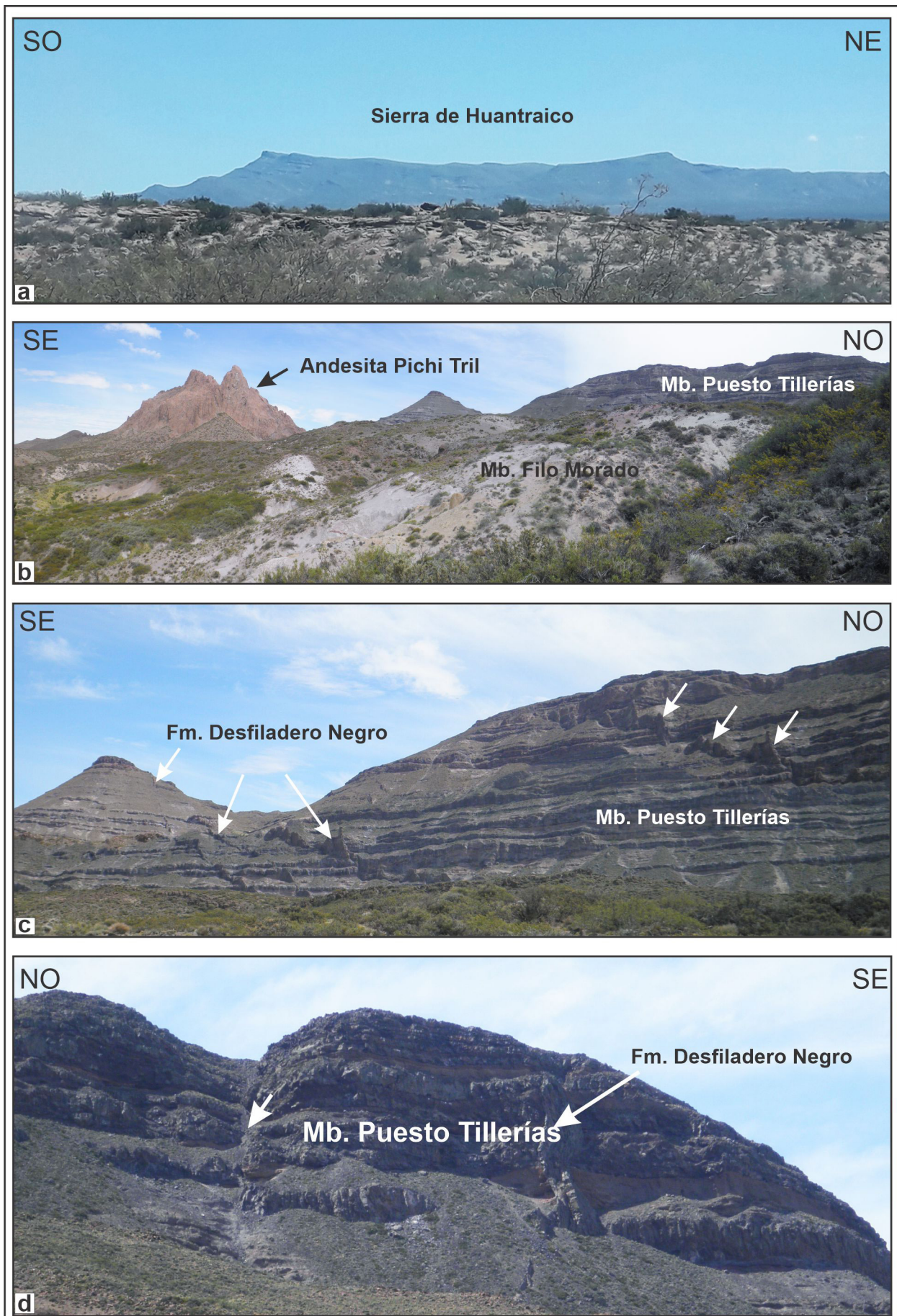


Figura 10. Sierra de Huantraico. Sector sur, a) vista panorámica en dirección noroeste del sinclinal de Huantraico y afloramientos miocenos del sector suroriental, b) Formación Sierra Negra (Garrido *et al.* 2012) con los miembros Filo Morado (inferior) y Puesto Tillerías (superior), y la Andesita Pichi Tril en el cerro Bayo de la sierra de Huantraico. c, d) Detalles del Miembro Puesto Tillerías, intruido por diques básicos de la Formación Desfiladero Negro, de orientación aproximada E-O.

la Mula y Chorreado de la Formación Agrio y sobre el Miembro Rincón de la Formación Rayoso. Salvo depósitos cuaternarios superficiales, no se observó cubriéndolo ninguna otra unidad más joven. Respecto de su edad, el hallazgo en la unidad de restos de un notoungulado Mesotheriinae indicaría una probable Edad Colloncurensis (Mioceno medio), aunque sin descartar totalmente una Edad Mayoense (Mioceno medio tardío) (Leanza *et al.* 2006).

### **Formación Chos Malal (38)**

*Arcilitas, fangolitas, areniscas*

#### *Antecedentes y distribución areal*

Esta unidad, propuesta por Cervera y Leanza (2009), aflora únicamente al sur de la localidad homónima, entre el río Neuquén y el arroyo Taquimilán, en un sinclinal de unos 12 km de longitud.

#### *Litología*

En el perfil tipo, la unidad tiene 140 m de espesor y en él se destacan, en la base, intercalaciones de fangolitas, arcilitas con aporte tobáceo y areniscas en estratos de entre 1 a 8 m de espesor, continúan 35 m de arcilitas de color gris a gris rosado, 50 m de arcilitas alternantes con fangolitas, y finalmente 40 m de fangolitas rosado claras sin bandeamiento (Cervera y Leanza 2009).

#### *Relaciones estratigráficas y edad*

La Formación Chos Malal se apoya en discordancia sobre el Miembro Rincón de la Formación Rayoso y está cubierta de manera similar por la Formación Rincón Bayo del Mioceno-Plioceno. Por relaciones estratigráficas y por comparación con el Conglomerado Tralalhue se la asigna al Mioceno medio.

#### 2.2.2.2. Mioceno - Plioceno

### **Formación La Visera (39)**

*Tufitas, conglomerados, areniscas, paleosuelos*

#### *Antecedentes*

Esta unidad fue propuesta por Leanza *et al.* (2006) para identificar sedimentitas de naturaleza epi- y piroclástica que afloran al este del cerro La Visera, y que los autores interpretaron como un relicto de la sedimentación sinorogénica neógena.

#### *Distribución areal*

Los afloramientos más importantes constituyen una faja delgada y alargada de 8 km, ubicada al no-

reste del río Pichi Neuquén luego de ser atravesado por la ruta nacional 40. Otra pequeña exposición no cartografiada en la Hoja, se encuentra al oeste de la localidad de Chorriaca (véase Leanza *et al.* 2006).

#### *Litología*

El perfil tipo del cerro La Visera, de 65 m de espesor, está formado esencialmente por sedimentitas epiclásticas. En su parte basal hay conglomerados polimícticos clastosoportados, con clastos de volcánicas, areniscas y calizas. Le siguen areniscas friables castaño claras, areniscas tobáceas finas, areniscas de grano grueso y niveles de paleosuelos. En la parte superior nuevamente afloran conglomerados. El otro afloramiento cercano a Chorriaca, de unos 40 m de potencia, no tiene base aflorante y se caracteriza por areniscas azuladas y castaño claras, con intercalaciones de tufitas claras y por conglomerados clastosoportados (Leanza *et al.* 2006).

Los depósitos epiclásticos y las estructuras sedimentarias preservadas en ellos, sugieren un ambiente de tipo fluvial, con influencia episódica de ríos anastomosados, entre los cuales se manifiestan interdigitaciones de abanicos aluviales.

#### *Relaciones estratigráficas y edad*

La unidad se apoya en discordancia sobre los miembros Salina y Rincón de las formaciones Huitrín y Rayoso, respectivamente. En algunos sectores, como en su localidad tipo, está cubierta por conglomerados clastosoportados atribuibles a la unidad Depósitos que cubren superficies pedimentadas (unidad 55).

De acuerdo con los estudios regionales realizados, esta unidad puede correlacionarse con las formaciones Rincón Bayo y La Bardita, descritas en la Hoja Zapala, razón por la cual se la adjudica tentativamente al Mioceno superior – Plioceno inferior (Leanza *et al.* 2001, 2006).

### **Formación La Tiza (40)**

*Conglomerados, brechas oligomícticas*

#### *Antecedentes*

Esta unidad fue propuesta por Marcón (1975) para identificar unos depósitos epiclásticos gruesos e inmaduros y de tonos oscuros, aflorantes en el sector de los cerros Villegas – de las Cabras. Dado que estos depósitos están formados mayoritariamente por clastos basálticos, que imprimen a sus estratos unos tonos oscuros, fueron confundidos con coladas.

*Distribución areal*

Originalmente la unidad había sido identificada sólo en el sector de los cerros Villegas – de las Cabras, y posteriormente Garrido *et al.* (2012) incluyeron afloramientos situados en sector occidental de la sierra de Huantraico, aproximadamente en el tramo entre el cerro Carrere y el Filo Morado.

*Litología y ambiente*

Son depósitos conglomerádicos oligomícticos conformados por clastos basálticos provenientes de la erosión de la Formación Sierra Negra. En el área del cerro Villegas la unidad tiene unos 85 m de potencia y se compone de ortoconglomerados gruesos y friables, con clastos basálticos subangulosos a subredondeados, con bloques de hasta 1,50 m de longitud en su eje mayor. Conforman potentes estratos de hasta 3,5 m de espesor, con una matriz de areniscas líticas de granulometría gruesa (Garrido *et al.* 2012).

En la sierra de Huantraico, la granulometría de sus clastos así como sus espesores son menores, variando entre 21 y 9 m de potencia. Por su distribución y características faciales, sus depósitos fueron atribuidos a acumulaciones de aluvios y coluvios vinculados a las áreas proximales de abanicos aluviales, a partir de la erosión de los cuerpos volcánicos y las coladas de la Formación Sierra Negra (Garrido *et al.* 2012).

*Relaciones estratigráficas y edad*

La formación cubre en discordancia erosiva a los depósitos del Miembro Puesto Tillerías de la Formación Sierra Negra. No se cuenta con datos geocronológicos ni restos fósiles para acotar su edad, por lo que debido a su relación con las edades de deformación del frente andino a estas latitudes, Garrido *et al.* (2012) asignaron la unidad al Mioceno tardío.

**Formación Rincón Bayo (41)**

*Tufitas, conglomerados, areniscas*

*Antecedentes*

La Formación Rincón Bayo fue propuesta por Leanza *et al.* (2001) en la Hoja Zapala, para designar a sedimentitas epi- y piroclásticas que se disponen en discordancia sobre la Formación Puesto Burgos en la localidad tipo del cerro Rincón Bayo, ubicado inmediatamente al oeste del río Neuquén, en la zona de pampa Amarga Grande.

*Distribución areal*

En la Hoja hay dos afloramientos muy reducidos, uno en el sinclinal ubicado al sur de Chos Malal, y el otro en el borde sur de la Hoja, a la altura del meridiano de 69°51' O, que corresponde con la terminación septentrional de aquellos del área tipo de la unidad en la Hoja Zapala.

*Litología y ambiente*

La Formación Rincón Bayo es una unidad conformada esencialmente por sedimentitas epi- y piroclásticas. En el sector de pampa Amarga Grande alcanza 20 m de espesor, con areniscas friables de tonalidades rojizo claras a castaño claras, que engloban clastos de tobas de la unidad infrayacente, y por algunos lentes conglomerádicos, sucediendo hacia arriba sedimentitas areno-tobáceas finas (Leanza *et al.* 2006).

En la Hoja Zapala, donde existen otros afloramientos más potentes, su ambiente ha sido adjudicado a un sistema fluvial interdigitado con abanicos aluviales, junto a la presencia de cuerpos lacustres efímeros, con caída de cenizas durante la deposición de la unidad.

Al sur de Chos Malal, la unidad con unos 6 m de espesor, está formada por sedimentitas arenosas y tobáceas finas, una alternancia de areniscas de grano grueso y areniscas friables de tonos claros y lentes de conglomerados (Cervera y Leanza 2009).

*Relaciones estratigráficas y edad*

Al sur de Chos Malal, la unidad cubre en discordancia angular suave a la Formación Chos Malal (Cervera y Leanza 2009) e igual relación se encuentra en la zona de pampa Amarga Grande con la Formación Puesto Burgos; a su vez está cubierta por la Formación Pampa Encima del Plioceno superior – Pleistoceno inferior, por lo que su edad más joven quedaría acotada por este nivel de agradación. Se la correlaciona con la Formación La Bardita, razón por la cual se la asigna al Mioceno superior, posiblemente alcanzando el Plioceno inferior temprano (Leanza *et al.* 2006).

## 2.2.2.3. Plioceno

**Basalto Coyocho (42)**

*Basaltos olivínicos*

En el ámbito de la Hoja, investigaciones anteriores asignaron al Basalto Coyocho los siguientes afloramientos volcánicos: a) coladas de basaltos

ubicadas en la Hoja 32b, Chos Malal identificadas como Basalto II del Plioceno (Zöllner y Amos 1973); b) coladas en las cabeceras del arroyo Buta Ranquil, asignadas a la Formación Coyocho (Basalto II) por Holmberg (1976); c) coladas ubicadas en las estribaciones de la sierra de Chachahuen identificadas como Basalto II, Choyocholitense (Holmberg 1962).

La unidad aflora también en varios sectores alrededor del macizo del Tromen, como al oeste del cerro Tilhué, entre los parajes Chapúa y Arroyo Blanco, al oeste de la laguna Wayle y al sur del cerro Michico. En el sector noreste de la Hoja hay afloramientos en las estribaciones occidentales de la sierra de Chachahuén. En este último sector las coladas están cubiertas por un nivel de depósitos que cubren superficies pedimentadas y fluyeron sobre sedimentitas del Subgrupo Río Colorado. Al oeste algunas coladas apoyan sobre la Formación Agrio, y están cubiertas por volcanitas pleistocenas.

Litológicamente predominan basaltos olivínicos caracterizados en algunos casos por numerosos fenocristales de olivina alterados a iddingsita, plagioclasa de composición labradorita y ocasional abundancia de augita visible microscópicamente (Holmberg 1962). Siguiendo a Groeber (1946), Holmberg (1962, 1976) y Zöllner y Amos (1973) se asignan estas coladas al Plioceno superior.

## COMPLEJO VOLCÁNICO AUCA MAHUIDA

### **Basalto Rincón del Infiernillo (43)**

### **Basalto Pampa del León (44)**

### **Volcanitas Cerro La Manea (45)**

*Basaltos olivínicos*

Estas unidades, junto con varias otras de basaltos con edades desde el Mioceno superior al Plioceno superior, fueron incluidas por Ardolino *et al.* (1996) en el Grupo Auca Mahuida, en su descripción geológica del departamento Añelo, con el objetivo de agrupar formalmente a todas las unidades volcánicas de la sierra Auca Mahuida. Por su parte, Leanza *et al.* (2011) las reunieron en el mapa geológico de la provincia del Neuquén en el Complejo Volcánico Auca Mahuida, con una edad pliocena. Tres de estas unidades que se describen a continuación, afloran en orden de antigüedad decreciente en la Hoja, el Basalto Rincón del Infiernillo, el Basalto Pampa del León y las Volcanitas Cerro La Manea. Todas ellas afloran extensamente en la Hoja Catriel, donde están incluidas en las Volcanitas Pampa del Chanco, las más extensas del Grupo Auca Mahuida (Wilson *et al.* 2022).

En los tres casos se trata de unidades generadas con posterioridad a la construcción del volcán Auca Mahuida, por lo que sus flujos se superponen parcialmente a los aglomerados, basaltos y traquiandesitas Cerro Auca Mahuida (Ardolino *et al.* 1996).

El Basalto Rincón del Infiernillo aflora muy poco en la Hoja, en las nacientes de un arroyo que nace en el rincón del Infiernillo y hacia el este continúa con coladas en el faldeo oeste de la sierra Auca Mahuida, por lo que la mayoría de sus afloramientos están en la Hoja Catriel. Leanza *et al.* (2011) lo correlacionaron con otras varias unidades de basaltos y traquibasaltos, como los basaltos Cerro Las Liebres, Cerro La Hamaca, Rincón del Palo Blanco, Cerro Bandera, Cerro Charabón y Cerro Grande. Se lo asigna al Plioceno superior.

En todo el sector sureste de la Hoja y por encima del Basalto Rincón del Infiernillo aflora extensamente el Basalto Pampa del León, que ocupa la mayor parte de la gran planicie lávica del Auca Mahuida. Ambos corresponden al Basalto IV de Holmberg (1976). Su edad fue ubicada en el límite Plioceno inferior – superior. Por su parte, una de las unidades póstumas del Complejo Volcánico Auca Mahuida son las coladas de las Volcanitas Cerro La Manea, que afloran principalmente en el borde noroeste de la planicie lávica del Auca Mahuida, donde se apoyan sobre el Basalto Pampa del León. Sus afloramientos más alejados yacen sobre las sedimentitas de la Formación Bajo de la Carpa. Su edad es asignada al Plioceno superior y se corresponde con los Basalto VI y en algunos casos Basalto IV de Holmberg (1976); se lo correlaciona con la Andesita Puesto Retamal, que aflora en la Hoja Catriel, al pie de la sierra Auca Mahuida.

### **Sedimentitas Ramblón Colorado (46)**

*Areniscas, tufitas, fangolitas*

Las Sedimentitas Ramblón Colorado son sedimentitas de génesis continental y composición epiclástica y piroclástica donde dominan areniscas, tufitas y fangolitas que afloran a ambos lados del río Colorado, en el sector central del sinclinal de Huantraico, en donde apoyan sobre el Miembro Filo Morado de la Formación Sierra Negra. En su momento y siguiendo a Groeber (1946), los depósitos fueron cartografiados como Formación Tristeza por Holmberg (1976) por su comparación con depósitos aflorantes en la cuchilla de la Tristeza, al sur de Mendoza. Varios de estos afloramientos de conglomerados fueron adjudicados posteriormente

a la Formación La Tiza por Garrido *et al.* (2012), quienes además sugirieron abandonar el nombre de Formación Tristeza en este sector de la cuenca. Se le asigna una edad pliocena superior.

### **Sedimentitas Pata Mora (47)**

*Areniscas, tufitas*

Las Sedimentitas Pata Mora son unos niveles mesetiformes con areniscas y tufitas que se desarrollan sobre el borde este de la Hoja y finalizan en inmediaciones de los cerros Loma de Agua de Afuera y Punta Barda Auca Mahuida, así como en el cerro de Los Loros, en inmediaciones del paraje Pata Mora sobre el río Colorado. Habían sido cartografiadas como Piedemonte II (Holmberg 1964, 1976) y Depósitos aterrizados superiores del Pleistoceno (Ramos 1981). Los sedimentos apoyan sobre el Miembro Filo Morado de la Formación Sierra Negra y sobre las Volcanitas Cerro La Manea y su origen estaría vinculado a una planicie aluvial procedente de la sierra Auca Mahuida. Se le asigna una edad pliocena superior.

## 2.2.3. NEÓGENO - CUATERNARIO

### 2.2.3.1. Plioceno - Pleistoceno

#### **Formación Pampa Encima (48)**

*Conglomerados, areniscas*

La Formación Pampa Encima (Leanza *et al.* 2001) conforma un nivel de agradación formado por psefitas poco consolidadas, principalmente conglomerados y areniscas gruesas. Su localidad tipo está en la pampa Encima, adyacente a la pampa Laguna Amarga en la vecina Hoja Zapala. En la Hoja los depósitos están bastante más al oeste que en la Hoja Zapala y se reconocen dos sectores, en el sinclinal de Chos Malal al sur de esa localidad, donde apoyan sobre la Formación Rincón Bayo y al oeste del paraje Chacay Melehue, donde lo hacen sobre la Formación Agrío. Su edad correspondería al Plioceno superior - Pleistoceno inferior.

### 2.2.4. CUATERNARIO

El nombre de Agrupamiento Volcánico Tromen - Tilhué fue propuesto por Llambías *et al.* (2011) para reunir los productos volcánicos cuaternarios que afloran en todo el sector del volcán Tromen. Describiremos en primer término las rocas del Pleistoceno que incluyen la Formación Tilhué, el Basalto Cha-

púa, los Depósitos Laháricos del Tromen, el Basalto Cerro Wayle, el Basalto Cerro Morado y el Basalto El Puente. Posteriormente, se tratarán los productos del volcanismo del Holoceno, los basaltos Tromen y Cerro Carbonilla.

### 2.2.4.1. Pleistoceno

#### **Formación Tilhué (49a, 49b)**

*Ignimbritas riolíticas (49a), domos riolíticos (49b)*

La Formación Tilhué citada como Andesita III por Zöllner y Amos (1973) y Formación Tilhué (Andesita III) por Holmberg (1976) es la más antigua del Agrupamiento Volcánico Tromen - Tilhué. La unidad aflora en el entorno del cerro Tromen, específicamente al oeste, en inmediaciones del paraje Chapúa, al sur en el cerro Tilhué y al este en el cerro Bayo. Está formada por ignimbritas, coladas dómicas y domos de composición riolítica que han sido mapeados separadamente. Los domos son alrededor de diez y se caracterizan por una marcada foliación de flujo y de tamaño cartografiable, que intruyen a las rocas piroclásticas en los cerros Bayo y Tilhué.

Estas rocas están cubiertas por las lavas del volcán Tromen y de acuerdo con Llambías *et al.* (2011), este primer episodio silíceo, que hasta ahora es el más antiguo de la región del Tromen, formó domos y coladas dómicas riolíticas que afloran directamente en contacto con el basamento sedimentario mesozoico deformado y cuya edad, del Pleistoceno inferior, queda comprendida entre  $2.27 \pm 0.10$  Ma y  $2.03 \pm 0.26$  Ma (Galland *et al.* 2007).

#### **Basalto Chapúa (50)**

*Basaltos olivínicos*

El Basalto Chapúa cartografiado como Basalto III por Zöllner y Amos (1973), forma una extensa planicie lávica con coladas de basaltos olivínicos y andesitas, ubicada al oeste del cerro Tromen, en la zona de las lagunas Tromen. Allí, las coladas suprayacen al Basalto Coyocho y a la Formación Agrío. Datos radiométricos en esta unidad dan edades del Pleistoceno inferior, entre  $1.44 \pm 0.08$  y  $1.31 \pm 0.07$  Ma (Kay *et al.* 2006, Galland *et al.* 2007).

#### **Depósitos Laháricos del Tromen (51)**

*Aglomerados volcánicos, brechas autoclásticas*

Los Depósitos Laháricos del Tromen fueron cartografiados como Formación Arroyo Huecú por Holmberg (1976), quien los consideró restos de un

gran cono aluvional disectado por el drenaje actual. Afloran al este del cerro Tromen, justo al pie del cerro Bayo. Los depósitos se presentan aterrazados y parcialmente erodados, siguiendo una topografía similar a la actual. Litológicamente son aglomerados volcánicos y brechas autoclásticas formados por bloques de diferentes tamaños, inmersos en una matriz arenosa compuesta por material escoriáceo vítreo, donde la casi totalidad de los bloques corresponden a andesitas escoriáceas similares a las del volcán Tromen, según Llambías *et al.* (2011). Estos autores han estimado una edad correspondiente al Pleistoceno Tardío.

### **Basalto Cerro Wayle (52)**

*Basaltos olivínicos*

El Basalto Cerro Wayle esta compuesto por andesitas y basaltos correspondientes a los Basaltos IV y V de Zöllner y Amos (1973) y al Basalto Cerro Cabras de Llambías *et al.* (2011), que se encuentran ubicados en el cerro Wayle y en el cerro Michico, y al este, sureste y suroeste del Tromen. Lavas de la unidad Basalto Cerro Wayle tienen edades de  $1.82 \pm 0.04$  y  $1.77 \pm 0.06$  Ma (Galland *et al.* 2007).

### **Basalto El Puente (53)**

*Basaltos olivínicos*

El Basalto El Puente incluye a las coladas que rodean el volcán Tromen por el oeste, sur y noreste, que corresponden a los Basaltos V de Zöllner y Amos (1973) y a la Formación El Puente (B5) de Holmberg (1976). Además de las edades de los basaltos de la zona del Tromen, mencionadas anteriormente, otra datación radiométrica del Basalto El Puente dio una edad de  $1.00 \pm 0.15$  Ma (Galland *et al.* 2007).

Fuera de la región del Tromen, algunas coladas de basaltos tienen edades similares a las del Basalto El Puente, como es el caso del Basalto Parva Negra de la sierra de los Chihuidos (Ramos 1981), aflorantes en los cerros Parva Negra y Horqueta, así como el pequeño afloramiento que conforma el cerro Chihuido Norte.

### **Basalto Cerro Morado (54)**

*Basaltos olivínicos*

Son basaltos olivínicos compactos de textura porfirica. Se encuentran ubicados en el ángulo noreste de la Hoja, el Basalto Cerro Morado incluye dos extensas coladas que descienden de la sierra de

Chachahuén hacia el río Colorado, que corresponden al Basalto IV de Holmberg (1962), quien lo asigna al Pleistoceno Superior. Dichas coladas tienen continuidad hacia el este, en la Hoja Catriel, donde son asignadas a las Volcanitas Sierra Chachahuén - Grupo Chapúa (Wilson *et al.* 2022).

### **Depósitos que cubren superficies pedimentadas (55)**

*Conglomerados, gravas, arenas*

Son depósitos muy extendidos en toda el área de la Hoja, hasta la longitud de la sierra Negra, en la zona de Huantraico, donde otros similares están asociados al nivel de base del río Colorado (56). Otros depósitos en el sector oriental provienen de la sierra Auca Mahuida.

Fueron desarrollados por la erosión y el transporte fluvial y coluvial, sobre antiguas superficies de erosión, cuyo nivel de base fue el río Neuquén. Las superficies erosivas y de transporte utilizadas han sido principalmente las sedimentitas del Cretácico y en algunos sectores del Cenozoico. Los depósitos tienen algunas decenas de metros de espesor como máximo y están formados casi exclusivamente por conglomerados, gravas y arenas poco consolidadas y de proveniencia local. Se les asigna una edad en el Pleistoceno Superior.

### **Depósitos que cubren superficies pedimentadas con pendiente al río Colorado (56)**

*Conglomerados, gravas, arenas*

Afloran en el sector noreste de la Hoja: en el flanco noreste de la sierra Negra, flanco suroeste de la sierra Chachahuén y otros provenientes del norte de la meseta loma del Medio, en la Hoja Barrancas.

Los depósitos fueron desarrollados por la erosión y el transporte fluvial y coluvial, sobre antiguas superficies de erosión, cuyo nivel de base fue el río Colorado, por lo que los depósitos tienen una leve inclinación hacia el río. De manera similar a los depósitos anteriores, la superficie erosiva y de transporte utilizada fueron las sedimentitas del Cretácico y del Cenozoico, estas últimas principalmente a partir de los afloramientos de la sierra Negra y de la sierra Chachahuén.

Son depósitos poco consolidados, de algunas decenas de metros como máximo, formados casi exclusivamente por conglomerados, gravas y arenas de proveniencia local. Se observa que el diseño del drenaje que los disecta actualmente son afluentes al

río Colorado, coincidentes con aquellos que erosionaron y transportaron los depósitos. Se les asigna una edad en el Pleistoceno Superior.

### **Depósitos fluviales antiguos de los ríos Neuquén y Currileuvú (57)**

*Gravas, arenas, limos*

La mayor extensión areal de los depósitos fluviales antiguos de los ríos Neuquén y Currileuvú afloran sobre las márgenes del río Curi Leuvú en la zona de Cancha Huinganco y aguas abajo en cercanías de Chos Malal. A lo largo del valle del río Neuquén, son más reducidos y aislados, y se los encuentra en cercanías del paraje Costa Tilhué e inmediaciones de la desembocadura del río Pichi Neuquén. Litológicamente están representados por gravas, arenas y limos. Se les asigna una edad en el Pleistoceno Superior.

### **Depósitos fluviales antiguos del río Colorado (58)**

*Gravas, arenas, limos*

Los depósitos fluviales antiguos del río Colorado son varios remanentes alargados que afloran en inmediaciones del valle a la altura de Buta Ranquil y aguas abajo entre los parajes El Portón y Pata Mora, tramo donde apoyan sobre sedimentitas del Subgrupo Río Colorado. Litológicamente están representados por gravas, arenas y limos. Se les asigna una edad en el Pleistoceno Superior.

### **Depósitos hidrovolcánicos (59)**

*Anillos de tobas, tufitas, aglomerados volcánicos*

Estos depósitos están asociados al *maar* del cerro de los Loros, que Holmberg (1962) asigno al Basalto V. El diámetro de la geoforma es aproximadamente de un kilómetro. Los depósitos estratificados del borde están formados por tobas, tufitas y algunos aglomerados volcánicos. Se les asigna una edad en el Pleistoceno Superior.

### **Basaltos del valle del río Colorado (60)**

*Basaltos olivínicos*

En ambas marges del valle del río Colorado, aguas abajo del cerro de Los Loros, se hallan extensas planicies lávicas generadas por conos volcánicos. Litológicamente son basaltos olivínicos de grano fino y corresponden a la unidad Basaltos V y VI de

Holmberg (1962). En su continuidad hacia el este, los flujos más altos con conos volcánicos son asignados a la unidad Volcanitas Río Colorado II (Wilson *et al.* 2022). La unidad se asigna al Pleistoceno Superior.

#### 2.2.4.2. Holoceno

### **Basalto Tromen (61)**

*Basaltos olivínicos*

Las erupciones finales en el Agrupamiento Volcánico Tromen – Tilhué, de la región del Tromen, corresponden a las de la cumbre del volcán Tromen con sus flujos de basaltos olivínicos de morfología casi intacta, que se han derramado por las quebradas actuales, hasta alcanzar las inmediaciones de la localidad de Buta Ranquil. El Basalto Tromen corresponde al Basalto VI de Zöllner y Amos (1973) y a las rocas de la Formación Tromen (B VI) de la Hoja Buta Ranquil (Holmberg 1976).

Las dataciones más antiguas son del Pleistoceno ( $0.18 \pm 0.04$  Ma, Kay *et al.* 2006, hasta  $0.04 \pm 0.04$  Ma (Galland *et al.* 2007).

### **Basalto Cerro Carbonilla (62)**

*Basaltos olivínicos*

El Basalto Cerro Carbonilla, más joven que el Basalto Tromen, corresponde al Basalto VII de Zöllner y Amos (1973) y a las rocas de la Formación Cerro Carbonilla (B VII) de la Hoja Buta Ranquil (Holmberg 1976). En esta unidad se encuentran las dataciones holocenas más jóvenes, incluyendo las más recientes de 1.400 d.C. (D'Elia *et al.* 2014).

### **Depósitos glaciafluviales (63)**

*Gravas*

Se hallan en la Hoja depósitos glaciafluviales que afloran al oeste del río Curi Leuvú en la vertiente oriental de la cordillera del Viento. Constituyen planicies y están disectados por los afluentes del río Curi Leuvú. Están formados principalmente por gravas, que generalmente apoyan sobre sedimentitas mesozoicas. Son de edad holocena.

### **Depósitos de remoción en masa (64)**

*Bloques, aglomerados, gravas, arenas*

En varios sectores de la Hoja se reconocieron depósitos de remoción en masa. Los más importantes afloran al este del río Curi Leuvú, en derredor del cerro

Negro, al pie del cerro Tilhué, al sur del cerro Cayca-yén y en las sierras de Huantraico y Negra. En este último caso están adosados a la meseta basáltica y son el producto de la destrucción mecánica causada por el progresivo deslizamiento rotacional de los bordes de las bardas de basalto, debido a la acción gravitatoria. Los ejemplos más notables están en inmediaciones del cerro Chihuido de la sierra Negra. Están formados por bloques basálticos desde 0,50 m a 1,50 m de lado, ocasionalmente de mayor tamaño. Son de edad holocena.

#### **Depósitos de costras calcáreas (65)**

*Calizas travertínicas*

Los depósitos de costras calcáreas corresponden a acumulaciones de travertinos que afloran en inmediaciones de Buta Ranquil y que están asociadas a la actividad volcánica póstuma de los volcanes holocenos del Tromen. Están bien estratificados en bancos subhorizontales de 3 a 5 m de potencia y algunos se apoyan sobre el Basalto Cerro Carbonilla o bien están adosados a depósitos cretácicos. Las rocas tienen una textura compacta con bandeado cromático fino en bancos de 3,5 a 4 m de espesor y color blanco tiza a grisáceo, o bien con textura porosa y mayores oquedades, de tonalidades blanquecinas a beige (Danieli *et al.* 2011). Los depósitos son del Holoceno.

#### **Depósitos de bajos y lagunas (66)**

*Limos, arcillas*

En la Hoja hay escasas depresiones ocupadas por aguas temporarias, en las que tiene lugar una característica acumulación de limos y arcillas con frecuentes eflorescencias salinas. Podemos mencionar algunos bajos en la parte central de la sierra de Huantraico, Pampa Tril y otros al este de la Hoja, en inmediaciones del cerro Mesa de Los Overos (bajos de los Choiques, de la Raya, del Guanaco en Holmberg 1962, 1964). Son acumulaciones de edad holocena.

#### **Depósitos coluviales (67)**

*Gravas, arenas, limos*

Los depósitos transportados por acción de la gravedad, caracterizados por una granulometría decreciente a medida que la distancia desde el área de aporte aumenta, están presentes en casi todos los sectores de la Hoja al pie de relieves relativos elevados. En algunos casos su extensión es notable, superando

los 250 km<sup>2</sup>, como en la sierra de Huantraico donde ocupan todo el sector central deprimido. Otro sector de afloramientos está ubicado en la zona del arroyo Pichi Neuquén, donde extensas acumulaciones se ubican en las depresiones de sinclinales o bien entre lomadas anticlinales. Son de edad holocena.

#### **Depósitos aluviales (68)**

*Gravas, arenas, limos*

Compuestos principalmente por gravas, arenas y limos, constituyen los depósitos de materiales detríticos transportados por los cursos fluviales, que conforman los rellenos de sus cauces y planicies de inundación. Los más continuos están en el valle del río Neuquén, sobre todo donde transcurre con orientación oeste-este y noroeste, como entre el cerro Mayal y Balsa Huitrín. A partir de este último sitio, donde adquiere una orientación norte-sur, estos depósitos están limitados exclusivamente al cauce principal. Son de edad holocena.

### **3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

#### *INTRODUCCIÓN*

La región comprendida en la Hoja se caracteriza por un predominio de estructuras compresivas, de rumbo general norte-sur a nornoroeste, formadas durante la orogenia Andina. Las pioneras observaciones respecto a la deformación en el norte neuquino (Keidel 1925, Groeber 1929, 1946 y Herrero Ducloux 1946, entre otros), conformaron el pilar fundamental sobre el que se sustentaron las investigaciones geológicas y estructurales subsiguientes (Braccini 1970, Zöllner y Amos 1973, Holmberg 1976, Ramos 1978). El creciente interés en la búsqueda de hidrocarburos en las décadas de los 80' y 90' derivó en un vasto caudal de información de subsuelo, líneas sísmicas y pozos exploratorios, que permitieron reconocer la configuración de las estructuras principales en profundidad y su vinculación con el sistema petrolero de la región (Minniti *et al.* 1986, Ploszkiewicz y Viñes 1987, Viñes 1989, Kozłowski *et al.* 1996, 1998, Nocioni 1996, Zapata *et al.* 1999). Estudios estructurales posteriores analizaron con mayor detalle la geometría y cinemática de los anticlinales que forman los yacimientos en el frente de deformación andino, como El Portón y Filo Morado (Zapata *et al.* 2001, Allmendinger *et al.* 2004, Zamora Valcarce y Zapata 2005, Zamora Valcarce *et*

al. 2006b, Fantín *et al.* 2014). En los últimos años se han realizado numerosos estudios regionales orientados a comprender la evolución tectónica Andina en el norte de Neuquén, considerando los distintos regímenes de esfuerzos resultantes de la interacción entre las placas de Nazca y Sudamericana desde el Cretácico hasta la actualidad (Cobbold y Rosello 2003, Ramos y Folguera 2005, Zapata y Folguera 2005, Folguera *et al.* 2006, 2007, Zamora Valcarce *et al.* 2006b, 2009, Ramos *et al.* 2011, Rojas Vera *et al.* 2014, 2015a y Sagripanti *et al.* 2015a, entre otros). Por otro lado, estudios estructurales más detallados han permitido caracterizar los estilos estructurales y cuantificar los acortamientos en las fajas plegadas y corridas del Agrio (Zapata *et al.* 2002, Zamora Valcarce 2007, Lebinson *et al.* 2015, 2018, Rojas Vera *et al.* 2015b, Zamora Valcarce y Zapata 2015) y de Chos Malal (Sagripanti *et al.* 2014, Sánchez *et al.* 2014, 2015, Turienzo *et al.* 2014, 2018). Adicionalmente, se han analizado las estructuras más jóvenes o neotectónicas de esta región, y su relación con los procesos geomorfológicos (Messenger *et al.* 2010, 2014, Gianni *et al.* 2014, Sagripanti *et al.* 2015b, 2017) y magmáticos (Miranda *et al.* 2006, Galland *et al.* 2007, Folguera *et al.* 2008).

En la Hoja es posible reconocer al menos cuatro sectores morfoestructurales principales, el sector de faja plegada y corrida, el dorso de los Chihuidos, la Plataforma Oriental y el sector de la Altiplanicie del Tromen (ver Esquema Tectónico de la Hoja Geológica). Del primero pueden distinguirse las fajas plegadas y corridas de Chos Malal, del Agrio y de Malargüe, esta última representada por la culminación austral de la sierra de Reyes, al norte del río Colorado. Dicha serranía está compuesta por una serie de grandes anticlinales que involucran y exponen rocas pérmico-triásicas, con marcada vergencia hacia el oeste, cuyo mayor desarrollo se encuentra en el ámbito de la Hoja Geológica 3769-I, Barrancas (Narciso *et al.* 2004) y por lo tanto no será descripta en la presente. Hacia el borde este, el sector de la Plataforma Oriental no presenta estructuras destacables en superficie, mientras que en profundidad la información sísmica ha permitido reconocer los sistemas extensionales de la etapa de apertura o *rifting* de la cuenca Neuquina caracterizado por fallas normales de rumbo NO-SE y buzamiento dominante al NE (Vergani *et al.* 1995, Cristallini *et al.* 2006, 2009, Bechis *et al.* 2014). La Altiplanicie del Tromen es un agrupamiento volcánico cuaternario (Llambías *et al.* 2011) desarrollado sobre un importante alto estructural que fuera denominado Macizo del Tro-

men (Bracaccini 1970). El substrato sobre el cual se emplazan los aparatos volcánicos cuaternarios, como por ejemplo el volcán Tromen, está conformado por bloques de basamento ascendidos por sistemas de corrimientos durante el desarrollo de la faja de Chos Malal (Galland *et al.* 2007, Turienzo *et al.* 2018, 2020), y por lo tanto su configuración será analizada junto a la descripción de las estructuras que conforman dicha faja.

Las estructuras tectónicas expuestas en la región de la Hoja son principalmente pliegues y corrimientos, de rumbo N-S a NNO y vergencia variable, que conforman las fajas de Chos Malal y del Agrio (Fig. 11). A pesar de su denominación diferente, su distinción, de estas dos fajas de deformación desde el punto de vista estructural, no es sencilla. De acuerdo con Ramos (1978), el lineamiento Cortaderas, de orientación NO-SE, separaría ambas fajas (fosas plegadas de Chos Malal y del Agrio, al norte y sur respectivamente, de acuerdo a la denominación de Bracaccini 1970). El lineamiento Cortaderas puede identificarse entre el dorso de Los Chihuidos y el sinclinal de Huantraico (Fig. 11), en tanto que su continuidad hacia el oeste es más dificultosa, habiendo sido interpretado a lo largo del curso del río Neuquén (Ramos 1978). Algunas estructuras de plegamiento en los alrededores de la localidad de Chos Malal continúan en ambos márgenes del río, por ejemplo el denominado anticlinal Chos Malal (Sánchez *et al.* 2015, Frías Saba *et al.* 2021), siendo en tal caso difícil establecer una clara separación entre las fajas. La descripción e interpretación de las estructuras se hará en dos regiones, una entre los 37°S y los 37°20'S para caracterizar a la faja de Chos Malal y otra entre los 37°20'S y los 37°40'S para la faja del Agrio. No se incluyen en este análisis las estructuras desarrolladas al sur de los 37°40'S, ya que fueron cartografiadas y descriptas en detalle en la Hoja Geológica Chorriaca 3769-31 (Leanza *et al.* 2006) y por Ramos (1981) en la Hoja Geológica 33 c, Los Chihuidos Norte (Fig. 11).

Sobre la base del mapeo detallado en superficie y con la información sísmica y de pozos disponibles, se interpretaron dos secciones estructurales balanceadas de orientación E-O que permiten visualizar el estilo estructural de las fajas de Chos Malal y del Agrio (secciones A-A' y B-B', Fig. 11). Las estructuras se reconstruyeron sobre la base a los conceptos de los modelos de plegamiento por flexión (Suppe 1983) y por propagación de falla (Suppe y Medwedeff 1990, Erslev 1991). Estas secciones, restituidas mediante el método de conservación de la longitud

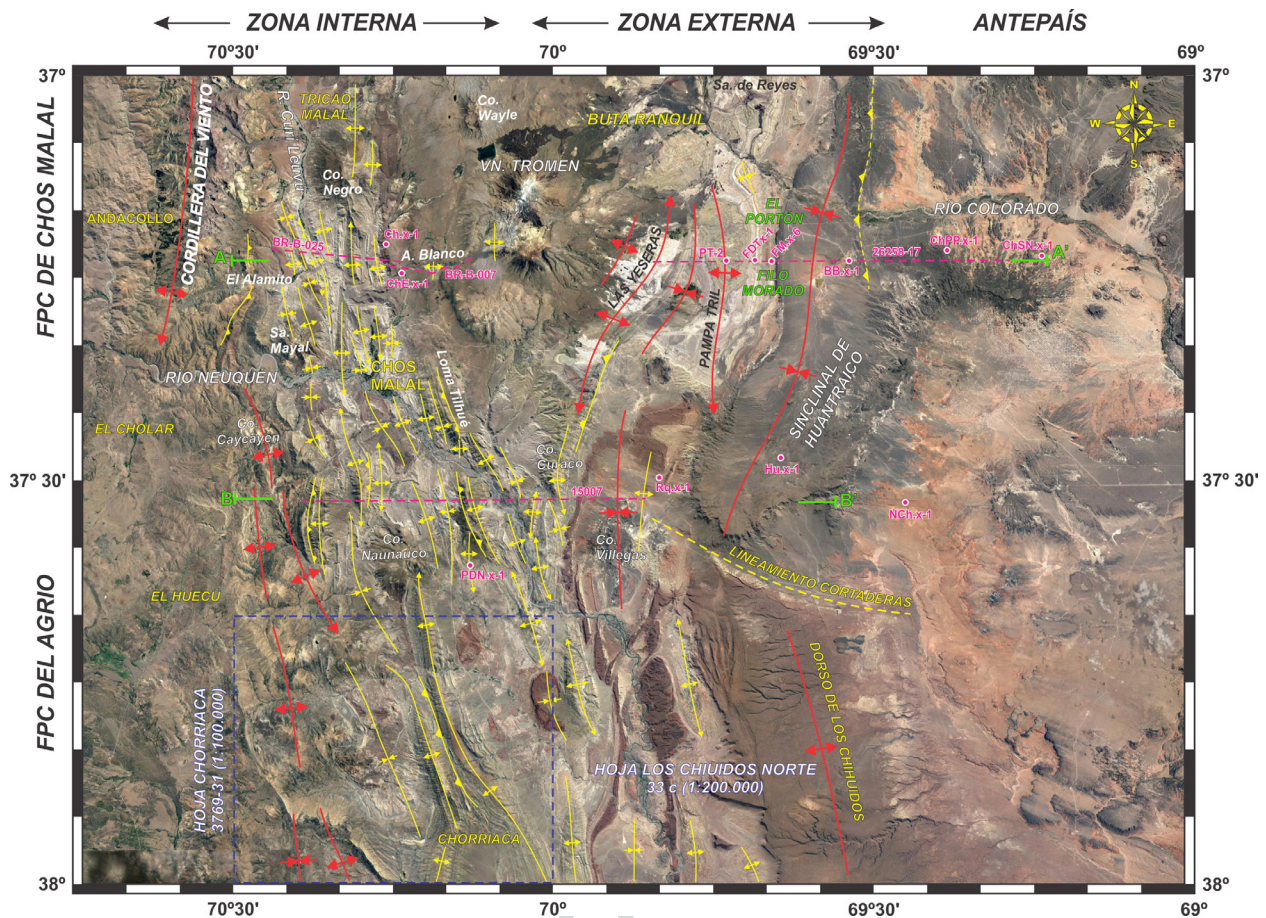


Figura 11. Principales estructuras aflorantes en la región de la Hoja Geológica 3769-III Chos Malal, en particular aquellas de las fajas plegadas y corridas de Chos Malal y del Agrio. En rojo se distinguen las estructuras de 1º orden, que involucran el basamento en la deformación. La sección A-A' está representada en las figuras 12 y 18 y la sección B-B' en las figuras 20 y 23.

de las líneas (Dahlstrom 1969, Woodward *et al.* 1989), permiten asegurar la viabilidad geométrica de las interpretaciones y calcular los acortamientos tectónicos regionales. Los niveles de despegue en la cubierta sedimentaria se establecieron a lo largo de distintas unidades mesozoicas de baja competencia (evaporitas y pelitas), en función de las secuencias sedimentarias involucradas y de la longitud de onda de los distintos órdenes de pliegues observados que se detallarán luego en cada sección. Para las fallas mayores que involucran al basamento se eligió una profundidad de despegue basal aproximadamente a los 13 km de profundidad, que además de permitir explicar adecuadamente la geometría de las estructuras de piel gruesa reconstruidas, se localizaría cercana a la transición frágil-dúctil en la corteza superior. En toda la región se reconoce una estrecha relación espacial y temporal entre las estructuras de piel gruesa y piel fina, donde las grandes estructuras que involucran al basamento (de 1º orden) son responsables de la generación de pliegues con menor longitud de onda (2º, 3º y 4º orden) en la cubierta sedimentaria (Kozłowski *et al.* 1996, 1998, Sán-

chez *et al.* 2014, 2015, Turienzo *et al.* 2014, 2018, Lebinson *et al.* 2015, 2018). Adicionalmente, las estructuras de piel gruesa están concentradas en dos franjas submeridianas que permiten separar las fajas plegadas y corridas, en una zona interna al oeste de una zona externa hacia el este (Fig. 11). En la faja de Chos Malal el basamento aflora en la zona interna, en la cordillera del Viento, mientras que en la zona externa la participación del zócalo en la deformación se observa mediante información de subsuelo conformando anticlinales como los de Las Yeseras y Pampa Tril. Hacia el sur, en la faja del Agrio, el substrato pre-Jurásico no se halla expuesto pero las estructuras de primer orden se reconocen por sus características superficiales en el sector interno y por medio de líneas sísmicas en el sector externo, hacia el frente de deformación.

#### FAJA PLEGADA Y CORRIDA DE CHOS MALAL (SECCIÓN A-A')

La faja de Chos Malal se desarrolla al norte del río Neuquén y comprende desde la localidad de

Andacollo hasta la sierra de Huantraico (Fig. 11). Las estructuras en este segmento andino tienen un rumbo generalizado N-S y una vergencia dominante hacia el este. La sección estructural A-A' (Fig. 12) se construyó integrando la interpretación de la zona interna (Sánchez 2015, Sánchez *et al.* 2015), basada en una gran cantidad de datos estructurales medidos en el campo y en las líneas sísmicas BR-B-025, BR-B-007 y los pozos BS.Nq.Ch.x-1, BS.Nq.Ch.E.x-1, con la interpretación de la zona externa (Turienzo *et al.* 2018, 2020) basada en la línea 26258-17 y los pozos YPF.Nq.PT.x-1, YPF.Nq.PT-2, YPF.Nq.FDT.x-1, YPF.Nq.FM.x-6, YPF.Nq.BB.x-1, YPF.Nq.ChPP.x-1, YPF.Nq.ChSN.x-1 (Fig. 11).

**Zona Interna de la faja de Chos Malal.** La cordillera del Viento es una de las estructuras de primer orden más destacadas del área, y la única con el basamento aflorante. Alcanza casi 3.000 m s. n. m. conformando un notable anticlinorio norte-sur de 15 a 20 km de ancho y unos 65 km de largo (Fig. 13a). Si bien en el ámbito de la Hoja solo se halla expuesta su ladera oriental, su continuación hacia el oeste puede apreciarse en los mapas relevados por Zöllner y Amos (1973) y Rovere *et al.* (2004). Allí afloran rocas carboníferas del Grupo Andacollo, deformadas por eventos tectónicos pre-andinos (Giacosa *et al.* 2014), cubiertas en discordancia angular por vulcanitas paleógenas de la Formación Cayanta (Fig. 13b). Esta fuerte discontinuidad, registrada sólo en su ladera oeste, condujo a la interpretación de retrocorrimientos, fallas inversas buzantes al este y con vergencia occidental, que llevaron al alzamiento y exhumación de las rocas paleozoicas (Zapata *et al.* 1999, Cobbold y Rosello 2003, Folguera *et al.* 2007).

Algunos autores interpretaron que se trataría de fallas normales formadas durante la etapa de apertura extensional de la cuenca Neuquina, posteriormente invertidas por la compresión andina (Booth y Coward 1996, Zapata *et al.* 1999, Rojas Vera *et al.* 2014). Dentro del anticlinorio de la cordillera del Viento, Sagripanti *et al.* (2014) reconocieron un sistema de fallas extensionales de orientación noroeste y oeste-noroeste, segmentadas por fallas con rumbo NE, formando hemigrábenes rellenos con depósitos de *sinrift* (Precuyano), parcialmente invertidos. Como la inversión de fallas normales permitiría como máximo que el basamento alcance su punto nulo, es decir su nivel regional previo a la extensión, para explicar el alzamiento de las rocas paleozoicas de varios kilómetros por encima de este nivel, Turienzo *et al.* (2018) interpretaron un sistema

de retrocorrimientos andinos que cortan a los sistemas extensionales preexistentes. El flanco oriental de la cordillera del Viento muestra una secuencia homoclinal con todas las unidades mesozoicas buzantes  $\sim 30^\circ$ - $40^\circ$  al este (Fig. 13c), que es interpretada como el limbo frontal de un gran pliegue por flexión en falla involucrando al basamento (Kozłowski *et al.* 1996, 1998, Sánchez *et al.* 2014, 2015, Turienzo *et al.* 2018). En este flanco se reconoce una falla inversa con vergencia al oeste que repite parcialmente a la Formación Tordillo sobre la Formación Vaca Muerta, denominada retrocorrimiento El Alamito (Fig. 12), que permite inferir un nivel de despegue en la cubierta sedimentaria por debajo de la Formación Tordillo, posiblemente en las evaporitas jurásicas de la Formación Auquilco al tope del Grupo Lotena (Sánchez *et al.* 2014, 2015).

Entre la cordillera del Viento y el faldeo occidental del volcán Tromen hay una amplia zona dominada por estructuras de piel fina, en la que las rocas mesozoicas de la cuenca Neuquina presentan corrimientos y pliegues de diversa escala y rumbo norte-sur a nornoroeste-estesureste (Fig. 11). Tales estructuras fueron mapeadas e interpretadas detalladamente por Sánchez *et al.* (2015), ilustrando la geometría en profundidad mediante cuatro secciones estructurales balanceadas sustentadas con la información de subsuelo del área. Las estructuras de piel fina más importantes a lo largo de esta sección son pliegues relacionados a fallas con vergencia hacia el este, que presentan un despegue inferior al techo del Grupo Lotena (Formación Auquilco) e involucran en la deformación a todo el Grupo Mendoza (Fig. 12). Estos pliegues tienen longitudes de onda de entre 3 y 6 km y se los clasifica como estructuras de segundo orden, de escala menor que las estructuras de primer orden que involucran al basamento (Turienzo *et al.* 2014, 2018, Sánchez *et al.* 2015). El más destacado de estos pliegues de segundo orden es el anticlinal Las Máquinas, que se extiende por más de 20 km desde el cerro Negro hasta casi la ciudad de Chos Malal, y es el único en el sector que llega a exponer las rocas de la Formación Vaca Muerta (Fig. 14b, c). El gran relieve estructural de este pliegue se debe a que adicionalmente se encuentra sobre una estructura de basamento en profundidad, reconocida en la línea sísmica BR-B-025, interpretada por Sánchez *et al.* (2015) como una falla normal buzante al este, levemente invertida y que está cortada por el corrimiento Neuquén que buza al oeste (Fig. 12). El anticlinal Las Máquinas posee un flanco occidental de buzamiento moderado y un flanco oriental más





Figura 13. a) Fotografía panorámica de la vertiente oriental de la cordillera del Viento. b) Discordancia angular entre rocas carboníferas y paleógenas al oeste de la cordillera del Viento. c) Flanco oriental del anticlinorio de la cordillera del Viento.

buzante y en partes invertido, definiendo con claridad su vergencia oriental. La evolución de este pliegue es interpretada mediante dos mecanismos, primero como un pliegue por flexión de falla con despegue superior en el Miembro Pilmatué de la Formación Agrio, y posteriormente una ramificación del corrimiento que le da origen, se propagaría secuencia arriba para plegar y rebatir los estratos del limbo frontal (Sánchez *et al.* 2015). Aunque no se observa en superficie, el desplazamiento inicial como pliegue por flexión sobre el Miembro Pilmatué es un requisito necesario que permite explicar el desarrollo de pliegues menores involucrando a las formaciones Agrio y Huitrín (estructuras de tercer orden), localizados entre el anticlinal Las Máquinas y el pozo BS.Nq.Ch.x-1 (Fig. 12). Hacia el oeste del anticlinal Las Máquinas, otro corrimiento que afecta a todo el Grupo Mendoza origina el anticlinal cerro Negro (Fig. 12). Sobre la base de la sísmica se interpretó que este corrimiento además de conectar un llano inferior en la Formación Auquilco con un llano superior en la Formación Agrio, presenta un sector intermedio en el cual también forma un llano en la Formación Vaca Muerta, lo cual le confiere una geometría más compleja al plegamiento asociado (Sánchez *et al.* 2015). Entre ambos anticlinales se localiza el sinclinal cerro Negro, bien expuesto en la margen norte del río Curi Leuvú y que involucra a toda la secuencia de la Formación Agrio (Fig. 14a). En el extremo occidental de la sección también se interpreta una escama de basamento a un nivel intermedio entre el corrimiento Neuquén y el corrimiento que genera la cordillera del Viento (Fig. 12). Dicha estructura, además de aportar deformación a la secuencia sedimentaria para generar pliegues de segundo orden, contribuye al ascenso del anticlinorio de la cordillera del Viento.

Entre el anticlinal Cerro Negro y el retrocorrimiento El Alamito se encuentra el sinclinal Cañada Seca, con la Formación Huitrín en su núcleo y los distintos miembros de la Formación Agrio en sus flancos (Fig. 12). El marcado contraste de competencia que existe entre las capas arenosas del Miembro Avilé y las espesas secuencias predominantemente pelíticas infra y suprayacentes de los Miembros Pilmatué y Agua de la Mula respectivamente, posibilita la formación de estructuras complejas subparalelas al río Curi Leuvú (Kozłowski *et al.* 1996, Turienzo *et al.* 2014). El Miembro Avilé constituye un excelente nivel guía mediante el cual se mapearon corrimientos y pliegues de aproximadamente 1-2 km de longitud de onda y rumbo NNO, interpretados por Turienzo

*et al.* (2014) como estructuras de tercer orden que afectan a la Formación Agrio, formados entre los pliegues de segundo orden que involucran a todo el Grupo Mendoza (Fig. 15). A ambos lados del sinclinal Cañada Seca los bancos de areniscas están fallados y repetidos tectónicamente, utilizando como despegue las pelitas, originando estructuras imbricadas, estructuras tipo *dúplex* y plegamiento asociado (Turienzo *et al.* 2014). El anticlinal Cañada Seca, al oeste del sinclinal homónimo, es un pliegue muy apretado de rumbo N-S y vergencia al este, cuyo limbo trasero está cortado por un corrimiento que repite al Miembro Avilé (Fig. 15). El más destacado y mejor expuesto de estos pliegues de tercer orden es el anticlinal Chacay Melehue, que con un rumbo NNO se extiende por 9 km en la margen occidental del río Curi Leuvú. Al norte del arroyo Chacay Melehue este anticlinal tiene vergencia hacia el este, con buzamientos de alto ángulo en su limbo oriental y de bajo ángulo en el occidental (Fig. 15), y en su limbo trasero el Miembro Avilé, que se halla repetido tectónicamente (Fig. 16a). En la zona de falla se midió un plano con estrías subparalelas a la dirección de buzamiento y escalones que indican el movimiento del bloque de techo hacia el este, propio de un corrimiento puro con vergencia oriental. En el limbo frontal del anticlinal también se encuentra repetido el Miembro Avilé (Fig. 15), pero no se hallaron indicadores cinemáticos que permitan corroborar la cinemática de la falla.

Al sur del arroyo Chacay Melehue la estructura es aún más compleja y está formada por un sistema de dos retrocorrimientos aflorantes que repiten al Miembro Avilé y un tercer retrocorrimiento ciego inferido en profundidad, que genera el anticlinal con vergencia hacia el oeste (Fig. 16b). Las dos fallas aflorantes tienen superficies con estrías y escalones que corroboran el sentido de movimiento de los bloques de techo, en ambos casos hacia el oeste. Una posible reconstrucción cinemática de estas estructuras muestra que inicialmente, a partir de un despegue basal dentro de las pelitas del Miembro Pilmatué, el retrocorrimiento Chacay Melehue (1 en la Fig. 16b) produce una imbricación del Miembro Avilé, que luego un segundo retrocorrimiento duplica totalmente esta unidad utilizando como despegue de techo las pelitas suprayacentes, y finalmente un tercer retrocorrimiento ciego forma el anticlinal con vergencia al oeste (Turienzo *et al.* 2014). El cambio de vergencia de la estructura de plegamiento observada al norte y sur del arroyo Chacay Melehue, es explicada por estos autores mediante una falla de

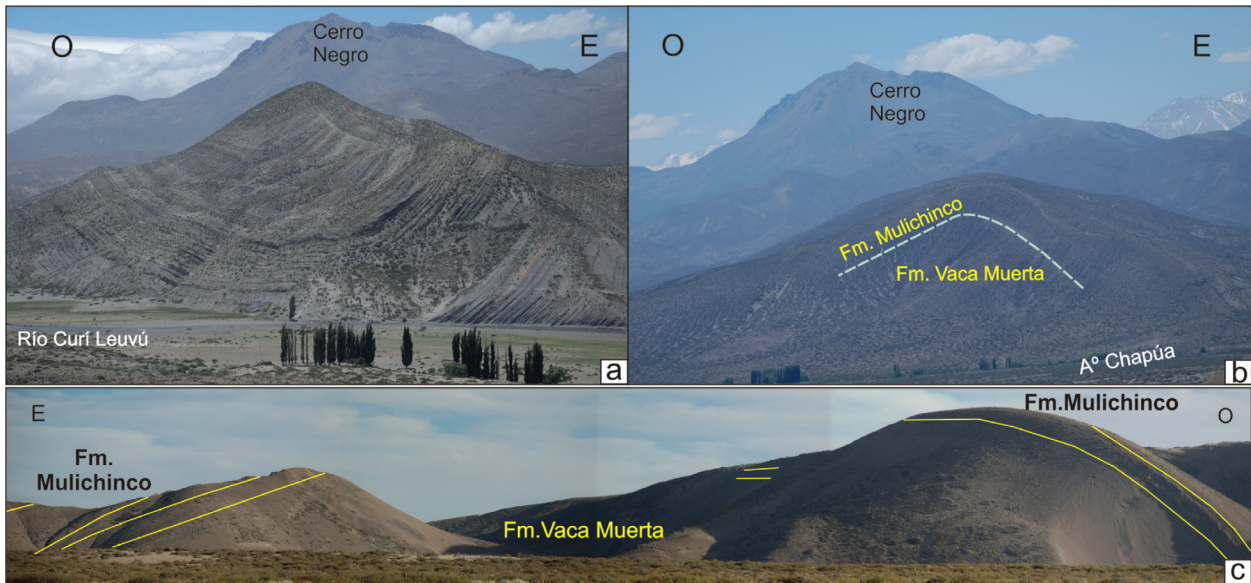


Figura 14. a) Fotografía del sinclinal Cerro Negro, situado al oeste del anticlinal Las Máquinas. b y c) Fotografías panorámicas del anticlinal Las Máquinas, hacia el norte y sur del río Curi Leuvú, respectivamente, exponiéndose en su núcleo las pelitas de la Formación Vaca Muerta.

rumbo dextral, la cual actuaría como una falla de desgarre de orientación ENE (Fig. 15).

Al este del anticlinal Las Máquinas, a lo largo de la traza de la sección estructural A-A', no se observan en superficie pliegues de segundo orden (Fig. 12). Las estructuras allí aflorantes, en la zona del arroyo Chapúa, son corrimientos y pliegues apretados que despegan en las pelitas del Miembro Pilmatué e involucran en la deformación principalmente a las formaciones Agrio y Huitrín (Kozłowski *et al.* 1996, 1998, Sánchez *et al.* 2015). La línea sísmica y los pozos BS.Nq.Ch.x-1 y BS.Nq.Ch.E.x-1 permitieron interpretar en subsuelo una serie de pliegues de segundo orden relacionados a corrimientos de vergencia oriental que involucran a todas las unidades del Grupo Mendoza (Kozłowski *et al.* 1998, Sánchez *et al.* 2015). Parte del desplazamiento requerido para originar dichos pliegues despegados por encima de la Formación Auquileo provendría del corrimiento Neuquén (Fig. 12). La deformación transferida en la cubierta sedimentaria por esta estructura de primer orden también permite explicar la generación de pliegues de segundo orden más hacia el este, como por ejemplo el anticlinal arroyo Blanco. En el faldeo occidental del volcán Tromen, el arroyo Blanco ha erosionado profundamente permitiendo observar el plegamiento de las sucesiones mesozoicas. Las estructuras en dicho valle han sido reconstruidas como pliegues de diversa escala y con vergencia predominante hacia el este, involucrando distintas unidades sedimentarias (Turienzo *et al.* 2014, 2015, 2018, Sánchez *et al.* 2015), pero también fueron

interpretadas como vinculadas a fallas provenientes del basamento y vergencia occidental (Galland *et al.* 2007, Sagripanti *et al.* 2014).

En la zona interna de la faja plegada y corrida, hacia el sur y fuera de la sección estructural aquí interpretada, existen otras importantes estructuras de segundo orden expuestas en los alrededores de la ciudad de Chos Malal (Fig. 11). Al oeste de dicha localidad, y por la ruta provincial 43 en dirección hacia Andacollo, se corta el extremo austral del anticlinal Chos Malal. Este pliegue de rumbo N-S, expone en su núcleo a la Formación Mulichinco, y su eje se hunde en dirección sur traspasando el río Neuquén, donde afloran en su charnela los distintos miembros de la Formación Agrio (Fig. 17a). El flanco oriental presenta buzamientos bajos a moderados hacia el este, mientras que en el flanco occidental los buzamientos son de alto ángulo hacia el oeste, incluso llegando a estar invertidos. El anticlinal Chos Malal fue interpretado como un pliegue por propagación de falla transportado de vergencia al oeste, vinculado a un retrocorrimiento que corta su limbo frontal, invertido y adelgazado (Frías Saba *et al.* 2021).

A lo largo del valle del río Curi Leuvú al norte de Chos Malal, las capas de la Formación Mulichinco están plegadas conformando el sinclinal y anticlinal Codo del Curi Leuvú (Fig. 17b). Las capas con alto buzamiento, incluso invertidas, en el flanco oriental del anticlinal, indican su vergencia hacia el este (Sánchez *et al.* 2015). En la zona de la loma Tilhué, al sudeste de Chos

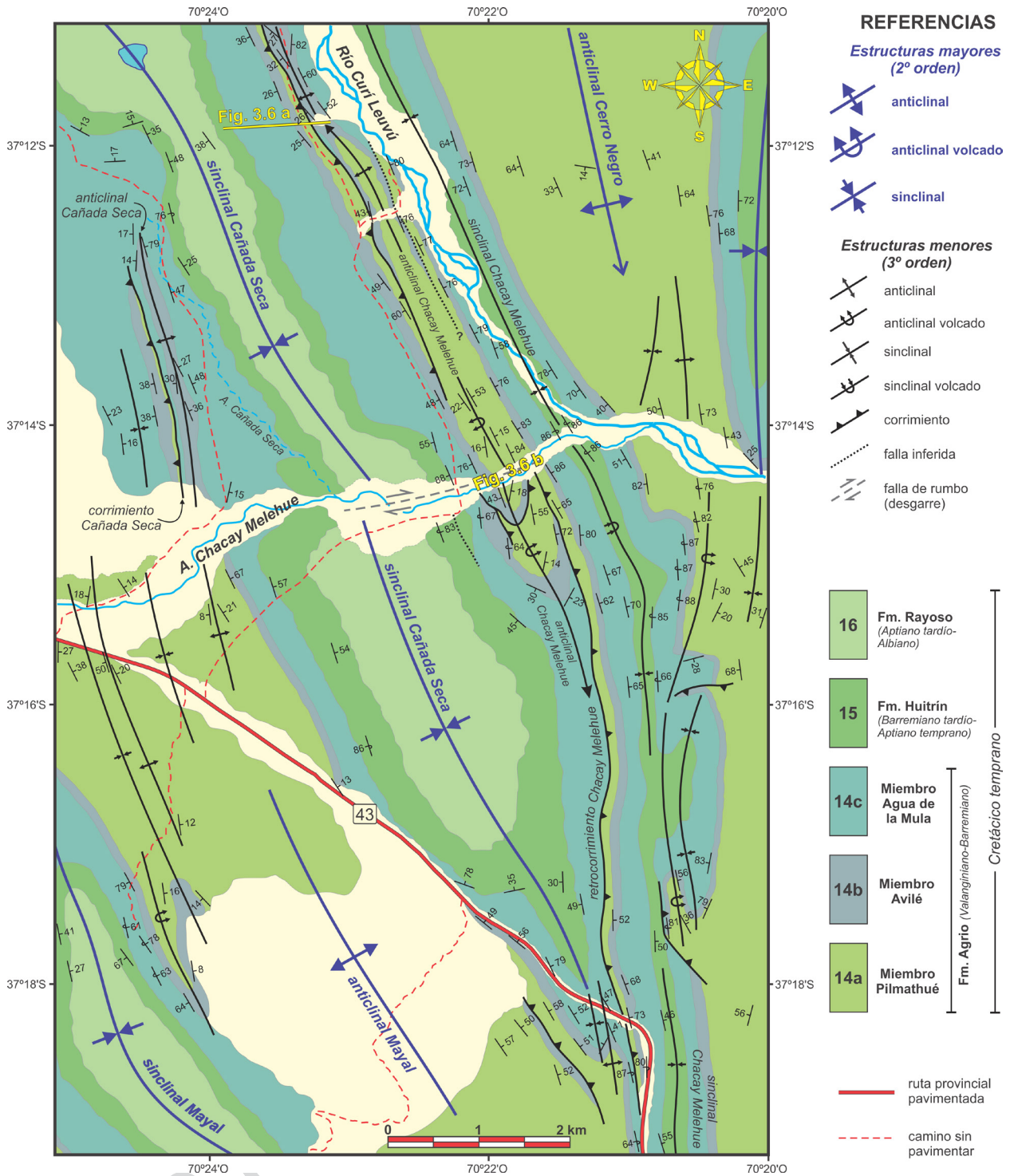


Figura 15. Mapa geológico detallado de la región aledaña a la confluencia del río Curi Leuvú y el arroyo Chacay Melehue (modificado de Turienzo *et al.* 2014), donde se observan estructuras de tercer orden que pliegan y repiten a la Formación Agrío entre las estructuras mayores (de segundo orden).

Malal, se observa un tren de pliegues anticlinales y sinclinales con rumbo nornoroeste (Fig. 11). Dos de los anticlinales en este sector tienen vergencia opuesta y forman en general una estructura tipo *pop-up* (Sánchez *et al.* 2015, Lebinson *et al.*

2015, Turienzo *et al.* 2018), aunque su evolución cinemática es más compleja y fue generada por la superposición de un retrocorrimento y dos corrimientos y sus pliegues asociados (Lebinson *et al.* 2018).

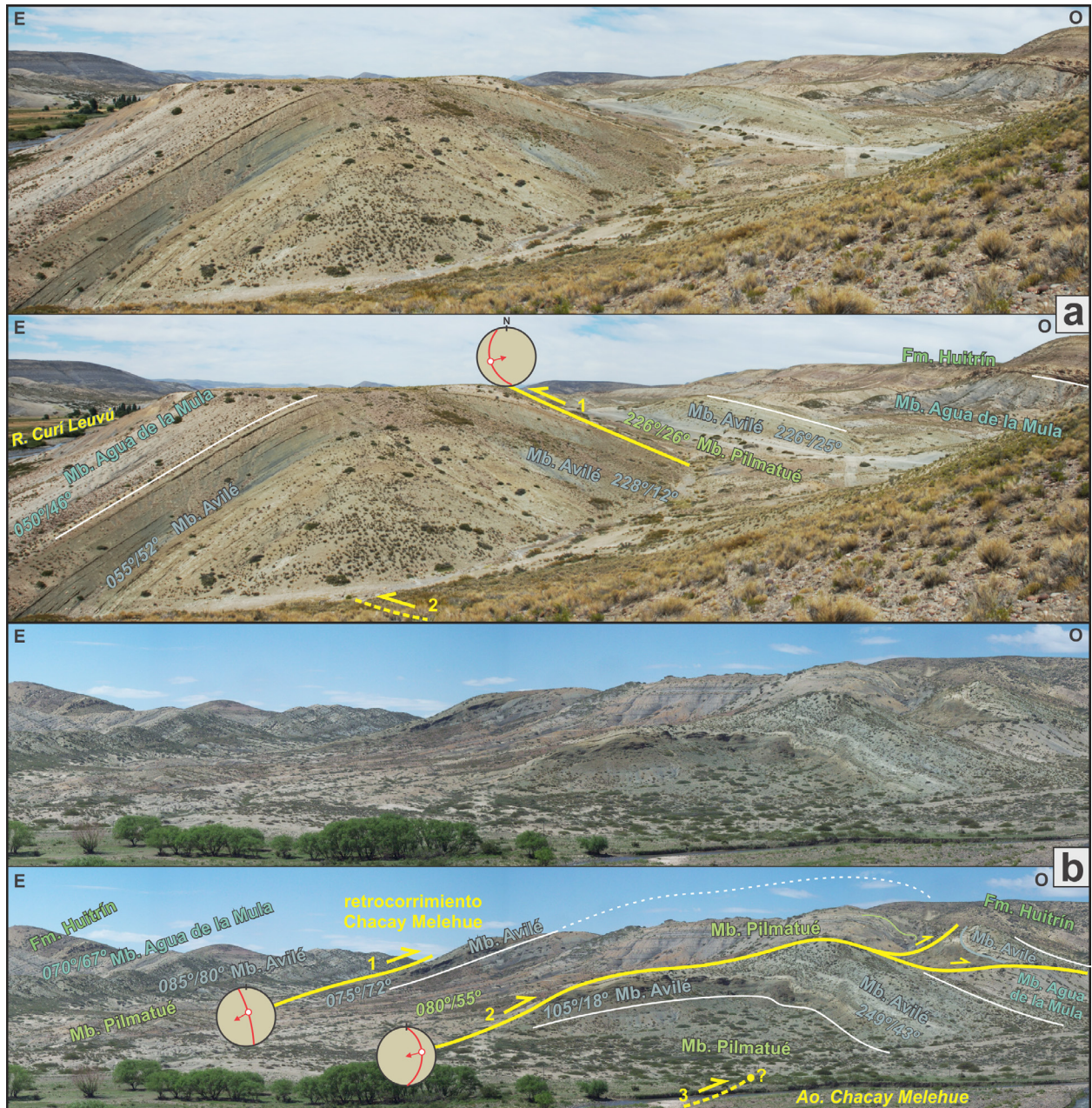


Figura 16. Fotografías panorámicas (sin interpretar e interpretadas) del anticlinal Chacay Melehue (ver ubicación en Fig. 15). a) Zona norte: pliegue y repetición con vergencia al este. b) Zona sur: plegamiento y múltiples repeticiones con vergencia al oeste. Los círculos muestran los planos de falla y los indicadores cinemáticos medidos que indican el sentido de movimiento del bloque de techo.

**Zona Externa de la faja de Chos Malal.** En la zona externa que se extiende desde el volcán Tromen hasta el flanco oriental del sinclinal de Huantraico, el estilo estructural es diferente (Fig. 11). Allí se interpretan cinco corrimientos involucrando al basamento, con vergencia al este (Fig. 18), los cuales presentan en general un muy bajo desplazamiento y generan un incipiente plegamiento por propagación de falla en los estratos sedimentarios suprayacentes (Turienzo *et al.* 2015, 2018,

2020). El corrimiento Tromen es el más occidental y aunque presenta escaso rechazo estratigráfico, en superficie se han observado brechas que se interpretan vinculadas a esta falla (Galland *et al.* 2007). En el bloque colgante de este corrimiento se han interpretado retrocorrimientos que configuran una estructura tipo *pop-up* de piel gruesa sobre la que se desarrolla el vulcanismo cuaternario del volcán Tromen (Galland *et al.* 2007, Sagripanti *et al.* 2015b).

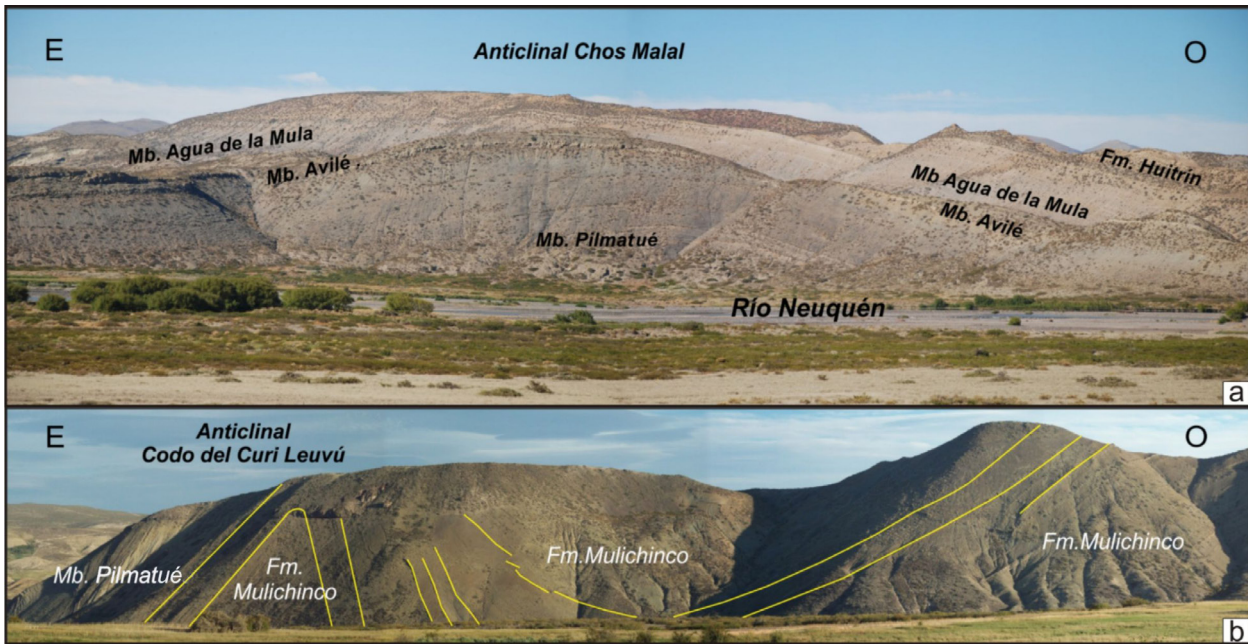


Figura 17. Fotografías panorámicas de pliegues de segundo orden en los alrededores de Chos Malal (modificadas de Sánchez *et al.* 2015). a) Anticinal Chos Malal, al sur del río Neuquén. b) Anticinal y sinclinal Codo del Curi Leuvú, plegando a la Formación Mulichinco.

Los corrimientos Totoras y Las Yeseras forman amplios pliegues, con muy bajos buzamientos en los limbos traseros, que definen una geometría prácticamente monoclinial, reconocibles en superficie por cambios de buzamiento en las capas de la Formación Auquilco (Fig. 19a). En el núcleo del anticlinal Totoras, al norte de la sección, alcanzan a aflorar las pelitas negras del Jurásico Temprano del Grupo Cuyo (Stipanovic 1966, Gulisano y Gutiérrez Pleimling 1995). En el limbo frontal del anticlinal Las Yeseras aflora el Grupo Mendoza, cuyas unidades más resistentes forman un continuo y prominente crestón de capas fuertemente buzantes hacia el este (Fig. 19a).

La estructura de piel gruesa más importante del sector externo de la faja de Chos Malal es el anticlinal Pampa Tril, un braquianticlinal de escala kilométrica y rumbo N-S que en superficie expone en su núcleo a la Formación Mulichinco. Los pozos YPF.Nq.PT.x-1 e YPF.Nq.PT-2 fueron los primeros sondeos exploratorios de la región en 1946 y, aunque no hallaron hidrocarburos en este gran anticlinal, permitieron, junto con la interpretación sísmica, verificar que involucra al basamento y que éste presenta un rechazo vertical del orden de los 4 km respecto a su posición en el antepaís adyacente (Fig. 19b). La estructura en superficie es relativamente simple, ya que el anticlinal Pampa Tril se conecta hacia el este sin perturbaciones con el amplio sinclinal de Huantraico, en el que aflora una espesa secuencia de rocas volcánicas miocenas (Fig. 18). El flanco oriental del

anticlinal está formado por las sucesiones cretácicas, desde la Formación Mulichinco hasta el Grupo Neuquén, con buzamientos moderados de 35°-45° hacia el este. Las vulcanitas miocenas suprayacentes también están plegadas, y localmente se encuentran afloramientos aislados del Grupo Malargüe y otras unidades cenozoicas de escaso espesor (Garrido *et al.* 2012). El limbo oriental del sinclinal Huantraico presenta una muy baja pendiente hacia el oeste, con el Grupo Neuquén y las rocas volcánicas terciarias afectadas por un corrimiento reconocido en las líneas sísmicas pero de escasa expresión superficial (Fig. 19b).

La configuración estructural en subsuelo del frente de deformación de la faja de Chos Malal es bastante más compleja y no es posible observarla con precisión en las sísmicas 2D y 3D del área. Sin embargo, mediante la comparación de las características estructurales mayores con los modelos de Jones (1982) en el frente de deformación de las montañas Rocallosas de Alberta, en Canadá, Ploszkiewicz y Viñes (1987) propusieron la existencia de una zona triangular rellena en profundidad por estructuras tipo *duplex* que repiten parte de las secuencias sedimentarias. Sobre la base de este modelo estructural se realizaron perforaciones que finalmente permitieron el descubrimiento y desarrollo del yacimiento Filo Morado, y posteriormente del yacimiento El Portón unos kilómetros hacia el norte. En estos, el entrapamiento de los hidrocarburos ocurre en apretados anticlinales elongados en sentido N-S con cierre en

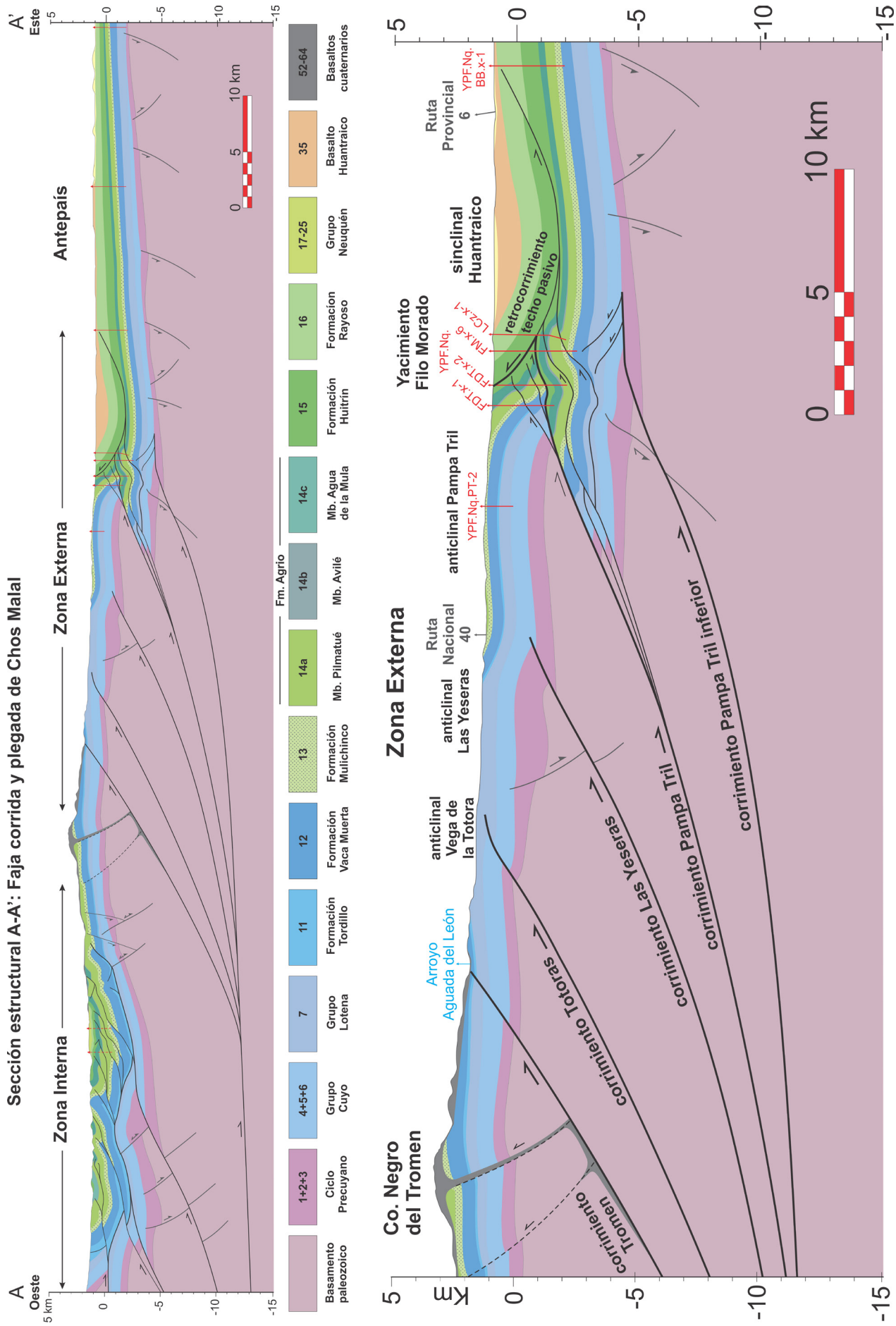


Figura 18. Detalle de la configuración estructural en la Zona Externa de la faja de Chos Malal (basada en Turienzo et al. 2015, 2018, 2020). El corrimiento Pampa Tril es el más importante de la región. Inicialmente habría generado estructuras en la cubierta, como el anticlinal del yacimiento Filo Morado, cortando luego hacia la superficie y compensando su avance de varios kilómetros mediante un retrocorrimiento de techo pasivo (modelo de zona triangular de Ploszkiewicz y Viñes 1987).

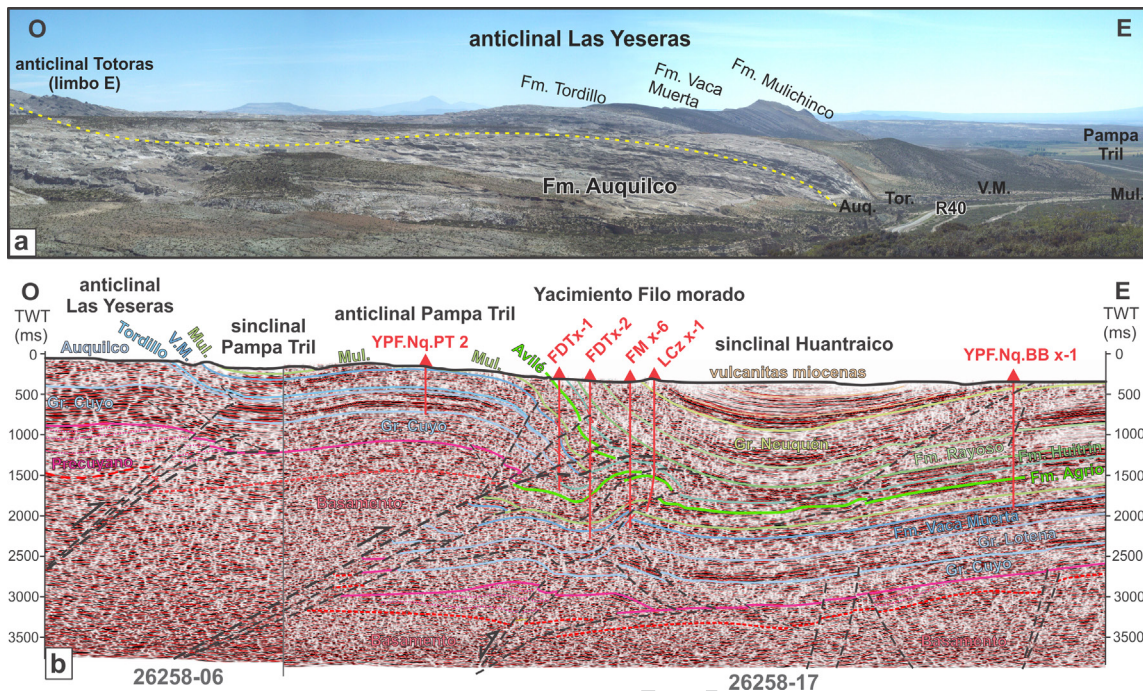


Figura 19. a) Fotografía panorámica del anticlinal Las Yeseras, desde la ruta 40, en el faldeo oriental del volcán Tromen. b) Líneas sísmicas 2D y pozos exploratorios que permiten realizar una interpretación del frente de deformación de la faja de Chos Malal (modificada de Turienzo *et al.* 2018).

las 4 direcciones, con producción en reservorios arenosos tradicionales, como el Miembro Avilé de la Formación Agrio y el Miembro Troncoso Inferior de la Formación Huitrín (Ploszkiewicz y Viñes 1987, Selva *et al.* 2005, Zamora Valcarce y Zapata 2005, Zamora Valcarce *et al.* 2006a). Adicionalmente, las formaciones Vaca Muerta y Mulichinco, fracturadas naturalmente, constituyen también potenciales reservorios (Zapata *et al.* 2001, Fantín *et al.* 2014). A pesar de la relevancia económica de estos yacimientos y los numerosos estudios en el área, no existe aún un consenso acerca del modo en el que el basamento participa de la deformación y de su vinculación con las estructuras desarrolladas en la cubierta sedimentaria. Las primeras reconstrucciones de los anticlinales Las Yeseras y Pampa Tril los interpretaron como amplias escamas de basamento, asociadas a corrimientos que se introducen en la cubierta sedimentaria creando estructuras tipo *duplex*, que se conectan a un despegue de techo en las evaporitas de la Formación Huitrín formando una zona triangular (Ploszkiewicz y Viñes 1987, Ramos y Barbieri 1988, Nocioni 1996). Otros autores consideraron a la gran estructura de basamento de Pampa Tril como un pliegue por flexión en falla modo 2 (Viñes 1989, Kozłowski *et al.* 1996, 1998) o por propagación de falla (Allmendinger *et al.* 2004), con un limbo frontal subvertical, que se desplaza sobre un despegue en la cubierta sedimentaria dando origen al

pliegue de segundo orden que forma los yacimientos. Estudios más recientes interpretan al anticlinal de los yacimientos El Portón-Filo Morado combinando plegamiento por despegue y por propagación de falla y consideran que el alzamiento kilométrico del basamento en Pampa Tril es producto de la inversión tectónica positiva de fallas normales previas (Zapata *et al.* 2001, Zamora Valcarce y Zapata 2005, Zamora Valcarce *et al.* 2006a, Rojas Vera *et al.* 2014, 2015a, b). Finalmente, se ha interpretado un desarrollo más complejo para el anticlinal Pampa Tril, en tres etapas vinculadas a ramificaciones de un gran corrimiento en profundidad (Turienzo *et al.* 2015, 2018, 2020). La primera rama del corrimiento Pampa Tril habría generado una incipiente escama de basamento que transmite el desplazamiento a lo largo de la Formación Auquilco, con lo cual comienza a formarse el anticlinal de segundo orden de Filo Morado (Fig. 18). Una segunda ramificación del corrimiento corta el despegue anterior y se horizontaliza en la base de la Formación Agrio, generando la repetición del Miembro Avilé detectada en el pozo FM x-6. Por último, se produciría fuera de secuencia una tercera rama del corrimiento Pampa Tril que se conecta a las evaporitas del Grupo Bajada del Agrio, cuyo gran desplazamiento es compensado a través de un retrocorrimiento de techo pasivo, configurando una zona triangular, tal como fuera propuesto en algunas de las interpretaciones pioneras de la

región (Fig. 18). Debajo de todas estas estructuras se pudo interpretar en la sísmica, un hemigraben asociado a una falla normal buzante al oeste, levemente invertida (Fig. 19b). Este hemigraben está cortado por el corrimiento Pampa Tril inferior, cuyo desplazamiento hacia adelante es resuelto mediante retrocorrimientos menores que involucran al Grupo Cuyo (Fig. 18). La integración de datos sísmicos y pozos en la zona externa de la faja de Chos Malal revela que en subsuelo las estructuras de piel gruesa (Las Yeseras y Pampa Tril) tienen un marcado rumbo N-S y relieves estructurales variables entre 1 y 4 km, por lo cual se interpretan asociados a sistemas de corrimientos de origen andino (Turienzo *et al.* 2020). Fallas extensionales preexistentes, con rumbo ONO (e.g. lineamiento Cortaderas), actúan como zona de transferencia que producen resaltos y controlan el desarrollo, a lo largo del rumbo, de las estructuras compresivas.

#### FAJA PLEGADA Y CORRIDA DEL AGRIO (SECCIÓN B-B')

La faja del Agrio se desarrolla al sur de la ciudad de Chos Malal, extendiéndose en el ámbito de la Hoja hasta la región de Chorriaca (Fig. 11). Este cinturón de deformación comprende un conjunto de pliegues y corrimientos de rumbo general NNO, con vergencia tanto hacia el este como al oeste, expuestos en una franja submeridiana desde las localidades de El Cholar y El Huecú hasta el dorso de los Chihuidos hacia el este. Aproximadamente a los 37°30'S, sobre la traza de la línea sísmica 15007, se realizó la sección estructural B-B' (Fig. 11). Aunque no hay pozos dispuestos directamente sobre el perfil para conocer la ubicación de algunas unidades en profundidad y sus espesores, se tuvo en cuenta la información de los sondeos aledaños YPF.Nq.PDN.x-1, YPF.Nq.Rq.x-1, YPF.Nq.Hu.x-1 y SJ.Nq.NCh.x-1. La reconstrucción estructural de la sección B-B' (Fig. 20) integra datos relevados mediante mapeo detallado de la zona interna (Lebinson *et al.* 2015, 2018) con estudios de campo y subsuelo efectuados en la zona externa (Turienzo *et al.* 2016, Lebinson *et al.* 2020).

**Zona Interna de la faja del Agrio.** A diferencia de lo que ocurre en la faja de Chos Malal, el basamento paleozoico no aflora en ningún sector de la faja del Agrio. Las unidades más antiguas expuestas en esta faja son las rocas jurásicas de la Formación Los Molles, ubicadas en el núcleo del anticlinal Rahueco al sur del cerro Caicayen (Fig. 11). Esta es-

tructura es un gran anticlinorio doblemente buzante de rumbo normoroeste y unos 13 km de longitud de onda (Lebinson *et al.* 2015). El flanco occidental de este pliegue de primer orden, cuyas características geométricas permiten inferir la participación del basamento en la deformación, tiene un buzamiento de 10°-30° al oeste, mientras que el flanco oriental presenta inclinaciones variables hacia el este, desde 35°-40° en las unidades basales hasta 70°-80° a partir del Grupo Mendoza. Adicionalmente, el Grupo Cuyo en el limbo frontal, está afectado por una serie de retrocorrimientos que producen apretados pliegues de vergencia al oeste.

Hacia el sur, a la latitud de la sección estructural B-B', la principal estructura de primer orden en el sector interno es el anticlinal El Manzano (Fig. 20), con un rumbo NNO y una longitud de onda de ~7 kilómetros. En su núcleo aflora la Formación Tordillo y en los flancos las formaciones Vaca Muerta y Mulichinco, con buzamientos de ~10°-15°OSO en el limbo occidental y ~50°-70°E en el limbo oriental. Esta estructura es interpretada como una gran escama de basamento que ha avanzado hacia el este sobre un despegue en las secuencias incompetentes jurásicas, cuyo empuje produjo la intensa deformación que afecta a la cubierta sedimentaria (Minniti *et al.* 1986, Lebinson *et al.* 2018, Aramendia *et al.* 2019). Al oeste de esta gran estructura se observa el anticlinal El Cholar, con vergencia al este y un bajo relieve estructural que pliega suavemente a las unidades basales del Grupo Mendoza (Fig. 20). El anticlinal Tres Chorros es un apretado pliegue con longitud de onda de ~2-3 km y rumbo norte-sur (Fig. 20), en cuyo núcleo aflora la Formación Vaca Muerta. El flanco oriental tiene altos buzamientos hacia el este, e incluso localmente se encuentra invertido. En el flanco occidental, un retrocorrimiento cabalga parcialmente a la Formación Mulichinco sobre el Miembro Pilmatué de la Formación Agrio. Esta doble vergencia permite interpretar al anticlinal Tres Chorros como una estructura del tipo *pop-up* (Lebinson *et al.* 2018, Aramendia *et al.* 2019). Hacia el este se encuentra el sinclinal Tralalhue (Fig. 20), un amplio pliegue de rumbo N-S a NNO que alcanza un ancho máximo de ~5 km al sursuroeste del cerro Naunauco. En el interior del sinclinal se hallan expuestos los depósitos sinorogénicos del Conglomerado Tralalhue, que yacen en discordancia angular sobre las secuencias mesozoicas plegadas (Ramos 1998, Zamora Valcarce *et al.* 2007). El anticlinal Cerro Pitren de rumbo N-S, con vergencia dominante hacia el este (Fig. 20), tiene una destacada expre-

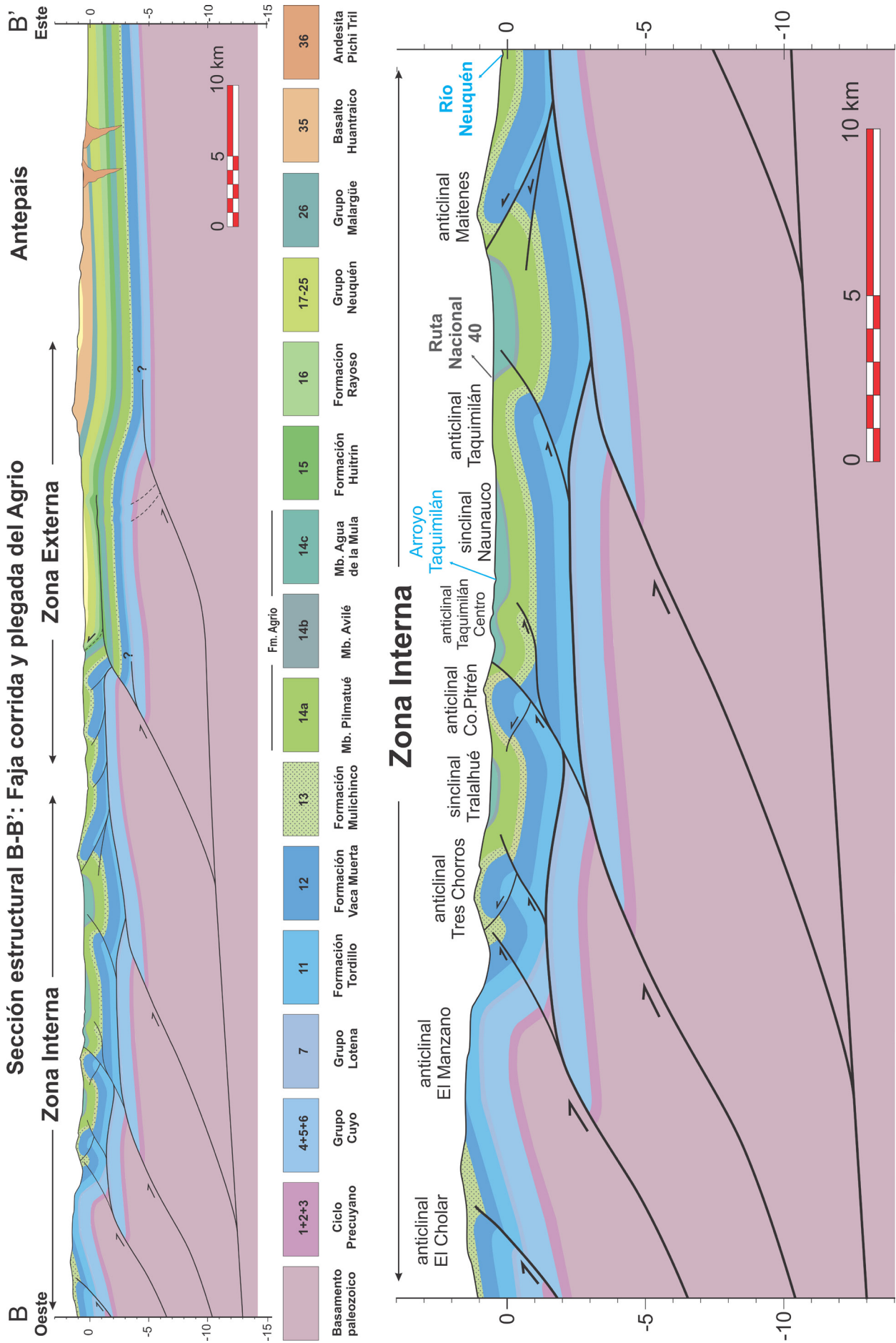


Figura 20. Sección estructural B-B' mostrando el estilo estructural interpretado para la faja del Agrio. Detalle de la Zona Interna (basada en Lebinson et al. 2015, 2018), donde, al igual que en la faja de Chos Malal, los corrimientos en el basamento forman cuñas (1° orden) que se insertan en la cubierta sedimentaria originando pliegues de segundo y tercer orden.

sión geomorfológica (Fig. 21), exponiéndose en su núcleo, los estratos más resistentes de la Formación Mulichinco, mientras que el hundimiento de su eje, tanto al norte como al sur, permite el afloramiento de unidades más jóvenes. El limbo occidental del anticlinal Cerro Pitrén, buza  $25^{\circ}$ - $35^{\circ}$ O, aunque localmente tiene inclinaciones mayores que sugieren una vergencia subsidiaria hacia el oeste. El flanco oriental presenta mayormente buzamientos muy altos e incluso invertidos, y en parte está cortado por un corrimiento que cabalga a la Formación Mulichinco sobre el Miembro Pilmatué de la Formación Agrío, evidenciando una vergencia dominante hacia el este.

De forma contigua al anticlinal Cerro Pitrén se encuentra el anticlinal Taquimilán Centro, de menor relieve y longitud de onda, el que puede ser reconstruido como un pliegue de tercer orden cuyo despegue basal se localiza en las pelitas de la Formación Vaca Muerta (Fig. 20). Esta característica permite vincular el desarrollo de ambos pliegues, considerando que el

anticlinal Cerro Pitrén se formó en una etapa inicial como un pliegue por flexión en falla cuyo desplazamiento sobre el despegue superior dio origen al anticlinal Taquimilán Centro, y que posteriormente una ramificación del corrimiento principal cortó el limbo frontal del anticlinal Cerro Pitrén propagándose hacia la superficie (Lebinson *et al.* 2015). Luego de una zona deprimida donde se encuentra el sinclinal Naunauco, se halla el anticlinal Taquimilán con una clara vergencia oriental dada por buzamientos de  $20^{\circ}$ - $40^{\circ}$ O en su flanco trasero y alrededor de  $60^{\circ}$ - $70^{\circ}$ E en el limbo frontal (Fig. 20). Posee un rumbo NNO y una longitud de onda de  $\sim$ 5-6 km, que permite interpretarlo como un pliegue de segundo orden despegado sobre las evaporitas de la Formación Auquileo (Lebinson *et al.* 2018). Este amplio anticlinal presenta un bajo relieve, pues en su interior aflora principalmente la Formación Agrío y sólo localmente, en una quebrada cercana a la ruta nacional 40, se halla expuesta la Formación Mulichinco (Fig. 22).



Figura 21. Fotografía panorámica del anticlinal Cerro Pitrén.

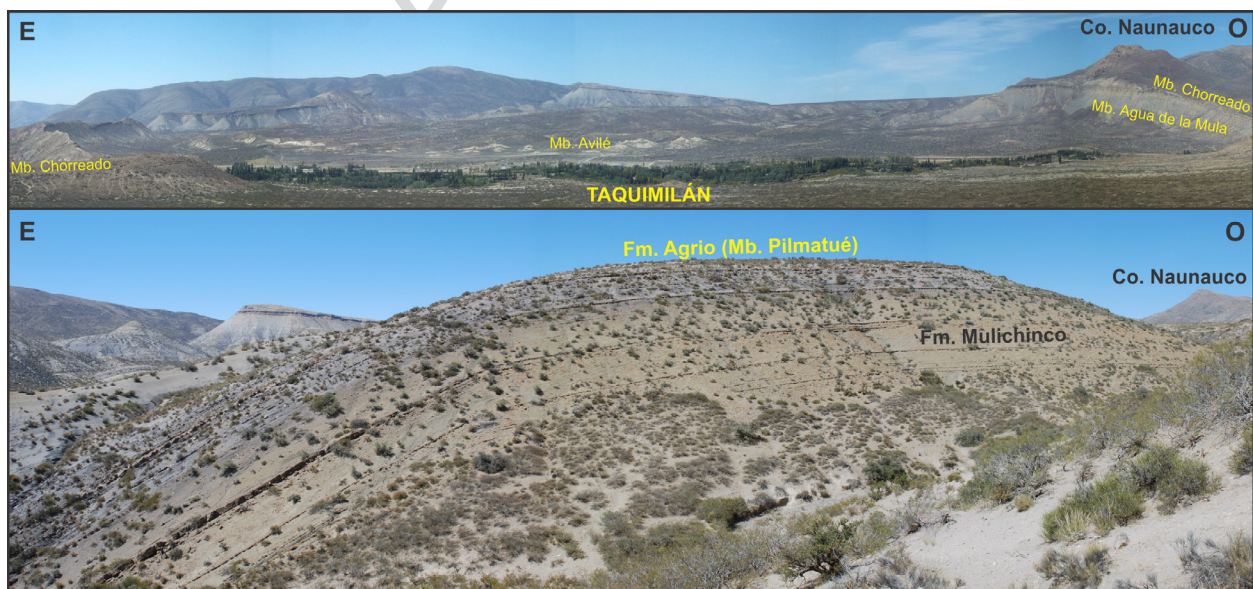


Figura 22. Fotografía panorámica del anticlinal Taquimilán. Detalle del núcleo donde aflora la Formación Mulichinco.

Debajo de los pliegues descritos en la zona interna de la faja del Agrio, se han interpretado dos escamas de basamento asociadas a corrimientos con desplazamientos menores a aquella que forma el anticlinal El Manzano (Lebinson *et al.* 2018). Se debe destacar que estas escamas no se observan en la línea sísmica debido a la mala calidad de la misma, y esta interpretación es una posible configuración que permite explicar un ascenso gradual de las estructuras de basamento y distribuir en tres estructuras de primer orden el acortamiento necesario para generar todas las estructuras de segundo orden en la cubierta sedimentaria (Fig. 20). Uno de los pliegues más destacados asociados a este empuje es el anticlinal Maitenes, ubicado entre la ruta nacional 40 y el río Neuquén. Posee un rumbo NNO y una marcada vergencia al oeste, con buzamientos de  $\sim 20^\circ$  E y  $70^\circ$  O en su limbo trasero y frontal, respectivamente. Una ramificación del retrocorrimiento que forma el anticlinal Maitenes alcanzó la superficie plegando aún más las capas en el limbo frontal (Fig. 20).

**Zona Externa de la faja del Agrio.** Esta región de la faja del Agrio se caracteriza en superficie por presentar pliegues con vergencia occidental que afectan a la cubierta sedimentaria mesozoica, amplios sinclinales que alojan vulcanitas cenozoicas y dos grandes estructuras que involucran al basamento en profundidad y que son interpretadas a partir de líneas sísmicas (Fig. 23). Dentro de las estructuras de piel fina se destacan los anticlinales Río Neuquén, San Eduardo, Veta Neuquén y Curaco, todos con marcada vergencia hacia el oeste (Lebinson *et al.* 2020).

El anticlinal Río Neuquén, con rumbo NNO y un bajo relieve estructural, está mejor desarrollado al sur de la sección estructural B-B' en la margen occidental del río homónimo. En su núcleo aflora el Miembro Pilmatué de la Formación Agrio, destacándose en este sitio la presencia de espesos paquetes de calizas arrecifales (Zavala *et al.* 2014). Posee una longitud de onda de  $\sim 2,5$  km, su limbo occidental buza  $60^\circ$ - $80^\circ$  SO y el oriental  $45^\circ$ - $50^\circ$  NE. El anticlinal San Eduardo, al este del río Neuquén, posee un importante relieve y expone a la Formación Mulichinco en su núcleo (Fig. 24a), de  $\sim 4,5$  km de longitud de onda y rumbo N-S. En la zona de charnela se observan estratos subhorizontales, mientras que en su limbo frontal presenta buzamientos entre  $50^\circ$  y  $80^\circ$  O. El flanco oriental del anticlinal tiene un buzamiento bajo, de  $\sim 15^\circ$ - $25^\circ$  ENE, y forma hacia el este un amplio sinclinal en donde se encuentra la mina abandonada de San Eduardo. En este sector afloran diques de bitu-

men de rumbo NNE a ENE de hasta 4 m de potencia y 300 m de longitud, alojados principalmente en el Miembro Avilé de la Formación Agrio. Dentro de este sinclinal se han mapeado pliegues y repeticiones de orden hectométrico que afectan a toda la Formación Huitrín, en particular a las capas carbonáticas del Miembro La Tosca que están desacopladas sobre las evaporitas infrayacentes y forman estructuras de menor escala (Turienzo *et al.* 2016).

El anticlinal Veta Neuquén, que no es atravesado por la sección estructural B-B', tiene un rumbo N-S y se dispone en forma escalonada (*en echelon*) al sureste del anticlinal San Eduardo, está separado por un apretado sinclinal y en su núcleo aflora el Miembro Pilmatué. Con una longitud de onda de  $\sim 4$  km, su limbo occidental buza  $45^\circ$ - $50^\circ$  O, y el oriental  $25^\circ$ - $35^\circ$  E. El anticlinal Curaco (Fig. 24b), situado al noreste de la mina San Eduardo, expone por encima de los 1.600 m s. n. m., capas de la Formación Mulichinco. Esta misma unidad, en los flancos del pliegue, tiene buzamientos de  $\sim 55^\circ$ - $60^\circ$  O y  $30^\circ$ - $50^\circ$  E. El eje del anticlinal se halla curvado y se hunde abruptamente hacia el sur (Fig. 24b). Todos los pliegues de vergencia occidental en la zona externa de la faja del Agrio se interpretan principalmente como pliegues por propagación de falla, vinculados a retrocorrimientos cuyo despegue basal son las evaporitas de la Formación Auquilco (Lebinson *et al.* 2020). El fuerte nivel de exhumación que muestran estas estructuras de piel fina, principalmente el anticlinal Curaco, se debe a que están situadas en el bloque de techo de una importante escama de basamento ascendida por el corrimiento Las Yeseras (Fig. 23). A diferencia de la zona externa en la faja de Chos Malal, donde el anticlinal de primer orden se observa en superficie (Fig. 19a), las estructuras de piel gruesa en el frente de deformación de la faja del Agrio sólo se reconocen en líneas sísmicas (Turienzo *et al.* 2020). En la sección estructural B-B' se interpreta que el corrimiento Las Yeseras corta hacia la superficie y se horizontaliza en las evaporitas de la Formación Huitrín (Fig. 23). Una parte del desplazamiento sobre este despegue somero permite explicar la generación del anticlinal Ranquiles, mientras que el resto sería acomodado por un retrocorrimiento de techo pasivo creando una zona triangular. En superficie, el frente de esta zona triangular está representado por un extenso crestón formado por capas rojas de la Formación Rayoso y del Grupo Neuquén, con buzamientos moderados hacia el este. A lo largo del rumbo, el contacto entre dichas unidades está frecuentemente desplazado por

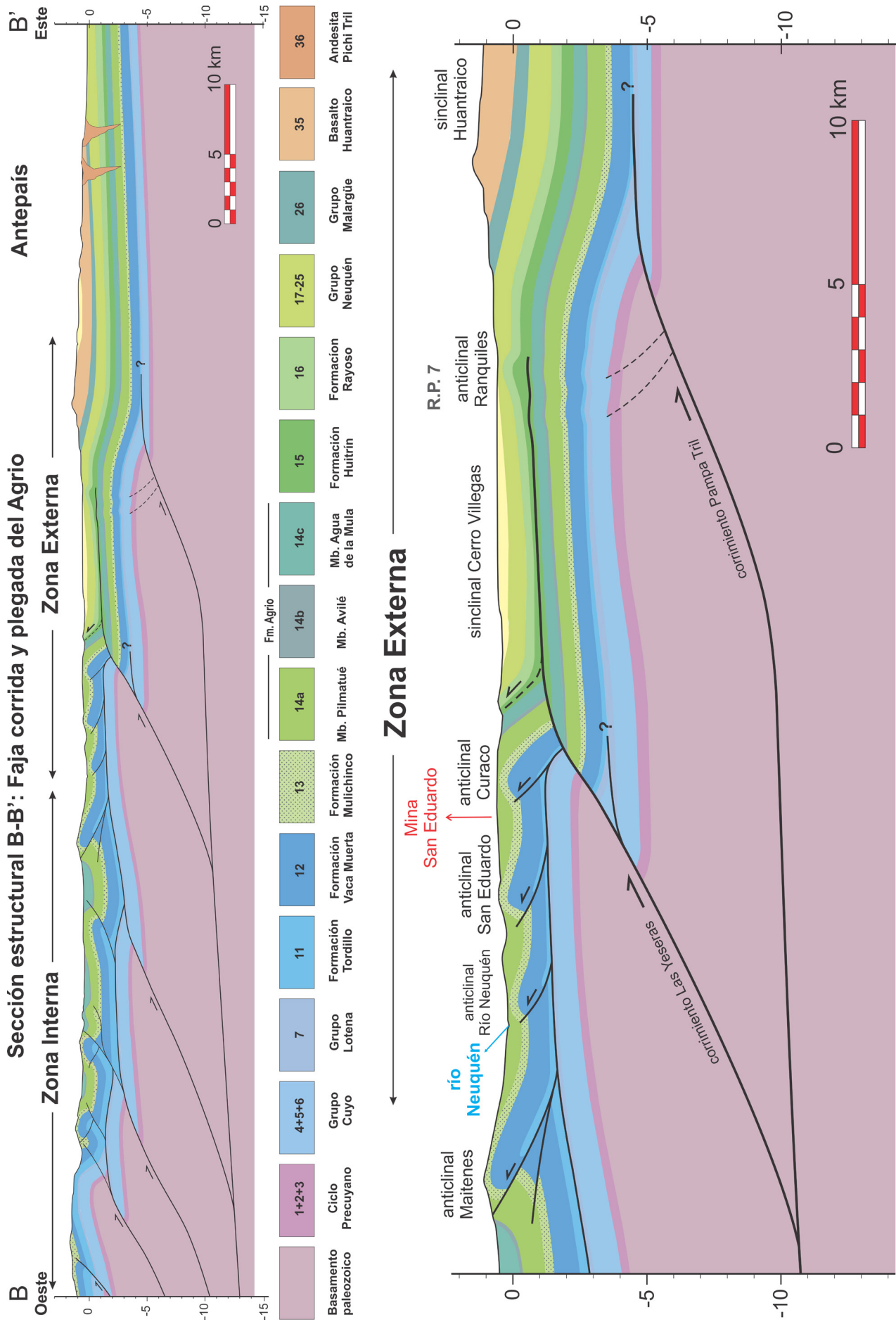


Figura 23. Detalle de la configuración estructural de la zona externa de la faja del Agrio.

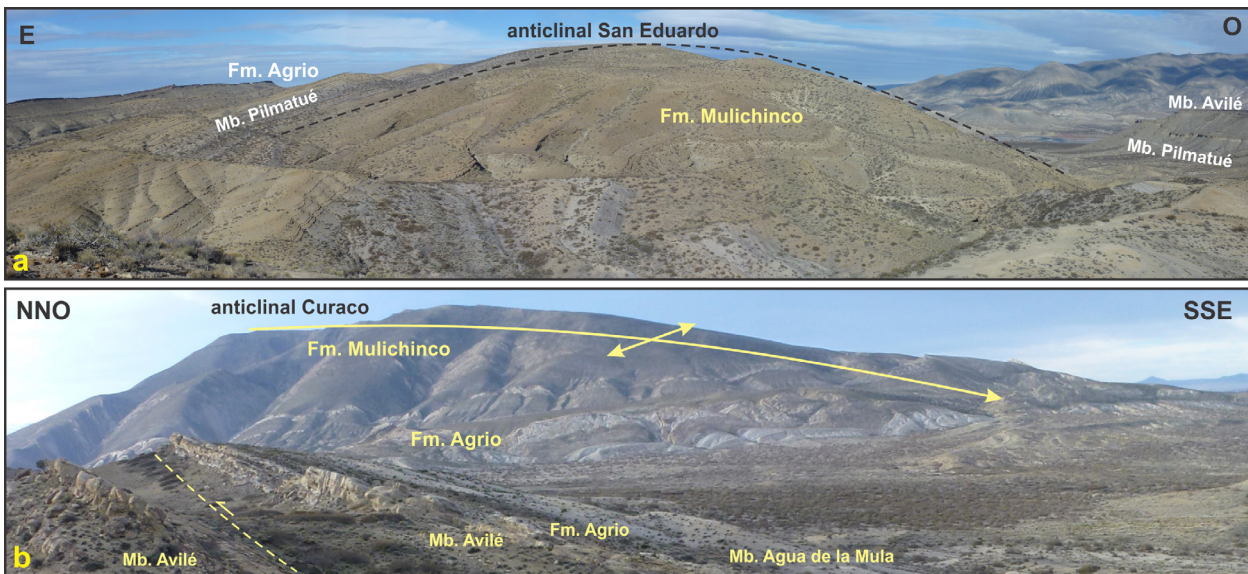


Figura 24. Fotografías panorámicas de dos anticlinales de vergencia occidental expuestos en la Zona Externa de la faja del Agrio. a) Anticlinal San Eduardo. b) Anticlinal Curaco (vista oblicua), con eje fuertemente buzante al sur.

fallas de orientación ~NNE, oblicuas al tren estructural dominante. Este crestón forma el flanco occidental del sinclinal Cerro Villegas (Ramos 1981), un amplio pliegue que hacia el sur de la sección aloja en su interior sedimentitas y vulcanitas cenozoicas. Allí, Zamora Valcarce y Fantín (2005) han descrito e interpretado una serie de retrocorrimientos y pliegues volcados hacia el oeste, que despegan en las evaporitas del Miembro Troncoso superior de la Formación Huitrín e involucran a las unidades suprayacentes. En el frente de deformación de la faja del Agrio, a la latitud de la sección interpretada, se encuentra el sinclinal Huantraico (Fig. 23). Al igual que se observa más al norte, en el núcleo de este sinclinal afloran basaltos miocenos. Basados en información de subsuelo se pudo determinar que el resalto estructural entre el sinclinal Cerro Villegas y el sinclinal Huantraico afecta también a la base de la secuencia sedimentaria mesozoica (Turienzo *et al.* 2020). De esta forma es posible inferir una deformación profunda de piel gruesa, que sería la culminación austral de la escama de basamento asociada al corrimiento Pampa Tril (Fig. 23).

**Acortamientos.** En las últimas décadas se han confeccionado varias secciones estructurales balanceadas a lo largo de las fajas de Chos Malal y del Agrio, muchas de las cuales están en la Hoja (Fig. 25).

En la fajas de Chos Malal, en una transecta clásica que se extiende desde la cordillera del Viento hasta el sinclinal de Huantraico, Booth y Coward (1996) estimaron un acortamiento de aproximadamente 20

% (aunque no muestran una sección restituida). En una sección balanceada de similar ubicación, pero extendida hacia el oeste hasta el límite con Chile, Nocioni (1996) calculó un acortamiento de 72,4 km (34 %). Un poco más al norte, Zapata *et al.* (1999) elaboraron un extenso corte regional, desde la fosa de Loncopué hasta la sierra de Reyes, y determinaron un acortamiento mínimo de ~30 km (que de acuerdo a la longitud de su sección representaría aproximadamente un 17,6 %). En su sección a través de toda la faja de Chos Malal, Rojas Vera *et al.* (2015a) calcularon un acortamiento de 9,5 km (~9,1 %). En la zona interna de dicha faja, desde la cordillera del Viento al volcán Tromen, Sánchez *et al.* (2015) interpretaron cuatro secciones balanceadas que muestran una contracción ligeramente variable desde 16,9 km (29,7 %) al norte, hasta 14,15 km (26,3 %) al sur. Extendiendo estas interpretaciones mediante una sección regional hasta el frente de deformación, Sánchez *et al.* (2018) determinaron un acortamiento de 23,9 km (18,2 %). Finalmente, Turienzo *et al.* (2018) elaboraron dos secciones balanceadas que incluyen tanto la zona interna como la zona externa de la faja de Chos Malal, mediante las cuales se calculó un acortamiento de 24,7 km (18 %) para la sección norte y 22,2 km (16,5 %) para la sección sur. La sección estructural A-A' reconstruida en la presente Hoja (Fig. 26), es coincidente con la sección norte de Turienzo *et al.* (2018) pero de menor longitud, ya que hacia el oeste sólo llega hasta el flanco oriental de la cordillera del Viento, y por esta razón el acortamiento calculado es ligeramente menor (23,8 km), aunque representa un porcentaje mayor de la sección restituida (21 %).

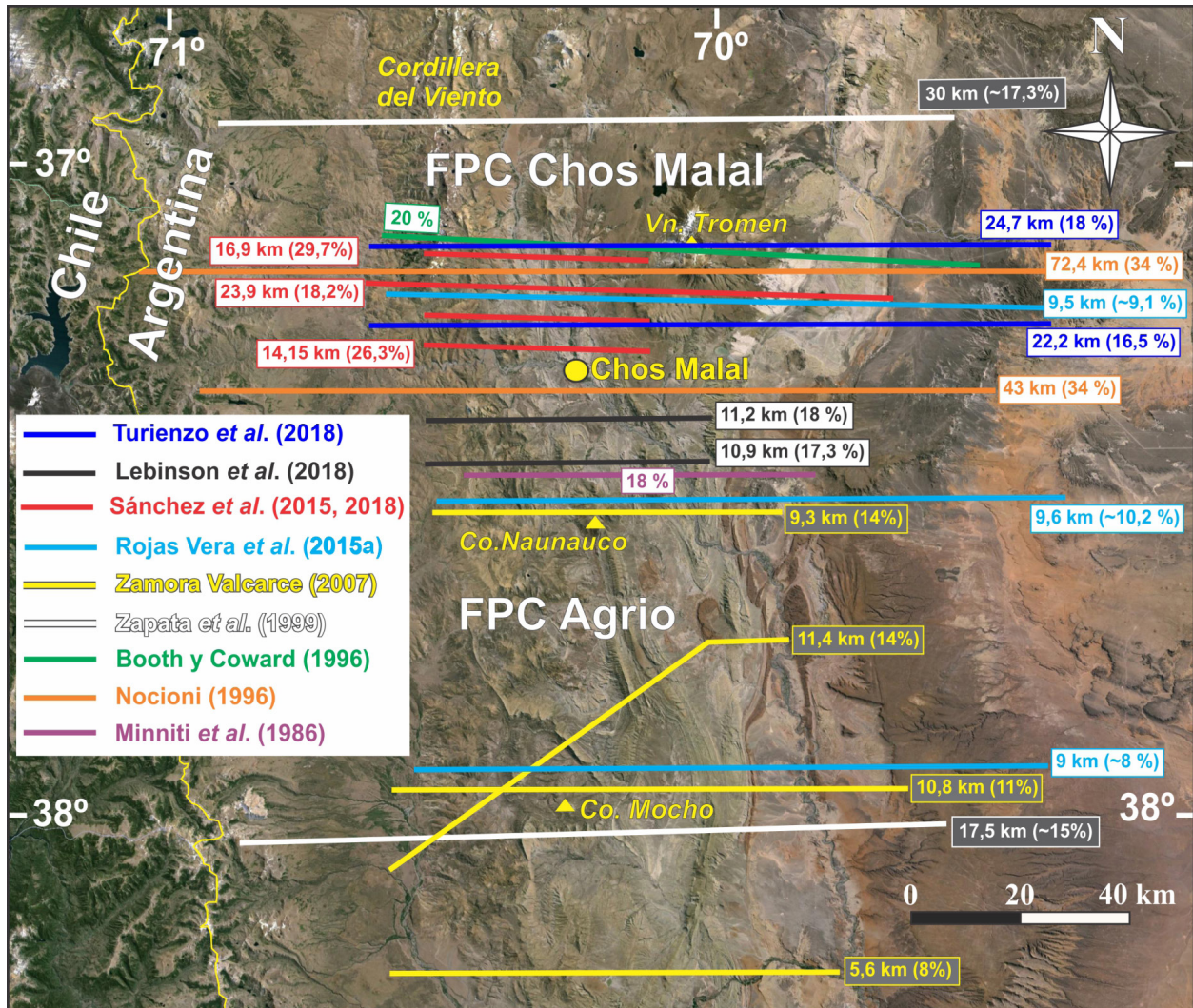


Figura 25. Ubicación de las secciones estructurales balanceadas y sus respectivos acortamientos, confeccionadas por diferentes autores a lo largo de las fajas de Chos Malal y del Agrio (modificada de Lebinson *et al.* 2018).

En la faja del Agrio uno de los primeros cortes estructurales de detalle fue realizado por Minniti *et al.* (1986), quienes determinaron un 18 % de acortamiento (Fig. 25). En el extremo norte de esta faja, cercano al río Neuquén, Nocioni (1996) realizó una extensa sección balanceada calculando un acortamiento de 43 km (34 %). Más al sur, en la región del cerro Mocho, Zapata *et al.* (1999) hicieron una transecta regional desde la fosa de Loncopué hasta el dorso de los Chihuidos en el antepaís y determinaron un acortamiento mínimo de 17,5 kilómetros. Si bien los autores no calcularon el valor porcentual, sobre la base de su sección es posible determinar que dicho acortamiento representa un 10,4 % si se considera el sector oriental sin deformar o un 15 % si se considera solo hasta el sinclinal frontal delante de las últimas estructuras compresivas relevantes. En su tesis doctoral Zamora Valcarce (2007) con-

feccionó secciones balanceadas a lo largo de toda la faja del Agrio, mediante las que obtuvo un acortamiento de 9,3 km (14 %) en la zona norte, 10,8 km (11 %) en la zona central y 5,6 km (8 %) en la porción austral (Fig. 25). Rojas Vera *et al.* (2015a) realizaron cortes estructurales en la región norte y central de esta faja que muestran acortamientos de 9,6 km y 9 km respectivamente, que porcentualmente y considerando las estructuras más orientales mostradas en sus secciones equivaldrían a ~10,2 % y ~8 %. Finalmente, en la región norte de la faja del Agrio, Lebinson *et al.* (2018) elaboraron dos secciones balanceadas cuyos acortamientos son 11,2 km (18 %) y 10,9 (17,3 %). La restitución de la sección estructural B-B' interpretada en la presente Hoja y abarcando las estructuras de la zona interna y externa de la faja del Agrio (Fig. 27), muestra un acortamiento de 16,8 km (19 %).

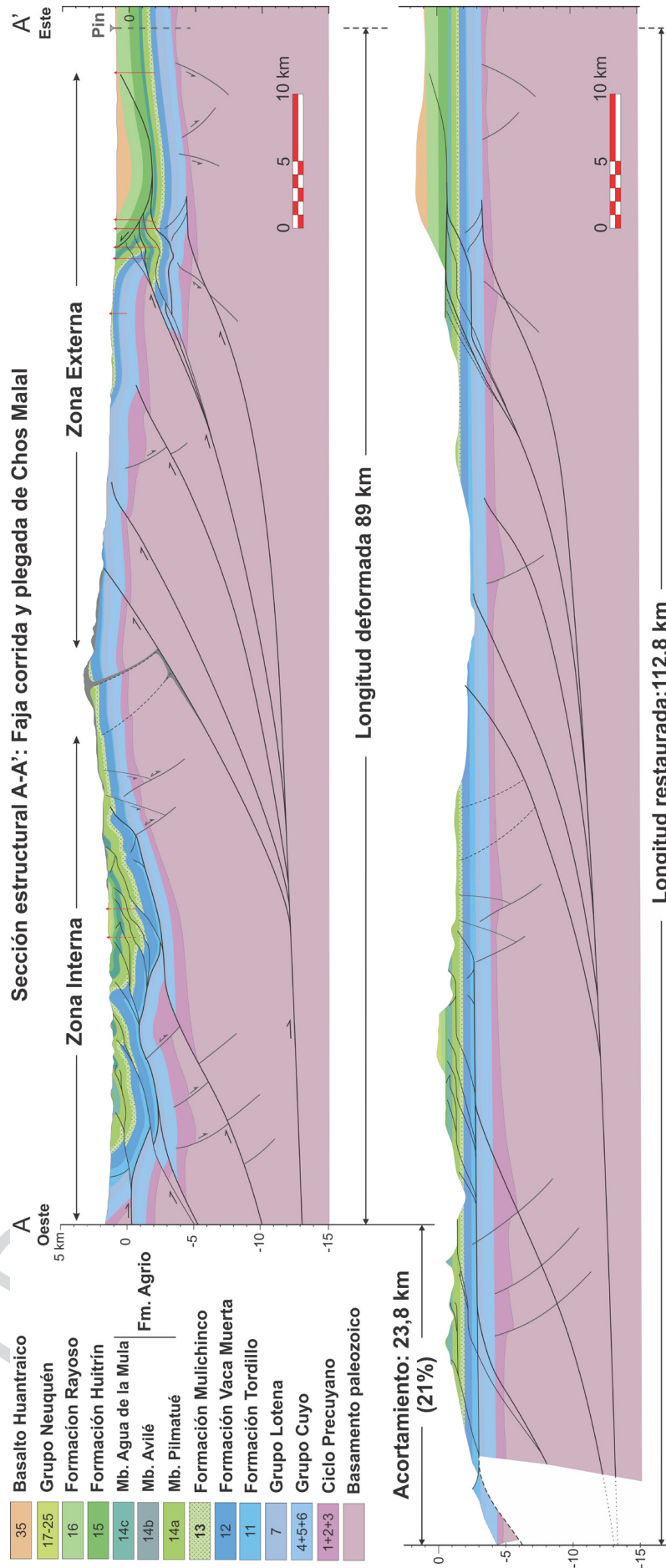


Figura 26. Sección estructural A-A' balanceada, en la faja de Chos Malal.

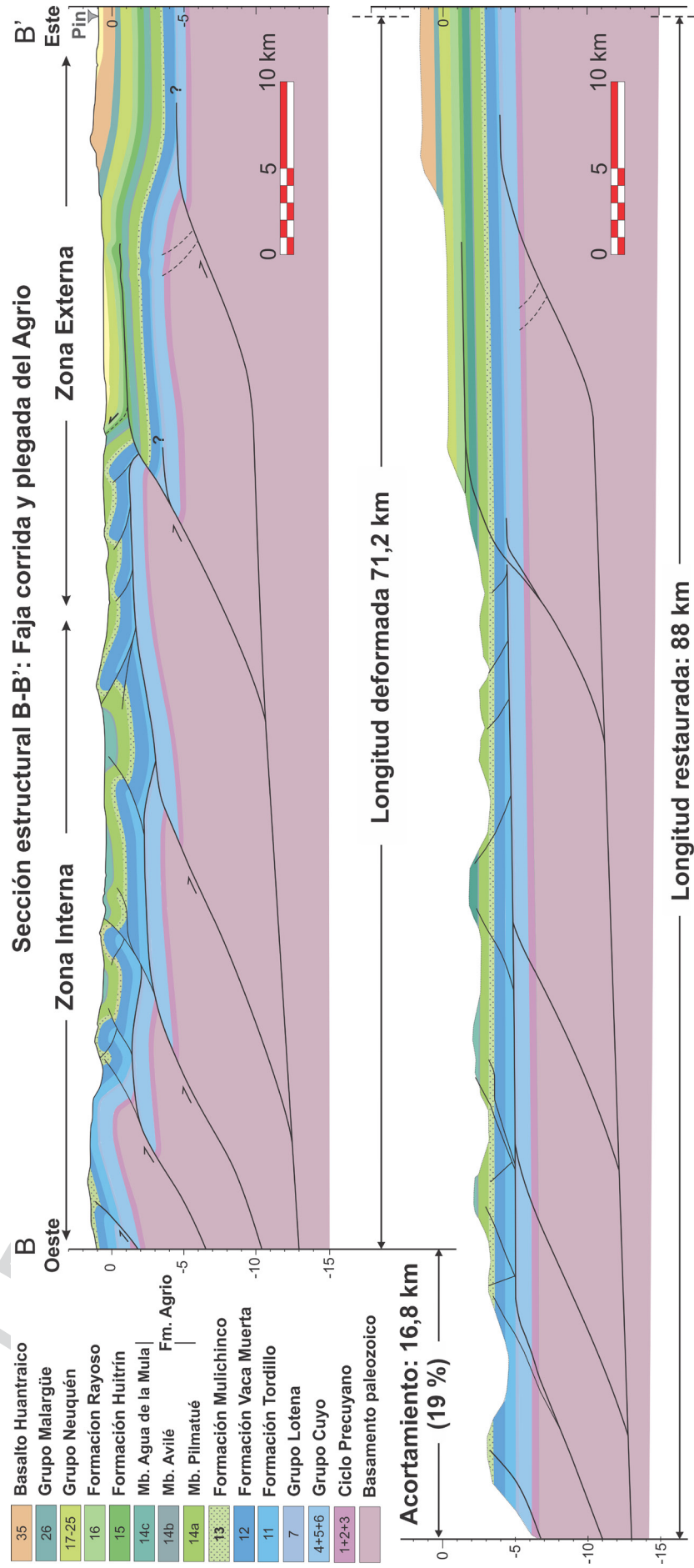


Figura 27. Sección estructural B-B' balanceada, en la faja del Agrio.

Tal como se aprecia en la figura 25, los acortamientos calculados por distintos autores en sectores comparables tanto de la faja de Chos Malal como la del Agrio presentan en algunos casos diferencias importantes. Más allá de posibles variaciones en el número y detalle de las estructuras reconstruidas en las secciones de cada autor, el principal factor que controla estos acortamientos tan disímiles es el modelo estructural adoptado en cada interpretación. Para explicar la deformación de las estructuras mayores involucrando el basamento en esta región de los andes neuquinos se han propuesto dos mecanismos principales. Por un lado, se considera que las estructuras de piel gruesa han sido formadas por la inversión positiva de fallas normales heredadas de la etapa extensional previa en la cuenca, y en este caso los acortamientos resultantes de las secciones estructurales son en general relativamente bajos (Booth y Coward 1996, Zapata *et al.* 1999, Zamora Valcarce 2007, Rojas Vera *et al.* 2015a). Por otro lado, se propone que las estructuras de basamento se vinculan con corrimientos formados en respuesta a la compresión andina, que se desplazan horizontalmente sobre despegues en la cubierta sedimentaria generando una deformación de piel fina, resultando en este caso valores de acortamiento en general mayores (Minniti *et al.* 1986, Nocioni 1996, Kozłowski *et al.* 1998, Turienzo *et al.* 2014, 2018, Sánchez *et al.* 2015, 2018, Lebinson *et al.* 2018). Si bien ambos procesos probablemente coexistan durante la evolución del sector de faja plegada y corrida, la baja calidad de la información sísmica en este ambiente, dificulta notablemente el reconocimiento de la geometría de las estructuras mayores en profundidad y por lo tanto no es posible discernir el aporte relativo de cada uno de estos mecanismos en la construcción del orógeno.

Independientemente de las variaciones relacionadas con el modelo de deformación asumido en las reconstrucciones estructurales, la mayoría de las investigaciones coinciden en que los acortamientos tectónicos en los Andes de Neuquén disminuyen gradualmente de norte a sur. En el ámbito de la Hoja, esta contracción decreciente se refleja en los valores calculados a partir de la restitución de las secciones A-A' y B-B', las cuales muestran un acortamiento de 23,8 km (21 %) en la faja de Chos Malal (Fig. 26) y de 16,8 km (19 %) en la faja del Agrio (Fig. 27). Desde el punto de vista estructural, este acortamiento variable está principalmente relacionado con el desarrollo diferencial que presentan las estructuras de primer orden involucrando al basamento. En la faja

de Chos Malal la superposición de estructuras de piel gruesa en la zona interna permite el afloramiento de las rocas de basamento en la cordillera del Viento y un notable alzamiento del zócalo en la zona externa, que ha generado una importante deformación en el frente orogénico. En la faja del Agrio, las estructuras de piel gruesa en la zona interna presentan un menor relieve estructural, llegando como máximo a exponer las secuencias sedimentarias del Jurásico Temprano en el núcleo del anticlinal Rahuco, mientras que hacia el sur afloran unidades sucesivamente más jóvenes. Las estructuras de basamento en la zona externa de la faja del Agrio tienen un menor desarrollo debido al hundimiento hacia el sur de los anticlinales Las Yeseras y Pampa Tril, lo cual a su vez explicaría la ausencia (reconocidas hasta el momento) de estructuras de piel fina de relevancia en el frente de deformación.

### DORSO DE LOS CHIHUIDOS

El dorso de los Chihuidos (Fig. 11) es una gran estructura braquianticlinal con una extensión de más de 90 km en dirección NNO-SSE y un ancho máximo de 60 km, cubierta mayormente por sedimentitas del Grupo Neuquén, con afloramientos del Grupo Bajada del Agrio en su borde occidental (Fig. 8a) y sectores erodados del núcleo de la estructura. Presenta un perfil topográfico y estructural asimétrico, con descenso suave del relieve hacia el este. Su zona de mayor altura, por encima de los 1.500 m s. n. m., comprende al anticlinal Chihuidos, en tanto que en su borde oeste se destaca el anticlinal Huitrín, el anticlinal Loma de Los Chivos y el sinclinal Cerro Mesa. El límite norte del dorso está bien marcado por el lineamiento Cortaderas de rumbo ONO que lo separa del sinclinal de Huantraico, en tanto que su límite sur lo marca el río Neuquén con un conjunto de estructuras O-E paralelas a la dorsal de Huincul, denominadas El Mangrullo-Sauzal Bonito (Mosquera y Ramos 2006).

Sobre el flanco occidental del dorso, a lo largo de unos 35 km entre la latitud del cerro Mesa e inmediaciones del cañadón que pasa por Las Cortaderas, afloran numerosas fallas normales (Fig. 28a). En su sector norte, donde alcanzan el mayor desarrollo, cubren un ancho de hasta 8 kilómetros. Fueron identificadas en su momento por Ramos (1981) como "zona de tensión Las Salinas". Tienen rumbos entre N0°-340°, siendo dominante el N350°, en coincidencia con la orientación de la traza de la zona de culminación del dorso. Son fallas de diseño

planar y alto ángulo ( $>60^\circ$ ) cuya inclinación oscila en los  $70^\circ$  al este y oeste, siendo común su disposición en juegos conjugados (Fig. 28a). Dos fallas conjugadas en Loma de Los Chivos determinan un graben elongado de unos 13 km de largo y un ancho de 1,3 kilómetros. Las escarpas de falla en general están poco modificadas y estratigráficamente las fallas deforman a las areniscas de la Formación Candeleros y del Miembro Pichi Neuquén de la Formación Rayoso (Fig. 28b), así como a las pelitas y yesos del Miembro Quili Malal, sector donde las fallas tienden a enraizarse y desaparecer (Fig. 28c).

Con respecto a su origen hay varias hipótesis, como la de Ramos (1981) quién las interpreta como producto del movimiento siniestral del lineamiento Cortaderas (Fig. 11), que generaría una zona de tensión al sur del mismo. De acuerdo con Folguera *et al.* (2008), sería parte de la evidencia de la extensión cortical en el retroarco andino durante los últimos 2 Ma. No es ese el caso para Messenger *et al.* (2010), para quienes durante el Plioceno - Cuaternario hubo levantamiento en la región del dorso y en el caso de las fallas normales, se trataría de un fallamiento de piel delgada incompatible con una extensión cortical. Asocian el fallamiento normal al deslizamiento gravitacional en relación a la intrusión de estratos salinos de las formaciones Auquilco y/o Huitrín en estratos superiores (estratigráficamente). Plotek *et al.* (2018) proponen que la erosión y remoción de material en el núcleo del anticlinal Huitrín y la pendiente hacia el oeste generada por el dorso, producirían el colapso extensional y deslizamiento de los bloques fallados sobre un nivel de despegue evaporítico de la Formación Huitrín. Finalmente, su posición a lo largo de la zona de culminación del dorso, también permitiría interpretarlas como fallas normales de charnela en estratos o formaciones reológicamente competentes, asociados al levantamiento vertical del dorso, tal como sugiere Sigismondi (2012).

La estructuración del dorso se habría iniciado en el Cretácico. La edad más temprana es sugerida por Maretto y Pángaro (2005), que indican una incipiente inversión tectónica en el Cretácico Inferior (Berriasiano-Valanginiano inferior) según observaciones en secciones sísmicas 2D semi-regionales. Por otro lado, Zamora Valcarce *et al.* (2009), por medio de análisis de trazas de fisión en apatitas, sugieren que su levantamiento por eventos contraccionales comenzó durante el Cretácico Superior-Paleoceno inferior, y que posteriores levantamientos tectónicos durante el Mioceno fueron los responsables de su configuración estructural actual. Estas estructuracio-

nes se correlacionarían con eventos de somerización de la placa de Nazca (Ramos y Folguera 2005, Zamora Valcarce *et al.* 2009).

Otros autores aportan diferentes interpretaciones sobre su origen. Ramos y Kay (2006) lo consideran un arco de basamento cubierto por rocas sedimentarias del Cretácico Superior, correspondientes a la etapa de cuenca de antepaís. Para Mosquera y Ramos (2006) es una estructura donde se involucrarían bloques de fallas de basamento con una geometría tipo *basement core anticline*, con un *forelimb* oeste más inclinado y un *backlimb* suave hacia el este y su expresión superficial estaría caracterizada por una serie de anticlinales, que serían estructuras de segundo orden. Una interpretación distinta presenta Sigismondi (2012), para quién el dorso representaría un frente no orogénico de gran relieve estructural, con levantamientos diferenciales de tipo flexural, vinculados a anomalías térmico-gravimétricas en escala cortical. Sugiere que los relieves topográficos y estructurales, del orden de los 500 a 700 m, estarían originados en mecanismos no orogénicos tales como un levantamiento térmico suplementario, localizándose las mayores anomalías en el sector norte, en el ámbito de la Hoja. La migración de la deformación de la cuenca Neuquina por mecanismos de respuestas flexurales, tendría así su mejor expresión en la región del dorso. El levantamiento no orogénico del dorso, indicaría que se trata de una región generada por abultamiento periférico (*bulge*) en relación con una cuenca de antepaís ubicada inmediatamente al oeste y representada por la faja plegada y corrida del Agrio.

## EVOLUCIÓN TECTÓNICA Y ESTRUCTURAL

El desarrollo estructural de los Andes en el norte neuquino estuvo controlado por la subducción de la placa de Nazca en el margen occidental de Gondwana desde el Cretácico a la actualidad. Los cambios de velocidad de convergencia relativa y del ángulo de la placa subducida han ejercido una influencia primaria en los procesos magmáticos y la deformación de la placa superior (Ramos y Barbieri 1988, Ramos 1999, Jordan *et al.* 2001, Cobbold y Rosello 2003, Ramos y Folguera 2005, Ramos y Kay 2006, Cobbold *et al.* 2008, Ramos *et al.* 2011, Rojas Vera *et al.* 2015a, Sagripanti *et al.* 2015a). Algunos autores interpretan la formación de los Andes mediante una alternancia entre etapas contraccionales y extensionales, relacionados con períodos de somerización y empinamiento

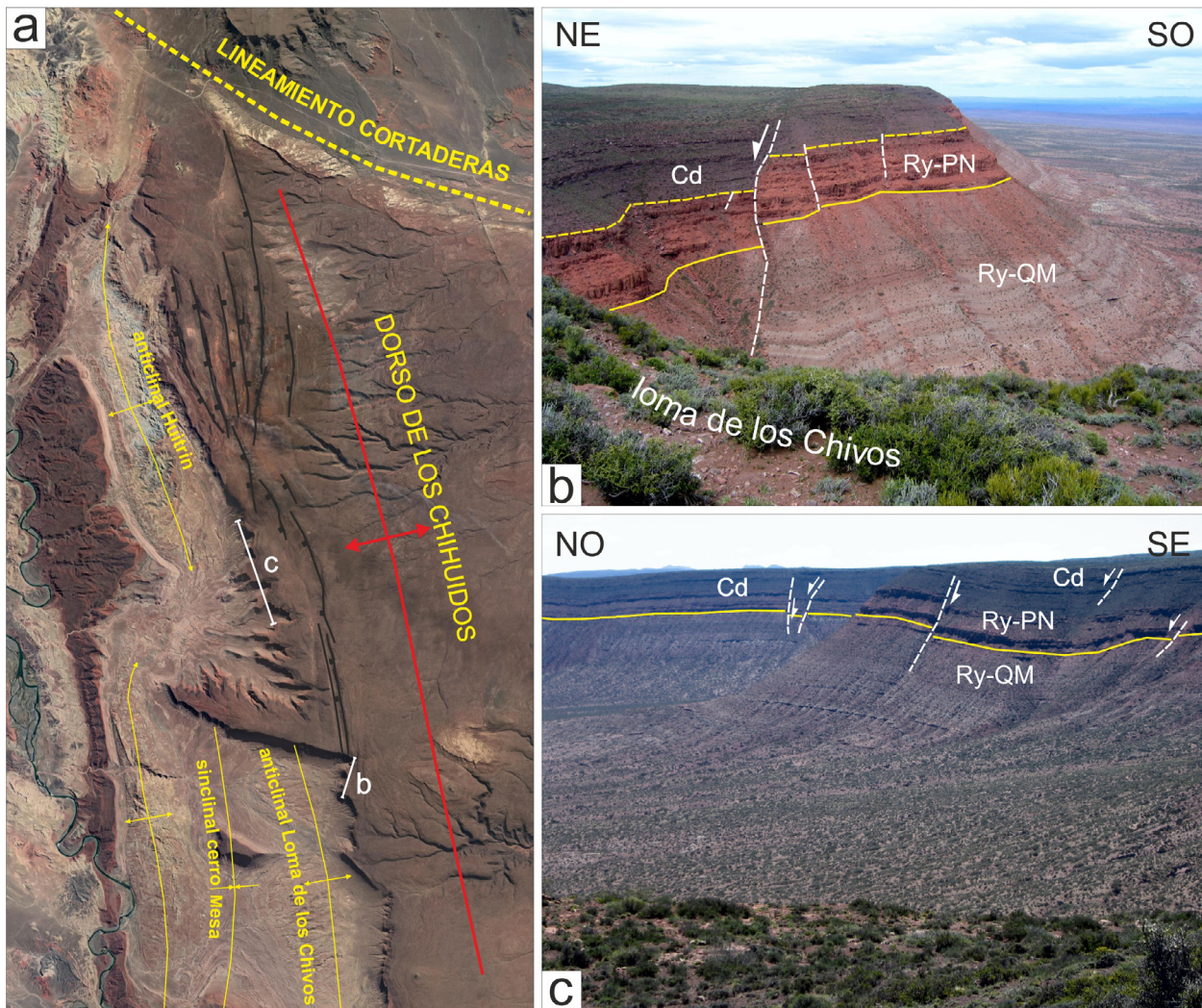


Figura. 28. Fallas normales en el sector occidental del dorso de los Chihuidos. a) Ubicación de las fallas entre la loma de Los Chivos y el cañadón que pasa por Las Cortaderas al norte (Ruta Provincial 7); obsérvese el buen estado de conservación de sus escarpas, sobre todo en su sector norte. b) Fallas normales al sur de loma de Los Chivos (Cd) Formación Candeleros, (Ry-PN) Miembro Pichi Neuquén de la Formación Rayoso, (Ry-QM) Miembro Quili Malal de la Formación Rayoso. c) Fallas normales al norte de la loma de Los Chivos. Ver ubicación de las fotografías b) y c) en la figura a).

de la placa, respectivamente (Kay *et al.* 1999, Folguera *et al.* 2004, 2006, Folguera y Ramos 2009, Ramos *et al.* 2014). La aplicación de este modelo en el norte neuquino ha permitido vincular dos etapas compresivas con la horizontalización de la zona de Benioff durante el Cretácico Tardío-Eoceno y en el Mioceno medio-tardío, y dos etapas extensivas con el empinamiento de la placa durante el Oligoceno tardío-Mioceno temprano y en el Plioceno-Cuaternario (Ramos y Folguera 2005, Zapata y Folguera 2005, Ramos y Kay 2006, Ramos *et al.* 2011). Otros autores, sin embargo, aluden una falta de evidencias de tectónica extensional cenozoica y proponen un campo de esfuerzos compresivos que, aunque con variaciones de intensidad, habría actuado desde el Cretácico Tardío hasta la actualidad (Cobbold y Rossello 2003, Galland *et al.* 2007, Cobbold *et al.* 2008).

Existe un consenso generalizado que la deformación compresiva en el sector occidental de la cuenca Neuquina comenzó en el Cretácico Tardío y que los depósitos del Grupo Neuquén fueron acumulados en una cuenca de antepaís en respuesta al inicio de la orogenia Andina (Cobbold y Rossello 2003, Ramos y Folguera 2005, Tunik *et al.* 2010, Di Giulio *et al.* 2015, Fennell *et al.* 2017). A continuación, se describirá la evolución tectosedimentaria y estructural del área de la Hoja. Para analizar y describir la evolución de las estructuras durante la orogenia andina consideraremos la sección A-A' en la faja plegada y corrida de Chos Malal, donde la integración de estudios estructurales con datos geocronológicos y termocronológicos ha permitido construir un detallado modelo cinemático (Sánchez *et al.* 2018, 2020, Turienzo *et al.* 2018).

a) *Triásico Superior - Jurásico Medio (Bajociano)*. Corresponde a la etapa de *rifting* inmediatamente anterior y parcialmente coetánea con los inicios del relleno marino de la cuenca. Incluye los depósitos de *sinrift* del Ciclo Precuyano y aquellos correspondientes a los inicios de la Formación Los Molles. Las unidades del Ciclo Precuyano depositadas en cuencas con diseño de hemigraben se asientan sobre un basamento Gondwánico conformado por el Grupo Andacollo del Carbonífero y rocas eruptivas del Pérmico-Triásico Inferior (Llambías *et al.* 2007, Giacosa *et al.* 2014). Los extensos afloramientos del ámbito de la cordillera del Viento son parte del sistema extensional Tres Chorros (Vergani *et al.* 1995). El *rifting* del Triásico Superior en la cordillera del Viento estuvo controlado por estructuras de orientación ONO a NO, segmentadas por estructuras menores NE (Sagripanti *et al.* 2014) o bien por fallas N-S y O-E como en Chorriaca (Leanza *et al.* 2006). Las fallas principales de los hemigrábenes son buzantes al este y estarían asociadas a un despegue basal, cuya profundidad es desconocida (Turienzo *et al.* 2018).

b) *Jurásico Medio (Bathoniano) - Cretácico Inferior (Albiano)*. Durante el intervalo de depositación de los grupos Cuyo, Lotena, Mendoza y Bajada del Agrio prevalecieron condiciones de hundimiento termal, si bien con algunos episodios de inversión tectónica que produjeron relieves moderados y cambios del régimen de sedimentación y que están expresados en varias discordancias (Leanza 2009). La mayor estructuración asociada a las fases de inversión tectónica positiva estuvo localizada en la dorsal de Huinul. La distribución y espesor de las sedimentitas del tramo inicial de la Formación Los Molles continúa siendo controlada por el régimen extensional desarrollado durante la etapa anterior, en tanto que los tramos posteriores están dominados por condiciones de una subsidencia termal que afecta gran parte de la cuenca Neuquina. A partir del Calloviano, la fase de inversión tectónica Intracalloviana, expresada en la discordancia Loténica, marca un cambio en las condiciones de sedimentación, caracterizada por depósitos fluviales sinorogénicos. A continuación, la fase de inversión tectónica Intermálmica, de mayor importancia regional, está ubicada en la base del Grupo Mendoza con la discordancia Araucánica. Luego, a finales del Tithoniano inferior se desarrolla la máxima expansión marina registrada en la cuenca Neuquina, con los depósitos de la Formación Vaca Muerta, que es nuevamente interrumpida por la inversión tectónica Intravalanginiana, que da lugar a la discordancia Huncálica en

la base de la Formación Mulichinco. Esta etapa de subsidencia generalizada continúa durante el resto del Cretácico Inferior, con episodios alternantes de inundación marina y somerización, que finalizan con depósitos clásticos y evaporíticos.

La figura 29a muestra la etapa inicial del modelo estructural donde se reconstruye la configuración de este sector de la cuenca Neuquina. Se aprecia el basamento paleozoico afectado por fallas normales con buzamientos dominantes al este, y los depósitos de *sinrift* asociados, que están cubiertos discordantemente por las sucesiones sedimentarias del Jurásico y Cretácico.

c) *Cretácico Superior (Cenomaniano) - Oligoceno*. A partir del Cenomaniano inferior, en el inicio de la estructuración de las fajas plegadas y corridas de Chos Malal y del Agrio, durante la orogenia Patagónica, comienza una etapa de sedimentación sinorogénica continental, asociada a la creación de significativos relieves estructurales. Como consecuencia, los depósitos del Grupo Neuquén cubren a los precedentes mediante la discordancia Patagónica. La sedimentación del Grupo Neuquén continúa hasta el Campaniano inferior, cuando sobreviene la discordancia Huantraíquica (64 Ma) que desvincula por primera vez a la cuenca Neuquina de la vertiente pacífica y da lugar al desarrollo del Grupo Malargüe. Los depósitos continentales Rodados Lustrosos y Formación Rincón Escondido, de probable edad Eoceno tardío a Oligoceno de la sierra de Huantraico, se depositaron en discordancia sobre un paleorelieve elaborado sobre sedimentitas pre-eocenas y se ha vinculado su origen con una deformación premiocena (Garrido *et al.* 2012).

La evolución estructural de la faja plegada durante esta etapa tiene lugar en su sector interno. En el plutón de Varvarco, situado en el sector noroccidental de la cordillera del Viento, Kay *et al.* (2006) obtuvieron una edad  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  en biotitas de  $69,09 \pm 0,13$  Ma que interpretan como de enfriamiento asociado al levantamiento de dicha estructura. En muestras provenientes del ciclo Precuyano y del Grupo Cuyo en la región sudeste de la cordillera del Viento, Sánchez *et al.* (2018) realizaron análisis de U-Th/He en zircones (Z-He), cuya temperatura de cierre es de  $180 \pm 20$  °C, y determinaron edades entre  $72,2 \pm 2,8$  y  $66 \pm 6,1$  Ma. Esto permite acotar una primera etapa de contracción entre el Cretácico Tardío y el Paleoceno, en la que habría comenzado la estructuración del flanco occidental de la cordillera del Viento mediante la inversión parcial de las fallas normales preexistentes y con la generación

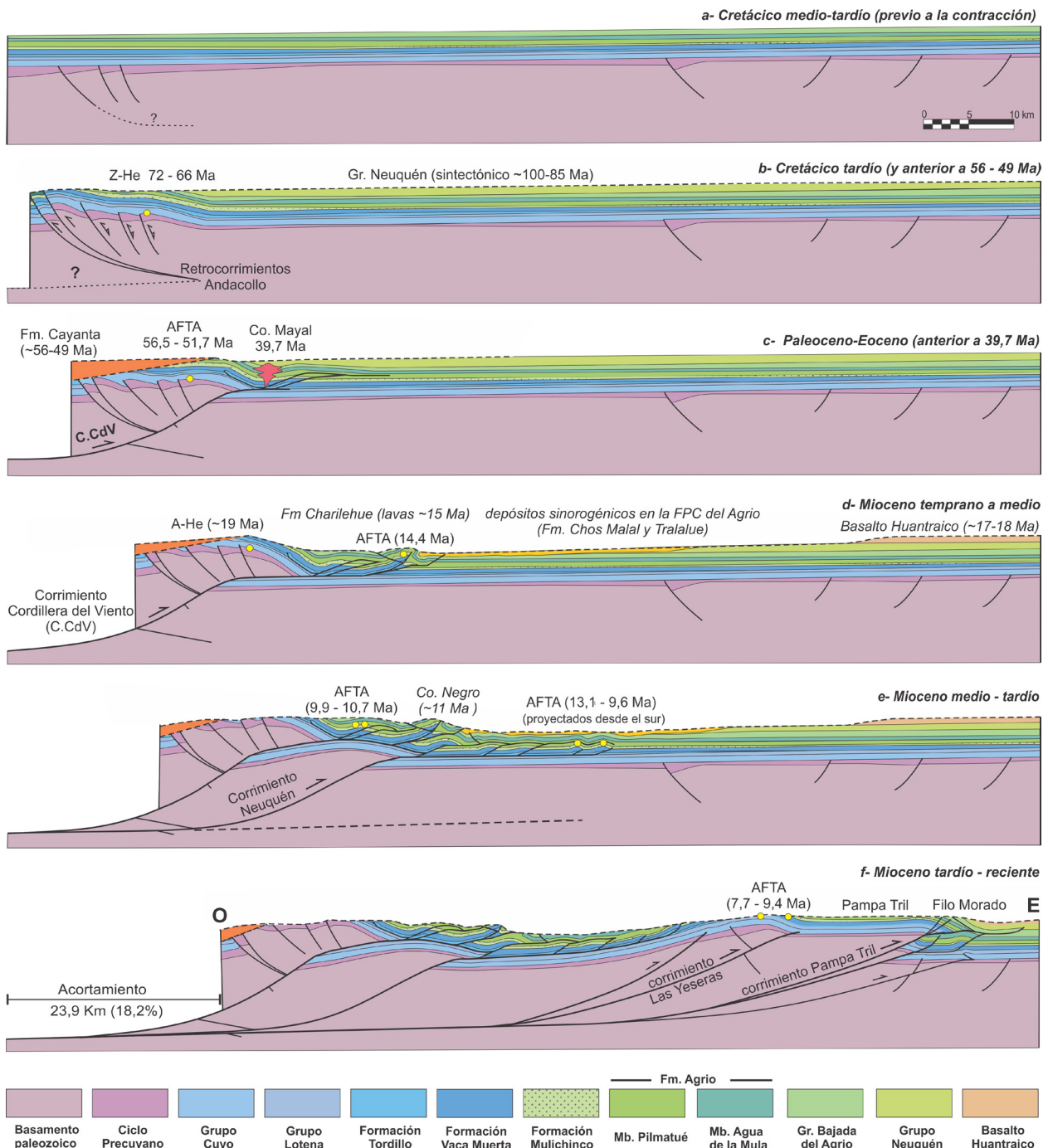


Figura 29. Evolución estructural de la faja de Chos Malal (modificada de Sánchez *et al.* 2018, Turienzo *et al.* 2018) sobre la base de la relación entre las estructuras de piel gruesa y piel fina y los datos geocronológicos de rocas ígneas (Jordan *et al.* 2001, Cobbold y Rosello 2003, Spagnuolo *et al.* 2012 y Güreter *et al.* 2015, entre otros) y termocronológicos (AFTA, Z-He y A-He) obtenidos por Sánchez *et al.* (2018).

del sistema de retrocorrimentos Andacollo (Fig. 29b). El anticlinorio de la cordillera del Viento tendría una marcada vergencia occidental, similar a la que presentan en la actualidad los anticlinales Pampa Palauco y Ranquil-Co en la faja de Malargüe (Giambiagi *et al.* 2009, Silvestro y Atencio 2009). Las rocas volcánicas de la Formación Cayanta (Rapela y Llambías 1985), con edades  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  y trazas de fisión en zircones de  $56.9 \pm 1.1$  y  $48.9 \pm 2.7$  Ma,

respectivamente (Jordan *et al.* 2001), cubren discordantemente al basamento paleozoico exhumado en la región de Andacollo y a las rocas mesozoicas hacia el sur. Estas estructuras retrovergentes son posteriormente cortadas por el corrimiento Cordillera del Viento, el que se inserta en la cubierta sedimentaria y mediante un mecanismo de plegamiento por flexión en falla produce una geometría de cuña en el flanco oriental de la cordillera del Viento (Fig. 29c). Esta

cuña de basamento o estructura de primer orden, se desplaza hacia el antepaís sobre las evaporitas de la Formación Auquilco al tope del Grupo Lotena y genera pliegues de segundo orden que involucran al Grupo Mendoza. Al sur de la zona de estudio, el intrusivo del cerro Mayal, que tiene una edad  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  de  $39.7 \pm 0.2$  Ma (Cobbold y Rosello 2003), intruye y desplaza los ejes de estos pliegues de segundo orden (Sánchez *et al.* 2015). Esto evidencia que dicha etapa de contracción habría ocurrido con anterioridad al Eoceno tardío.

d) *Oligoceno superior - Mioceno inferior*. Este intervalo de carácter extensional, se caracteriza por la presencia de un volcanismo de intraplaca que en la Hoja tiene sus mejores exposiciones en la sierra de Huantraico (Ramos y Barbieri 1988, Kay *et al.* 2006, Garrido *et al.* 2012).

e) *Neógeno - Pleistoceno*. Nuevas deformaciones contraccionales a partir del Mioceno medio (Fase u Orogenia Quechua) transportan láminas de basamento hacia el antepaís. La estructura de la cordillera del Viento continuó exhumándose en el Neógeno y generó nuevas estructuras en la cubierta sedimentaria (Fig. 29d). Análisis de U-Th/He en apatitos (A-He), cuya temperatura de cierre es de  $70 \pm 20$  °C, arrojaron edades de  $30.3 \pm 5.8$  y  $19.4 \pm 2.3$  Ma (Sánchez *et al.* 2018). Por otro lado, en el sector norte de la faja de Chos Malal, las secuencias volcánicas de la Formación Charilehue presentan en su sección superior edades  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  de  $14.8 \pm 2.8$  Ma y  $14.51 \pm 0.12$  Ma (Spagnuolo *et al.* 2012), y se encuentran plegadas indicando contracción durante el Neógeno (Folguera *et al.* 2007). En el anticlinal Las Máquinas, una de las estructuras de piel fina más destacadas de este sector (Fig. 29d), se obtuvo una edad de enfriamiento mediante trazas de fisión en apatitos (AFTA) de  $14.4 \pm 2$  Ma (Sánchez *et al.* 2018). Al sur de la sección estructural ilustrada, ya en el ámbito de la faja del Agrio, se han acumulado secuencias sinorogénicas miocenas relacionadas con esta etapa de contracción representadas por el Conglomerado Tralalhue (Ramos 1998, Leanza *et al.* 2006) y la Formación Chos Malal (Cervera y Leanza 2009). La continuidad de la compresión dio origen al corrimiento Neuquén formando una nueva cuña de basamento en profundidad, cuyo desplazamiento hacia el este permite la formación de nuevas estructuras en la cubierta sedimentaria (Fig. 29e). En muestras de la Formación Mulichinco ubicadas sobre esta segunda estructura de piel gruesa, la población más joven de edades AFTA tiene entre  $9.9 \pm 1.4/3.4$  Ma y  $10.7 \pm 1.7/2.1$  Ma (Sánchez *et al.* 2018). En

las estructuras de más al este, muestreadas en la región de la loma Tilhué, las edades AFTA obtenidas por Sánchez *et al.* (2018) son de  $13.1 \pm 2.0/2.3$  Ma y  $9.6 \pm 3.1/4.6$  Ma. El anticlinal Las Máquinas fue intruido por un conjunto de diques y filones que forman el cerro Negro, con edades U-Pb de  $11.55 \pm 0.06$  Ma y  $11.63 \pm 0.2$  Ma respectivamente, interpretados como emplazados de manera coetánea con los esfuerzos compresivos (Gürer *et al.* 2015). Todos estos datos geocronológicos y estructurales indican que el sector interno de la faja de Chos Malal sufrió una importante deformación compresiva hasta el Mioceno medio-tardío (Fig. 29e).

Siguiendo una secuencia normal de deformación, la configuración del orógeno prosiguió mediante nuevos corrimientos hacia el antepaís, creando grandes estructuras que involucran al basamento, como los anticlinales de Las Yeseras y Pampa Tril (Fig. 29f). Las secuencias volcánicas de retroarco de la región de Huantraico, con edades  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  de 17-18 Ma (Kay y Copeland 2006, Dyhr *et al.* 2013), están plegadas aunque también lo están algunas unidades clásticas suprayacentes sugiriendo una deformación durante el Mioceno tardío (Garrido *et al.* 2012). Las edades AFTA obtenidas en el bloque de techo del corrimiento Las Yeseras son de  $9.4 \pm 1.7/2.2$  y  $7.7 \pm 0.9/1.0$  Ma, con la aclaración que el levantamiento responsable del enfriamiento de las rocas muestreadas podría deberse al desarrollo del corrimiento Pampa Tril, pues es la estructura con mayor desplazamiento del sector (Sánchez *et al.* 2018). Estas edades indican que las estructuras del sector externo de la faja de Chos Malal se formaron en el Mioceno medio-tardío (Fig. 29f).

La sedimentación sinorogénica asociada está relacionada con los depósitos de las formaciones Puesto Burgos, La Visera y La Tiza, entre otras. También se asocia a esta fase contraccional el levantamiento del dorso de los Chihuidos, entre los 11 y 6 Ma (Zamora Valcarce *et al.* 2009).

Si bien la configuración final del sector externo de la FPC de Chos Malal se habría alcanzado en el Mioceno tardío a Pleistoceno, en el ámbito de la Hoja se ha observado una importante actividad neotectónica, principalmente afectando a las secuencias volcánicas plioceno - cuaternarias en los alrededores del volcán Tromen, aunque no existe un consenso generalizado acerca de cuál fue el régimen tectónico imperante. Entre las posibles hipótesis, se ha propuesto la existencia de un régimen extensional en base a la observación de fallas normales en las proximidades del volcán Tromen (Folguera

*et al.* 2006, 2008, Kay *et al.* 2006, Ramos y Folguera 2005, Gianni *et al.* 2014). Alternativamente, Cobbold y Rossello (2003), Galland *et al.* (2007) y Messenger *et al.* (2010) sugieren una tectónica local bajo un campo de esfuerzos compresivos a partir del plegamiento y fracturación observado en las coladas provenientes del volcán Tromen y la elevación de las terrazas del río Neuquén. Una tercera interpretación evalúa la coexistencia de ambos tipos de estructuras proponiendo desplazamientos laterales y un cierto grado de partición de la deformación (Backé *et al.* 2006, Sagripanti *et al.* 2015b, 2017).

## 4. GEOMORFOLOGÍA

### INTRODUCCIÓN

La superficie de la Hoja posee un paisaje que muestra, a grandes rasgos, la fuerte influencia que le imprimen al relieve las unidades morfoestructurales presentes, entre las que se destacan la precordillera Neuquina Norte, las fajas plegadas y corridas de Chos Malal, del Agrio y de Malargüe, la altiplanicie del Tromen y el dorso de Los Chihuidos. En el esquema regional geomorfológico predominan paisajes dominados por rocas sedimentarias mesozoicas con disímil grado de deformación según sea el sector de la Hoja que se analice. Por un lado, una franja occidental muy estructurada como consecuencia de una tectónica compresiva que derivó en un paisaje de serranías anticlinales y valles sinclinales, con desarrollo de crestas y cuevas; por otro, un sector oriental con un paisaje conformado por una alternancia de estratos subhorizontales a levemente inclinados de diferente competencia a la erosión. En este sector se destaca la morfoestructura del dorso de Los Chihuidos, un antiformal de grandes dimensiones de rumbo aproximado norte-sur, que ocupa desde el sinclinal de Huantraico por el norte, hasta la zona de Paso de los Indios a orillas del río Neuquén, fuera del ámbito de la Hoja, por el sur.

Completan el paisaje descripto, una variada sucesión de rocas volcánicas producidas durante la intensa actividad efusiva y explosiva iniciada a comienzos del Paleógeno y que se extendió hasta el Holoceno. La denudación previa, de la que resulta el paisaje actual, es el resultado de una compleja interacción entre procesos morfodinámicos endógenos y exógenos. Esto derivó en un relieve de tipo compuesto, influenciado principalmente por los sucesivos cambios climáticos acaecidos durante el

Cuaternario, acompañado por la acción de las fuerzas erosivas que alternaron con épocas de intenso volcanismo.

Sobre el relieve preexistente actuaron múltiples procesos subaéreos que han estado modelando el paisaje hasta el presente, dando origen a diferentes unidades geomórficas. La acción fluvial, la intensidad y tipo de las precipitaciones, la gravedad, el volcanismo, la sismicidad, la acción eólica y de forma muy reducida el accionar antrópico han condicionado el modelado del paisaje. Se pueden encontrar relieves en plena juventud hasta aquellos con una madurez incipiente desarrollados bajo condiciones de un clima árido a semiárido. Las condiciones climáticas reinantes en la región actúan en mayor o menor medida acorde al gradiente de altura que disminuye de oeste a este, a excepción del campo volcánico Tromen (4.114 m s. n. m.) caracterizado por importantes nevadas.

En el extremo noroeste de la Hoja se halla el faldeo oriental de la morfoestructura de la cordillera del Viento, un paisaje geomorfológico de significativa importancia constituido por un braquianticlinal rejuvenecido en segundo ciclo, que ha sido descrito en las hojas 32b, Chos Malal (Zöllner y Amos 1973) y 3772-IV, Andacollo (Rovere *et al.* 2004).

A continuación, se propone una distinción morfogenética de los paisajes, de acuerdo a con los procesos endógenos y exógenos que le dieron origen, en tanto que su representación superficial puede verse en el mapa geomorfológico (Fig. 30).

### GEOFORMAS DERIVADAS DE PROCESOS ENDÓGENOS

Las unidades geomórficas generadas por la morfogenia volcánica durante el Cenozoico en el ámbito de la Hoja responden a actividades explosivas y efusivas. Además, las hay de carácter construccional, como los campos lávicos, coladas, conos y domos, y destruccionales como las calderas y cráteres. Ambos tipos suelen hallarse asociados.

**Paisajes de campos volcánicos, domos, conos y coladas.** Los campos volcánicos ocupan amplias extensiones de un paisaje volcánico e incluyen diversas geofformas entre las que se destacan domos, coladas de relieve superficial regular y conos que sobresalen sobre la superficie que conforman las coladas.

Se destacan los campos volcánicos Tromen y Auca Mahuida sobreimpuestos sobre planicies estructurales lávicas degradadas de edad neógena.

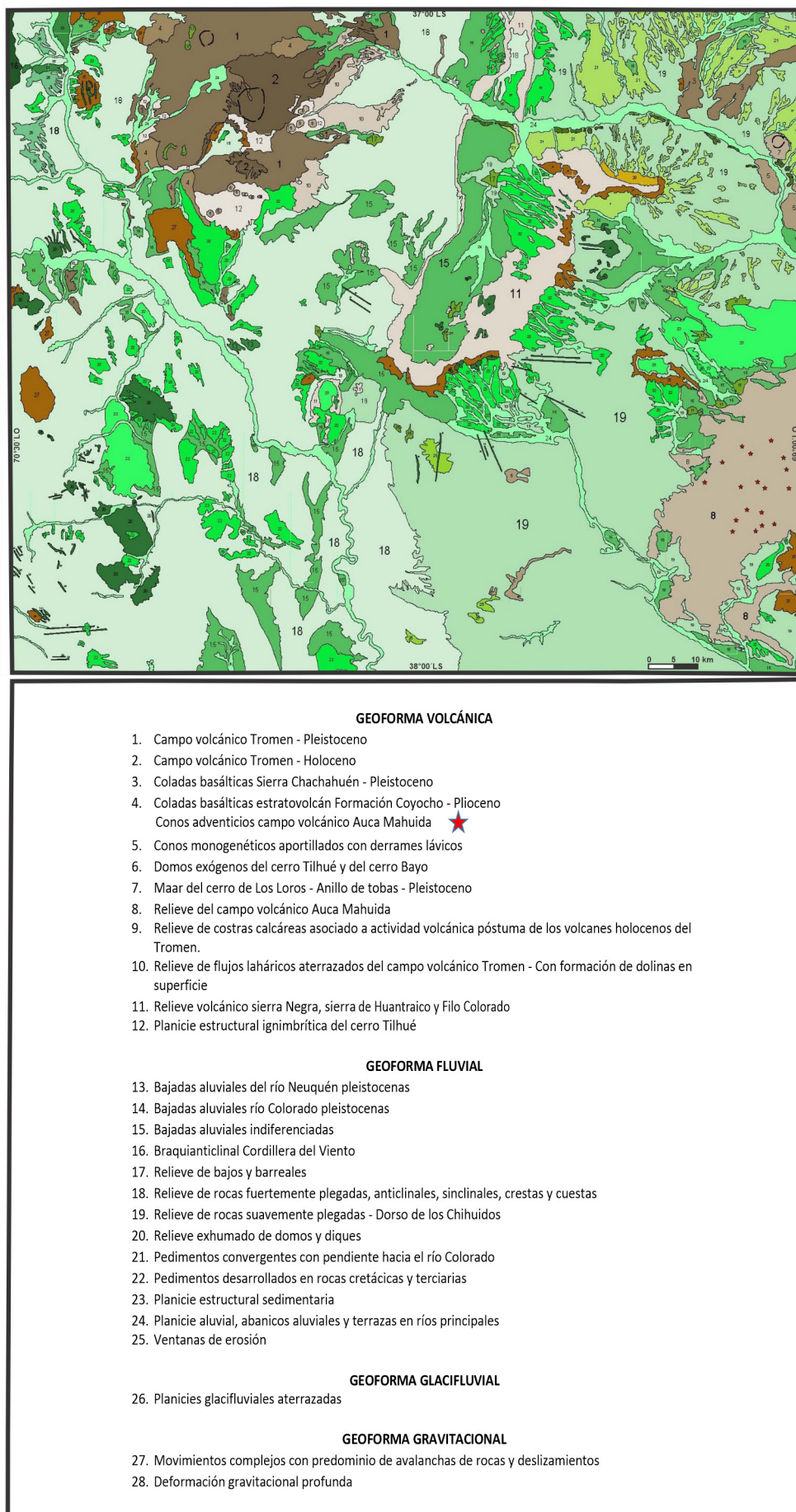


Figura 30. Mapa geomorfológico de la Hoja Chos Malal y referencias.

Sobre sus planicies se distribuyen numerosos volcanes monogenéticos que en algunos casos muestran una definida alineación que sugiere un control estructural; asimismo, suelen observarse agrupaciones irregulares (*clusters*) de ellos. Es común ver en los conos volcánicos monogenéticos, un apertillamiento (*breached cone*) asociado al derrame de una colada de lava. Predominan las de tipo *pahoehoe*, aunque las hay de tipo *aa* en el flanco occidental del volcán Tromen.

El campo volcánico Tromen está ubicado en el sector noroeste de la Hoja y ha sido definido como complejo por su disímil constitución litológica. Su evolución abarca parte del Pleistoceno, con el predominio de domos y material piroclástico, y del Holoceno, caracterizado por coladas de composición basáltica. Existen los de tipo múltiple que se forman por reiteración de episodios eruptivos de similar composición, como es el caso del campo volcánico Auca Mahuida, del que solo se expone parte de su flanco occidental en el sector sureste de la Hoja.

El campo volcánico Tromen abarca un área aproximada de 900 km<sup>2</sup> y sus elevaciones principales son los cerros Tromen (4.114 m s. n. m.), Negro del Tromen (3.336 m s. n. m.), Wayle (3.182 m s. n. m.), Tilhué (2.560 m s. n. m.) y Bayo (2.502 m s. n. m.). El relieve es típico de volcanes con sus laderas bien disectadas por arroyos consecuentes radiales, formando profundos cañadones de paredes abruptas en estado juvenil de erosión. De los volcanes descienden coladas en forma de lenguas alargadas que al llegar al llano se encauzan en los valles. Las más modernas se originaron en cráteres adventicios, situados más bajos que el cráter principal del Tromen. En general, este volcán ha sido rejuvenecido varias veces por las sucesivas erupciones. Otros volcanes pueden considerarse juveniles, pues aún se conserva la conexión volcán con colada. En el campo volcánico Tromen y con unos 15 km de longitud, está la colada más extensa de la Hoja, situada en su flanco norte, con forma de abanico y que se extiende desde la laguna Tromen hasta las cercanías de la localidad de Buta Ranquil. Por otro lado, existen algunas lagunas asociadas al volcanismo cuaternario formadas por interferencias entre coladas, como las lagunas Tromen y Los Barros en el flanco oeste del volcán.

El cerro Tilhué, ubicado en el sector sur del campo volcánico, es una chimenea volcánica cuyas explosiones produjeron enormes masas de tobas que se esparcieron en grandes superficies sepultando el relieve previo. Otro rasgo sobresaliente se observa en la región centro oriental de la Hoja, caracterizado

por una sucesión de mantos efusivos de la Formación Sierra Negra procedentes del sector de la sierra de Huantraico, que se ramifican conformando dos planicies que se extienden en sentido submeridiano hacia el norte. La rama oriental o sierra Negra, parte en dirección noreste y se bifurca a la altura del cerro Guanaco, donde una de sus subdivisiones toma dirección oeste a este y forma una meseta angosta y alargada limitada por bardas abruptas. La otra subdivisión se extiende hacia el norte del río Colorado. La rama occidental se expande hacia el noroeste con afloramientos más angostos y pendientes suaves a occidente y abruptas hacia oriente, y que bordean por el este a la pampa Negra y continúa al norte del río Colorado. Ambos ramales exceden el límite norte de la Hoja y fueron disectados posteriormente por el río Colorado.

Los cañadones que surcan la ladera noroccidental de la sierra Negra son angostos y profundos y finalizan en la pampa Negra y en el río Colorado. En los primeros, al tener un nivel de base fijo no han generado niveles de terrazas, mientras que los segundos han elaborado un relieve aterrazado producto de la variación del nivel de base.

La alternancia de rocas blandas (tobas) y rocas duras (mantos efusivos) de la Formación Sierra Negra ha promovido una erosión irregular por control estratigráfico y consecuentemente a la generación de un relieve de crestas, cuevas y espinazos (*hog backs*) desarrollados por erosión diferencial.

En el extremo noreste de la Hoja descienden hacia el río Colorado coladas de basalto procedentes del cerro Morado (sierra de Chachahuén), ubicado en el sector noroeste de la Hoja Catriel. Estos derrames fluyeron sobre niveles de piedemonte, durante el Pleistoceno, alcanzando niveles bajos y extendiéndose hasta la margen actual del río mencionado, que fluye flanqueado por esas potentes coladas. El basalto es visible solo en las márgenes de los cauces debido a que la superficie de las coladas está cubierta por sedimentos eólicos modernos que han suavizado la superficie de las coladas facilitando el tránsito sobre ellas.

Otro rasgo volcánico particular es el *maar* del cerro de Los Loros, que está ubicado en el borde noreste de la Hoja, en la margen izquierda del río Colorado. Se trata de un anillo de tobas (*tuff ring*) de cráter circular y morfología chata, que sobresale sobre del nivel de meseta más alto que se encuentra en ese sector del río (Fig. 31b).

En el sector sudeste de la Hoja se halla una extensa meseta basáltica de la que sobresalen una gran

cantidad de conos volcánicos. La sucesión de coladas que conforman esta meseta pertenecen al campo volcánico Auca Mahuida, desarrollado sobre un nivel de agradación que indujo la pendiente regional de la meseta. La morfología áspera del relieve primario de la superficie de las coladas está suavizada por meteorización *in situ* y por una cubierta eólica compuesta por médanos.

**Paisaje de stocks, cuerpos hipabisales y diques exhumados por denudación en sedimentitas mesozoicas.** Son geoformas de formas y tamaños variados de composición andesítica, que asoman por denudación de la cubierta mesozoica en el sector occidental de la Hoja. Algunos cuerpos alcanzan grandes tamaños, como los stocks de los cerros Naunauco, León y Musical ubicados en el eje del anticlinal de Colipilli, en el sector suroeste de la Hoja. Un poco más al norte asoman los cerros Mayal, Caycayén y Negro (Fig. 14a, b), que además de destacarse por sus elevaciones, están circundados por numerosos diques, filones y filones capa.

Los filones de la Formación Colipilli se destacan por erosión diferencial y controlan el paisaje formando divisorias ásperas y agudas, constituyendo, entre otros, los cerros Colipilli, Huillincay, Chihuido y Mazán.

Un paisaje de similares características se observa al oeste del valle del río Curi Leuvú, algo al norte de Tricao Malal (González Díaz y Folguera 2011). Lo componen una sucesión de cuerpos subvolcánicos, asociados a un séquito de filones capa y diques mesosilícicos (Franchini y Schalamuck 1999, Franchini *et al.* 2003).

Al este de la sierra Negra asoma el cerro Bayo, constituido por diques y mantos (filones-capas) andesíticos que intruyen a las sedimentitas del Subgrupo Río Neuquén. Cuerpos de similares características y composición se pueden observar en la ladera oriental de la sierra de Huantraico (Fig. 10b). Asimismo, en el extremo sudoeste de la Hoja, en los alrededores de Huncal, se observa un paisaje constituido por un grupo de cuerpos discordantes (diques) de formas rectilíneas de orientación este-oeste, desarrollados sobre los miembros Avilé y Chorreado de la Formación Agrio.

Al sur y este de la sierra de Huantraico se disponen, de manera radial a esta, un grupo de diques básicos que por su desarrollo impiden el avenamiento y crean niveles de erosión locales protegiendo en parte de la erosión retrocedente, a las areniscas y fangolitas del Grupo Neuquén. Asimismo, al oeste

y suroeste del cerro Carrere asoman diques de similares tipologías que atraviesan las formaciones Candeleros, Huincul y Cerro Lisandro.

**Paisaje de cráteres y calderas.** En el ámbito de la Hoja se destacan los cráteres que se hallan en las cumbres de los volcanes Tromen (Fig. 31a), Wayle y el anillo de tobas (*tuff ring*) del *maar* del cerro de Los Loros (Fig. 31b). Además, existen numerosos cráteres con diferente estado de conservación en las cumbres de los conos monogenéticos, algunos de ellos apuntillados como consecuencia de derrames lávicos.

**Paisaje de ventanas lávicas.** Son geoformas de dimensiones menores, que se forman cuando las coladas no cubren completamente el sustrato, dejando expuestos sectores del mismo. Pueden ser del tipo convexo o cóncavo según sobresalgan o no del relieve de las coladas. El sustrato puede ser de rocas sedimentarias, como es el caso de los asomos de la Formación Agrio al oeste de la localidad de Buta Ranquil, o bien de antiguas coladas. Ambos tipos se pueden apreciar también en los alrededores del cerro Tromen.

**Paisaje de costras calcáreas.** El paisaje que conforman los depósitos de costras calcáreas está asociado a la actividad póstuma holocena de los volcanes del Tromen. El relieve está determinado por estratos de calizas travertínicas dispuestos de manera subhorizontal, situados en las inmediaciones de la localidad de Buta Ranquil.

## GEOFORMAS DERIVADAS DE PROCESOS EXÓGENOS

**Paisaje generado por la morfogenia fluvial.** El río Neuquén constituye el principal colector en el ámbito de la Hoja. De acuerdo a Zöllner y Amos (1973) el levantamiento de la cordillera del Viento configuró una nueva línea divisoria de aguas, ya que con anterioridad el río desaguaba en el océano Pacífico. De acuerdo a la evolución tectónica y estructural de la región, este cambio de pendiente, de pacífica a atlántica, habría sucedido durante el Cretácico tardío - Paleoceno.

La morfogenia fluvial domina el modelado del relieve y su dinámica se pone de manifiesto en la progresiva pérdida de rasgos de la morfología primaria derivada de procesos previos. Es un paisaje mayoritariamente policíclico, como consecuencia de interrupciones en su evolución debido a modifica-

ciones climáticas (descargas fluviales), cambios del nivel de base y a perturbaciones endógenas como el volcanismo y la tectónica.

El régimen del drenaje fluvial en el ámbito de la Hoja varía entre efímero, intermitente y permanente, siendo este último alóctono o autóctono. En el primero, la ablación de la nieve invernal o del hielo cordillerano constituye el principal generador de los caudales y explica el régimen permanente de los principales cursos, pese a atravesar zonas desérticas a semidesérticas sin recibir mayores aportes de sus tributarios. El río Neuquén es un ejemplo de lo descrito y muestra en sus cabeceras una fase de alimentación por evacuación lagunar, derivada de grandes lagos de origen glaciario y por represamiento natural, inducido por procesos de remoción en masa (avalanchas de roca). Este río es un ejemplo de ríos desproporcionados (*misfit rivers*), puesto que su tamaño es muy dispar respecto del caudal que drena en la actualidad. Esta situación también se reconoce en algunos cursos tributarios, como en aquellos que hoy tienen un régimen efímero o intermitente. Estas relaciones morfológicas tan dispares tienen su explicación en la abrupta reducción de sus caudales con posterioridad al englazamiento pleistoceno y el cambio climático resultante.

Los diseños de drenaje secundario o tributario exponen las más diversas variedades, especialmente en aquellos casos donde se ajustan a la estructura. Pueden ser en enrejado, rectangular y angular. Se observan diseños centrípetos, particularmente en los bajos (pampa Negra, pampa de Tril y Los Barreales) en la zona nororiental, y centrífugos en áreas volcánicas, como ocurre en el campo volcánico Tromen.

En las configuraciones del drenaje en planta predominan los tramos rectos (con control), sinuosos o en *zig-zag* y el hábito dominante es el anastomosado, siendo escasa la variedad meandriforme, salvo en algunos tramos de los ríos Neuquén y Colorado, donde se observan meandros encajonados. La mayor parte del drenaje troncal de la Hoja muestra un marcado control estructural, como es bien visible en el río Neuquén.

**Paisaje de pedimentos de flanco.** Estas geoformas son planicies de erosión de suave inclinación que están desarrolladas sobre rocas cretácicas y terciarias al pie de las escarpas de erosión, y que presentan un disímil grado de conservación y disección profunda con formación de cañadones angostos. Poseen una cubierta detrítica relictica que oculta en gran parte la superficie de erosión.

Estas geoformas erosivas constituyen un elemento morfológico común al este del meridiano de 70°O y se corresponden con valles de las principales vías de drenaje. Tienen un mejor y más amplio desarrollo en las áreas donde la roca de base está compuesta por sedimentitas mesozoicas, particularmente por las del Subgrupo Río Neuquén y del Grupo Bajada del Agrio, de gran extensión regional. Esta reactivación de la erosión pone de manifiesto la acción de distintos pulsos de rejuvenecimiento que han quedado impresos en el modelado del relieve. Como consecuencia de este rejuvenecimiento, en algunos casos los niveles de pedimentación han sido fuertemente erosionados, generándose un paisaje de huayquerías (*badlands*), sobre los miembros más friables de las rocas mesozoicas. Otra evidencia del fuerte rejuvenecimiento se manifiesta en el profundo encajonamiento de los meandros del tramo medio del río Neuquén.

Coluccia *et al.* (2006) distinguieron varios niveles de pedimentos al este de la depresión o bajo de Los Barreales. Consideran que su nivel de base estaba representado por el río Colorado, hacia donde convergen una gran cantidad de estas geoformas erosivas. También se han desarrollado en el interior y en el flanco este del sinclinal de Huantraico y rodeando a los basaltos que finalizan al este del cerro Chihuido (aguadas de los Carrizos y del Chañar). Asimismo, se observan en el sureste de la sierra Barrosa, en los alrededores de las pampas de Naunauco y del Salado, en el sector sudoriental del cerro La Visera, a lo largo de la depresión del arroyo Pichi Neuquén, en los arroyos Colipilli y Pichaihue y en el faldeo occidental de la sierra de Chorriaca.

**Paisaje de bajos y barreales.** Los bajos y barreales constituyen rasgos morfológicos de amplia distribución en el ambiente de la Hoja. Si bien su origen es discutido, cuenta con más adeptos quienes abogan por la deflación. Se ubican principalmente en las áreas de unidades mesozoicas y en las planicies estructurales lávicas. En cuanto a su hidrología, predominan las playas secas sobre las húmedas. Muchos bajos suelen exponer los efectos de la remoción en masa bajo la forma de una faja de deslizamientos rotacionales marginales, que contribuyeron a su progresiva expansión.

Existen varios ejemplos de bajos ubicados en el sector oriental de la Hoja. Entre ellos se encuentran los bajos con formas irregulares en el sector interno del sinclinal de Huantraico, el valle de Los Barreales, ubicado al este de la sierra Negra; al noroeste de la

sierra Auca Mahuida están los bajos de la Raya, del Guanaco, del Toro, de los Choiques y de las Casas, entre otros.

**Paisaje de ventanas de erosión.** Son geofor-  
mas que alcanzan buena expresión en el ámbito de  
las sedimentitas mesozoicas, particularmente en la  
zona externa del dorso de Los Chihuidos. Allí la  
disección de varios arroyos (Aguada de las Yeguas,  
de los Quirquinchos, de los Carrizos, de la Zorra, de  
los Alerces y de la Aguada del Sol, entre otros), que  
drenan hacia el este siguiendo la suave pendiente  
del flanco oriental de esa estructura, ha expuesto los  
niveles inferiores de la Formación Candeleros y en el  
fondo de los valles, tramos de la Formación Rayoso.

**Paisaje de planicies aluviales o de inunda-  
ción.** Alcanzan gran amplitud y continuidad en el  
interior de los amplios valles principales. Sólo en  
algún valle encajonado tienen reducida expresión,  
como se observa en tramos del río Neuquén medio,  
cuando éste atraviesa de oeste a este, la estructura  
mesozoica. Presentan canales anchos y baja pro-  
fundidad con márgenes inestables, relaciones que  
definen un hábito general anastomosado. Suelen  
observarse tramos de hábito meandriforme con cana-  
les profundos y estrechos, en áreas donde los cursos  
fluyen por facies arcillo-limosas de las formaciones  
Candeleros y Huincul.

**Paisajes de estructuras anticlinales, sincli-  
nales, crestas y cuevas.** Este tipo de paisaje tiene  
su principal desarrollo en el sector occidental de la  
Hoja, al oeste del meridiano 70°O. Son geofor-  
mas comunes en los ambientes mesozoicos plegados,  
que han generado serranías anticlinales y valles  
sinclinales. En el sector sur, la asimetría del dorso  
de los Chihuidos controló la evolución de la erosión  
que lo modeló posteriormente. La mayor pendiente  
de los cursos que drenan hacia el oeste buscando su  
nivel de base en el río Neuquén, determinó un mayor  
poder erosivo en los cauces y un sobreempinamien-  
to local de los laterales, con pendientes socavadas  
acompañantes, favoreciendo el desmoronamiento o  
caídas de materiales hacia el río. La rápida acción  
erosiva lateral provocó la ampliación de las quebra-  
das en dirección transversal a los cursos originales,  
generando una alargada depresión que expone un  
paisaje de malpaís. El avance de la erosión fluvial  
(estado maduro) determinó fenómenos de inversión  
topográfica del relieve (Ramos 1981), un rasgo que  
se reconoce a menudo en el ámbito occidental de la

secuencia mesozoica, bajo la forma de valles anticli-  
nales (aportillados) y crestas o cordones sinclinales.  
En el flanco oriental del dorso, la profundización de  
los cañadones habría evolucionado más lentamente  
debido al bajo gradiente de los cursos y a la aridez  
del clima. Esto dio como resultado un relieve más  
suave y tendido en dirección este.

Al norte del río Neuquén, en ambos márgenes del  
río Curi Leuvú, existe un relieve poco pronunciado  
y de formas muy suaves que no superan desniveles  
de 500 m, determinado por las estructuras braquis-  
inclinadas y braquianticlinales que conforman la faja  
plegada y corrida de Chos Malal. La red de drenaje  
se acomoda a estas estructuras, siendo por largos tre-  
chos paralela a los ejes estructurales longitudinales.

Al sur de la Hoja aparece un conjunto de exten-  
sos valles sinclinales, que los lugareños conocen  
como pampas del Salado-Chorriaca, Amarga Grande  
y de Naunauco, y la pampa de Huantraico, el más  
extenso ubicado en el centro de la Hoja.

Como ejemplo de valles anticlinales aparecen,  
al este del valle del río Neuquén, expuesta la Forma-  
ción Rayoso por erosión del núcleo de la Formación  
Candeleros. Otro ejemplo es el anticlinal aportillado  
del Chihuido de Tril, al este del volcán Tromen.

El paisaje de crestas sinclinales y anticlinales con-  
forma una unidad geomórfica ampliamente extendida  
en el sector occidental de la Hoja. Está delimitado por  
las resistentes areniscas de la Formación Mulichinco  
incluyendo la barda de Huncal. Las crestas anticlinales  
más conspicuas están dadas por la sierra de Chorri-  
aca y la loma de Coihueco. Se suma a este paisaje la  
imponente barda de Huncal, una escarpa de erosión  
labrada sobre las areniscas de la Formación Mulichin-  
co y que representa el frente disectado de una cresta  
asociada al flanco occidental del amplio sinclinal de  
Pichihue. Esta barda recorre, con su trazado irregular,  
una distancia de 40 kilómetros.

El paisaje de crestas anticlinales lo constituyen  
el cerro La Visera y las lomas de Naunauco y Agua  
de la Mula. Se desarrollan particularmente en las  
resistentes areniscas de la Formación Mulichin-  
co y los miembros Avilé y Chorreado del Grupo  
Mendoza. Estas sierras tienen en general cumbres  
redondeadas y pendientes con inclinaciones suaves.  
Un rasgo particular de estas crestas es la presencia de  
aportillamientos (abras de agua) como sucede donde  
el arroyo Pichi Neuquén corta la loma de Naunauco.

La cresta sinclinal de lomas Coloradas se des-  
taca en la margen izquierda del río Pichi Neuquén,  
y está desarrollada en unidades más resistentes con  
respecto a las subyacentes, correspondientes a las

formaciones Candeleros y Huincul. Allí se manifiesta un paisaje mesetiforme limitado por abruptas escarpas de erosión que luego fueron afectadas por rejuvenecimiento.

**Paisaje generado por morfogenia gravitacional (remoción en masa).** Los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve en los sistemas geomórficos montañosos y para que estos ocurran deben existir factores condicionantes y disparadores. Los condicionantes, tales como las fuertes pendientes de los laterales de los valles, la constitución y disposición litológica local y las zonas de debilidad estructural, desestabilizan paulatinamente el relieve durante largos períodos de tiempo que van desde meses hasta miles de años. En tanto, los disparadores, como los cambios climáticos súbitos, sismos y excesivas precipitaciones, son la causa última que provoca el desenlace y actúan durante días, horas, minutos o segundos. En muchos casos la continua acción de un conjunto de condicionantes es suficiente para que se genere un movimiento en masa. En este sentido el socavamiento de las secciones basales de la secuencia estratigráfica por acción erosiva del agua corriente o hielo glaciar, debilita la ladera provocando la remoción de grandes volúmenes de roca de las secciones superiores.

Este tipo de paisaje, con mayor o menor impacto, se ha desarrollado en todo el ámbito de la Hoja, particularmente donde las secuencias sedimentarias mesozoicas están cubiertas por potentes capas de volcanitas cenozoicas. La disposición estratigráfica y la fuerte erosión en las secciones basales condicionaron la ocurrencia de movimientos en masa tales como deslizamientos, avalanchas de roca, deformación gravitacional profunda y flujos de detritos. Estos eventos se han observado en los faldeos del cerro Negro, al oeste del campo volcánico Tromen, en el faldeo occidental del volcán Tilhué, en el flanco oriental del volcán Tromen, como así también en las proximidades de la cumbre de ese volcán, en las cabeceras del arroyo Blanco. Asimismo, en el flanco este del volcán mencionado se han reconocido flujos laháricos asociados a volcanismo que fluyeron en dirección este y noreste, llegando este último flujo a las proximidades de la localidad de Buta Ranquil.

Otros movimientos de similares características sucedieron en el flanco sur y sureste de la sierra de Huantraico y en el este de la sierra Negra. En la bifurcación este de esa sierra, en el faldeo norte, existe un enorme movimiento en masa que podría encuadrarse en una deformación gravitacional profunda.

Agua arriba de la confluencia entre el arroyo Manzano Seco y el arroyo El Manzano, una extensa área fue afectada por un importante movimiento en masa desarrollado sobre las areniscas de la Formación Mulichinco.

**Paisaje asociado a morfogenia glaciaria.** Relictos de morfologías asociadas a la morfogenia glaciaria se observan en la cima del volcán Tromen. Los continuos rejuvenecimientos del volcán por la actividad volcánica durante el Holoceno borraron gran parte de los depósitos glaciarios preexistentes. Las lagunas Tromen y Los Barros, ubicadas en el flanco noreste del volcán, son de probable origen glaciario.

**Paisaje asociado a fenómenos kársticos.** Los fenómenos kársticos se dan en escala reducida y pueden observarse donde afloran rocas solubles, como yesos o calizas (Fig. 31c). Quizás su reducida presencia esté relacionada con el contenido de bitumen en los estratos de la Formación Agrio o la alta compactación de los estratos de la Formación Mulichinco, que no permite la circulación de agua. Las geoformas más comunes son las dolinas, con forma típica de embudo de diferentes diámetros, aunque no superiores a 50 m, como las que se observan en la superficie de los flujos laháricos, ubicados en el faldeo este del volcán Tromen. Su formación se debe a que los flujos se derramaron sobre el yeso de la Formación Auquilco.

Se han observado dolinas en formaciones yesíferas en el curso medio del arroyo Pichichacaico, con diámetros variables entre 20 y 50 m de diámetro, de forma típica en embudo. La laguna Auquingo, ubicada al sureste del volcán Tromen, se atribuye a fenómenos de hundimiento por disolución del sustrato yesífero, aunque no tenga la típica forma de embudo.

**Paisaje asociado a acción antrópica.** El accionar antrópico es un importante modificador del paisaje, que genera situaciones de riesgo en ausencia de controles en el uso del suelo, tal como ocurre en la ciudad de Chos Malal, ubicada en la margen izquierda del río Curi Leuvú en su desembocadura con el río Neuquén. Según un estudio realizado por Rodríguez y Suvires (2016), la ciudad ha sido escenario de numerosas inundaciones que han afectado notablemente la calidad de vida de los habitantes. El análisis geomorfológico revela que las causas de las inundaciones son las características hidrometeo-

rológicas de las cuencas, asociadas estrechamente a las características de las unidades geomorfológicas modificadas por la acción antrópica. En el estudio determinaron las siguientes unidades geomorfológicas: planicie de inundación del río Curi Leuvú, planicie de inundación del río Neuquén, terraza antigua de erosión en roca en el río Curi Leuvú, terraza antigua abandonada y terraza antigua de erosión de roca en el río Neuquén.

## 5. HISTORIA GEOLÓGICA

Los primeros eventos geológicos registrados en el ámbito de la Hoja se remontan al Triásico Superior –Jurásico Inferior y corresponden a una etapa de extensión cortical.

En el ámbito de la Hoja varias etapas con relaciones tectosedimentarias distintivas, caracterizan la evolución geológica durante el Mesozoico y Cenozoico.

*a) Triásico Superior - Jurásico Inferior (Pliensbachiano).* Corresponde a la etapa de *rifting* inmediatamente anterior y parcialmente coetánea con los inicios del relleno marino de la cuenca Neuquina. Incluye los depósitos de *sinrift* del Ciclo Precuyano y aquellos correspondientes a los inicios de la Formación Los Molles. Las unidades del Ciclo Precuyano depositadas en cuencas de hemigraben con diseño asimétrico, se asientan sobre un basamento Gondwánico conformado por el Grupo Andacollo del Carbonífero y rocas eruptivas del Pérmico - Triásico Inferior (Llambías *et al.* 2007, Giacosa *et al.* 2014). Los extensos afloramientos del ámbito de la cordillera del Viento son parte del sistema extensional Tres Chorros (Vergani *et al.* 1995). La geometría del *rifting* del Triásico Superior en la cordillera del Viento habría sido controlada por estructuras oeste-noroeste a noroeste, segmentada por estructuras menores de orientación noreste (Sagripanti *et al.* 2014) o bien fallas norte-sur y oeste-este como en Chorriaca (Leanza *et al.* 2006). El diseño geométrico del sistema extensional en la faja plegada y corrida de Chos Malal fue de hemigrábenes buzantes al este, asociados a un despegue basal de profundidad desconocida (Turienzo *et al.* 2018).

*b) Jurásico Inferior (Toarciense) - Cretácico Inferior (Albiano).* Durante el intervalo de depositación de los grupos Cuyo, Lotena, Mendoza y Bajada del Agrio prevalecieron condiciones de hundimiento

termal, si bien con algunos episodios de inversión tectónica que produjeron relieves moderados y cambios del régimen de sedimentación y que están expresados en varias discordancias (Leanza 2009). La mayor estructuración asociada a las fases de inversión tectónica positiva estuvo localizada en la dorsal de Huinul.

La distribución y espesor de las sedimentitas del tramo inicial de la Formación Los Molles continúa controlada por el régimen extensional desarrollado durante la etapa anterior, en tanto que los tramos posteriores están dominados por condiciones de una subsidencia termal que afecta gran parte de la cuenca Neuquina. A partir del Calloviano, la fase de inversión tectónica Intracalloviana, expresada en la discordancia Loténica, marca un cambio en las condiciones de sedimentación y está caracterizada por depósitos fluviales sinorogénicos. A continuación, la fase de inversión tectónica Intermálmica, de mayor importancia regional, se encuentra ubicada en la base del Grupo Mendoza con la discordancia Araucánica. Luego, durante el Tithoniano inferior tardío se desarrolla la máxima expansión marina registrada en la cuenca Neuquina, con los depósitos de la Formación Vaca Muerta, que es nuevamente interrumpida por la inversión tectónica Intravalanginiana, que da lugar a la discordancia Huncálica en la base de la Formación Mulichinco. Esta etapa de subsidencia generalizada continúa durante el resto del Cretácico Inferior, con episodios alternantes de inundación marina y somerización, que finalizan con depósitos clásticos y evaporíticos.

*c) Cretácico Superior (Cenomaniano) - Paleoceno.* A partir del Cenomaniano inferior, con el inicio de la estructuración de las fajas plegadas y corridas de Chos Malal y del Agrio, durante la orogenia Patagónica, comienza una etapa de sedimentación sinorogénica continental, asociada a la creación de significativos relieves estructurales. Como consecuencia, los depósitos del Grupo Neuquén cubren a los precedentes mediante la discordancia Patagónica. La evolución estructural de la faja plegada durante esta etapa tiene lugar en su sector interno, como es el caso de la formación del anticlinal de la Cordillera del Viento, que por relaciones estratigráficas fue exhumado antes de la depositación de las volcanitas del Paleógeno. De manera similar pueden interpretarse, en el área de Colipilli, las relaciones entre las volcanitas paleógenas y la caliza Pichaihué, con el sustrato deformado.



Figura 31. Sitios de interés geológico en la Hoja Chos Malal. a) Vista hacia el oeste del volcán Tromen, ubicado en el Área Natural Protegida El Tromen. En primer término, evaporitas de la Formación Auquilco. b) Imagen Google Earth del Maar de Los Loros en el cerro homónimo. c) Entrada a la caverna de la Yesera del Tromen.

La sedimentación del Grupo Neuquén continúa hasta el Campaniano inferior, cuando sobreviene la discordancia Huantraíquica (64 Ma), que desvincula por primera vez a la cuenca Neuquina de la vertiente pacífica y da lugar al desarrollo del Grupo Malargüe.

d) *Eoceno - Oligoceno*. Los depósitos continentales Rodados Lustrosos y la Formación Rincón Escondido, de probable edad Eoceno tardío a Oligoceno de la sierra de Huantraico, se depositaron en discordancia sobre un paleorelieve elaborado sobre sedimentitas preeocenas y se vincula su origen con una deformación premiocena (Garrido *et al.* 2012).

e) *Oligoceno superior – Mioceno inferior*. Este intervalo de carácter extensional, se caracteriza por la presencia de un volcanismo de intraplaca que en la Hoja tiene sus mejores exposiciones en la sierra de Huantraico.

f) *Neógeno - Pleistoceno*. Con una segunda fase contraccional a partir del Mioceno medio (Fase u Orogenia Quechua), nuevos corrimientos transportan láminas de basamento hacia el antepaís, que conectan con despegues más superficiales y completan el desarrollo del sector interno, con una sedimentación asociada a lo largo del frente activo de deformación (Formación Chos Malal y Conglomerado Tralalhue). Desde el Mioceno tardío y hasta el Pleistoceno, el avance de la deformación hacia el antepaís produce el desarrollo de su sector externo hasta el meridiano del sinclinal de Huantraico. La sedimentación sinorogénica asociada está relacionada con los depósitos de las formaciones Puesto Burgos, La Visera y La Tiza, entre otras. En relación con esta fase, datos de fisión de apatitas en el dorso de los Chihuidos permitieron interpretar eventos de enfriamiento y levantamiento miocenos entre 11 y 6 Ma (Zamora Valcarce *et al.* 2009). Si bien la configuración final del sector externo de la faja plegada y corrida de Chos Malal se habría alcanzado en el Mioceno tardío a Pleistoceno, hay evidencias de actividad neotectónica. Por un lado, la vinculada al magmatismo en la región del Tromen, en relación con corrimientos fuera de secuencia (Turienzo *et al.* 2018), en tanto que, en el dorso de los Chihuidos, la actividad neotectónica está registrada en su sector de culminación, con numerosas fallas normales de orientación N-S (Ramos 1981).

## 6. RECURSOS MINERALES

En la Hoja 3769-III Chos Malal existen numerosos depósitos y manifestaciones de recursos minerales que incluyen mineralizaciones metalíferas, minerales industriales, rocas de aplicación y yacimientos de combustibles fósiles (Cuadro 2).

En cuanto a los minerales metalíferos, existieron depósitos de cobre y hierro que se explotaron localmente y de manera reducida. Asimismo, se han extraído de manera rudimentaria y de manera continuada a lo largo de los años, acumulaciones auríferas aluvionales en el río Neuquén. En la actualidad no existe en la zona una actividad sostenida extractiva de minerales metalíferos.

Las mineralizaciones de cobre en la Hoja incluyen depósitos hidrotermales vetiformes y acumulaciones de cobre sedimentario. Las mineralizaciones de oro corresponden a las estructuras vetiformes auríferas del cerro Mayal, asociadas a la intrusión de filones capa de andesitas y dacitas asignados a la Formación Colipilli, como así también a la acumulación de oro libre en los depósitos aluvionales en el río Neuquén. Asimismo, se encuentran numerosas manifestaciones de hierro, como las de origen volcanogénico localizadas en la sierra de Huantraico, y las mineralizaciones ferríferas localizadas en las comarcas de Caycayén, Naunauco y Colipilli, relacionadas con eventos metasomáticos e hidrotermales.

Con respecto a los minerales industriales y rocas de aplicación, mayoritariamente están vinculados a las unidades sedimentarias mesozoicas de la cuenca Neuquina, y su interés minero industrial está dado tanto por la calidad, como por la cantidad de los depósitos y manifestaciones. Entre ellos se pueden señalar el depósito de diatomita Los Ranqueles, localizado en las inmediaciones del cerro Villegas, y que fue explotado durante la década de 1960, las manifestaciones de azufre de origen volcanogénico en cercanías del volcán Tromen, como el azufre epibiogénico presente en las secuencias evaporíticas de las formaciones Huitrín y Auquilco, las calizas fosilíferas localizadas al este del cerro Villegas, en Pampa de las Liebres y los travertinos ubicados en las cercanías de la localidad de Buta Ranquil y vinculados a la actividad termal del volcán Tromen. Sumado a esto existen además depósitos de sales de sodio ubicadas en las inmediaciones de la ciudad de Chos Malal y en Balsa Huitrín, como así también mineralizaciones de sales de potasio que se desarrollan en una amplia región del subsuelo de la provincia del Neuquén. Además, hay depósitos de yeso en las

áreas de la Yesera del Tromen y laguna Auquinco, vinculados a procesos evaporíticos ocurridos durante el Jurásico y Cretácico en la cuenca Neuquina.

En la Hoja se hallan importantes yacimientos de petróleo y gas, así como numerosas manifestaciones de asfaltita.

## 6.1. DEPÓSITOS DE MINERALES METALÍFEROS

### Cobre

Las mineralizaciones de cobre presentes en el ámbito de la Hoja están representadas por depósitos hidrotermales vetiformes localizados en el paraje Tres Chorros, en el cerro Naunauco, en el cerro del Diablo y en el cerro de los Bueyes, cerca del paraje Colipilli. Hay además numerosas acumulaciones de cobre sedimentario alojadas principalmente en las formaciones Candeleros, Huincol y Portezuelo del Grupo Neuquén. Por otro lado, en las cercanías del cerro Caycayén, más precisamente en la quebrada del Bronce, se encuentra un depósito que presenta una alteración hidrotermal de tipo pórfido cuprífero con anomalías de oro.

### Depósitos vetiformes

**Tres Chorros.** Este depósito se localiza a 3 km al oeste del paraje Tres Chorros, en la margen izquierda del arroyo Truquico, a 25 km en dirección suroeste de la ciudad de Chos Malal (Fig. 32). Las mineralizaciones vetiformes se encuentran alojadas en las areniscas y arcilitas pertenecientes a la Formación Tordillo, aunque también en el área afloran rocas de la Formación Vaca Muerta.

El depósito Tres Chorros está integrado por seis vetas epitermales designadas de 1 a 6, con rumbos generales noreste-suroeste e inclinaciones subverticales a verticales. Las vetas son paralelas y están separadas entre sí 20 a 150 m, con espesores que oscilan entre 0,10 y 1,50 metros. La veta 6 es la más importante, con una longitud de 360 m en tramos interrumpidos, mientras que las restantes tienen corridas entre 4 y 6 m para las vetas 2, 3, 4 y 5, y 20 m para la veta 1 (Devito 1955a).

Las vetas rellenan fracturas con una textura brechosa y una mineralización que consiste en abundante calcita, calcopirita en nidos y finas guías, cuprita en delgados hilos y bornita (Fig. 33a). La mineralización secundaria está representada por malaquita, azurita, escasa calcantita, óxidos de manganeso,

hematita y limonitas (Muñiz 1956, Zanettini 2018).

En el extremo suroeste de la veta 6, donde los afloramientos son más continuos y se abrieron varias labores superficiales, Barrionuevo y Nieniewski (1955) realizaron un muestreo que indica valores del orden de 10 % de Cu. Por otra parte, Devito (1955a) mencionó leyes obtenidas sobre muestras en escombreras de 19,10 % de Cu en la veta 2, 5,95 % de Cu en la 4 y 15,60 % a 29,20 % de Cu en la veta 6.

Las labores mineras realizadas en Tres Chorros son mayoritariamente destapes, pequeños rajos sobre veta de hasta 1,8 m de profundidad, y para la veta 6 en particular, tres galerías y dos piques de 7 y 11 m de profundidad en la zona de oxidación. Para este depósito se estima un recurso mineral de 65.000 t (Godeas *et al.* 1999).

**La Buitrera.** Estas mineralizaciones se encuentran al noroeste del paraje Tres Chorros, a 1,5 km al noroeste de la veta 6 del depósito Tres Chorros (Fig. 32). De acuerdo a Barrionuevo y Nieniewski (1955), la mineralización está alojada en cinco vetas casi paralelas con rumbo general NE-SO, separadas entre sí por unos 105 m, que se encuentran alojadas en areniscas calcáreas de color gris claro pertenecientes a la Formación Tordillo del Jurásico Superior. Las vetas tienen longitudes variables, alcanzando los 200 m la más extensa, y espesores que oscilan entre 0,10 m a 0,45 metros.

En la parte superior de todas las vetas, el único mineral presente es la calcita, que se mantiene prácticamente uniforme hasta un nivel en el que comienza la mineralización cuprífera con calcopirita y escasa calcosina, acompañadas por baritina, malaquita, cuprita y limonitas. Esta zona mineralizada tiene un espesor de entre 10 y 25 m, y por debajo de este sector el tenor de mineral de cobre disminuye y el relleno de calcita aumenta (Barrionuevo y Nieniewski 1955).

Con respecto a análisis químicos, en este depósito Zanettini (2018) mencionó unas leyes de 2,43 % de Cu para la veta 1 y 13,50 % de Cu para la veta 2. El recurso mineral estimado para La Buitrera es de 22.000 t (Méndez *et al.* 1995).

**Naunauco.** Este depósito, también conocido como Taquimilán, se encuentra localizado a unos 4 km al sureste del paraje Taquimilán Centro, en el norte del cerro Naunauco (Fig. 32). En el área afloran unidades de las formaciones Agrío y Huitrín del Cretácico Inferior, que están intruidas por un cuerpo subvolcánico gris verdoso de composición andesítica con abundantes fenocristales de hornblenda perteneciente a la Formación Colipilli.

CUADRO-RESUMEN DE INDICIOS Y OCURRENCIAS MINERALES DE LA HOJA 3769-III, CHOS MALAL

N° Indicio	Sustancia	Nombre	Localidad	Latitud	Longitud	Hoja 1:100.000	Litología	Unidad Estratigráfica	Edad	Mineralización	Labores Mineras
1	Áridos	Cantera 2249/04	Tricao Malal	-37,033	-70,360	3769-19	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno		Cantera
2	Cobre-Oro-Plata	El Bonete I	Tricao Malal	-37,088	-70,372	3769-25	Pelitas, calizas, areniscas, coquinas	Fm. Agrio	Cretácico inf.	Au,Cp,Ag	Destapes, muestreo geoquímico
3	Áridos	Cantera 840/02	Tricao Malal	-37,086	-70,298	3769-19	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno		Cantera
4	Cobre-Oro-Plata	Cra Negra-El Champal	Tricao Malal	-37,150	-70,487	3769-25	Lutitas, areniscas, limonitas, margas	Fm. Los Molles	Jurásico inf.-Jurásico med.	Au,Cp,Ag	Destapes, muestreo geoquímico
5	Áridos	Cantera 855/ 02	Caepe Malal	-37,183	-70,396	3769-19	Conglomerados, areniscas, caliche	Fm. Pampa Encima	Plio-Pleistoceno		Cantera
6	Áridos	Cantera 1105/03	Chapua	-37,142	-70,252	3769-19	Gravas, arenas, limos	Depósitos coluviales	Holoceno		Cantera
7	Plomo-Zinc-Plata	Basillo	El Alamito	-37,233	-70,489	3769-19	Andesitas, pórfidos monzodioríticos cuarzosos	Fm. Colpilli	Cretácico sup.-Eoceno	Gn, Sp, Ba, Ca	Trincheras, pliques
8	Oro	La Parva I (Co. Mayal)	El Alamito	-37,289	-70,412	3769-19	Pelitas, calizas, areniscas, coquinas	Fm. Agrio	Cretácico inf.	Au,Py,Qz	Destapes, muestreo geoquímico
9	Oro	Tío Melchor (Co. Mayal)	Chos Malal	-37,231	-70,404	3769-25	Andesitas, pórfidos monzodioríticos cuarzosos	Fm. Colpilli	Cretácico sup.-Eoceno	Au,Py,Qz	Galerías, rajos
9	Oro	Las Rocillosas (Co. Mayal)	Chos Malal	-37,342	-70,394	3769-19	Andesitas, pórfidos monzodioríticos cuarzosos	Fm. Colpilli	Cretácico inf.	Au,Py,Qz	Galerías, rajos
10	Áridos	Cantera 846/02	Chos Malal	-37,222	-70,262	3769-25	Gravas, arenas, limos	Depósitos coluviales	Holoceno		Cantera
10	Áridos	Cantera 488/07	Chos Malal	-37,338	-70,252	3769-25	Gravas, arenas, limos	Depósitos coluviales	Holoceno		Cantera
10	Áridos	Cantera 2158/03	Chos Malal	-37,327	-70,250	3769-25	Gravas, arenas, limos	Depósitos coluviales	Holoceno		Cantera
11	Piedra Laja	Cantera 3452-000488/2007	Chos Malal	-37,339	-70,252	3769-25	Pelitas, calizas, areniscas, coquinas	Fm. Agrio	Cretácico inf.		Cantera
11	Piedra Laja	Cantera 2158/2003	Chos Malal	-37,330	-70,254	3769-19	Pelitas, calizas, areniscas, coquinas	Fm. Agrio	Cretácico inf.		Cantera
11	Piedra Laja	Cantera 5912-000338/2012	Chos Malal	-37,327	-70,256	3769-19	Pelitas, calizas, areniscas, coquinas	Fm. Agrio	Cretácico inf.		Cantera
12	Oro	Co La Virgen Ngr.	Chos Malal	-37,351	-70,288	3769-25	Pelitas, calizas, areniscas, coquinas	Fm. Agrio	Cretácico inf.	Au,Py,Qz	Destapes, muestreo geoquímico
13	Oro	Oro Río Neuquén	Chos Malal	-37,368	-70,484	3769-21	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno	Oro aluvional	Cantera
14	Baritina	Regional	Rahueco	-37,386	-70,470	3769-25	Pelitas, margas bituminosas, calizas, areniscas	Fm. Vaca Muerta	Jurásico sup.-Cretácico inf.	Ba,Gn,Cp	Destapes superficiales
15	Cobre	Caycayen	Rahueco	-37,412	-70,459	3769-25	Conglomerados, areniscas, arcillitas	Fm. Tordilillo	Jurásico sup.	Cp,Py,Bor	Destapes, muestreo geoquímico
16	Cobre	Anafase	Rahueco	-37,432	-70,480	3769-25	Conglomerados, areniscas, arcillitas	Fm. Tordilillo	Jurásico sup.	Cp,Py,Bor	Destapes, muestreo geoquímico
17	Cobre	La Vuelta del Cu	Rahueco	-37,446	-70,444	3769-25	Andesitas, pórfidos monzodioríticos cuarzosos	Fm. Colpilli	Cretácico sup.-Eoceno	Cp,Py,Bor	Destapes, muestreo geoquímico
18	Hierro	Virginia	Rahueco	-37,466	-70,444	3769-25	Calizas, pelitas, peso, areniscas calcáreas	Fm. Tabanos-Fm La Manga	Jurásico med.	Hem, Lim, Py, Mag, Sp, Cp, Au, Mi, Az	Rajos, destapes
19	Hierro	Don Oscar	Rahueco	-37,456	-70,453	3769-25	Calizas, pelitas, peso, areniscas calcáreas	Fm. Tabanos-Fm La Manga	Jurásico med.	Hem, Lim, Py, Mag, Sp, Cp, Au, Mi, Az	Labores a cielo abierto
20	Baritina	Integración y desarrollo	Rahueco	-37,462	-70,423	3769-25	Conglomerados, areniscas, arcillitas	Fm. Tordilillo	Jurásico sup.	Ba, Ca	Destapes, socavones
21	Cobre	Rahueco	Tres Chorros	-37,498	-70,458	3769-25	Conglomerados, areniscas, arcillitas	Fm. Tordilillo	Jurásico sup.	Cp, Ca	Destapes, socavones
22	Cobre	La Buitrera	Tres Chorros	-37,489	-70,426	3769-25	Conglomerados, areniscas, arcillitas	Fm. Tordilillo	Jurásico sup.	Cp, Ca	Destapes, socavones
23	Cobre	Don Amado I	Tres Chorros	-37,499	-70,416	3769-25	Conglomerados, areniscas, arcillitas	Fm. Tordilillo	Jurásico sup.	Cp,Py,Bor	Destapes superficiales
24	Cobre	Tres Chorros	Tres Chorros	-37,504	-70,420	3769-25	Conglomerados, areniscas, arcillitas	Fm. Tordilillo	Jurásico sup.	Cp,Py,Bor	Destapes, socavones
25	Áridos	Cantera 282/01	Chos Malal	-37,374	-70,305	3769-25	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno		Cantera
26	Oro	Establ.Fijo 464/07	Chos Malal	-37,377	-70,303	3769-25	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno	Oro aluvional	Cantera
27	Áridos	Cantera 025/16	Chos Malal	-37,381	-70,285	3769-25	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno		Cantera
27	Áridos	Cantera 230/16	Chos Malal	-37,378	-70,281	3769-25	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno		Cantera
28	Áridos	Cantera 688/2009	Chos Malal	-37,394	-70,274	3769-25	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno		Cantera
29	Piedra Laja	Cantera 2259/04	Chos Malal	-37,384	-70,254	3769-25	Pelitas, calizas, areniscas, coquinas	Fm. Agrio	Cretácico inf.	Lajas calcáreas	Cantera
30	Áridos	Cantera 613/02	Chos Malal	-37,403	-70,254	3769-25	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno		Cantera
31	Cloruro de Sodio	Carmelo	Chos Malal	-37,417	-70,259	3769-25	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huirtrín	Cretácico inf.	Hal	Cámaras y pilares
32	Áridos	Cantera 740/15	Chos Malal	-37,402	-70,238	3769-25	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno		Cantera
33	Cloruro de Sodio	Mis Mielos	Chos Malal	-37,400	-70,227	3769-25	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huirtrín	Cretácico inf.	Hal	Destapes superficiales
34	Áridos	Cantera 726/02	Chos Malal	-37,414	-70,228	3769-25	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno		Cantera
35	Áridos	Canteras 726/02 y 089/05	Chos Malal	-37,422	-70,220	3769-25	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno		Cantera
35	Áridos	Cantera 089/05	Chos Malal	-37,421	-70,219	3769-25	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno		Cantera
36	Áridos	Cantera 403/08	Chos Malal	-37,460	-70,196	3769-25	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno		Cantera
37	Asfaltita	Susanita	Taquimilán Centro	-37,496	-70,198	3769-25	Pelitas, calizas, areniscas, coquinas	Fm. Agrio	Cretácico inf.	Probitumen asfáltico	Destapes superficiales

Cuadro 2. Depósitos y manifestaciones de recursos minerales que incluyen mineralizaciones metalíferas y minerales industriales y rocas de aplicación, en la Hoja 3769-III Chos Malal.

CUADRO-RESUMEN DE INDICIOS Y OCURRENCIAS MINERALES DE LA HOJA 3769-III, CHOS MALAL

N° Indicio	Sustancia	Nombre	Localidad	Latitud	Longitud	Hoja 1:100.000	Litología	Unidad Estratigráfica	Edad	Mineralización	Labores Mineras
38	Áridos	Cantera 150/08	Taquimilán	-37.503	-70.247	3769-25	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno		Cantera
38	Áridos	Cantera 213/08	Taquimilán	-37.503	-70.237	3769-25	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno		Cantera
38	Piedra Laja	Cantera 213/08	Taquimilán	-37.504	-70.236	3769-25	Pelitas, calizas, areniscas, coquinas	Fm. Agrio	Cretácico inf.		Cantera
39	Celestina-Baritina	Cimita	Naunauco	-37.514	-70.198	3769-25	Pelitas, calizas, areniscas, coquinas	Fm. Agrio	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes superficiales
40	Asfaltita	San José	Naunauco	-37.528	-70.167	3769-25	Pelitas, calizas, areniscas, coquinas	Fm. Agrio	Cretácico inf.	Probitummen asfáltico	Destapes superficiales
41	Asfaltita	Barb II	Taquimilán Centro	-37.543	-70.195	3769-25	Pelitas, calizas, areniscas, coquinas	Fm. Agrio	Cretácico inf.	Probitummen asfáltico	Calicatas, socavones
41	Asfaltita	El Desengañó	Naunauco	-37.659	-70.194	3769-25	Pelitas, calizas, areniscas, coquinas	Fm. Agrio	Cretácico inf.	Probitummen asfáltico	Destapes, socavones
42	Hierro	Gal. Belgrano	Naunauco	-37.546	-70.232	3769-25	Pelitas, calizas, areniscas, coquinas	Fm. Agrio	Cretácico inf.	Hem. Lim	Destapes, galerías
43	Piedra Laja	Cantera 610/2014	Taquimilán	-37.542	-70.263	3769-25	Pelitas, calizas, areniscas, coquinas	Fm. Agrio	Cretácico inf.	Cantera	Cantera
44	Celestina-Baritina	El Groncho de Taquimilán	Taquimilán Abajo	-37.550	-70.274	3769-25	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huirín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes, socavones
45	Celestina-Baritina	Dn. Liberatore N° 1	Taquimilán Arriba	-37.598	-70.336	3769-25	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huirín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes superficiales
45	Celestina-Baritina	Dn. Liberatore N° 2	Taquimilán Arriba	-37.581	-70.336	3769-25	Areniscas, calizas, evaporitas	Fm. Huirín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes superficiales
45	Celestina-Baritina	Ao. Taquimilán 3	Taquimilán Arriba	-37.567	-70.307	3769-25	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huirín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes, socavones
45	Celestina-Baritina	Ao. Taquimilán 1 y 2	Taquimilán Arriba	-37.576	-70.306	3769-25	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huirín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes, socavones
46	Bentonita	La Blanca	Taquimilán Arriba	-37.574	-70.311	3769-25	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huirín	Cretácico inf.	Ben	Destapes superficiales
47	Cobre Oro	Tikil, Lijili y IV	Taquimilán Arriba	-37.597	-70.369	3769-25	Conglomerados, areniscas, limolitas, coquinas	Fm. Mulichinco	Cretácico inf.	Cp, Py, Au	Destapes, muestreo geoquímico
48	Cobre	Naunauco	Taquimilán Centro	-37.574	-70.257	3769-25	Andesitas, pórfidos monodioríticos cuarzosos	Fm. Colpilli	Cretácico sup.-Eoceno	Cp, Bor, Ml,	Trincheras
49	Celestina-Baritina	Bruglida	Naunauco	-37.528	-70.186	3769-25	Pelitas, calizas, areniscas, coquinas	Fm. Agrio	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes, socavones
49	Celestina-Baritina	Don Candelario IV	Naunauco	-37.529	-70.180	3769-25	Pelitas, calizas, areniscas, coquinas	Fm. Agrio	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes superficiales
49	Celestina-Baritina	Don Candelario III	Naunauco	-37.529	-70.178	3769-25	Pelitas, calizas, areniscas, coquinas	Fm. Agrio	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes superficiales
49	Celestina-Baritina	Romina I	Naunauco	-37.575	-70.159	3769-25	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huirín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes superficiales
49	Celestina-Baritina	Don Candelario VII	Naunauco	-37.589	-70.160	3769-25	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huirín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes superficiales
49	Celestina-Baritina	31 de octubre I	Naunauco	-37.604	-70.158	3769-25	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huirín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes, socavones
49	Celestina-Baritina	Romina III	Naunauco	-37.586	-70.156	3769-25	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huirín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes superficiales
49	Celestina-Baritina	El Barranco	Naunauco	-37.563	-70.156	3769-25	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huirín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes superficiales
49	Celestina-Baritina	Don Candelario II	Naunauco	-37.582	-70.151	3769-25	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huirín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes, socavones
49	Celestina-Baritina	31 de octubre	Naunauco	-37.594	-70.158	3769-25	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huirín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes superficiales
49	Celestina-Baritina	Romina II	Naunauco	-37.579	-70.156	3769-25	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huirín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes superficiales
49	Celestina-Baritina	La Punta	Naunauco	-37.575	-70.157	3769-25	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huirín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Labores a cielo abierto
49	Celestina-Baritina	Argentina 86	Naunauco	-37.556	-70.154	3769-25	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huirín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes superficiales
49	Celestina-Baritina	10 de Diciembre	Naunauco	-37.567	-70.156	3769-25	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huirín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes, socavones
49	Celestina-Baritina	Don Candelario VI	Naunauco	-37.577	-70.151	3769-25	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huirín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Labores a cielo abierto
49	Celestina-Baritina	Carlos Luis I	Naunauco	-37.567	-70.152	3769-25	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huirín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes superficiales
49	Celestina-Baritina	Clementina	Naunauco	-37.574	-70.151	3769-25	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huirín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Labores a cielo abierto
49	Celestina-Baritina	Carlos Luis II	Naunauco	-37.572	-70.149	3769-25	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huirín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes superficiales
49	Celestina-Baritina	Carlos Luis	Naunauco	-37.564	-70.150	3769-25	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huirín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes superficiales
49	Celestina-Baritina	Don Candelario VIII	Naunauco	-37.606	-70.148	3769-25	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huirín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Labores a cielo abierto
49	Celestina-Baritina	Don Candelario IX	Naunauco	-37.621	-70.116	3769-25	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huirín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes superficiales
50	Hierro	Sarita	Naunauco	-37.614	-70.242	3769-25	Andesitas, pórfidos monodioríticos cuarzosos	Fm. Colpilli	Cretácico sup.-Eoceno	Hem. Lim	Destapes, socavones
51	Plomo	Cacique Purrán	Trailhué	-37.633	-70.439	3769-25	Andesitas, pórfidos monodioríticos cuarzosos	Fm. Colpilli	Cretácico sup.-Eoceno	Gn, Sp, Cp	Rojos, galerías
51	Oro-Plomo-Cobre	La Esmeralda	Trailhué	-37.641	-70.438	3769-25	Conglomerados, areniscas, limolitas, coquinas	Fm. Mulichinco	Cretácico inf.	Au, Cp, Gn	Destapes superficiales
51	Cobre-Plomo	María Aurelia	Trailhué	-37.629	-70.437	3769-25	Conglomerados, areniscas, limolitas, coquinas	Fm. Mulichinco	Cretácico inf.	Cp, Bor, Gn, Sp, Ml, Az, Lim	Trincheras, pique

CUADRO-RESUMEN DE INDICIOS Y OCURRENCIAS MINERALES DE LA HOJA 3769-III, CHOS MALAL

N° Indicio	Sustancia	Nombre	Localidad	Latitud	Longitud	Hoja 1:100.000	Litología	Unidad Estratigráfica	Edad	Mineralización	Labores Mineras
51	Plomo-Cobre-Zinc	Octubre	Traillhué	-37,628	-70,428	3769-25	Conglomerados, areniscas, limolitas, coquinas	Fm. Mulichinco	Cretácico inf.	Gn, Sph,Cp	Rajos, socavones
51	Plomo-Cobre-Zinc	El Pibe I,II y III	Traillhué	-37,648	-70,421	3769-25	Conglomerados, areniscas, limolitas, coquinas	Fm. Mulichinco	Cretácico inf.	Gn, Sph,Cp	Destapes superficiales
52	Baritina	Alma Teresa	Traillhué	-37,628	-70,434	3769-25	Conglomerados, areniscas, limolitas, coquinas	Fm. Mulichinco	Cretácico inf.	Ba,Cp,Gn	Destapes superficiales
53	Arcilla	Don José	Colpilli	-37,720	-70,418	3769-31	Pelitas, margas bituminosas, calizas, areniscas	Fm. Vaca Muerta	Jurásico sup.-Cretácico inf.		Destapes superficiales
54	Hierro	Ebe I, Ebe II y Co. Negro Oeste	Colpilli	-37,723	-70,407	3769-31	Areniscas, lutitas, calizas, andesitas	Fm. Mulichinco, Fm. Agrío y Fm. Colpilli	Cretácico inf.-Eoceno	Mag, Hem, Lim, Cp, Py, Oxmn	Destapes superficiales
54	Hierro	Mallín Largo	Colpilli	-37,712	-70,476	3769-31	Conglomerados, areniscas, limolitas, coquinas	Fm. Mulichinco	Cretácico inf.	Mag, Py, Hem, Lim	Destapes superficiales
54	Hierro	Pichi Humul	Colpilli	-37,683	-70,392	3769-31	Pelitas, calizas, areniscas, coquinas	Fm. Agrío	Cretácico inf.	Mag, Ga, Cp, Hem, Lim, Oxmn	Destapes superficiales
55	Cobre-Plomo-Zinc	Co. de los Bueyes	Colpilli	-37,719	-70,399	3769-31	Conglomerados, areniscas, limolitas, coquinas	Fm. Mulichinco	Cretácico inf.	Cp,Gn,Py,Sp	Rajos, socavones
56	Baritina	Luis Eduardo	Colpilli	-37,724	-70,349	3769-31	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ba,Gn,Sp,Cp,Oxle	Rajos, socavones
56	Baritina	20 de diciembre	Colpilli	-37,730	-70,351	3769-31	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ba,Gn,Sp,Cp,Oxle	Rajos, socavones
56	Baritina	16 de marzo	Colpilli	-37,732	-70,348	3769-31	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ba,Gn,Sp,Cp,Oxle	Rajos, socavones
56	Baritina	28 de septiembre	Colpilli	-37,736	-70,348	3769-31	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ba,Gn,Sp,Cp,Oxle	Rajos, socavones
56	Baritina	San Eduardo	Colpilli	-37,730	-70,348	3769-31	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ba,Gn,Sp,Cp,Oxle	Rajos, galerías
56	Baritina	EMF 900	Colpilli	-37,729	-70,345	3769-31	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ba,Gn,Sp,Cp,Oxle	Rajos, socavones
56	Baritina	Don Griseldo	Colpilli	-37,731	-70,347	3769-31	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ba,Gn,Sp,Cp,Oxle	Destapes superficiales
56	Baritina	Carlita	Colpilli	-37,714	-70,337	3769-31	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ba	Rajos, socavones
56	Baritina	Carlita I	Colpilli	-37,717	-70,337	3769-31	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ba	Destapes superficiales
56	Baritina	La Barita	Colpilli	-37,698	-70,326	3769-31	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ba	Destapes superficiales
56	Baritina	Carlita II	Colpilli	-37,711	-70,329	3769-31	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ba	Destapes superficiales
56	Baritina	El Cacique	Colpilli	-37,717	-70,316	3769-31	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ba	Rajos, socavones
56	Baritina	Julio César	Colpilli	-37,716	-70,321	3769-31	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ba	Rajos, socavones
56	Baritina	La Indígena	Colpilli	-37,707	-70,320	3769-31	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ba	Destapes superficiales
56	Baritina	La Bruja	Colpilli	-37,723	-70,313	3769-31	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ba	Rajos, galerías
56	Baritina	La Intermedia	Colpilli	-37,714	-70,309	3769-31	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ba	Destapes superficiales
56	Baritina	Salú Chico	Colpilli	-37,705	-70,314	3769-31	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ba	Destapes superficiales
56	Baritina	La Intermedia I	Colpilli	-37,709	-70,308	3769-31	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ba	Rajos, socavones
57	Plomo	La Esperanza	Colpilli	-37,714	-70,338	3769-31	Pelitas, calizas, areniscas, coquinas	Fm. Agrío	Cretácico inf.	Gn, Sp,Cp	Rajos, socavones
58	Hierro	Augusta	Colpilli	-37,729	-70,335	3769-31	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Hem, Ba	Rajos, socavones
59	Celestina-Baritina	El Viejo Segundo	Colpilli	-37,764	-70,253	3769-31	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes, socavones
60	Hierro	Adriana I y II	Colpilli	-37,773	-70,276	3769-31	Andesitas, pórfidos monzodioríticos cuarzosos	Fm. Colpilli	Cretácico sup.-Eoceno	Hem, Mag, Lim, Py	Destapes superficiales
61	Hierro	Héctor Vicente	Colpilli	-37,819	-70,346	3769-31	Pelitas, calizas, areniscas, coquinas	Fm. Agrío	Cretácico inf.	Hem, Mag	Destapes superficiales
61	Hierro	Santa Laura y Santa Laura I	Colpilli	-37,875	-70,290	3769-31	Andesitas, pórfidos monzodioríticos cuarzosos	Fm. Colpilli	Cretácico sup.-Eoceno	Hem, Mag	Destapes superficiales
61	Hierro	Santa Laura y Santa Laura II y III	Colpilli	-37,858	-70,267	3769-31	Andesitas, pórfidos monzodioríticos cuarzosos	Fm. Colpilli	Cretácico sup.-Eoceno	6th, Hem, Lim, Sid, Psi	Destapes superficiales
61	Hierro	Santa Olga	Colpilli	-37,841	-70,309	3769-31	Andesitas, pórfidos monzodioríticos cuarzosos	Fm. Colpilli	Cretácico sup.-Eoceno	Mag, Hem, Lim, Sid, Oxmn	Destapes superficiales
61	Hierro	Puerto-Ranquillón E	Chorríaca	-37,848	-70,295	3769-31	Andesitas, pórfidos monzodioríticos cuarzosos	Fm. Colpilli	Cretácico sup.-Eoceno	Hem, Mag, Lim	Destapes superficiales
62	Oro	Daphne	Chorríaca	-37,795	-70,183	3769-31	Andesitas, pórfidos monzodioríticos cuarzosos	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Au,Py,Cp	Sondeos exploratorios
63	Baritina-Celestina	Don Agustín B	Chorríaca	-37,848	-70,176	3769-31	Conglomerados, areniscas, limolitas, coquinas	Fm. Mulichinco	Cretácico inf.	Ba	Destapes, socavones
64	Baritina	El Vaquita	Pichahué	-37,919	-70,369	3769-31	Conglomerados, areniscas, limolitas, coquinas	Fm. Mulichinco	Cretácico inf.	Ba	Destapes, socavones
65	Baritina	Teresa	Hunçal	-37,978	-70,489	3769-31	Conglomerados, areniscas, arcillas	Fm. Tordillo	Jurásico sup.	Ba, Ca	Destapes superficiales
66	Oro	Gold Kieran II-Anita III	Hunçal	-37,983	-70,439	3769-31	Pelitas, margas bituminosas, calizas, areniscas	Fm. Vaca Muerta	Jurásico sup.-Cretácico inf.	Au,Py,Cp	Destapes superficiales
67	Plomo-Cobre-Zinc	Lonhuco II	Lonhuco	-37,996	-70,353	3769-31	Pelitas, margas-bituminosas, calizas, areniscas	Fm. Vaca Muerta	Jurásico sup.-Cretácico inf.	Cp,Gn,Py,Sp	Destapes superficiales
68	Azufre	Co. Wayne	Chos Malal	-37,053	-70,117	3769-19	Basaltos olivínicos	Basalto Cerro Wayne	Pleistoceno	Azufre volcánico	Manifestaciones
69	Áridos	Cantera 1041/03	Ruta 37 Butaco	-37,049	-70,046	3769-20	Gravas, arenas, limos	Dopósitos coluviales	Holoceno		Cantera

CUADRO-RESUMEN DE INDICIOS Y OCURRENCIAS MINERALES DE LA HOJA 3769-III, CHOS MALAL.

N° Indicio	Sustancia	Nombre	Localidad	Latitud	Longitud	Hoja 1:100.000	Litología	Unidad Estratigráfica	Edad	Mineralización	Labores Mineras
70	Áridos	Cantera 1040/03	Buta Ranquil	-37,044	-69,976	3769-20	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno		Cantera
70	Áridos	Cantera 1051/03	Buta Ranquil	-37,045	-69,964	3769-20	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno		Cantera
71	Áridos	Cantera 583/09	Buta Ranquil	-37,040	-69,869	3769-20	Gravas, arenas, limos	Depósitos coluviales	Holoceno		Cantera
71	Áridos	Cantera 2526/04	Buta Ranquil	-37,045	-69,861	3769-20	Gravas, arenas, limos	Depósitos coluviales	Holoceno		Cantera
72	Travertino	Cantera Buta Ranquil	Buta Ranquil	-37,084	-69,854	3769-20	Calizas travertínicas	Costas calcáreas	Holoceno	Trav	Cantera
72	Travertino	Cantera 5458/69	Buta Ranquil	-37,084	-69,843	3769-20	Calizas travertínicas	Costas calcáreas	Holoceno	Trav	Destapes
73	Asfaltita	Barbil	Pto. Chacayco	-37,100	-69,831	3769-20	Conglomerados, areniscas, limolitas, coquinas	Fm. Mulichinco	Cretácico inf.	Probitumen asfáltico	Rajos, destapes superf.
74	Azufre	Tromen	Chos Malal	-37,140	-70,044	3769-19	Basaltos olivínicos	Basalto Tromen	Holoceno	Azufre volcanogénico	Manifestaciones
75	Hierro	Tungara TGI y TGI	Buta Ranquil	-37,168	-70,002	3769-19	Basaltos	Basalto Tromen	Holoceno	Hem	Manifestaciones
76	Asfaltita	Luciano I	Auquenco	-37,211	-69,877	3769-19	Yeso, calizas	Fm. Auquico	Jurásico sup.	Probitumen asfáltico	Socavones
76	Asfaltita	Don Severo	Auquenco	-37,204	-69,866	3769-19	Yeso, calizas	Fm. Auquico	Jurásico sup.	Probitumen asfáltico	Rajos, socavones
76	Asfaltita	Luis Primero	Auquenco	-37,216	-69,862	3769-19	Yeso, calizas	Fm. Auquico	Jurásico sup.	Probitumen asfáltico	Socavones
76	Asfaltita	La Yesera I	Auquenco	-37,216	-69,858	3769-19	Pelitas, margas bituminosas, calizas, areniscas	Fm. Vaca Muerta	Jurásico sup.-Cretácico inf.	Probitumen asfáltico	Galerías, rajos
76	Asfaltita	La Yesera II	Auquenco	-37,223	-69,853	3769-19	Yeso, calizas	Fm. Auquico	Jurásico sup.	Probitumen asfáltico	Galerías, rajos
76	Asfaltita	Ramiro I	Auquenco	-37,226	-69,852	3769-19	Yeso, calizas	Fm. Auquico	Jurásico sup.	Probitumen asfáltico	Destapes superficiales
76	Asfaltita	Gabriela	Auquenco	-37,234	-69,838	3769-19	Yeso, calizas	Fm. Auquico	Jurásico sup.	Probitumen asfáltico	Destapes, socavones
76	Asfaltita	Sr. Gris	Auquenco	-37,245	-69,847	3769-19	Yeso, calizas	Fm. Auquico	Jurásico sup.	Probitumen asfáltico	Rajos, socavones
77	Barritina-Celestina	La Paisana	Yesera Tromen	-37,214	-69,869	3769-19	Yeso, calizas	Fm. Auquico	Jurásico sup.	Ba	Cantera
78	Cuarzo	Yesera del Tromen	Auquenco	-37,213	-69,863	3769-20	Yeso, calizas	Fm. Auquico	Jurásico sup.	Qz	Manifestaciones
79	Barritina-Celestina	La Gisela	Yesera Tromen	-37,220	-69,864	3769-19	Yeso, calizas	Fm. Auquico	Jurásico sup.	Ce	Cantera
80	Azufre	Marce I	Auquenco	-37,277	-69,871	3769-26	Yeso, calizas	Fm. Auquico	Jurásico sup.	Azufre epigenético	Destapes superficiales
81	Yeso	Cantera 657/2014	Auquenco	-37,302	-69,911	3769-20	Yeso, calizas	Fm. Auquico sup.	Jurásico sup.-	Gyp	Cantera
82	Áridos	Cantera 947/03	Auquenco	-37,333	-69,894	3769-26	Gravas, arenas, limos	Depósitos coluviales	Holoceno		Cantera
83	Asfaltita	L.Salvada Llaguna	Auquenco	-37,326	-69,981	3769-26	Conglomerados, areniscas, arcillas	Fm. Tordillo	Jurásico sup.	Probitumen asfáltico	Galerías, rajos
83	Asfaltita	Emanuel	Auquenco	-37,365	-69,958	3769-26	Conglomerados, areniscas, arcillas	Fm. Tordillo	Jurásico sup.	Probitumen asfáltico	Rajos, galerías
83	Asfaltita	Puerta Auquenco	Auquenco	-37,370	-69,944	3769-26	Conglomerados, areniscas, limolitas, coquinas	Fm. Mulichinco	Cretácico inf.	Probitumen asfáltico	Socavones, rajos
84	Asfaltita	El Povenir	Pampa Tilhue	-37,448	-70,131	3769-25	Pelitas, calizas, areniscas, coquinas	Fm. Agrio	Cretácico inf.	Probitumen asfáltico	Galerías
85	Barritina-Celestina	Castillo	Costa Tilhue	-37,483	-70,104	3769-25	Pelitas, calizas, areniscas, coquinas	Fm. Agrio	Cretácico inf.	Ba, Ca	Destapes superficiales
86	Áridos	Cantera 1153/03	Curaco	-37,432	-69,897	3769-26	Gravas, arenas, limos	Depósitos coluviales	Holoceno		Cantera
87	Asfaltita	El Caimán-Marcelo	Mina San Eduardo	-37,573	-70,033	3769-25	Pelitas, calizas, areniscas, coquinas	Fm. Agrio	Cretácico inf.	Probitumen asfáltico	Rajos, socavones
87	Asfaltita	Ex Mina San Eduardo	Mina San Eduardo	-37,533	-70,008	3769-25	Pelitas, calizas, areniscas, coquinas	Fm. Agrio	Cretácico inf.	Probitumen asfáltico	Rajos, galerías
87	Asfaltita	Nico	Mina San Eduardo	-37,526	-70,042	3769-25	Pelitas, calizas, areniscas, coquinas	Fm. Agrio	Cretácico inf.	Probitumen asfáltico	Rajos, socavones
87	Asfaltita	Don Soto	Mina San Eduardo	-37,508	-70,032	3769-25	Pelitas, calizas, areniscas, coquinas	Fm. Agrio	Cretácico inf.	Probitumen asfáltico	Destapes superficiales
88	Celestina-Barritina	Las Avispas	Naunauco	-37,575	-70,075	3769-25	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes superficiales
89	Barritina-Celestina	Emergencia	Naunauco	-37,599	-70,063	3769-25	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ba-Ce	Destapes, socavones
89	Barritina-Celestina	El Cabrero	Naunauco	-37,606	-70,058	3769-25	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ba-Ce	Destapes, socavones
89	Barritina-Celestina	El Calla	Naunauco	-37,615	-70,053	3769-25	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ba-Ce	Destapes, socavones
90	Barritina-Celestina	Barda Klein	Barda Klein	-37,649	-70,013	3769-26	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ba,Ce	Rajos, galerías
91	Celestina-Barritina	Rayoso	Co. Rayoso	-37,773	-69,926	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes superficiales
92	Celestina-Barritina	Las Aletas	Co. Rayoso	-37,790	-69,926	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes superficiales
93	Celestina-Barritina	El Patriarca	La Continental	-37,852	-69,971	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Rajos, galerías
93	Celestina-Barritina	El Emir II	La Continental	-37,877	-69,956	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes superficiales
93	Celestina-Barritina	El Emir	La Continental	-37,877	-69,958	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Rajos, socavones
93	Celestina-Barritina	Abuelo Hermilio	La Continental	-37,843	-69,953	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Rajos, galerías
93	Celestina-Barritina	Danielito I	La Continental	-37,838	-69,950	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Rajos, galerías

CUADRO-RESUMEN DE INDICIOS Y OCURRENCIAS MINERALES DE LA HOJA 3769-III, CHOS MALAL

N° Indicio	Sustancia	Nombre	Localidad	Latitud	Longitud	Hoja 1:100.000	Litología	Unidad Estratigráfica	Edad	Mineralización	Labores Mineras
93	Celestina-Baritina	Tres Hermanos	La Continental	-37.834	-69.951	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes superficiales
93	Celestina-Baritina	Danielito	La Continental	-37.843	-69.950	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Rajos, galerías
93	Celestina-Baritina	Santa Elena	La Continental	-37.830	-69.948	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Rajos, galerías
93	Celestina-Baritina	Cecilia	La Continental	-37.846	-69.951	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Rajos, galerías
94	Baritina-Celestina	Churiaca TG	Choriaca	-37.901	-70.064	3769-32	Pelitas, calizas, areniscas, coquillas	Fm. Agrio	Cretácico inf.	Ba, Ce	Destapes superficiales
95	Baritina-Celestina	Madre Joba	Choriaca	-37.906	-69.988	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ba, Ce	Destapes superficiales
96	Baritina-Celestina	Dios Alado II	Choriaca	-37.949	-69.988	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ba, Ce	Destapes superficiales
96	Baritina-Celestina	El Minarete	Choriaca	-37.935	-69.986	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ba, Ce	Rajos, galerías
96	Baritina-Celestina	Dios Alado	Choriaca	-37.944	-69.986	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ba, Ce	Rajos, galerías
97	Celestina-Baritina	El Endemoniado 4º	Choriaca	-37.948	-70.013	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Labores a cielo abierto
97	Celestina-Baritina	El Endemoniado 1º	Choriaca	-37.968	-70.003	3769-31	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Labores a cielo abierto
97	Celestina-Baritina	El Endemoniado 3º	Choriaca	-37.958	-70.008	3769-31	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Labores a cielo abierto
97	Celestina-Baritina	El Endemoniado 2º	Choriaca	-37.962	-70.005	3769-31	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Labores a cielo abierto
97	Celestina-Baritina	El Inicio	Choriaca	-37.963	-69.989	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ce, Ba	Destapes superficiales
98	Baritina-Celestina	Los Robertos	Choriaca	-37.968	-69.988	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ba, Ce	Rajos, socavones
98	Baritina-Celestina	J.C.	Choriaca	-37.973	-69.989	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Ba, Ce	Rajos, socavones
99	Áridos	Cantera 084/06	Malal Ranquil	-37.113	-69.683	3769-20	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno		Cantera
100	Potasio	La Fuente II	El Portón	-37.157	-69.676	3769-20	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Hal, Sil	Sondeos exploratorios
100	Potasio	La Fuente I	El Portón	-37.157	-69.665	3769-20	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Hal, Sil	Sondeos exploratorios
101	Áridos	Cantera 945/03	Pampa de Tril	-37.293	-69.688	3769-20	Gravas, arenas	Depósitos que cubren superficies pedimentadas	Pleistoceno		Cantera
101	Áridos	Cantera 427/08	Filo Morado	-37.263	-69.651	3769-20	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno		Cantera
102	Azufre	Filo Morado Norte	Huantraico	-37.275	-69.669	3769-20	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Azufre epibiogénico	
103	Cloruro de Sodio	Hijozga	Pampa Tril	-37.329	-69.693	3769-26	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Hal	Cantera
104	Azufre	Filo Morado Sur	Huantraico	-37.334	-69.670	3769-20	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Azufre epibiogénico	
105	Diatomita	Chucua	Curaco	-37.569	-69.925	3769-26	Tufitas, areniscas, pelitas	Fm. Rincón Escondido	Oligoceno	Dia	Destapes
105	Diatomita	Huille	Curaco	-37.571	-69.922	3769-26	Tufitas, areniscas, pelitas	Fm. Rincón Escondido	Oligoceno	Dia	Destapes
105	Diatomita	Los Ranqueles	Curaco	-37.564	-69.917	3769-26	Tufitas, areniscas, pelitas	Fm. Rincón Escondido	Oligoceno	Dia	Cantera
105	Diatomita	Alhue	Curaco	-37.567	-69.916	3769-26	Tufitas, areniscas, pelitas	Fm. Rincón Escondido	Oligoceno	Dia	Destapes
105	Diatomita	Kalku	Curaco	-37.560	-69.912	3769-26	Tufitas, areniscas, pelitas	Fm. Rincón Escondido	Oligoceno	Dia	Destapes
105	Diatomita	Cochin	Curaco	-37.554	-69.913	3769-26	Tufitas, areniscas, pelitas	Fm. Rincón Escondido	Oligoceno	Dia	Destapes
105	Diatomita	Guife	Curaco	-37.547	-69.909	3769-26	Tufitas, areniscas, pelitas	Fm. Rincón Escondido	Oligoceno	Dia	Destapes
105	Diatomita	Plkun	Curaco	-37.553	-69.908	3769-26	Tufitas, areniscas, pelitas	Fm. Rincón Escondido	Oligoceno	Dia	Destapes
106	Áridos	Cantera 1148/03	Co. Villegas	-37.543	-69.840	3769-26	Gravas, arenas, limos	Depósitos coluviales	Holoceno		Cantera
107	Hierro	Huantraico	Chos Malal	-37.574	-69.685	3769-26	Basalto	Fm. Sierra Negra	Mioceno	Mag, Hem, Um	Manifestaciones
108	Áridos	Cantera 080/05	Cortaderas	-37.559	-69.629	3769-26	Gravas, arenas, limos	Depósitos coluviales	Holoceno		Cantera
109	Áridos	Cantera 1149/03	R7 Cortaderas	-37.604	-69.692	3769-27	Gravas, arenas, limos	Depósitos coluviales	Holoceno		Cantera
110	Cloruro de Sodio	La Bronco	Salinas de Huitrín	-37.694	-69.799	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Hal	Destapes superficiales
110	Cloruro de Sodio	Pobre Concho	Salinas de Huitrín	-37.709	-69.785	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Hal	Destapes superficiales
110	Cloruro de Sodio	Los Panes Blancos	Salinas de Huitrín	-37.744	-69.781	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Hal	Destapes superficiales
110	Cloruro de Sodio	Buen Gusto	Salinas de Huitrín	-37.714	-69.779	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Hal	Destapes superficiales
110	Cloruro de Sodio	Arroyo Blanco	Salinas de Huitrín	-37.750	-69.779	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Hal	Destapes superficiales
110	Cloruro de Sodio	Manto Blanco	Salinas de Huitrín	-37.723	-69.775	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Hal	Destapes superficiales
110	Cloruro de Sodio	La Salina	Salinas de Huitrín	-37.728	-69.775	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Hal	Destapes superficiales
110	Cloruro de Sodio	El Pátamo	Salinas de Huitrín	-37.731	-69.781	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Hal	Destapes superficiales
111	Azufre	María Luisa	Salinas de Huitrín	-37.749	-69.789	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Azufre epibiogénico	

CUADRO RESUMEN DE INDICIOS Y OCURRENCIAS MINERALES DE LA HOJA 3769-III, CHOS MALAL

N° Indicio	Sustancia	Nombre	Localidad	Latitud	Longitud	Hoja 1:100.000	Litología	Unidad Estratigráfica	Edad	Mineralización	Labores Mineras
111	Azúfre	Piedras Blancas	Salinas de Huitrín	-37,749	-69,784	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Azúfre epigenético	Destapes superficiales
112	Cobre	Pampa Salado I a VI	Chihuido del Medio	-37,794	-69,744	3769-32	Conglomerados, areniscas, limolitas, fangolitas	Fm. Rayoso	Cretácico sup.	Mi.Az	Destapes superficiales, sondeos
113	Cobre	Ag. Lechugal I a IV	Chihuido del Medio	-37,741	-69,718	3769-32	Conglomerados, areniscas, fangolitas	Fm. Candeleros	Cretácico sup.	Mi.Az	Destapes superficiales, sondeos
114	Cobre U-V	Nido de Cóndores	Salinas de Huitrín	-37,832	-69,807	3769-32	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Hal	Destapes, socavones
115	Cobre U-V	Rincón Puntila I	Chihuido Norte	-37,894	-69,631	3769-32	Conglomerados, areniscas, fangolitas	Fm. Candeleros	Cretácico sup.	Mi.Pch	Sondeos exploratorios
116	Cobre U-V	Rincón Puntila II	Chihuido Norte	-37,894	-69,571	3769-32	Conglomerados, areniscas, fangolitas	Fm. Candeleros	Cretácico sup.	Mi.Pch	Sondeos exploratorios
117	Cobre U-V	Nagal I y II	Chihuido Norte	-37,889	-69,569	3769-32	Conglomerados, areniscas, fangolitas	Fm. Huicul	Cretácico sup.	Mi.Pch	Destapes, muestreo geoquímico
118	Cobre U-V	Amarilla	Chihuido del Medio	-37,991	-69,754	3769-32	Conglomerados, areniscas, limolitas, fangolitas, yeso	Fm. Rayoso	Cretácico inf.	Mi.Pch	Destapes, muestreo geoquímico
119	Cobre U-V	Cantera 1141/2011	Naunaico	-37,956	-69,659	3769-32	Conglomerados, areniscas, fangolitas	Fm. Candeleros	Cretácico sup.	Mi.Pch	Cantera
120	Cobre U-V	Nagal III, IV y V	Chihuido del Medio	-37,995	-69,507	3769-32	Conglomerados, areniscas, limolitas, fangolitas, yeso	Fm. Rayoso	Cretácico inf.	Mi.Pch	Destapes, muestreo geoquímico
121	Potasio	Julia	Pampa Negra	-37,207	-69,481	3769-21	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Hal, Sil	Sondeos exploratorios
122	Potasio	Gielle	Pampa Negra	-37,233	-69,500	3769-21	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Hal, Sil	Sondeos exploratorios
123	Potasio	Teresa	Pampa Negra	-37,186	-69,397	3769-21	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Hal, Sil	Sondeos exploratorios
124	Potasio	Estela	Pampa Negra	-37,200	-69,431	3769-21	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Hal, Sil	Sondeos exploratorios
125	Potasio	Lalita	Pampa Negra	-37,182	-69,382	3769-21	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Hal, Sil	Sondeos exploratorios
126	Potasio	Estel	Pampa Negra	-37,183	-69,363	3769-21	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Hal, Sil	Sondeos exploratorios
127	Potasio	Paula	Pampa Negra	-37,167	-69,293	3769-21	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Hal, Sil	Sondeos exploratorios
128	Potasio	Cantera 942/03	Pata Mora	-37,192	-69,170	3769-21	Arenas, limos	Depósitos fluviales antiguos	Pleistoceno	Cantera	Cantera
129	Potasio	Pto. Extr. 2038/03	Pata Mora	-37,248	-69,203	3769-21	Gravas, arenas	Depósitos que cubren superficies pedimentadas	Pleistoceno	Cantera	Cantera
130	Potasio	Aviador Perota	Pata Mora	-37,236	-69,157	3769-21	Conglomerados, areniscas, arcillas	SubGrupo Rio Neuquén	Cretácico sup.	Gibsonita-GraHalmita	Destapes superficiales
131	Potasio	Fortuna IV	Pata Mora	-37,248	-69,150	3769-21	Conglomerados, areniscas, arcillas	SubGrupo Rio Neuquén	Cretácico sup.	Gibsonita-GraHalmita	Galerías, rajos
132	Potasio	Araceli Norma I	Pata Mora	-37,235	-69,145	3769-21	Conglomerados, areniscas, arcillas	SubGrupo Rio Neuquén	Cretácico sup.	Gibsonita-GraHalmita	Destapes superficiales
133	Potasio	Araceli Norma II	Pata Mora	-37,241	-69,136	3769-21	Conglomerados, areniscas, arcillas	SubGrupo Rio Neuquén	Cretácico sup.	Gibsonita-GraHalmita	Destapes superficiales
134	Potasio	Araceli Norma III	Pata Mora	-37,241	-69,132	3769-21	Conglomerados, areniscas, arcillas	SubGrupo Rio Neuquén	Cretácico sup.	Gibsonita-GraHalmita	Destapes superficiales
135	Potasio	Nicanor C. Mendez	Pata Mora	-37,223	-69,110	3769-21	Conglomerados, areniscas, arcillas	SubGrupo Rio Neuquén	Cretácico sup.	Gibsonita-GraHalmita	Galerías, rajos
136	Potasio	Toribia	Pata Mora	-37,247	-69,051	3769-21	Basaltos	Basalto del Valle del Rio Colorado	Pleistoceno	Hal, Sil	Cantera
137	Potasio	Cantera 2838/99	Pata Mora	-37,286	-69,348	3769-21	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Hal, Sil	Sondeos exploratorios
138	Potasio	Neuken X, XI, XII, XIII	Chihuido Sa. Negra	-37,286	-69,348	3769-21	Gravas, arenas, limos, tosa	Depósitos aluviales actuales	Holoceno	Cantera	Cantera
139	Potasio	Cantera 2837/99	Pata Mora	-37,292	-69,055	3769-21	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno	Cantera	Cantera
140	Potasio	Cantera 2839/99	Pata Mora	-37,300	-69,055	3769-21	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno	Cantera	Cantera
141	Potasio	UTE	Pata Mora	-37,310	-69,074	3769-21	Conglomerados, areniscas, arcillas	SubGrupo Rio Neuquén	Cretácico sup.	Arcillas plásticas	Cantera
142	Potasio	Neuken VI, VIII, IX	Puesto Hernández	-37,331	-69,284	3769-21	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Hal, Sil	Sondeos exploratorios
143	Potasio	Pto. Extr. 816/02	El Trapal	-37,361	-69,293	3769-26	Gravas, arenas, limos	Depósitos coluviales	Holoceno	Cantera	Cantera
144	Potasio	Neuken III	El Trapal	-37,378	-69,311	3769-27	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Hal, Sil	Sondeos exploratorios
145	Potasio	Pto. Extr. 315/02	El Trapal	-37,381	-69,310	3769-26	Gravas, arenas, limos	Depósitos coluviales	Holoceno	Cantera	Cantera
146	Potasio	Pto. Extr. 1022/03	El Trapal	-37,373	-69,226	3769-26	Gravas, arenas, limos	Depósitos coluviales	Holoceno	Cantera	Cantera
147	Potasio	Pto. Extr. 817/02	El Trapal	-37,416	-69,305	3769-26	Gravas, arenas, limos	Depósitos coluviales	Holoceno	Cantera	Cantera
148	Potasio	Pto. Extr. 818/02	El Trapal	-37,416	-69,300	3769-26	Gravas, arenas, limos	Depósitos coluviales	Holoceno	Cantera	Cantera
149	Potasio	Neuken II	El Trapal	-37,408	-69,283	3769-27	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Hal, Sil	Sondeos exploratorios
150	Potasio	Neuken I	El Trapal	-37,417	-69,283	3769-27	Calizas, areniscas, evaporitas	Fm. Huitrín	Cretácico inf.	Hal, Sil	Sondeos exploratorios
151	Potasio	Cantera 1089/03	Pata Mora	-37,361	-69,040	3769-27	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno	Cantera	Cantera
152	Potasio	Cantera 2271/04	Pata Mora	-37,364	-69,033	3769-27	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno	Cantera	Cantera
153	Potasio	Cantera 008/06	Pata Mora	-37,373	-69,036	3769-27	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno	Cantera	Cantera
154	Potasio	Cantera 008/06	Pata Mora	-37,363	-69,040	3769-27	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno	Cantera	Cantera
155	Potasio	Cantera 821/02	Pata Mora	-37,359	-69,039	3769-27	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno	Cantera	Cantera
156	Potasio	Cantera 1805/95	Rincón de los Sauces	-37,356	-69,037	3769-27	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno	Cantera	Cantera

CUADRO-RESUMEN DE INDICIOS Y OCURRENCIAS MINERALES DE LA HOJA 3769-III, CHOS MALAL

N° Indicio	Sustancia	Nombre	Localidad	Latitud	Longitud	Hoja 1:100.000	Litología	Unidad Estratigráfica	Edad	Mineralización	Labores Mineras
134	Aridos	Cantera 2271/04	Pata Mora	-37,371	-69,038	3769-27	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno		Cantera
135	Arcilla	Sauces II	Pata Mora	-37,375	-69,031	3769-27	Conglomerados, areniscas, arcillitas	SubGrupo Río Neuquén	Cretácico sup.	Arcillas plásticas	Destapes superficiales
136	Aridos	Cantera 129/16	Rincón de los Sauces	-37,372	-69,019	3769-27	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno		Cantera
136	Aridos	Cantera 2683/05	Rincón de los Sauces	-37,376	-69,008	3769-27	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno		Cantera
136	Aridos	Cantera 2706/05	Rincón de los Sauces	-37,371	-69,003	3769-27	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno		Cantera
137	Arcilla	Carlitos	Pata Mora	-37,389	-69,014	3769-27	Conglomerados, areniscas, arcillitas	SubGrupo Río Neuquén	Cretácico sup.	Arcillas plásticas	Destapes superficiales
138	Aridos	Canteras 430 a 433/07	Pata Mora	-37,501	-69,019	3769-27	Gravas, arenas	Depósitos que cubren superficies pedimentadas	Pleistoceno		Cantera
138	Aridos	Cantera 257-258/07	Co. Mesa de los Overos	-37,503	-69,003	3769-27	Gravas, arenas	Depósitos que cubren superficies pedimentadas	Pleistoceno		Cantera
138	Aridos	Cantera 123/08	Pata Mora	-37,497	-69,003	3769-27	Gravas, arenas	Depósitos que cubren superficies pedimentadas	Pleistoceno		Cantera
139	Aridos	Cantera 1151/03	R7 Pampa del Sapo	-37,646	-69,516	3769-27	Gravas, arenas, limos	Depósitos coluviales	Holoceno		Cantera
140	Cobre U-V	Sapo	Pampa del Sapo	-37,794	-69,457	3769-33	Conglomerados, areniscas, fangolitas	Fm. Huincul	Cretácico sup.	MI,Pch	Destapes, muestreo geoquímico
140	Cobre U-V	Grillo	Pampa del Sapo	-37,864	-69,462	3769-33	Conglomerados, areniscas, fangolitas	Fm. Huincul	Cretácico sup.	MI,Pch	Destapes, muestreo geoquímico
140	Cobre U-V	Tortuga-Tortuga I	Cortaderas	-37,715	-69,454	3769-26	Conglomerados, areniscas, fangolitas	Fm. Huincul	Cretácico sup.	MI,Az	Destapes, muestreo geoquímico
140	Cobre U-V	Carranza	Punta Carranza	-37,856	-69,378	3769-33	Conglomerados, areniscas, fangolitas	Fm. Huincul	Cretácico sup.	MI,Pch	Destapes, muestreo geoquímico
141	Aridos	Cantera 1069/03	R7 Bda Los Pajaritos NO	-37,802	-69,376	3769-33	Gravas, arenas, limos	Depósitos coluviales	Holoceno		Cantera
141	Aridos	Cantera 1070/03	R7 Bda Los Pajaritos	-37,858	-69,360	3769-33	Gravas, arenas, limos	Depósitos coluviales	Holoceno		Cantera
142	Aridos	Cantera 077/18	Co. Mesa de los Overos	-37,704	-69,127	3769-33	Gravas, arenas, limos	Depósitos coluviales	Holoceno		Cantera
142	Aridos	Cantera 247/00	R5 Pro Vega	-37,679	-69,116	3769-33	Gravas, arenas	Depósitos que cubren superficies pedimentadas	Pleistoceno		Cantera
143	Aridos	Cantera 2185/03	R5 Co. La Boleada	-37,786	-69,163	3769-33	Gravas, arenas	Depósitos que cubren superficies pedimentadas	Pleistoceno		Cantera
144	Cobre U-V	Marias, I,II,III	Punta Carranza	-37,895	-69,318	3769-33	Conglomerados, areniscas, fangolitas	Fm. Huincul	Cretácico sup.	MI,Pch	Destapes, muestreo geoquímico
144	Cobre U-V	Loro	Punta Carranza	-37,930	-69,316	3769-33	Conglomerados, areniscas, fangolitas	Fm. Huincul	Cretácico sup.	MI,Pch	Sondeos exploratorios
145	Aridos	Cantera 1071/03	R7 Punta Agüada	-37,887	-69,288	3769-33	Gravas, arenas, limos	Depósitos coluviales	Holoceno		Cantera
146	Aridos	Cantera 2186/03	Aguada del Macho	-37,878	-69,186	3769-33	Gravas, arenas	Depósitos que cubren superficies pedimentadas	Pleistoceno		Cantera
146	Aridos	Cantera 1187/2011	NE de Pta Carranza	-37,915	-69,179	3769-33	Conglomerados, areniscas, fangolitas	Fm. Huincul	Cretácico sup.		Cantera
147	Cobre U-V	Brujas	Punta Carranza	-37,986	-69,216	3769-33	Conglomerados, areniscas, fangolitas	Fm. Huincul	Cretácico sup.	MI,Pch	Destapes, muestreo geoquímico
148	Aridos	Cantera 2187/03	Aguada del Macho	-37,966	-69,185	3769-33	Gravas, arenas, limos	Depósitos coluviales	Holoceno		Cantera
148	Aridos	Cantera 2188/03	Aguada del Macho	-37,973	-69,173	3769-33	Gravas, arenas, limos	Depósitos coluviales	Holoceno		Cantera
149	Aridos	Cantera 2377/20	Aguada del Macho	-37,996	-69,024	3769-33	Gravas, arenas, limos	Depósitos aluviales actuales	Holoceno		Cantera

**Abreviaturas:** Ag:Plata - Arc: Arcilla - Ari: Aridos - Asf: Asfaltita - Au:Oro - Az: Azurita - Ba:Baritina - Bas:Basalto - Ben:Bentonita - Bor:Bornita - Ca: Calcita - Calc:Calcáreo - Ce:Celestina - Cp:Calcopirita - Cu: Cobre - Dia:Diatomita - Fe:Hierro - Gn:Galena - Gth: Goethita - Gyp: Yeso - Hem: Hematita - Lim: Limonita - Mag: Magnetita - M: Malaquita - Oxe: Óxidos de hierro - Oxmn: Óxidos de manganeso - Pch: Pechblenda - Pb: Plomo - Pie:Piedra laja - Py:Pirita - Qz:Cuarzo - S: Azufre - Sid: Siderita - Sal:Sal - Sil: Silvita - Sp:Esferalerita - Trav:Travertino - Zn:Zinc

Las mineralizaciones vetiformes de cobre rellenan fracturas en la andesita en dos áreas diferentes, distantes unos 200 m una de la otra. La veta más importante, ubicada al norte, tiene un rumbo general N 75° y unos 20 m de longitud, con espesores que varían entre 0,10 a 0,50 m, formando también delgadas vetillas de pocos milímetros. A 200 m al suroeste de esta manifestación se encuentran dos vetillas de rumbo ESE, de 20 y 2 m de longitud, respectivamente, con espesores que oscilan entre 1 a 3 cm y una pobre mineralización. Todas las manifestaciones de este depósito, tanto la veta ubicada al norte como las vetillas al sur, presentan una mineralización compuesta por calcopirita, bornita y escasa covelina, con malaquita y limonita como minerales secundarios (Barrionuevo y Nieniewski 1955, Zanettini 2018).

En la veta se han desarrollado tres trincheras de 5 m de largo por 2,30 m de profundidad máxima, en las que se observan la estructura mineralizada principal, delgadas vetillas y una faja de alteración carbonática en la roca de caja. En estas labores superficiales, Barrionuevo y Nieniewski (1955) analizaron 2 muestras que dan un valor ponderado de 6,66 % de Cu, mientras que Elizalde y González Laguinge (1957), sobre 8 muestras analizadas, obtuvieron un valor ponderado por el espesor de la muestra de 6,24 % de Cu.

**Cerro del Diablo (María Aurelia).** Este depósito se encuentra en el cerro homónimo, a unos 35 km al suroeste de la ciudad de Chos Malal (Fig. 32). En el área afloran areniscas grauváquicas blancas a grises y lutitas de la Formación Mulichinco, en un anticlinal de orientación NO, que están intruidas por un cuerpo subvolcánico diorítico de color verde claro, elongado en dirección NO de la Formación Colipilli. Estas unidades tienen alteración del tipo seritización y caolinización en las inmediaciones de las mineralizaciones.

En cuanto a la estructura, hay dos juegos de fallas normales, uno de rumbo N55°-70°, casi perpendicular al eje del pliegue, y otro de rumbo N340°, paralelo a este. Algunas de estas, que presentan un rumbo NE, próximos a la cumbre del cerro del Diablo contienen mineralización de cobre con espesores variables entre 0,20 y 1,60 metros.

La mineralización primaria consiste en calcopirita y bornita, mientras que la secundaria está compuesta por malaquita, azurita y limonitas. Ambas se distribuyen irregularmente en un material triturado que rellena la fractura.

En el área del cerro del Diablo se han reconocido varias mineralizaciones de las cuales sobresale el depósito María Aurelia, que ha sido estudiado en detalle por Devito (1955b). Se trata de una veta localizada en el sector oriental del cerro mencionado con textura brechosa y alojada en una fractura de rumbo 70° que inclina entre 75° y 85° al SE, con espesores mineralizados de entre 0,30 m y 1,80 m y una longitud de veta de 260 metros. La mineralización en la zona de oxidación está compuesta por abundante limonita y hematita, acompañadas por óxidos de manganeso y malaquita, azurita, calcosina, cuprita y piritita en ganga de cuarzo, calcita y yeso. Hay también, distribuidos irregularmente, nidos de galena y pequeños nódulos de calcopirita.

Las principales labores mineras que se han realizado en esta veta están representadas por un pique de 20 m de profundidad que conecta la superficie con una galería de 87,50 m de longitud realizada sobre la veta en subsuelo. Asimismo, se han efectuado una serie de destapes o trincheras sobre la corrida de la veta.

Sobre un muestreo realizado en la veta María Aurelia, Devito (1955b) informó unos valores de cobre que oscilan entre 5 % y 10 %, con una ley media aproximada de 8,63 % de Cu. Su estimación de reservas para la veta, basados en los trabajos mineros existentes en el sector, fue de 9.360 t de mineral.

A 2 km al norte del depósito María Aurelia, en rocas alteradas que rodean la cumbre del cerro del Diablo, JICA-MMAJ (2001) obtuvo valores de 0,11 g/t de Au, 3,8 g/t de Ag, 3,2 % de Cu, 40 ppm de Pb y 150 ppm de Zn.

Además de estas mineralizaciones de cobre, hacia el oeste y norte del cerro del Diablo hay varias manifestaciones de plomo y cinc, acompañadas por una veta de baritina de 150 m de corrida, de la que se extrajeron alrededor de 200 t de mineral y se estimó un recurso de 10.000 t (Méndez *et al.* 1995).

**Cerro de los Bueyes.** Las manifestaciones de este depósito están localizadas en el cerro homónimo, al que se accede desde la ciudad de Chos Malal recorriendo en dirección sur 33 km por la ruta la nacional 40 hasta el paraje Naunauco y continuando 48 km por la ruta provincial 4, hasta el paraje Mallín Largo (Fig. 32).

En el área afloran areniscas y limolitas de la Formación Mulichinco y sedimentitas de la Formación Vaca Muerta, intruidas por un cuerpo subvolcánico de la Formación Colipilli.

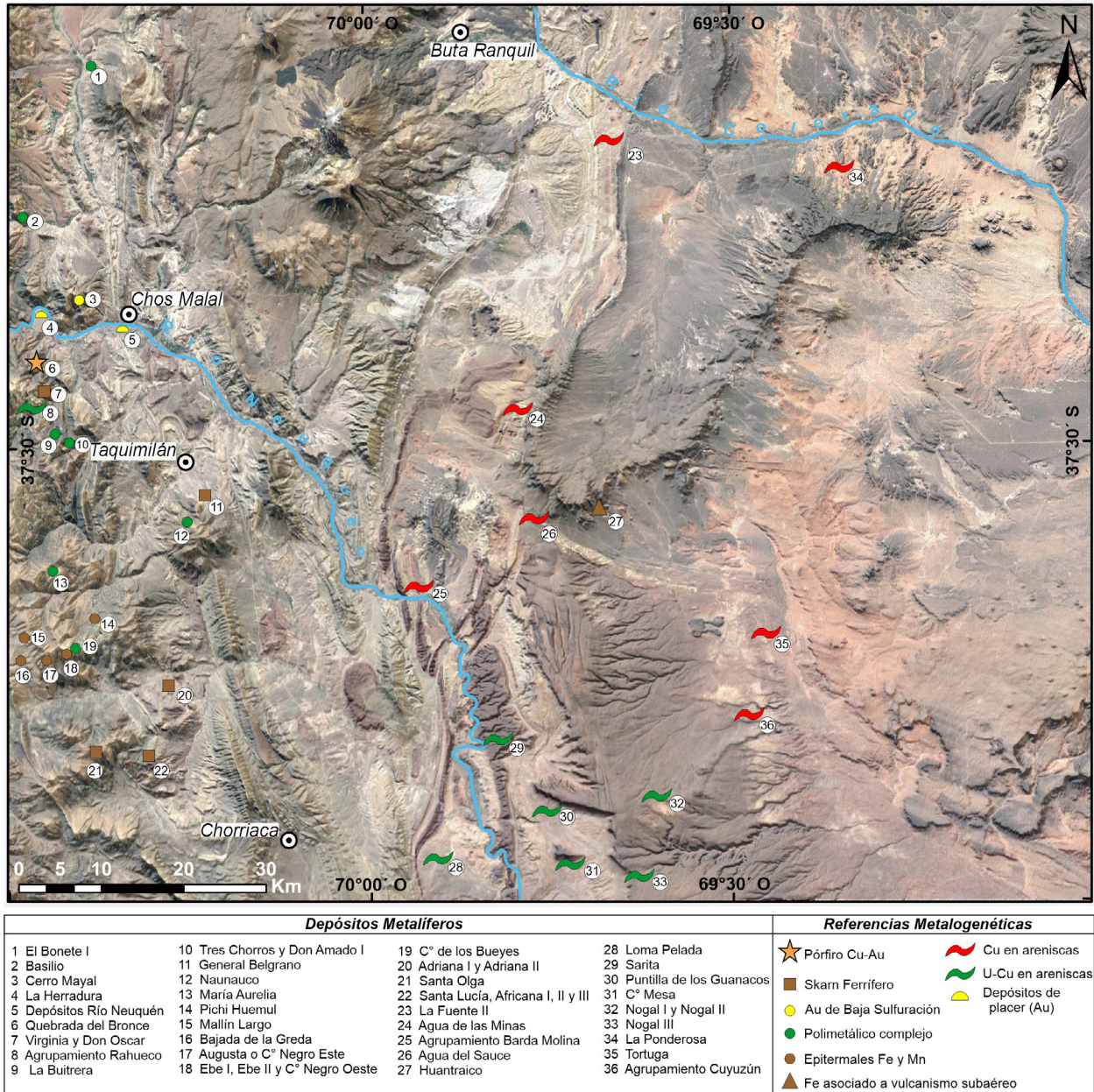


Figura 32. Ubicación de los principales depósitos de minerales metalíferos en el ámbito de la Hoja.

La mineralización consiste en una veta de 1 m de potencia, alojada en las areniscas de la Formación Mulichinco, que está compuesta por pirita, malaquita, azurita, crisocola, cuprita y limonitas. También la roca de caja contiene vetillas e impregnaciones de goethita (Llambías y Malvicini 1978).

**Depósitos asociados a sedimentos**

Las mineralizaciones de cobre en sedimentos, conocidas como “areniscas cupríferas”, se distribuyen en una amplia zona del centro de la provincia del Neuquén y fueron identificadas a principios del siglo pasado. La explotación de algunas de estas

manifestaciones cupríferas ha sido muy aislada, reconociéndose como pionero el aprovechamiento de las acumulaciones de Barda González, cerca de la ciudad de Cutral-Có.

Los depósitos de cobre se encuentran principalmente en los sedimentos continentales de las formaciones Candeleros, Huincul y Portezuelo del Grupo Neuquén. La mineralización presenta una distribución controlada por la litología, estructuras sedimentarias, condiciones de permeabilidad de la roca alojante y la presencia de bitumen asfáltico y/o vegetales carbonizados (Fig. 33b).

En cuanto a la morfología de las mineralizaciones de cobre y cobre-uranio, consiste en impregna-

ciones irregulares de aspecto lenticular que siguen niveles de areniscas, conglomerados, arcilitas y planos de estratificación con mayor permeabilidad. Además, la concentración de minerales de cobre se presenta cortando la estratificación, como en tubos de escape, nódulos, halos y relleno de fisuras, frecuentemente acompañadas por bitumen.

Los minerales primarios presentes son calcosina, covelina y trazas de calcopirita, y una mineralización supergénica compuesta por malaquita, azurita, crisocola, calcantita, brochantita y escasa cuprita, acompañados por limonitas, óxidos de manganeso y, en algunos depósitos, por la presencia de minerales primarios y secundarios de uranio.

**Agrupamiento Barda Molina.** Este conjunto de manifestaciones cupríferas se encuentra ubicado en el límite entre los departamentos Ñorquín y Pehuenches, en las inmediaciones del paraje Balsa Huitrín, a 45 km al sureste de la localidad de Chos Malal. El agrupamiento está integrado por los depósitos Barda Molina, Puesto Solorza, Don Julio, Bajo de las Liebres y Espina del Zorro, siendo los primeros tres los de mayor relevancia (Fig. 32).

El depósito Barda Molina, el más importante del agrupamiento, se ubica a 3 km en dirección noreste del paraje Balsa Huitrín. En el área afloran areniscas violáceas y conglomerados de la Formación Candeleros, areniscas cuarzosas gris amarillentas con intercalaciones arcillocalcáreas de la Formación Huincul, cubiertas en transición por fangolitas rojizas de la Formación Cerro Lisandro.

Las manifestaciones de cobre de este depósito tienen un control dado por el cambio litológico, acumulándose en los niveles de transición entre las formaciones Huincul y Cerro Lisandro, y se caracterizan por estar acompañadas por motas de bitumen y material carbonoso. De acuerdo con Soto *et al.* (1968), los bancos de areniscas con mineralizaciones de cobre tienen espesores que oscilan entre 0,30 a 4,5 m e inclinan 35° al este, y están presentes malaquita y azurita, y localmente cuprita y calcantita. Los autores relevaron cuatro perfiles al norte del río Neuquén, en los que la mineralización cuprífera está alojada en concreciones arenosas dentro de areniscas arcillosas con muy escasos troncos fósiles, mientras que al sur del río se observó la presencia de abundantes troncos con cobre: además, se describieron niveles de bitumen asfáltico asociados a la mineralización.

Los valores geoquímicos que se obtuvieron en el muestreo realizado en estos perfiles oscilan entre 120 y 4.000 ppm de Cu. Para el depósito de cobre

Barda Molina, Méndez *et al.* (1995) estimaron un recurso de 400.000 t de mineral.

Con el fin de verificar la posible existencia de mineralización primaria o una eventual zona de enriquecimiento en el subsuelo del área situada al norte del río Neuquén, se realizó una perforación de 107 m de profundidad, que atravesó la sucesión de areniscas y arcilitas rojizas de las formaciones Cerro Lisandro y Huincul. El sondeo interceptó dos niveles de 3 m de espesor cada uno, a los 75 m y a los 96 m de profundidad, ambos con presencia de calcosina como mineral principal y valores que no superan 0,2 % de Cu (Soto *et al.* 1968).

Con respecto al depósito Puesto Solorza, está localizado a unos 5 km en dirección este-sureste del puesto homónimo, en la margen norte del río Neuquén. La mineralización se encuentra en un banco de areniscas pardo amarillentas de la Formación Candeleros, y está integrada por pequeñas concentraciones de restos de troncos de 0,20 a 0,30 m de longitud y 0,03 a 0,05 m de diámetro, impregnados con calcosina, malaquita, azurita y hematita (Soto *et al.* 1968).

Por último, el depósito Don Julio, ubicado a 5 km al sureste de Balsa Huitrín al sur del río Neuquén, presenta mineralizaciones de cobre en un banco de arenisca cuarzosa de la sección superior de la Formación Huincul, que están concentradas alrededor de restos de troncos vegetales. La mineralización está compuesta por malaquita y azurita, que se presentan en forma de pátinas sobre el material carbonoso. Las leyes de cobre para este depósito varían entre 3,2 % y 4,4 % de Cu, aunque estos valores son escasos y se dan de manera irregular (Zanettini 2018).

Se han realizado labores mineras que consisten en siete trincheras y un chiflón, de las que se extrajeron, durante las primeras décadas del siglo XX, escasas toneladas con destino a Chile. Para este depósito, Méndez *et al.* (1995) estimaron un recurso de 375.000 t de mineral.

**Agrupamiento Cuyuzún.** Este conjunto de manifestaciones de cobre está integrado por varios depósitos asociados a sedimentos, que se disponen alineados en dirección NNO a lo largo de 30 km en la zona noreste del dorso de los Chihuidos (Fig. 32).

De norte a sur los depósitos que integran este agrupamiento son Nicaragua, ubicado a 4 km al sureste del puesto Fuentes, Sapo Norte a 9 km al noroeste del puesto Cañadón Nogales, Sapo Sur o Pampa del Sapo a 15 km al sureste del mismo puesto, Aguada Rica a 5 km al sureste de este puesto, Grillo a

16 km al este del puesto Punta de Agua, y el depósito Loro a 7 km al sureste de este último.

Las mineralizaciones de cobre se encuentran alojadas en areniscas cuarzosas de tonalidad blanquecina pertenecientes a los niveles inferiores de la Formación Huincul (Fig. 33c, d). Las capas mineralizadas tienen una notable continuidad a lo largo de varios kilómetros y su importancia en contenido de Cu aumenta de norte a sur entre los depósitos mencionados anteriormente. La mineralización está dada por abundantes restos de troncos rodeados por malaquita y las leyes promedio oscilan entre 0,1 % y 0,3 % de Cu.

En cuanto a las labores mineras realizadas en el área, la Compañía Minera Catarozzi llevó a cabo algunas perforaciones en el depósito Nicaragua que le permitieron estimar unos pocos millones de toneladas con una ley menor a 0,2 % de Cu (Angelelli 1984).

**Tortuga y Tortuga I.** Estas manifestaciones se localizan al norte del agrupamiento Cuyuzún, al este del puesto Cortaderas e inmediatamente al sur de la sierra de Huantraico. Se accede desde la ciudad de Chos Malal, recorriendo 41 km por la ruta nacional 40 hasta laguna Auquinco y desde allí 70 km por la ruta provincial 7 (Fig. 32). La mineralización está integrada por malaquita, azurita y limonitas, alojadas en areniscas de la Formación Huincul.

**Agrupamiento Rahuco.** Este agrupamiento cuprouranífero está ubicado en el departamento de Ñorquín, a 20 km al suroeste de la ciudad de Chos Malal. Incluye las manifestaciones Quilico o La Primera, Las Chupayas o La Segunda, Mallín Quemado o La Tercera y Cajón de Tierras Azules, ubicadas en ambas márgenes del arroyo Rahuco y sus afluentes, los arroyos Chupaya y Quilico (Fig. 32).

En el área afloran lutitas de la Formación Los Molles, calizas fétidas y yesos de la Formación Tábanos, areniscas y limolitas de la Formación Lotena, calizas con intercalaciones de areniscas y lentes de yeso de la Formación Auquilco, areniscas, areniscas tobáceas y tobas de la Formación Tordillo, y calizas azuladas con intercalaciones de lutitas negras de la Formación Vaca Muerta. Además, en el área se reconocen andesitas de color gris verdoso pertenecientes a la Formación Colipilli, que intruyen a estas unidades.

La mineralización de cobre-uranio se aloja en niveles de la Formación Tordillo. Esta unidad contiene bancos lenticulares bien definidos, aislados,

irregulares y de escasas dimensiones, de 5 a 25 m de longitud y potencias que oscilan entre 0,20 a 0,80 metros. Los niveles mineralizados se presentan en las superficies de estratificación y están asociadas a la presencia de materia carbonosa, troncos silicificados o carbonizados y sus aureolas de impregnación. En la roca de caja se identifica un cambio de tonalidad, desde un color rojizo a blanquecino grisáceo, que posiblemente se deba a una reducción del óxido férrico y podría ser utilizada como metodología prospectiva para localizar otras manifestaciones en el área (Zanettini 2018).

La mineralización primaria de los depósitos de este agrupamiento está compuesta por bornita, calcopirita, calcosina, covellina, pechblenda y plata nativa, mientras que la secundaria por malaquita, azurita, metatorbernita, carnotita, uranofano y limonitas.

Con respecto al contenido de Cu y U, las leyes promedio para los depósitos están en el orden de 0,5 % de Cu y 0,1 % de  $U_3O_8$ , siendo la manifestación Quilico la que mejores perspectivas ofrece, al tener mayores concentraciones de cobre y uranio. En las mineralizaciones del agrupamiento Rahuco se han realizado algunas labores superficiales de reconocimiento y una galería pequeña de unos 5 m de largo. Méndez *et al.* (1995) estimaron un recurso mineral para el depósito Quilico de 8.500 toneladas.

### Depósito tipo pórfiro

**Quebrada del Bronce.** Este depósito está ubicado en el sector noreste del cerro Caycayén, en la margen derecha del río Neuquén, a unos 30 km al suroeste de Chos Malal (Fig. 32).

A pesar de no estar localizado en la comarca de Colipilli, Llambías y Malvicini (1978) lo incluyeron en su trabajo por tener un vínculo petrológico y mineralógico con esta área. Los autores indicaron que las mineralizaciones y alteraciones presentes en el cerro Caycayén podrían constituir una manifestación de cobre porfírico. Posteriormente, se realizaron trabajos específicos en esta área, sobre las mineralizaciones y alteraciones asociadas al *stock* del cerro Caycayén.

Las unidades subvolcánicas que afloran en la quebrada del Bronce están asignadas a la Formación Colipilli y consisten en microdioritas, microdioritas porfíricas y andesitas cuarzosas, con enclaves microgranulares máficos con tamaños que varían desde 10 cm a 35 cm de diámetro (Casé y Malvicini 1999). Además, existen afloramientos de unidades



Figura 33. Mineralizaciones de cobre. a) Depósito vetiforme Tres Chorros, óxidos de cobre en escombreras. b) Troncos reemplazados por malaquita en areniscas de la Formación Rayoso. c) Diaclasa con bitumen y cobre en el agrupamiento Cuyuzún. d) Tubo de bitumen con mineralización de cobre en el agrupamiento Cuyuzún.

sedimentarias que corresponden a las formaciones Los Molles, Tábanos, Lotena y La Manga.

El depósito presenta un sistema de fracturas de rumbo dominante NE, y otro menos frecuente NO y E-O, que controlaría la alteración y mineralización. La potencia de estas fracturas varía desde milímetros hasta 10 centímetros (Casé y Malvicini 1999).

El stock de la quebrada del Bronce tiene una mineralización principalmente integrada por cobre y oro diseminado, y otra que rellena fracturas y diaclasas. Los minerales primarios más abundantes son pirita y calcopirita, con cantidades menores de pirrotina, magnetita, esfalerita, marcasita, oro y electrum. En cuanto a la mineralización supergénica, está compuesta por goethita, hematita, malaquita, azurita y crisocola. El depósito carece de una zona de enriquecimiento supergénico debido al bajo contenido de pirita, y a la alta capacidad neutralizante de la roca de caja (Casé y Malvicini 1999).

La alteración hidrotermal consiste en halos concéntricos compuestos por una zona central potásica

con silicificación, una zona fílica con sericita, cuarzo y pirita como minerales principales, una zona con alteración propilítica con una típica asociación de clorita, epidoto, calcita y ceolitas, y una última y poco desarrollada alteración arcillosa con caolinita, montmorillonita, sericita y clorita (Casé y Malvicini 1999).

El depósito de la Quebrada del Bronce es un pórfido de cobre con oro, asociado al desarrollo periférico de unos *skarn* cálcicos de hierro llamados Don Oscar y Virginia, en el contacto de las formaciones Tábanos y Los Molles.

### Hierro

En la provincia del Neuquén existen numerosas manifestaciones de hierro de pequeñas dimensiones, que tuvieron cortos períodos de producción. El escaso material extraído fue destinado principalmente a la industria del cemento y a la elaboración de pigmentos y productos químicos.

Los depósitos de hierro tienen diversos orígenes, como el caso de las mineralizaciones en la sierra de Huantraico, que son del tipo volcánogénico y estarían vinculadas genéticamente con un régimen extensional que tuvo lugar durante el Mioceno inferior (Zappettini 1999), mientras que las manifestaciones ferríferas en las comarcas de Caycayén, Naunauco y Colipilli se relacionarían con eventos metasomáticos e hidrotermales.

**Huantraico.** Estas manifestaciones ferríferas se localizan en el pie oriental de la sierra de Huantraico, en las inmediaciones del cerro Bayo, a 40 km al oeste de Rincón de los Sauces, en el departamento Pehuenches (Fig. 32).

En la sierra de Huantraico afloran areniscas mesozoicas del Subgrupo Río Neuquén, sobre las que se apoyan en discordancia angular piroclásticas y volcánicas de la Formación Sierra Negra. Estas unidades están intruidas por la Andesita Pichi Tril y la Formación Desfiladero Negro.

La mineralización es una veta de rumbo N47°O e inclinación 30-35° al NE, y como vetillas, pequeños mantos y nódulos dispersos. Estas mineralizaciones ferríferas carecen de interés económico debido a sus pequeñas dimensiones (Zappettini 1999).

Con respecto a la mineralogía, el cuerpo principal está formado por un agregado cristalino grueso de magnetita con un leve reemplazo por hematita en las superficies de clivaje y fractura. Como minerales de ganga se encuentra la apatita, con una distribución irregular en todos los cuerpos y también en menor proporción hay calcita formando masas espáticas (Zappettini 1999) (Fig. 34d). En cuanto a la alteración hidrotermal, Zappettini (1999) describió una silicificación en los niveles de tobas y cloritización en los mantos basálticos que alojan la mineralización de hierro.

Garavilla (1986) realizó estudios magnetométricos que le permitieron identificar anomalías en subsuelo que coincidían con la zona mineralizada en superficie. El cuerpo identificado presenta una morfología de 100 m de longitud inclinada hacia el oeste, con un espesor máximo de 1 m y un desarrollo vertical del orden de los 20 metros.

Resultados de análisis químicos sobre una magnetita indican los siguientes contenidos, Fe: 65 %; Mn: 770 ppm; V: 1.200 ppm; Mg: 833,3 ppm; Co: 14,08 ppm; Ni: 188 ppm; Cu: 79,31 ppm; Cd: 16,36 ppm; Sb: 100 ppm; Pb: 35 ppm; Zn: 419,23 ppm; Ag: 2,86 ppm (Rubinstein y Zappettini 1990).

En el área donde se encuentran las manifestaciones ferríferas de la sierra de Huantraico se han

realizado un total de 19 pozos, de los cuales sólo 9 dieron resultados positivos. La producción de este depósito ha sido escasa, extrayéndose un total de 3-4 t de mineral (Angelelli 1984).

## Comarca Caycayén

**Don Oscar y Virginia.** Estos depósitos están localizados en el flanco suroriental del cerro Caycayén, al sur de la quebrada del Bronce, en las inmediaciones del paraje Rahueco, a 28 km al suroeste de Chos Malal (Fig. 32).

La geología del cerro Caycayén está integrada por pelitas negras y calizas de la Formación Los Molles, calizas yesíferas de la Formación Tábanos, areniscas de la Formación Lotena, yeso de la Formación Auquilco, areniscas de la Formación Tordillo y por último, niveles calcáreos de la Formación Vaca Muerta. Estas unidades han sido intruidas por filones capa y diques de composición andesítica de la Formación Colipilli, que desarrollaron una marcada alteración hidrotermal en estas unidades.

Las rocas de la Formación Colipilli presentan una alteración hidrotermal intensa, abundantes fracturas, textura porfírica, brechas y *stockworks*, características que podrían indicar un ambiente de emplazamiento y cristalización relativamente superficial (Franchini y Malvicini 1999b). Esta unidad estaría vinculada con la formación de cuatro *skarns* denominados El Rebelde, El Morado, El Moradito y El Manantial, que en conjunto comprenden los depósitos Don Oscar y Virginia (Zanettini 2018) (Fig. 34a, b, c).

De acuerdo con el metal dominante y explotable económicamente, han sido clasificados como *skarns* de hierro, aunque presentan características similares a los típicos *skarns* de Cu asociados a los pórfiros cupríferos, entre las que se pueden mencionar la relación de las mineralizaciones con rocas porfíricas emplazadas en los niveles superiores de la corteza, el contenido de hasta 15 % de sulfuros y la presencia de epidoto, granate ( $Ad_{95-98}$ ) y piroxeno ( $Hd_{28-55}$ ), que señalan un ambiente con fugacidad de oxígeno elevada (Franchini y Malvicini 1999b).

Los *skarns* y las concentraciones metálicas se localizan en los contactos entre filones capa de andesita y niveles sedimentarios principalmente de calizas, en tanto que algunas otras manifestaciones también están controladas por fallas y fracturas.

La morfología de los cuerpos mineralizados tipo *skarns* es lenticular, con dimensiones que varían entre 7 a 24 m de largo, de 7 a 15 m de ancho y de

10 a 19 m de espesor, mientras que los cuerpos de sílice-pirita alcanzan hasta 40 m de longitud y 20 m de ancho.

Los *skarns* tienen zonación composicional desde el intrusivo hacia las rocas sedimentarias, y también con la distancia al núcleo potásico de la alteración hidrotermal expuesta a 600 m al norte, en la quebrada del Bronce.

La mineralización primaria está integrada por pirita, magnetita, pirrotina, esfalerita, escasa calcopirita y oro, mientras que la alteración supergénica está dada por limonitas (goethita en su mayoría), malaquita y azurita (Franchini y Malvicini 1999b).

En cuanto a la geoquímica, muestras extraídas de los *skarns* con sulfuros del depósito Don Oscar dieron los siguientes resultados: 0,1 % a 0,8 % de Zn; 0,02 % a 0,16 % de Cu; 8,4 a 100 ppm As y 0,3 a 0,8 ppm Sb. Para los cuerpos de sílice-pirita se detectaron contenidos de Au de hasta 0,28 g/t, hasta 0,23 % de Cu y hasta 1,13 % de Zn. Por último, en los *skarns* y cuerpos de sílice-pirita localizados en la quebrada del Bronce, se determinaron valores de hasta 0,2 g/t de Au, 10 g/t de Ag, 0,05 % de Cu,

41 ppm de Zn y hasta 17 ppm de Mo (Franchini y Malvicini 1999b).

El depósito Don Oscar comenzó a explotarse a cielo abierto en 1974, continuando de manera sostenida hasta el año 1981. Según estadísticas mineras de la época, la mina tuvo una producción total para ese período de 24.664 t de material, que fue destinado mayoritariamente para la industria del cemento (Angelelli 1984).

De acuerdo con Méndez *et al.* (1995), las reservas minerales estimadas para los depósitos Don Oscar y Virginia son de 45.000 t y 6.000 t, respectivamente.

### Comarca Naunauco

**General Belgrano.** Este depósito está localizado en el sector oriental del cerro Naunauco, a unos 20 km al sureste de Chos Malal (Fig. 32). En esta área afloran rocas sedimentarias de los miembros Agua de la Mula y Chorreado, de la sección superior de la Formación Agrío, y otras atribuibles a la Formación Huitrín, las cuales se encuentran intruidas por rocas



Figura 34. Mineralizaciones de hierro. a) Skarn ferrífero Virginia, en calizas de la Formación Tábanos. b) y c) Skarn ferrífero Don Oscar, en calizas de la Formación Tábanos. d) Bloque mineralizado por magnetita y hematita en el depósito Huantraico.

andesíticas de la Formación Colipilli. La mineralización hidrotermal está compuesta por magnetita y se presenta en fracturas de 200 m de longitud y espesores de 2-3 metros (Sudamconsult 1973).

Hacia el sur de este depósito, Salvioli *et al.* (2014) describieron distintas mineralizaciones desarrolladas por procesos metasomáticos e hidrotermales que afectaron a las sedimentitas del Miembro Chorreado, generando calizas bandeadas, recristalizadas y con magnetita y piritita diseminada y un manto de hierro laminado compuesto por magnetita parcialmente limonitizada, con espesores del orden de 1 metro. Además, describieron niveles carbonáticos laminados, de coloración blanco grisácea con rasgos de reemplazo.

### Comarca Colipilli

Las manifestaciones ferríferas en la comarca son numerosas, aunque de dimensiones reducidas, por lo que su explotación no es posible actualmente; sólo cuentan con labores superficiales de exploración. Se encuentran distribuidas en una faja de dirección NNO de unos 25 km de longitud por 20 km de ancho, entre Tralalhué y Pichaihue.

En el área afloran areniscas cuarzosas blanquecinas de la Formación Mulichinco, calizas, lutitas y arcilitas de la Formación Agrio y yeso y limolitas yesíferas de la Formación Huitrín. Además, en el sector oriental de la comarca hay conglomerados, areniscas y limolitas de edad miocena, pertenecientes al Conglomerado Tralalhue. Afloran también filones capa y *stocks* de composición andesítica de la Formación Colipilli, que intruyen a sedimentitas de las formaciones Agrio y Huitrín, y localmente andesitas y brechas autoclásticas de la Formación Cayanta.

En general los cuerpos mineralizados se alojan en zonas de fractura, y presentan textura brechosa y bandeamiento, con corridas desde 4 a 120 m, espesores entre 0,30 a 3,50 m, rumbos dominantes entre N30° a N70° y, en menor medida, de N275° a N295° (Zanettini 2018).

En 1963 la Dirección Nacional de Geología y Minería realizó estudios magnetométricos en la zona de las principales manifestaciones ferríferas en el área de Colipilli, abarcando los depósitos Pichi Huemul, Cerro Negro, Adriana y Santa Laura (Munck 1962). Los resultados de la prospección confirmaron las observaciones geológicas superficiales realizadas por Malvicini y Jutorán (1961), pero por las dimensiones, distribución y poca continuidad en subsuelo de los depósitos, las manifestaciones carecen de interés económico.

**Pichi Huemul.** Este depósito se encuentra a unos 25 km al oeste del paraje Naunauco, a unos 2 km al sur del arroyo Tralalhué (Fig. 32).

De acuerdo con Llambías y Malvicini (1978), las manifestaciones más importantes son dos vetas alojadas en una falla que afecta a calizas de la Formación Agrio y areniscas de la Formación Mulichinco, dispuestas con un rumbo N65° e inclinaciones de 45° al SE, y potencias de hasta 2,80 metros.

Las vetas tienen una textura de brecha bandeada con escarapelas que encierran clastos calcáreos, reemplazados parcialmente por estilbita, calcita y cuarzo. En cuanto a la mineralización, la mena está compuesta por goethita, hematita, carbonatos de hierro y manganeso levemente alterados, óxidos de manganeso y *boxworks* de galena y calcopirita (Malvicini y Jutorán 1961, Llambías y Malvicini 1978).

**Ebe I y II.** Estas manifestaciones están localizadas a unos 10 km al noroeste del paraje Colipilli, en las inmediaciones del cerro de los Bueyes (Fig. 32).

Los cuerpos mineralizados tienen una morfología irregular y están alojados en fracturas de rumbo norte, con corridas que alcanzan hasta 30 m de longitud y 12 m de espesor (Elizalde 1961). En cuanto a la mineralización presente en el depósito Ebe II, está mayoritariamente integrada por magnetita y limonitas, con leyes de 43,15 % Fe y de 1,57 % Mn (Zanettini 2018). El autor estima para este depósito un recurso mineral de 25.000 toneladas.

**Cerro Negro Este o Augusta.** Este depósito se localiza a 7,5 km en línea recta al norte de la escuela perteneciente al paraje Colipilli (Fig. 32).

Los cuerpos mineralizados son de pequeñas dimensiones y se alojan en calizas de la sección superior de la Formación Agrio y cuerpos subvolcánicos andesíticos y dioríticos de la Formación Colipilli, o en el contacto entre ambas unidades. Las vetas tienen longitudes que oscilan entre 4 y 5 m y espesores de 0,9 a 2 m, con rumbos N 40° e inclinaciones sub-verticales (Llambías y Malvicini 1978).

Las vetas presentan textura brechosa con escarapelas y bandeamiento coliforme, y una mineralización principalmente de magnetita, maghemita y hematita. De manera minoritaria, también hay piritita, calcopirita, heazlewoodita, pirolusita y goethita, en una ganga formada por calcita, siderita, ópalo y calcedonia.

Con respecto a las leyes y recursos del depósito, Elizalde (1961) mencionó tenores de 54 % de Fe y 2 % de Mn, mientras que Méndez *et al.* (1995) estimaron unos recursos totales de 350.000 t de mineral.

**Cerro Negro.** Esta manifestación se halla a 4 km en línea recta al norte de la escuela del paraje Colipilli.

En el área afloran pelitas y calizas de la Formación Agrio, intruidas por cuerpos subvolcánicos andesíticos y dioríticos de la Formación Colipilli. El cuerpo mineralizado presenta una morfología irregular y se encuentra alojado en una falla perpendicular a la estratificación, de rumbo noreste e inclinaciones de unos 50° E, alcanzando unos 500 m de corrida con una potencia de 2-4 m (Zanettini 2018).

La mineralización de la veta está integrada por magnetita, hematita, goethita y limonita, encontrándose la mena mayormente oxidada. Además de la oxidación, hay evidencias de silicificación parcial en la veta, formando cuarzo microcristalino y ópalo (Malvicini y Jutorán 1961). Análisis químicos realizados sobre muestras de este depósito, arrojaron valores de 67,3 % de Fe y 3,70 % de Mn (Elizalde 1961).

**Mallín Largo.** Este depósito se encuentra a unos 15 km en línea recta en dirección noroeste desde la escuela del paraje Colipilli (Fig. 32).

Las vetas están alojadas en areniscas feldespáticas de la Formación Mulichinco, en una zona de fracturas paralelas a la estratificación y rellenando las mismas. Los cuerpos mineralizados tienen una potencia de hasta 6 m y un rumbo N50-N60° e inclinaciones de 50° (Llambías y Malvicini 1978).

La mineralización de las vetas está caracterizada por la presencia de hematita, magnetita y goethita en ganga de ópalo, calcedonia y jasperoide. Además de una importante oxidación, la veta se encuentra brechada y en las paredes de la roca de caja hay evidencias de removilización de hierro reemplazando al cemento de las areniscas (Llambías y Malvicini 1978).

**Bajada de la Greda.** El depósito está a unos 15 km en línea recta al noroeste de la escuela del paraje Colipilli (Fig. 32).

En el área afloran pelitas y calizas de la Formación Agrio, intruidas por cuerpos subvolcánicos andesíticos y dioríticos de la Formación Colipilli. El depósito se aloja en ambas unidades y consiste en una veta de rumbo N130°, de 150 m de largo y espesores de hasta 2 metros. La mineralización está compuesta principalmente por hematita y limonita (Zanettini 2018). En Godeas *et al.* (1999) se presentaron valores de recursos inferidos para este depósito del orden de las 50.000 t de mineral.

**Adriana I y II.** Los depósitos de hierro se encuentran a 10 km en línea recta al ESE de la escuela del paraje Colipilli, al este del cerro León (Fig. 32).

La mineralización está en rocas calcáreas de la sección superior de la Formación Agrio y está compuesta por *skarns* de 20 m de longitud, con potencias de 3-4 metros. Está constituida mayormente por magnetita, pirolusita, hematita y limonita.

Con respecto a las leyes y recursos minerales, el depósito Adriana I tiene valores de 65,4 % de Fe y 3,05 % de Mn, mientras que Adriana II contiene 58,8 % de Fe y 3,25 % de Mn. Para el segundo depósito, Godeas *et al.* (1999) estimaron un recurso de 6.000 t de mineral.

**Santa Olga y Santa Laura.** Estas mineralizaciones se localizan a unos 10 km en línea recta al sur-suroeste de la escuela del paraje Colipilli. El depósito Santa Olga se encuentra al oeste del cerro Colipilli, mientras que Santa Laura está en el faldeo suroriental del mismo cerro (Fig. 32).

El depósito Santa Olga, a 3 km al oeste de Santa Laura, es una veta alojada en el contacto entre un nivel calcáreo de la sección superior de la Formación Agrio y un filón capa de la Formación Colipilli. Por otro lado, el depósito Santa Laura está integrado por vetas alojadas en calizas y lutitas de la sección superior de la Formación Agrio; también algunas manifestaciones se hospedan en el contacto entre estas unidades y filones capa pertenecientes a la Formación Colipilli.

En cuanto a la mineralización, el depósito Santa Olga tiene una textura bandeada coloforme con cristales de magnetita bien desarrollados en el centro de la veta, además de cristales de maghemita, acompañados en ganga de calcita, cuarzo y granate. Por otro lado, la mineralización de Santa Laura está en una veta de 25 m de longitud con una potencia de 3 a 3,5 m y rumbo NE-SO. En la misma predominan texturas de relleno de brechas con clastos de roca de caja cementados por minerales de mena, bandeado coloforme y textura en peine. Los minerales de mena en la veta son magnetita, psilomelano, braunita, pirolusita, siderita, óxidos de manganeso, goethita y hematita (Llambías y Malvicini 1978).

Para el depósito Santa Olga las leyes de Fe están en el orden de 67,5 % (Godeas *et al.* 1999), mientras que para Santa Laura los valores promedio son de 40,28 % de Fe y 11,28 % de Mn (Elizalde 1961). En este último depósito se estiman recursos de 17.000 t de mineral (Méndez *et al.* 1995).

**Santa Lucía, Africana I, II y III.** Estos depósitos se localizan a unos 10 km en línea recta al sur de la escuela del paraje Colipilli, en el sector oriental del cerro homónimo (Fig. 32).

En el área afloran calizas de la sección superior de la Formación Agrio, intruidas por cuerpos subvolcánicos andesíticos de la Formación Colipilli. Los cuerpos mineralizados están constituidos por *skarns* de 40 m de longitud con potencias de hasta 8 m y presentan una mineralización que se compone de magnetita, hematita, limonita, siderita y óxidos de manganeso. La roca de caja presenta una marcada alteración de tipo sericítica y clorítica.

En estos depósitos las leyes medias son de 62 % de Fe y 3,25 % de Mn, y se estima un recurso mineral de 200.000 toneladas. En el área se han desarrollado labores exploratorias a cielo abierto (Zanettini 2018).

## Oro

Las mineralizaciones con oro en el ámbito de la Hoja son de dos tipos, depósitos hidrotermales vetiformes y aluviones con acumulaciones de oro libre.

**Cerro Mayal.** Este depósito, de marcada importancia, integra el agrupamiento Cerro Mayal, junto con otras manifestaciones menores llamadas La Parva, La Parva I, Tío Melchor, Las Rocallosas, Cerro La Virgen y Sonia. El agrupamiento está a 12 km al noroeste de la ciudad de Chos Malal, y se accede a partir de esta localidad, luego de recorrer 18 km por la ruta provincial 43 (Fig. 32).

Con respecto a los antecedentes mineros y científicos del área, a mediados del siglo pasado, Zöllner (1949) realizó un informe sobre una veta aurífera ubicada en el cerro Mayal, con el objetivo de identificar y caracterizar el sitio de dónde provenía una muestra de 107 ppm de Au tomada por un habitante de Chos Malal. Posteriormente, Zanettini y López (1989) realizaron una prospección geológico-minera de la zona, en tanto que Franchini (1990), en su tesis doctoral, estudió la geología y petrografía del área y las vetas auríferas del cerro Mayal.

En el área afloran pelitas negras y calizas pertenecientes al Miembro Pilmatué de la Formación Agrio, intruidas por andesitas hornblendíferas de la Formación Colipilli. Las vetas se alojan en ambas unidades y en el contacto entre los filones y las pelitas.

Las vetas del cerro Mayal son el relleno de fallas y fracturas, y en los contactos litológicos. Conforman dos juegos de vetas principales de rumbo O-E

y N-S, y un tercero N240° muy subordinado. La potencia oscila entre pocos centímetros y 2-3 m, con corridas de 45-56 m e inclinaciones desde 70°S a subverticales para las vetas de rumbo O-E y 58°E a subverticales para las N-S (Franchini y Malvicini 1999a).

En el contacto de la veta con la roca de caja se observa el desarrollo de un halo de alteración hidrotermal de hasta 2 m de potencia. En las vetas principales de rumbo general O-E, hay alteración sericítica moderada, en tanto que en las N-S la alteración es del tipo argílica. Hacia la periferia de la mineralización se pasa a una alteración propilítica, en la que se distinguen tres subzonas: clorítica de 15 cm de potencia, calcítica de distribución irregular y la zona más externa o subzona de tremolita (Franchini y Malvicini 1999a, Zanettini 2018).

En cuanto a la mineralogía, los minerales primarios en las vetas O-E son pirita, arsenopirita, calcopirita con pirrotina, esfalerita y oro, mientras que para las N-S, la mineralización primaria es pirita, arsenopirita y oro. La mineralización secundaria para los tres sistemas de vetas está representada por niveles meteorizados y por presentar sombreros de hierro (limonitas cristalinas y terrosas), con *boxworks* de pirita. Por último, los minerales de ganga están representados por calcita y cuarzo en las vetas O-E y por cuarzo y escasa calcita en las N-S.

La distribución del oro en las vetas ocurre de manera discontinua y las leyes más altas se obtuvieron en los sombreros de hierro. Franchini y Malvicini (1999a) publicaron leyes medias de oro a lo largo de los afloramientos de tres vetas, con valores de 3,28, 1,60 y 90 g/t de Au.

Las labores mineras realizadas en el cerro Mayal son escasas y se encuentran abandonadas. Consisten en rajos angostos de escasa profundidad realizados sobre las vetas, de los cuales se ha extraído material de la zona de oxidación, más una galería de poca longitud, un pique y un cortaveta. Para este depósito se infieren recursos de 21.600 t de mineral (Zanettini 2018).

**Oro aluvional.** La acumulación de oro libre que se encuentra en los aluviones de los arroyos o ríos de los distintos distritos auríferos, proviene de la erosión de vetas con contenido de oro y posterior removilización por parte del cuerpo de agua.

Hasta el momento no se han realizado planes de explotación sistemática de estos depósitos, de manera que los aluviones con contenido de oro continúan siendo explotados de forma artesanal por pobladores locales y eventualmente por empresas pequeñas, en

los arroyos que bajan de la cordillera del Viento y el río Neuquén.

En el área de la Hoja los depósitos de oro aluvional están vinculados con los sedimentos del valle del río Neuquén (Fig. 32). El sector que va desde La Herradura, a 15 km al oeste de Chos Malal, hasta Balsa Huitrín, que dista a 85 km al sureste a lo largo del río, fue estudiado detalladamente por Castro (1992) y se caracteriza por presentar un ancho promedio del aluvión actual de 1 km con una profundidad media de 10 metros. El tipo de *bed rock* que constituye gran parte del río Neuquén es una trampa ideal para retener minerales pesados, especialmente en el tramo O-E, donde las formaciones cretácicas tienen un rumbo perpendicular a la dirección del río (Castro 1999).

De acuerdo con Castro (1992), los aluviones del río en esta área se dividen en tres sectores, Huinganco-La Primavera, La Primavera-La Herradura y La Herradura-Balsa Huitrín, siendo este último el más relevante para la descripción de la Hoja. En este sector, el valle se ensancha conformando un gran meandro y luego comienza a divagar adoptando un diseño entrelazado. Aguas abajo de la ciudad de Chos Malal, el río Neuquén adquiere una dirección SE, con un fuerte control estructural y litológico, donde alternan tramos de diseño entrelazado con recto.

En cuanto a la mineralogía, el elemento de mayor importancia económica es el oro, acompañado por magnetita y baritina. La presencia de oro se determinó en todas las muestras recolectadas por Castro (1992), con un peso promedio de las partículas de 0,1 mg hasta un peso máximo de 2,5 mg. La granulometría del oro disminuye con la distancia y el transporte, desde los depósitos de quebrada en la cordillera del Viento a los del río Neuquén. La magnetita acompaña a la mineralización de oro, encontrándose los mayores valores en los sectores donde afloran basaltos cenozoicos y andesitas. Asimismo, la baritina se encuentra presente en gran parte de las muestras recolectadas en los aluviones del río Neuquén para el sector La Herradura-Balsa Huitrín. En general, se encuentran como individuos aislados de color blanco grisáceo de grano grueso y bordes angulosos, y están vinculados con los depósitos barítico-celestínicos de la secuencia jurásico-cretácica de la cuenca Neuquina.

Los aluviones del río Neuquén que se encuentran en los sectores denominados La Herradura y Cerro Mayal fueron evaluados entre los años 1985 y 1995 por varias empresas mineras en convenio con la Corporación Minera del Neuquén S.E.P.

(CORMINE S.E.P.), mediante pozos y muestras de superficie, determinándose la existencia de oro con tenores variables entre 0,0017 gr/m<sup>3</sup> y 0,150 gr/m<sup>3</sup> Au (Danieli 2007, Zanettini 2018).

### Plomo-Cinc-Plata

Las minas de plomo localizadas en la provincia del Neuquén comenzaron a operar durante las primeras décadas del siglo XX, continuando en algunas minas hasta la década de 1970. Se trata de concentraciones vetiformes de pequeñas dimensiones y leyes de plomo y plata variadas.

En general, los cuerpos vetiformes se alojan en zonas de fracturas de tensión, y la mineralización se presenta con una morfología lenticular o conformando una zona mineralizada integrada por vetillas y vetas de hasta 0,20 m de espesor.

**Basilio.** Este depósito se encuentra localizado en el flanco oriental de la cordillera del Viento, en el sector de la confluencia de los arroyos Chacay Melehue y Dos Puentes, a unos 5 km al oeste del paraje El Alamito (Fig. 32).

Las litologías presentes en el área consisten en arcilitas margosas de la Formación Lotena, intruidas por diques de pórfiro andesítico asignados a la Formación Colipilli.

El depósito está integrado por cinco vetas subparalelas de rumbo NE e inclinaciones subverticales hacia el NO alojadas en los diques o en el contacto de estos con las sedimentitas jurásicas. Las vetas tienen longitudes de más de 200 m y potencias que oscilan entre 0,20 y 1,00 metro (Angelelli 1984).

La mineralización, de carácter epitermal, presenta una morfología lenticular y está compuesta por galena y esfalerita en ganga de cuarzo, baritina y calcita. La galena se dispone en guías de 3 a 8 cm de potencia y también diseminada junto con la esfalerita en el cuarzo.

Para este depósito se estima un recurso de 21.875 t de mineral. Los laboreos mineros realizados en Basilio consisten únicamente en trincheras y dos piques de poca profundidad realizados en 2 vetas. En el Cuadro 3 se pueden observar las leyes presentadas por Palacio (1950) para este depósito.

**La Esperanza.** Este depósito se encuentra en el cerro Negro, a 5 km al sur de la localidad de Colipilli. De acuerdo a Leanza *et al.* (2006), se trata de un filón hidrotermal con una corrida de 1.800 m, que está alojado en unidades calcáreas asignadas a

	Pb (%)	Zn (%)	Ag (g/t)
<b>Veta 1</b>	1,38	14,6	197,7
<b>Cancha veta 1</b>	10,23	25,6	2.289,7
<b>Veta 2</b>	1,84	0,9	28,7
<b>Veta 3</b>	8,39	7,03	184
<b>Veta 4</b>	3,82	6,87	51,3

Cuadro 3. Leyes de las vetas en el depósito Basilio (Palacio 1950).

la Formación Agrio. La mineralización primaria es galena, pirita y baritina, mientras que la secundaria es cerusita, hematita, limonita y calcita. La roca de caja está caolinitizada y propilitizada. Además de este depósito, en los alrededores de Colipilli y Chorriaca hay numerosas manifestaciones de plomo alojadas en la Formación Agrio, que aún no han sido denominadas (Zanettini 2018).

## Uranio

Las tareas prospectivas de minerales uraníferos en la provincia del Neuquén comenzaron en el año 1955 y fueron llevadas a cabo durante varios años por la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). Gran parte de las manifestaciones se localizan en el sector central y norte de la provincia, y algunas pocas en la región sur, teniendo escaso interés exploratorio.

En el marco de la Hoja existen áreas con acumulaciones de uranio en las que la CNEA realizó trabajos de prospección aérea y autotransportada, de geoquímica y algunas labores de detalle. Las áreas se denominan Los Chihuidos, localizada al norte de la sierra homónima, y Rahueco y Butalón, ubicadas en las inmediaciones del cerro Caycayén.

**Los Chihuidos.** Las manifestaciones en esta área se encuentran principalmente alojadas en niveles arenosos continentales con material carbonoso y restos de pequeños troncos, pertenecientes a las formaciones Candeleros, Huincul y Rayoso.

La mineralización de uranio ha sido reconocida en cuatro bancos de areniscas dentro de un intervalo estratigráfico de 25 a 30 metros. Estos bancos se interpretan como barras fluviales y relleno de paleocanales con estratificación cruzada, limitados por bancos pelíticos (Rojas 2011). La mineralización es epidiagenética y se distribuye controlada por las estructuras y permeabilidad de estas litofacies, además de la presencia de bitumen asfáltico y/o vegetales carbonizados.

El origen de esta mineralización se asocia con la precipitación del ion uranilo y de otros metales en un medio reductor. Según la clasificación de Dahlkamp (1993), este depósito puede tipificarse como de tipo estratiforme de uranio en areniscas, con una paragénesis U-Cu-V (Rojas 2011). Algunas manifestaciones de Los Chihuidos se asocian con la presencia de materia orgánica y bitumen, que generarían las condiciones reductoras y propicias para la concentración de minerales de uranio, como así también de otros cationes metálicos como Cu y V.

Los minerales presentes son dos especies de “amarillos de uranio”, denominadas carnotita y boltwoodita, asociadas generalmente a malaquita, azurita, limonita y hematita.

Con respecto a las leyes, las principales manifestaciones de este sector denominadas María Teresa y Palo Quemado, presentan valores de 0,21 % de U; 0,95 a 1,12 % de V y 1 a 1,9 % de Cu, con potencias que oscilan entre 0,10 a 0,20 metros (Rojas 1999a). Aunque estos depósitos se localizan fuera del ámbito de la Hoja, por su cercanía es necesario citarlos para tener una referencia de las probables leyes de uranio presentes en el área Los Chihuidos.

Durante la primera década de este siglo la compañía *Calypso Uranium* continuó los estudios iniciados por la CNEA en este distrito, realizando radiometría aérea y magnetometría que indicaron la continuación de los horizontes portadores de la mineralización de uranio hasta una profundidad máxima de 300 metros. A partir de estas tareas exploratorias realizadas por esta empresa, se identificaron 123 anomalías de uranio dentro del área Los Chihuidos (Rojas 2011).

**Distrito Rahueco.** En este distrito se agrupan las manifestaciones de uranio ubicadas a 35 km al suroeste de la ciudad de Chos Malal, distribuidas en ambos márgenes del arroyo Rahueco y sus afluentes de cabecera (Fig. 32).

La mineralización uranífera está alojada en la Formación Tordillo, formada principalmente por areniscas y conglomerados verdosos y rojizos, con una alternancia de niveles de lutitas y areniscas tobáceas. Además, la roca de caja en ocasiones presenta sectores con alto contenido de material carbonoso diseminado y troncos, en los cuales se localizan algunas acumulaciones de uranio y cobre.

Los niveles mineralizados se evidencian por un cambio de tonalidad en la arenisca hospedante, que pasa de un color rojizo a gris verdoso por procesos de reducción. Los cuerpos con mineralización tienen una morfología lenticular bien definida y dimensiones de 5 a 25 m de largo con potencias que oscilan entre 0,2 m a 0,8 metros. Los minerales de uranio y cobre se localizan asociados a material carbonoso finamente diseminado, troncos carbonizados y sus aureolas de impregnación (Rojas 1999b).

La mineralización primaria está compuesta por pechblenda, bornita, calcopirita, calcosina, covelina y plata nativa, mientras que los minerales secundarios son metatorbernita, carnotita y uranofano, además de malaquita, azurita y limonitas.

La acumulación de los minerales de uranio y cobre se habría originado por la acción reductora del material carbonoso y la fuente del uranio podría atribuírsele a las tobas presentes en el área, ya que estas poseen anomalías altas de uranio.

A unos 15 km al norte del distrito Rahueco se localizan otras manifestaciones de uranio denominadas Butalón I y II, ambas alojadas en los mismos niveles estratigráficos de la Formación Tordillo en que se hospedan las mineralizaciones de este distrito.

## 6.2. DEPÓSITOS DE MINERALES INDUSTRIALES Y ROCAS DE APLICACIÓN

Entre minerales y rocas industriales más importantes en la Hoja, destacan baritina y celestina, azufre volcanogénico y epibiogénico, un depósito de diatomita, sales de sodio, sales de potasio presentes en gran parte del subsuelo, así como depósitos de yeso, travertinos y calizas fosilíferas.

### Arcilla

Los depósitos de arcilla se encuentran mayoritariamente en el sector noreste de la Hoja, al sur del río Colorado e inmediatamente hacia el oeste de la localidad de Rincón de los Sauces (Fig. 35). Comprenden niveles arcillosos del Subgrupo Río

Neuquén. En un área de unos 8 km<sup>2</sup>, se incluyen las canteras y sectores de indisponibilidad.

### Azufre

Las principales manifestaciones de azufre en la Hoja están vinculadas con la actividad fumarólica postvolcánica del Cuaternario y actual, reconociéndose depósitos y ocurrencias de azufre nativo en las inmediaciones del centro volcánico Tromen. Asimismo, hay manifestaciones de azufre asociadas a procesos biogénicos en secuencias evaporíticas pertenecientes a las formaciones Huitrín y Auquilco.

### Azufre volcanogénico

**Volcán Tromen.** Este depósito de azufre se encuentra a 40 km al suroeste de Buta Ranquil y 35 km al noreste de Chos Malal, en el flanco norte del volcán, y ocupa parcialmente la depresión de un antiguo cráter (Fig. 35).

La mineralización en el volcán Tromen son impregnaciones superficiales de azufre en lavas y tobas andesíticas, formando una costra de 40-50 m de recorrido con un ancho variable y potencias entre 0,5 a 3 metros. Además, el azufre se encuentra como un relleno irregular de grietas, y recubriendo drusas de cristales bipiramidales agudos de 3 a 4 cm de largo (Angelelli *et al.* 1976).

El azufre es de color amarillo, amarillo verdoso y tonalidades castañas claras, como producto de exhalaciones gaseosas ricas en H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub> y vapor de agua, a través de numerosos conductos que conectan con la superficie.

Este depósito tuvo un período corto de explotación entre 1939 y 1942, extrayéndose durante el último año unas 72 t con leyes medias de 45 %. Las reservas probables totales de azufre para este depósito ascienden a 42.237 t con una ley media de 55,25 %. Debido a la localización y las dificultades de acceso y transporte, el depósito podría explotarse por medio de una minería de pequeña escala (Danieli *et al.* 2011).

**Cerro Wayle.** El cerro Wayle, ubicado al norte del volcán Tromen, está separado de este por la laguna homónima. Este depósito mantuvo una explotación de pequeña escala a principios de la década de 1940 (Fig. 35).

La concentración de azufre reconocida mediante varias labores, se desarrolla en una pequeña superficie de 40 x 20 m y está integrada por costrificaciones e impregnaciones de azufre, rellenando fisuras,

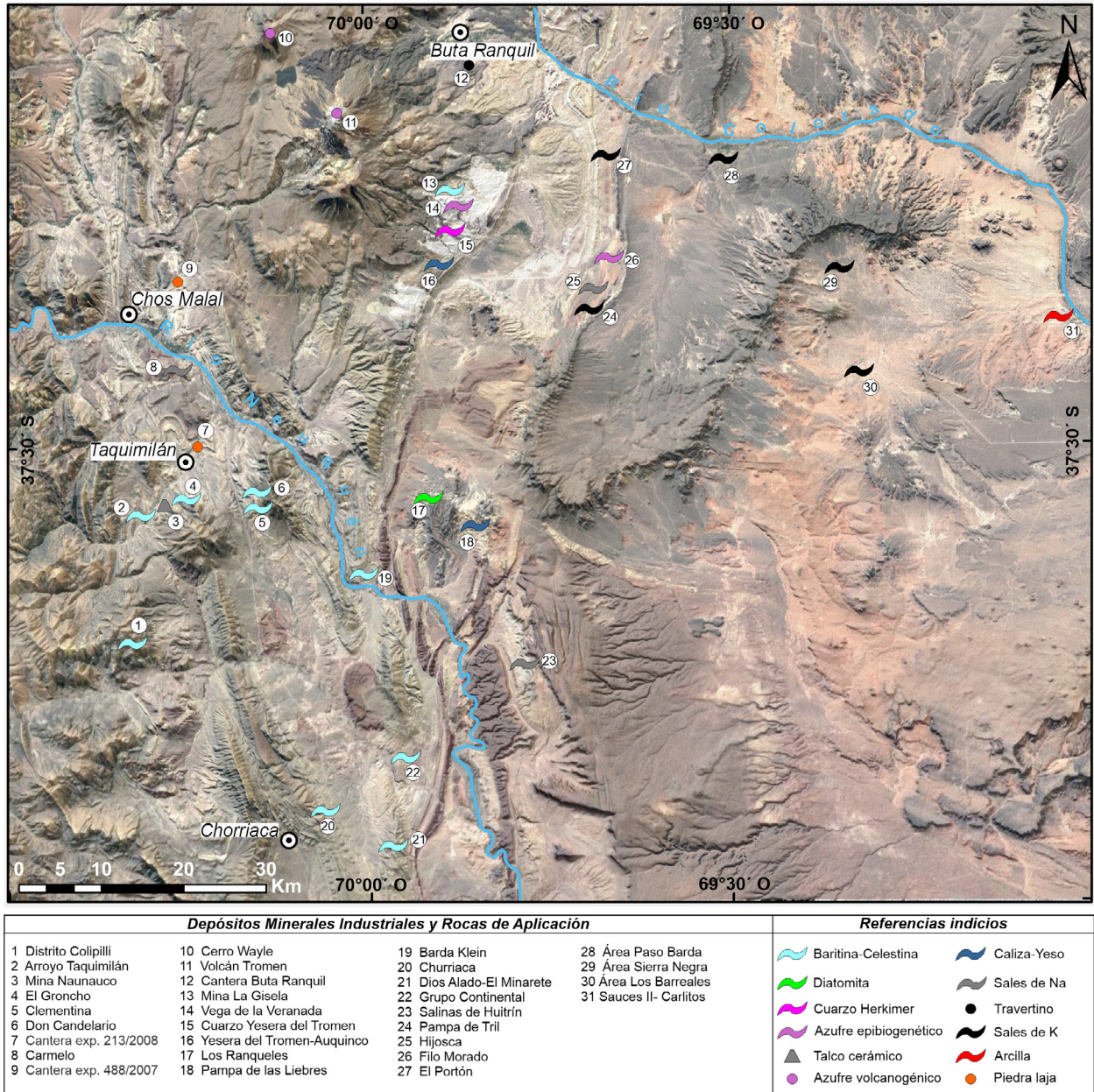


Figura 35. Ubicación de los principales depósitos de minerales industriales y rocas de aplicación en el ámbito de la Hoja.

cavidades y grietas. El cuerpo tiene una apariencia mantiforme, con una potencia de 2 m medida en el laboreo y su ley fue estimada entre 30 y 40 % (Angelelli 1939). Estas manifestaciones de azufre presentan tonalidades amarillas y amarillo limón a rojizo, debido a la presencia de impurezas de óxidos de hierro. Los escasos afloramientos existentes, así como las pocas labores y destapes de reconocimiento, no permiten estimar con precisión la cantidad de azufre disponible.

### Azufre epibiogénético

Las manifestaciones superficiales de azufre nativo asociadas a procesos biogénicos están en las

secuencias evaporíticas de las formaciones Huitrín (Yeso de Transición) y Auquilco (Yeso Principal). Si bien no se han hallado hasta el presente depósitos de interés económico, las manifestaciones de azufre y las características geológicas del entorno en cada una de las ocurrencias conocidas, mantienen siempre vigente el interés prospectivo (Fig. 36a).

Para la existencia de depósitos de azufre epibiogénico en yeso o anhídrita deben cumplirse algunas condiciones fundamentales, como la presencia de bancos de sulfatos, anhídrita o yeso, que en el sistema halla hidrocarburos líquidos y/o gaseosos infrayacentes a las evaporitas, que la roca presente un fracturamiento para permitir una movilización entre los hidrocarburos y los sulfatos, y por último la

existencia de una trampa estratigráfica o estructural para evitar la dispersión del  $H_2S$  a niveles superiores, y así lograr su concentración (Gabriele 1993).

Las bacterias especializadas en reducir sulfatos y producir sulfhídrico son los géneros *Desulfovibrio desulfuricans* y *Desulfotomaculum orientis* y *D. nigrificans* (Gabriele 1993).

**Filo Morado.** La zona de filo Morado se encuentra a 50 km al este-noreste de la ciudad de Chos Malal, accediéndose a través de la ruta nacional 40 hasta la zona de Pampa de Tril y luego por la ruta provincial 6 hasta el área de interés (Fig. 35).

El descubrimiento de azufre en esta área fue realizado por la empresa YPF, a través de un sondeo exploratorio de hidrocarburos en el yacimiento Filo Morado. Las manifestaciones de azufre fueron identificadas en recortes de perforación o *cuttings* a una profundidad entre los 1.130 a 1.170 m b. b. p. en calizas castaño blanquecinas, micríticas, en parte arcillosas, con capas de anhidrita y halita, pertenecientes a los niveles superiores del Miembro Troncoso superior de la Formación Huitrín (Gabriele 1993).

El azufre nativo se presenta con su característico color amarillo brillante y está integrado por gránulos cristalinos translúcidos de brillo grasoso y por agregados microcristalinos aciculares paralelos con cemento calcáreo.

En los niveles de azufre de Filo Morado no se han extraído testigos de corona, por lo que no se cuenta con datos que podrían aportar información sobre la vinculación del azufre con la roca de caja y tampoco una cuantificación adecuada del contenido de azufre mediante análisis químicos (Gabriele 1999a).

**Zona de Taquimilán.** De acuerdo a Gabriele (1993), en la zona del arroyo Taquimilán antes de su intersección con la ruta nacional 40, hay una posible combinación de sulfatos, sulfhídricos e hidrocarburos.

Los niveles de anhidrita de la sección superior del Miembro Troncoso afloran en varios sectores en las inmediaciones del arroyo Taquimilán (Fig. 35). El  $H_2S$  fue identificado por su característico olor en el agua de perforaciones profundas que se realizaron al noreste de la localidad de Taquimilán. En las cercanías de este centro poblado, en una cantera de bloques de la sección inferior del Miembro Chorreado, se han hallado impregnaciones de hidrocarburos frescos en fisuras delgadas (Gabriele 1993). De esta manera, en la zona del arroyo Taquimilán habría tres

elementos que permitirían la generación de azufre nativo en profundidad a partir de una génesis biogénica postsedimentaria.

**Vega de la Veranada.** En este sector, también conocido como vega de la Totorá y localizado en adyacencias de la yesera del Tromen, la Formación Auquilco tiene un espesor de 250 a 300 m y está constituida mayoritariamente por yeso laminar y sacaroide con intercalaciones lenticulares de arcilitas rojizas y ocasionalmente niveles de calizas estromatolíticas (Fig. 35).

Las manifestaciones de azufre en esta área están representadas por impregnaciones y eflorescencias en el yeso, a veces asociadas con restos de hidrocarburos.

En la yesera del Tromen se desarrolla un importante sistema kárstico con cavernamientos y de brechas con estructuras de disolución en el yeso, que a veces se encuentran tapizadas con pequeños cristales de azufre. Estas formas, juntamente con la presencia de dolinas (Fig. 31c), constituyen la expresión de un sistema de estructuras de colapso que podrían estar vinculadas con procesos de disolución o disminución de volumen en el yeso por reducción bacteriana a  $H_2S$  (Danieli *et al.* 2011).

### Baritina-Celestina

En la Hoja existen numerosos depósitos baritoceléstínicos, los que se encuentran espacial y temporalmente asociados a las secuencias carbonáticoevaporíticas mesozoicas de gran distribución areal en la provincia del Neuquén. En general, los depósitos de baritina-celestina están relacionados con las unidades cretácicas Mulichinco, Agrio y Huitrín, especialmente con esta última. Sin embargo, también existen manifestaciones vinculadas con las formaciones Auquilco y Tordillo, de edad jurásica.

Con respecto a la magnitud de los depósitos de estroncio y bario cretácicos, aún no se tiene un conocimiento general de sus dimensiones, particularmente en profundidad. de Barrio (1999) hizo hincapié en la actitud estructural de los depósitos, relacionada con apretados pliegues de rumbo N-S. Cuando los mantos son horizontales o tienen escasa inclinación, la explotación a cielo abierto es la forma más utilizada; en cambio, cuando se trata de horizontes muy inclinados o de estructuras vetiformes, se realiza mediante galerías subterráneas.

En cuanto a la producción, gran parte de los depósitos presentes en el ámbito de la Hoja, comen-



Figura 36. a) Ocurrencia de azufre biogénico en yeso principal de la Formación Auquilco. b) Bloques de calizas fosilíferas de la Formación Roca. c) Oquedades con cristales de cuarzo tipo Herkimer en la Yesera del Tromén. d) Cantera de travertino Buta Ranquil. Fotos: J.C. Danieli (a, b y d) y c) Agostinelli *et al.* (2022).

zaron a explotarse de manera sostenida a partir del año 1939 con el fin de abastecer la demanda por parte de la industria hidrocarburífera. En la actualidad se encuentran inactivos y ocasionalmente se extraen cantidades menores de material.

### Depósitos jurásicos (Formación Auquilco)

Estos depósitos, relacionados con intercalaciones calcáreas de la Formación Auquilco, se agrupan en el distrito Vega de la Veranada, que incluye las minas La Paisana y La Gisela (Fig. 35).

**Mina La Gisela.** Los depósitos están relacionados a intercalaciones de calizas fétidas grisáceas de pocos metros de potencia intercalados en la parte media de la secuencia yeso-anhidrita de 300 m de potencia de la Formación Auquilco (Brodtkorb *et al.* 1995). Los niveles calcáreos corresponden a agregados micríticos, calcíticos a dolomíticos, que por recristalización pasan a mosaicos esparíticos, en parte silicificados. Como generación tardía aparece calcita recristalizada acompañada por baritocel-

lina. Los depósitos mantiformes concordantes se presentan por encima de los horizontes carbonáticos en dos bancos, uno inferior de 1,50 m y otro superior de 1,20 m, separados por un nivel calcáreo muy silicificado de 0,25 m de potencia. Además, se reconocen cuerpos discordantes irregulares de 30 m de corrida y potencias de hasta 0,40 m alojados en la secuencia yeso-anhidrita de la Formación Auquilco. Mientras los niveles estratiformes tienen un contenido del 60 % de  $\text{SO}_4\text{Sr}$ , las variedades removilizadas son más puras, presentando porcentajes más altos de esta sustancia.

Del Blanco y Barbieri (1999) indicaron el carácter estratoligado de los depósitos, apoyando la idea de un origen singenético o diagenético temprano, evaporítico para los depósitos de Sr y por precipitación química los de Ba, con una relación temporoespacial con las unidades del Jurásico Superior (Formación Auquilco), con posteriores procesos de removilización y formación de depósitos vetiformes discordantes.

De acuerdo con la relación  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ , estos depósitos se vinculan con procesos evaporíticos de-

sarrollados en ambiente marino hipersalino somero de circulación restringida. Posteriormente, eventos tectónicos y el volcanismo terciario característico de la región afectan a los mantos mineralizados, dando origen a removilizaciones y recristalizaciones de los niveles celestínicos, yesíferos y calcáreos de esta secuencia jurásica (Brodtkorb *et al.* 1995).

### Depósitos cretácicos (formaciones Mulichinco y Huitrín)

En el ámbito de la Hoja, concentrados en una faja N-S entre los 70° y 70°30'O, hay numerosos depósitos baritoceléstínicos relacionados con unidades cretácicas, en especial con la Formación Huitrín.

Estos depósitos se agrupan en varios distritos, en los que predominan contenidos baríticos, como los grupos Colipilli, Chorriaca y Continental, mientras que en los de Naunauco-Taquimilán y Balsa Huitrín las mineralizaciones presentan contenidos mayoritariamente de celestina.

Sobre la base de las geometrías y las texturas que presentan las mineralizaciones alojadas en niveles de la Formación Huitrín, Brodtkorb *et al.* (1975) reconocieron 3 tipos de depósitos: a) Mantos de celestina singenéticos con la facies evaporítica. b) Mantos de celestina epigenéticos formados por removilización *in situ* de celestina con crecimiento de estalactitas y relleno de cavidades, localmente con enriquecimiento secundario de baritina. c) Yacimientos vetiformes epigenéticos formados por soluciones descendentes enriquecidos en baritina.

Asimismo, estos autores propusieron un origen evaporítico para los mantos de celestina. Esto se debe a que las propiedades geoquímicas del Sr y su evolución en el ciclo exógeno caracterizan condiciones para la formación de celestina casi exclusivamente en ambientes evaporíticos de origen marino. Posteriormente, la removilización epigenética por factores exógenos produce la formación secundaria de celestina, baritina, estroncianita y otros, en distintos tipos de yacimientos.

**El Minarete y Dios Alado.** Estos depósitos, ubicados a unos 7 km al este de la localidad de Chorriaca (Fig. 35), están constituidos por mantos de celestina compacta, singenéticos con las facies evaporíticas, y presentan una coloración gris oscura. El banco de celestina que es concordante con la estratificación y tiene un espesor de 0,80 a 1 m, se halla plegado. Este nivel mineralizado es macizo en la base, pasando lateralmente a laminitas de celestina y carbonato

de origen algal (Fig. 37c). Se encuentra siempre por debajo del yeso y según Brodtkorb *et al.* (1975), en ambos depósitos existe una incipiente removilización en la parte superior del banco con crecimiento drusiforme de celestina blanca en cavidades.

**Distrito Grupo Continental (depósitos Cecilia, Graciela, Alondra y Santa Elena).** Este agrupamiento de mineralizaciones se localiza a 15 km al noreste de la localidad de Chorriaca, al sur del cerro Rayoso (Fig. 35), y corresponde al tipo de yacimientos mantiformes singenéticos con removilización epigenética. Son mantos concordantes con la estratificación, de un espesor promedio de 1,50 m, compuestos por una depositación singenética y una removilización epigenética que sólo afecta la parte superior del manto (Fig. 37a, b). La parte inferior está constituida por una alternancia de bancos de pocos milímetros a centímetros de espesor de carbonatos con celestina intercrecida y celestina pura, originando una textura "cebrada". La parte superior está formada por estalactitas y relleno de cavidades con celestina como mineral dominante. Las manifestaciones del Grupo Continental son repeticiones por fallamiento de un único banco y están ubicadas en el sector oriental del anticlinal del cerro Rayoso. La celestina que se ha extraído de estos depósitos se encuentra acompañada por baritina y se presenta en formas arborescentes y estalactíticas. Las estalactitas tienen un diámetro de 3 a 5 cm y unos 15 cm de longitud, contenidas en yeso y fuertemente impregnadas por hidróxidos de hierro. Debido al escaso escape del manto mineralizado, el laboreo ha sido a cielo abierto.

Asimismo, se han desarrollado tareas extractivas subterráneas, dejando pilares de sostenimiento. Este tipo de explotación selectiva ha avanzado siempre en los sectores de enriquecimiento diagenético, ya que presentan mayor concentración relativa de Ba.

En estos sectores la mineralización consiste en un banco de 2 a 3 m de celestina-baritina con textura cebrada (láminas alternantes de celestina y calcita), con intercalaciones de areniscas rojizas en la parte basal del manto. Hacia el techo existe una brecha intraclástica de hasta 2 m de espesor, integrada por fragmentos de calizas, areniscas y pelitas con cemento carbonático + celestina (con baritina subordinada). Por encima de este nivel, se sobrepone un banco de yeso impuro de color gris claro con espesores de 6 a 8 m, sobre el que se apoyan calizas arenosas finamente laminadas, de color ocre, en bancos de 5 a 10 cm de espesor que se intercalan con arcilitas varicolores y delgados horizontes de yeso.

Estos depósitos han sido explotados exhaustivamente desde mediados del siglo pasado (Fig. 37e), estimándose que los recursos remanentes y potenciales de baritina-celestina de la comarca sólo serían factibles de recuperación mediante procesos de concentración.

**Balsa Huitrín (minas Rayoso y Barda Klein).** Balsa Huitrín está ubicada a unos 20 km al norte del distrito minero Grupo Continental. Hacia el norte se hallan manifestaciones similares que se suceden de manera discontinua, vinculadas siempre al mismo nivel estratigráfico, entre las que se encuentran la mina Rayoso (paraje Las Aletas), ubicada a unos pocos kilómetros al norte, en el flanco oriental del cerro homónimo, y la mina Barda Klein, situada inmediatamente al noroeste de Balsa Huitrín (Fig. 35). La mineralización barito-celestínica mantiforme está asociada fundamentalmente a facies carbonáticas y yesíferas laminadas del Miembro Troncoso superior de la Formación Huitrín (Fig. 37d). El manto mineralizado tiene espesores que varían entre 0,50 a 6 m y se caracteriza por exhibir una textura cebrada muy bien desarrollada, obliterada generalmente por cavidades de disolución que cortan la textura original. Estas cavidades varían en su tamaño desde algunos centímetros a varios metros y están rellenas de baritina, que se manifiesta con texturas de relleno con hábitos botrioidal-mamelonares, estalactíticos y columnares de hasta varios centímetros de diámetro. Estas cavidades se encuentran estrechamente vinculadas con el fallamiento neógeno que afecta la secuencia sedimentaria (Escobar 2016).

La explotación llevada a cabo en la mina Barda Klein ha tenido dos modalidades: durante los primeros años de su actividad extractiva, en la mitad del siglo pasado, se realizó mediante galerías, socavones y piques sobre el banco mineralizado aflorante. La labor subterránea de mayor desarrollo corresponde a una galería de unos 60 m, con acceso a través de un cortavetas de 113 m con cota de ingreso en los 752 m s. n. m.; durante los sucesivos períodos de explotación se han dejado pilares de sostenimiento que muestran las características del manto mineralizado. Una segunda modalidad de explotación tuvo lugar en años más recientes, en los que la extracción de material se desarrolló mediante excavaciones a cielo abierto, preferentemente en los sectores de mayor potencia y peso específico del mineral.

**Churriaca.** El grupo de minas de la zona de Churriaca posee una paragénesis caracterizada por

la presencia de sulfuros tales como blenda, galena, calcopirita y pirita, característica que la diferencia de las típicas vetas descendentes, asociada a los yacimientos estratoligados. El yacimiento Churriaca, ubicado en el ala occidental del sinclinal Pampa Naunauco (Fig. 35), presenta cuerpos de baritina encajados en areniscas amarillentas siguiendo una falla y distribuidos en una corrida de 150 metros. El rumbo de los cuerpos es N-S con buzamientos de 50-70° y una potencia que oscila entre 0,50 y 0,80 metros. La baritina tiene una estructura bandeada y se presenta en masas cristalinas, integradas por individuos de hábito tabular con pátinas de óxido de hierro. El yacimiento ha sido explotado mediante laboreo superficial y subterráneo, este último por realeses.

**Distrito Colipilli.** Este agrupamiento, situado al oeste-suroeste del cerro Naunauco (Fig. 35), incluye las minas La Bienvenida y San Eduardo; en general las mineralizaciones son baríticas con textura cebrada y presentan abundancia de minerales de hierro, que podrían estar relacionados con el metamorfismo térmico producido por los intrusivos andesíticos de edad terciaria (Brodtkorb *et al.* 1975). En ambas minas los procesos de reemplazo han sido importantes, y en ellos la mineralización se dispuso de manera concordante con los estratos cretácicos. Las estructuras estromatolíticas son abundantes y en algunos casos presentan relictos de la laminación con reemplazo del mosaico calcítico por baritina (de Barrio *et al.* 2014).

La mina San Eduardo, ubicada 4 km al norte de la localidad de Colipilli, fue por su amplio desarrollo y producción, la de mayor importancia en el distrito.

En el área del depósito aflora una roca carbonática de color negro, compacta y de grano fino, asignada al Miembro Chorreado de la Formación Huitrín, con un rumbo N65-75°O e inclinación de 25-40°SO. Hacia el sur, estas rocas están intruidas por cuerpos andesíticos de color verde de la Formación Colipilli, alterados y en parte limonitizados, silicificados y atravesados por venillas de baritina.

La mineralización más importante dentro de las pertenencias de la mina San Eduardo es un potente manto de baritina de 1,50 a 6 m y unos 90 m de longitud, de rumbo ONO-ESE inclinando 50° hasta 90°, alojado en las calizas de la Formación Huitrín. Hay texturas brechosas donde el sulfato de Ba ha cementado clastos de caliza, como así también una superposición a la mineralización barítica por estructuras brechosas de sulfuros de metales base (galena,



Figura 37. Depósitos barítico-celestínicos relacionados con la Formación Huitrín. a) Mina Graciela (Grupo Continental). b) Mina Cecilia, pilares de sostenimiento (Grupo Continental). c) Mina Dios Alado, desarrollo de abultamiento algal (línea punteada) en areniscas verdes asignadas al Miembro Troncoso inferior de la Formación Huitrín. d) Mina Barda Klein. e) Labores extractivas principales en depósitos del Grupo Continental, localizados en el flanco SE del cerro Rayoso. Fotos: J.C. Danieli (a, b, c y d) y R. Giacosa (e).

esfalerita, calcopirita y piritita), que responden a procesos de relleno hidrotermal vinculados con fluidos provenientes del magmatismo terciario (Llambías y Malvicini 1978, de Barrio *et al.* 2014) (Fig. 38b, c).

La baritina se presenta en masas cristalinas con individuos de hábito tabular y en agregados fibrorradiados, en parte brechados, en general de color blanco y con manchas de óxido de hierro. Lyons (1975) muestreó una selección de mineral remanente en cancha mina, que presentó altas concentraciones de sulfato de bario, entre 86,4 % y 82,3 % de  $\text{SO}_4\text{Ba}$ , y un peso específico de 4,32 y 4,20  $\text{gr/cm}^3$ .

El manto fue parcialmente explotado a cielo abierto, y está bien expuesto en un rajo de 45 m de longitud, 15 de ancho y 9 a 10 m de profundidad (Fig. 38a). Sobre el mismo nivel se desarrolló la explotación subterránea mediante el sistema de cámaras y pilares, con mayor desarrollo de las labores al sur del rajo. La mina San Eduardo estuvo en actividad hasta la década de 1990, obteniéndose una producción total de unas 30.000 t de baritina, estimándose reservas de unas 32.800 t remanentes de mineral (Brodtkorb y Danieli 2011).

La mina La Bienvenida está localizada a 500 m al sur de la mina San Eduardo. El depósito está integrado por dos cuerpos vetiformes de baritina de hábito lenticular, separados por 150 m uno del otro. Las vetas tienen una extensión de 40-45 m y espesores de 0,40-0,80 m y se alojan en el contacto entre rocas andesíticas de la Formación Colipilli y estratos calcáreos de la Formación Huitrín. Ambas vetas tienen textura brechosa, con inclusiones de caliza en una matriz de baritina maciza de hábito tabular (Angelelli *et al.* 1976).

Este depósito ha estado en producción por un período corto de tiempo mediante cinco rajos

distribuidos en ambos cuerpos mineralizados, y se mantiene inactivo en la actualidad.

De acuerdo con Salvioli (2017), en las mineralizaciones presentes en el distrito Colipilli, las aguas formacionales serían relevantes en la lixiviación de los elementos metálicos y el azufre a partir de la pila sedimentaria. Con respecto a la procedencia del Pb, propuso que podría estar relacionada con las secuencias pelíticas de las formaciones Vaca Muerta, Los Molles y Agrio. Si bien el magmatismo cretácico-terciario tuvo un papel importante en la movilización de los fluidos, éste no aportó elementos de procedencia ígnea, por lo que se considera la posibilidad de una mezcla de aguas formacionales hidrotermales con aguas meteóricas.

**Distrito Naunauco-Taquimilán.** Este distrito está localizado hacia el este del cerro Naunauco (Fig. 35). Los principales depósitos de este agrupamiento son las minas Clementina y Don Candelario, que se encuentran en un sinclinal. En general, la mineralización está caracterizada por celestina que aparece en forma de bancos bien cristalizados, con hábito espático y color castaño grisáceo.

La mina La Clementina, a unos 7 km al noroeste de la localidad de Naunauco, está en un sinclinal de rumbo  $\text{N}170^\circ$  con estratos de inclinaciones variables entre  $50^\circ$  a subvertical. La mineralización está formada por un manto de celestina de unos 4 m de espesor, en el que se alternan bancos lentiformes de este mineral con finas intercalaciones pelíticas gris verdosas.

La mineralización celestínica es de grano fino a mediano, castaña a grisácea y de naturaleza espática y con laminación marcada hacia la base del depósito. Como indicó de Barrio (1999), este banco mineralizado se apoya sobre un *boundstone* con laminación



Figura 38. Mina San Eduardo (distrito Colipilli). a) Labor principal. b) Óxidos de Fe y vetillas de cuarzo (relleno hidrotermal). c) Textura brechosa con clastos de calizas cementada por Ba y con presencia de óxidos de Fe y cuarzo.

criptoalgal, en parte recristalizado, intercrecido con el  $\text{SO}_4\text{Sr}$ , y que además se presenta en forma de cristales blanquecinos relleno de oquedades.

En la mina Don Candelario la mineralización consiste en un banco macizo de coloración parda con una corrida lateral de aproximadamente 40 m y una potencia de hasta 3,50 m en la labor principal. La celestina se presenta como cristales de buen desarrollo y hábito espático, y también en forma de guías delgadas y geodas rellenas por cristales prismáticos, ambos producto de removilización del  $\text{SO}_4\text{Sr}$  primario.

La secuencia sedimentaria evaporítica reconocida es indicativa de un ambiente marino costero en proceso de somerización, representado por las facies marginales de la Formación Huitrín, en un medio intertidal a supratidal de acuerdo a de Barrio (1999). El autor indicó que además de los procesos de precipitación, la actividad vital de complejos orgánicos compuestos por matas algales sería una de las causales de la concentración anómala del estroncio, sobre todo en la etapa inicial de la depositación. Los abultamientos algales del sector oriental del yacimiento Don Candelario y la importante laminación criptoalgal de la base de la Formación Huitrín son evidencias inequívocas de la importante actividad algal en este ambiente evaporítico. Asimismo, y acompañando los procesos de diagénesis temprana de los calcáreos de la Formación Huitrín, se produciría liberación de Sr de los materiales aragoníticos, que junto con el sulfato proveniente de los niveles yesíferos superiores formarían probablemente la celestina como reemplazo en la roca calcárea.

Los valores de la relación  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  en análisis realizados en calcáreos, yeso y celestina de los depósitos Clementina y Don Candelario indican un origen sedimentario (Barbieri 1989).

### Calizas fosilíferas

**Pampa de las Liebres.** Este depósito se encuentra al este del cerro Villegas, en Pampa de las Liebres y se accede por la ruta provincial 7 hasta cercanías del cerro Huantraico, luego se toma una huella minera en dirección sudoeste, llegando al depósito tras recorrer 3,5 km aproximadamente. Se ubica a unos 70 km al sudeste de Buta Ranquil y a 95 km de Chos Malal (Fig. 35).

Las calizas fosilíferas y coquinas que integran este depósito pertenecen a niveles de la Formación Roca y se presentan en bancos subhorizontales de 3 a 4 m de potencia, en un área de 12 km<sup>2</sup>, en la que los afloramientos con mejor exposición y frentes

de corte natural cubren una superficie de 5 a 6 km<sup>2</sup>. Allí, las capas tienen un rumbo general NE-SO con inclinaciones de 5 a 7° hacia el sureste.

Para la explotación de este depósito se realizaron cuatro frentes de cantera, de los cuales se han extraído bloques de 4 a 5 m<sup>3</sup> de tonalidades blanquecinas, rosadas y marrón a pardo claro (Fig. 36b). El material se comercializa para revestimientos de paredes y pisos en planchas rectangulares de diferentes tamaños.

Con respecto a las reservas, en el sector norte del área se ha estimado, para la zona de influencia del frente de explotación activo con dimensiones de 200 m de longitud de frente, 100 m de ancho y 4 m de potencia del banco de calizas, reservas geológicas del orden de los 80.000 m<sup>3</sup> (Danieli *et al.* 2011).

### Cuarzo

**Yesera del Tromen.** Este depósito de cuarzo se encuentra a 30 km al sur de Buta Ranquil, accediéndose desde esta localidad luego de recorrer 23 km por la ruta nacional 40 con dirección sur y luego 7 km al oeste por una huella minera perteneciente a la cantera La Yesera II (Fig. 35).

La acumulación se presenta en pequeñas colinas de 2 a 3 m de altura con niveles horizontales de calizas que contienen geodas formadas por cristales de cuarzo, yeso y calcita (Fig. 36c). El cuarzo de este depósito se caracteriza por tener un hábito cristalino bipiramidal y un color hialino, a veces con tonalidades amarillentas. La mineralización, que se encuentra como relleno de cavidades, está alojada en un nivel carbonático con estructura cavernosa asignada a la Formación Auquilco.

Con respecto a la génesis de esta mineralización, las formas de los cristales, los tamaños y el conjunto de propiedades físicas permiten señalar que estos depósitos se han originado en un ambiente evaporítico, en el que la circulación de fluidos coloidales silíceos en niveles con cavidades permitió la cristalización paulatina necesaria para su formación (Agostinelli *et al.* 2022).

Comercialmente se los conoce como “diamantes de Herkimer” o “cuarzos tipo Herkimer”. La extracción de este mineral, utilizado mayoritariamente para colección, se da esporádicamente y de manera informal, por lo que no existen labores mineras.

### Diatomita

Se denomina diatomita a una sustancia producto de la acumulación de microesqueletos silíceos de

diatomeas que contienen materiales arcillosos, carbonáticos o volcánicos (cenizas) como impurezas. En la provincia del Neuquén, además de las manifestaciones de diatomita que se encuentran en las inmediaciones de la meseta de la Barda Negra (50 km al sureste de Zapala), hay un depósito de diatomita en la Hoja, llamado Los Ranqueles, que ha sido explotado de manera sostenida en la década de 1960.

**Los Ranqueles.** Esta cantera se encuentra en el área del cerro Villegas, a 60 km con dirección sureste de la ciudad de Chos Malal y 20 km al norte de Balsa Huitrín (Fig. 35). Los depósitos se asocian con tobas acumuladas en cuerpos lacustres de la Formación Rincón Escondido.

El depósito Los Ranqueles está integrado por una sucesión de capas alternantes de 0,80 a 1,20 m de diatomita blanquecina pura y niveles grisáceos de 1,20 a 1,80 m en los que aumenta el contenido de vidrio volcánico, con una cobertura de estéril de 1 m de potencia (Angelelli *et al.* 1976). El rumbo de las capas es norte-sur y su inclinación de 12-15° hacia el este.

El frente de explotación de la cantera tiene una altura de 20-25 m y se desarrolla a lo largo de 600 metros. La producción de diatomita en Los Ranqueles se mantuvo activa durante la década de 1960, extrayéndose unas 7.000 toneladas (Danieli *et al.* 2011).

Cordini (1965) realizó un análisis químico sobre muestras tomadas de los dos niveles del depósito. El nivel 1, perteneciente a las capas blancas puras y denominado por los propietarios de la cantera como “*diatomita de primera calidad*”, presenta valores de 3,24 % de  $Fe_2O_3$ , 1,21 % de  $MgO$ , 2,32 %  $CaO$ , 3,66 %  $Al_2O_3$  y 80 %  $SiO_2$ . El nivel 2, perteneciente a los niveles grisáceos con contenidos tobáceos, tiene valores de 3,02 % de  $Fe_2O_3$ , 1,72 % de  $MgO$ , 1,37 %  $CaO$ , 7,77 %  $Al_2O_3$  y 79,41 %  $SiO_2$ .

Las reservas probables de diatomitas para este depósito fueron estimadas en 450.000 t, mientras que las inferidas son de unas 600.000 toneladas (Cordini 1965).

## Piedra laja

**Cantera Exp. 3452-000488/2007.** Esta cantera de piedra laja está a 2,3 km en línea recta y a 7 km por camino, hacia el noreste del límite norte de la ciudad de Chos Malal (Fig. 35).

Los bancos con piedra laja son calizas de color castaño a grisáceo del Miembro Agua de la Mula

de la Formación Agrio. Las labores en el área de la cantera son al menos 3 frentes de explotación de reducidas dimensiones (100 m<sup>2</sup> x 1-2 m de profundidad) (Fig. 39a). De acuerdo con resultados obtenidos a partir de distintos ensayos (baja absorción, bajos valores de porosidad superficial, resistencia a la compresión y flexión, y desgaste), esta piedra laja puede utilizarse principalmente como revestimiento y mampostería (Fusari *et al.* 2020).

Según las labores extractivas relevadas en campo, Fusari *et al.* (2020) estimaron que la producción total fue de 3.000 t de piedra laja y los recursos inferidos, en una superficie de 0,36 km<sup>2</sup> y 2 m de espesor promedio, están en el orden de las 1.182.888 toneladas.

**Cantera Exp. 4802-000213/2008.** Esta cantera de piedra laja está cercana a Taquimilán, a 13,4 km en línea recta y a 16,5 km por camino, hacia el sur de Chos Malal por la ruta nacional 40 y ruta provincial 29 (Fig. 35).

Los niveles de piedra laja son calizas de color castaño a grisáceo, en planchas gruesas de hasta 15 cm de espesor, del Miembro La Tosca de la Formación Huitrín. El área de la cantera es de 30 x 20 m, mientras que el frente de explotación tiene 1 m de altura (Fig. 39b). Los resultados de los ensayos realizados indican que el material posee un valor relativamente bajo de absorción y buena resistencia mecánica, por lo que podría usarse como revestimiento y mampostería (Fusari *et al.* 2020).

Estos autores estimaron que se han extraído unas 1.500 t de material, considerando los 600 m<sup>2</sup> de superficie y 1 m potencia explotado, con una densidad de 2,5 gr/cm<sup>3</sup>, en tanto que para un área de 3.600 m<sup>2</sup> los recursos inferidos serían de unas 8.200 toneladas.

## Sales de sodio (halita)

Los depósitos de cloruro de sodio en el norte de la provincia del Neuquén son principalmente de edad cretácica, y pertenecen al Miembro Salina de la Formación Huitrín. Son bancos de decenas de metros de espesor, separados por delgadas capas de yeso y arcilla salífera verdosa, que se intercalan entre areniscas y arcillas yesíferas, en una secuencia depositada en un ambiente lagunar costero. Los bancos tienen morfologías lenticulares de aspecto macizo, con granulometría y coloración variable, y purezas relativamente elevadas (93 a 98,85 %  $NaCl$ ).

En el ámbito de la Hoja, el cloruro de sodio ha sido explotado en las minas Rivadavia (salina del

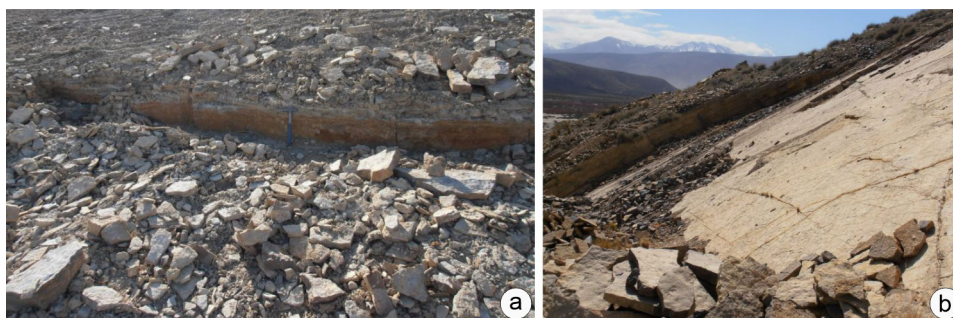


Figura 39. Canteras de piedra laja. a) Frente de explotación cantera exp. 3452-000488/2007. b) Frente de explotación cantera exp. 4802-000213/2008. Fotos: Fusari *et al.* (2020).

Huitrín), Hijosca (Pampa de Tril), Triuquicó y Carmelo (en cercanías de Chos Malal). De estos depósitos, la mina Carmelo registró una actividad sostenida durante 30-40 años a un ritmo de producción de 400-600 t anuales, mientras que las tareas extractivas en las restantes minas han sido esporádicas o durante periodos cortos de tiempo (Etcheverry 1999).

**Salinas de Huitrín.** Este depósito se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Neuquén, a unos 20 km al sureste de Balsa Huitrín y 45 km en línea recta de Chos Malal (Fig. 35). Las primeras extracciones de cloruro de sodio en la provincia se llevaron a cabo en este depósito por parte de habitantes de la zona, especialmente para el consumo de lanares y vacunos.

Los niveles de interés están ubicados en el anticlinal Huitrín, donde afloran los miembros La Tosca y Salina de la Formación Huitrín, y el miembro Rincón de la Formación Rayoso. Los bancos salinos están localizados en la parte media a superior del Miembro Salina, constituido por lutitas, areniscas, yeso y halita. El espesor de esta unidad litoestratigráfica en el sector oriental del anticlinal es de 228 m y, en términos porcentuales, está compuesto de un 25 % de niveles de halita, 7 % de yeso, 52 % de lutitas y 16 % de areniscas (Danieli *et al.* 2011).

Los niveles salinos tienen espesores que oscilan entre 4 y 20 m, con una estratificación marcada por delgadas láminas de material arcilloso y una evidente continuidad lateral. En cuanto a la mineralogía, el cloruro de sodio tiene una textura sacaroides, grano grueso y tonalidades blanquecinas, rosadas y grisáceas. Las purzas de los niveles salinos varían entre 86,5 % a 99,1 %, con un promedio estimado para el conjunto de 96,5 % (Etcheverry 1999).

Con respecto a las reservas, Lyons (1980) calculó unas reservas medidas de 252 Mt con 96,55 % de NaCl, considerando 15 m de espesor, 8.000 m

de largo, un ancho de 1.000 m y una densidad de 2,1 gr/cm<sup>3</sup>.

**Carmelo.** Este depósito se encuentra en cercanías del paraje denominado Truquicó, sobre la margen derecha del río Neuquén, a 4,5 km de Chos Malal (Fig. 35).

El cuerpo es de morfología lenticular N-S e inclinaciones de 45° al oeste, y está integrado por varios niveles que oscilan entre 0,50 a 2 metros. El conjunto mineralizado pertenece al Miembro Troncoso Superior de la Formación Huitrín y tiene una longitud de 100 m, 23 m de ancho y 20-40 m de potencia. Presenta una textura maciza y de grano grueso, es incoloro y con tonalidades rosadas, verdosas y oscuras, a levemente azulada por partes. Las leyes para este depósito oscilan entre 84 y 98 % de NaCl, 0,04-0,08 % de MgCl<sub>2</sub> y 0,10-0,19 de CaCl<sub>2</sub> (Danieli *et al.* 2011).

Esta mina ha sido explotada de forma subterránea, mediante galerías y cámaras de unos 18 m de largo, 10 m de ancho y 8-10 m de altura. Su producción ha tenido un ritmo variable a lo largo del tiempo, y para el período 1969-1975 fue de unas 1.000 t anuales (Angelelli *et al.* 1976), en tanto que para el período 2000-2010 no superaron las 250-260 t/año (Danieli *et al.* 2011).

Un cálculo de reservas para esta concentración salina, indica unas 200.000 t, entre mineral comprobado y probable (Angelelli *et al.* 1976).

**Hijosca.** Este depósito de cloruro de sodio se encuentra en el área de Pampa de Tril, a 60 km al noreste de Chos Malal (Fig. 35).

Al igual que en la mina Carmelo, las capas de sal corresponden al Miembro Troncoso Superior de la Formación Huitrín y se intercalan con arcillas y limos varicolores, anhidrita y arcillas saliníferas. La morfología del depósito es lenticular, con una poten-

cia media de 0,50 a 2 m, en una extensión de 600 m de largo por 200 m de ancho (Angelelli *et al.* 1976).

### Sales de potasio (silvita)

Dentro de la cuenca Neuquina se define una subcuenca Huitriniana de potasio, que abarca un área de 4.000 km<sup>2</sup>, en el extremo sur de la provincia de Mendoza y norte de la provincia del Neuquén. Tal extensión posiciona a este depósito como el más importante de Latinoamérica y uno de los más relevantes a nivel mundial. En términos de la presencia mayoritaria de silvita como sustancia, la subcuenca Huitriniana es la más importante del mundo.

En la provincia del Neuquén se han identificado manifestaciones de potasio en un área de 1.400 km<sup>2</sup>, principalmente ubicadas en el sector noreste de la Hoja a ambos lados de la sierra de Huantraico, como el Portón, Pampa de Tril, sierra Negra, Paso Barda y Los Barreales (Fig. 35). Los límites de la cuenca Huitriniana en subsuelo, en el sector oriental, se basan en datos de las perforaciones hidrocarburíferas, en tanto que hacia el oeste los límites están definidos por los afloramientos de la Formación Huitrín, que no presenta en superficie sales de potasio ni de sodio (Gabriele 1999b).

El descubrimiento de las sales de potasio en esta área ocurrió en el marco del Plan Fosforita Nacional que dirigió el Dr. Armando F. Leanza en los años 1974-1975. A partir de sondeos exploratorios de hidrocarburos en la zona del cerro Guillermo, se descubrieron anomalías radiactivas en la secuencia con sal de roca de la Formación Huitrín, que luego de un posterior análisis evidenciaron la presencia de la principal sal de potasio (silvita) (Gabriele 1999b).

Los depósitos de silvita están ubicados en la sección superior del Miembro Troncoso perteneciente a la Formación Huitrín. En los sectores de centro de cuenca, los niveles potásicos pueden ser reunidos en dos grupos que alcanzan espesores totales de hasta 24 m, con medias de 8 a 10 metros. La mineralización de potasio en estos bancos es mayoritariamente silvita, y en menor proporción langbeinita y carnalita. La silvita se presenta en cristales de aspecto lechoso a claro, anhedrales, de tamaño finos a muy finos, con pátinas de hematita de color rojizo a rojo oscuro.

**Área El Portón.** Este sector es un importante yacimiento de petróleo y gas que se encuentra en explotación desde el año 1990 a cargo de YPF S.A.

y dentro del cual hay concesiones mineras de potasio.

Aquí, el Miembro Troncoso Superior está constituido por potentes niveles de halita maciza y delgadas capas de arcilitas y yeso. En el nivel medio-superior de este miembro se intercalan niveles de silvita, separados por capas estériles de NaCl. La potencia media de los horizontes de potasio es de 14 m, con leyes que oscilan entre 20-30 % de K<sub>2</sub>O.

Para la determinación de las profundidades y posteriores cálculos de recursos se consideró una estructura monoclinial de una extensión de 10 km<sup>2</sup>. Las profundidades consideradas fueron de 414 m b. p. en el pozo YPF EPn x-5, que es la más cercana a la superficie, y otros niveles a 1.200 m b. p., profundidad considerada límite de explotación por el estado plástico de la sal. Los recursos inferidos para el área El Portón se estiman en el orden de los 300 Mt de KCl (70 Mt de K<sub>2</sub>O) (Frigerio *et al.* 2003).

**Potasio Río Colorado.** El yacimiento Potasio Río Colorado abarca parte del sur de la provincia de Mendoza y el norte de la provincia del Neuquén. La empresa Potasio Río Colorado S.A. fue la primera y única en realizar trabajos exploratorios integrales para potasio en la cuenca Neuquina, permitiendo definir este yacimiento con estudios de factibilidad a partir de una recuperación del mineral por disolución en la provincia de Mendoza.

Como parte de la etapa exploratoria, la empresa realizó 17 perforaciones, de las cuales se recuperaron 760 m de testigos de los 14.000 m sondeados. Asimismo, se obtuvieron 110 km de registros sísmicos. La profundidad en la que se encuentran los niveles de potasio oscila entre 750 y 1.150 m, con espesores de 12 a 15 m y leyes de 20 a 32 % de K<sub>2</sub>O (Frigerio *et al.* 2003).

Durante la exploración de este yacimiento se subdividió al Miembro Troncoso superior sobre la base de su litología, en “sulfatos basales”, “sal principal” y “arcilla guía”. Los “sulfatos basales” están integrados por anhidrita laminar o nodular que conforman un cuerpo tabular en subsuelo. El espesor de este nivel, para el área del yacimiento Potasio Río Colorado, varía entre 7 y 15 m, y constituye un importante sello inferior para la formación salina suprayacente.

El nivel identificado como “sal principal” está integrado principalmente por cloruros de sodio y potasio con delgadas intercalaciones de anhidrita y arcillas subordinadas. De base a techo, este nivel presenta 76 m de halita pura con intercalaciones de

anhidrita. Por encima, se encuentra la mineralización de potasio en una proporción de 10 a 60 % de silvita (KCl) junto con halita, formando silvinita. La mineralización se conforma por dos capas designadas como K1 y K3, separadas por 5 a 8 m de halita. La capa K1 es la más importante para el yacimiento y tiene un espesor que varía entre 11 y 15 m con leyes de 25 % de  $K_2O$ . La capa K3 tiene un espesor que varía entre 3 a 5 m y su ley promedio oscila en 17 a 22 %. Los niveles de silvinita se encuentran a profundidades de 1.100 metros. El tercio superior de la “sal principal” está integrado por halita anaranjada hasta blanco y transparente, con intercalaciones de anhidrita (Balod 1999).

El horizonte “arcilla guía” tiene una marcada distribución areal y se reconoce en toda la cuenca Huitriniana. Está conformado por fangolitas calcáreas que pasan a pelitas verdes grisáceas laminadas, y tiene un espesor uniforme de entre 4 y 6 metros.

El cálculo de reservas se realizó para la capa K1, no incluyendo en el mismo a la capa K3 ya que estas no serían explotadas en una primera instancia. Las reservas *in situ* para la capa K1 ascienden a 138.200.000 t de KCl, equivalentes a 87.300.000 t de  $K_2O$  (Balod 1999).

**Área Pampa de Tril.** Este sector se ubica al sur de Pampa de Tril y al oeste de la sierra de Huantraico. De acuerdo con la información de sondeos, los niveles mineralizados con potasio están a una profundidad de 600 a 700 m, con un espesor promedio de 4,5 m para la capa K1 y 3,5 m para la capa K3, y leyes estimadas que oscilan entre 13 a 15 % de  $K_2O$ . Con estos parámetros, y para un área de 10  $km^2$ , se estimó un recurso de 35 Mt de KCl (Frigerio *et al.* 2003).

**Área Sierra Negra.** Este sector está localizado en el flanco este de la sierra Negra, cubriendo una superficie de 480  $km^2$ . Los niveles de potasio se encuentran a profundidades de entre 800 y 1.400 m, y su distribución es irregular, con sectores en los cuales no hay registro de potasio. La capa K1 para este sector tiene un espesor de 2 a 13 m, con una ley estimada de 15 %  $K_2O$ . El recurso estimado para el área Sierra Negra es de 90 Mt de KCl, considerando una superficie de 30  $km^2$  (Gabriele 1999b).

**Área Paso Barda.** Este sector cubre gran parte del flanco noroeste de la sierra Negra, hasta el río Colorado, abarcando una superficie de 380  $km^2$ . La

mineralización está conformada por 2 a 6 niveles con potasio, detectados a una profundidad de 1.300 y 1.600 metros. Para la capa K1 la potencia mínima es de 3,4 m, con una máxima de 11,7 m y leyes estimadas a partir de rayos gamma en perfiles de 16 % de  $K_2O$ . Estos parámetros se utilizaron para el cálculo de recursos, estimándose en 100 Mt de KCl para un área de 25  $km^2$ . En cuanto a la capa K3, tiene potencias de 3,5 a 7,9 m y leyes estimadas en 13 % de  $K_2O$  (Frigerio *et al.* 2003).

**Área Los Barreales.** Esta área se encuentra al este del cerro Bayo. Los niveles con mineralizaciones de potasio se ubican a una profundidad variable entre 980 y 1.200 metros. Para este sector se definió un nivel mineralizado de 7 m de potencia promedio y una ley inferida de 17 % de  $K_2O$  (Frigerio *et al.* 2003). Según Gabriele (1999b), los recursos estimados, para esta área de 15  $km^2$ , son de 55 Mt de KCl.

#### Talco cerámico

A partir de 1956, este silicato de magnesio y aluminio es muy utilizado en la industria cerámica para la realización de ciertas pastas refractarias, y su comercialización se hace bajo la denominación de “talco cerámico”. En el marco de la Hoja se encuentra la mina Naunauco, un depósito de talco que fue explotado esporádicamente durante el periodo 1956-1976.

**Mina Naunauco.** La mina Naunauco, también llamada localmente “mina de magnesio”, se encuentra en cercanías del paraje homónimo, a 35 km al sur de Chos Malal (Fig. 35). El área mineralizada, ubicada en el faldeo noroeste de un cerro ubicado en la margen este del arroyo Taquimilán, abarca una superficie de 4  $km^2$ .

El depósito está alojado en una andesita con una morfología semejante a un cuerpo lacolítico perteneciente a la Formación Colipilli, que intruye a unidades sedimentarias del Grupo Mendoza. La roca de caja presenta una textura porfírica en la que se destacan fenocristales de anfíboles generalmente alterados y plagioclasa.

La mineralización está alojada en cuerpos tipo lenticulares con dimensiones de 2-3 m de largo y 1-2 m de alto, relacionados con diaclasas y fracturas N30-44°E y N15-25°O en el cuerpo andesítico. Los bloques delimitados por estas estructuras muestran una variación en la mineralización, desde el núcleo

que presenta una alteración moderada (cloritización), hacia los bordes donde la alteración tiene un desarrollo más importante. Esta variación, que también se desarrolla en dirección vertical, presenta en los niveles superiores de la andesita, una débil alteración con clorita, albita, ceolita y calcita, en tanto que en profundidad la mineralización está dada por clorita y talco. En este área es donde se realizaron los laboreos mineros con el objetivo de extraer el talco cerámico (Maiza y Hayase 1975, Angelelli *et al.* 1976).

Este mineral de mena, de tonalidades grisáceas oscuras a claras, siempre se encuentra asociado en menores proporciones a la clorita. Una muestra de esta mineralización registró un contenido de 18,48 %  $Al_2O_3$  y 31,81 % MgO.

En la mina Naunauco se han realizado diversas labores mineras, algunas a cielo abierto, como canteras y rajos, y otras por métodos subterráneos, a través de galerías abiertas a distintos niveles, algunas con recorrido de hasta 100 metros. La producción de talco en este depósito comenzó en el año 1956 y estuvo acompañada por la extracción del mismo material en la mina Taquimilán y de algunas manifestaciones menores en la zona. El total producido para el período 1963 hasta 1973, por parte de todas las minas en conjunto, fue de 6.544 toneladas (Angelelli *et al.* 1976).

## Travertino

**Cantera Buta Ranquil.** Este depósito está ubicado a unos 6 km al sureste de Buta Ranquil (Fig. 35) y se accede por la ruta nacional 40. A 5 km antes de la localidad desde el sur, hay una huella minera al oeste que llega hasta la cantera.

El travertino que se extrae de esta cantera está representado por costras calcáreas lobulares en forma de abanico, vinculadas con la actividad termal del volcán Tromen. Los afloramientos tienen una orientación NO-SE y se presentan en bancos subhorizontales de 3 a 5 m de potencia, cubriendo una superficie de 0,5 km<sup>2</sup>. El depósito se diferencia en 2 sectores con distintas características texturales del travertino. En el sector E, los niveles de travertino presentan una textura compacta con bandeo cromático fino en bancos de 3,5 a 4 m de espesor y tonalidades blanquecinas a grisáceas. Por su parte en el sector oeste, la textura es porosa con mayores oquedades y la coloración varía entre blanco y beige (Danieli *et al.* 2011).

Con respecto a la explotación de este depósito, se realiza mediante bancos de 2 m de altura y un frente

de 25 a 30 m de longitud con un ancho de 10 a 15 metros (Fig. 36d). Los bloques se extraen por medio de cortes con hilo diamantado y su posterior retiro se realiza con cargadora frontal y camión.

La cantera comenzó su producción en el año 1988 por parte de la empresa familiar Alessandrini y el volumen de material extraído anualmente es de 100-130 m<sup>3</sup>. El travertino se comercializa para revestimientos laterales de pared (interior y exterior) en planchas rectangulares (2,20 x 1,30 m o mayores y 0,30 m x largo libre con espesores de 12 y 20 mm).

**Travertino amarillo Salinas de Huitrín.** Este depósito está ubicado en el paraje Salinas de Huitrín, a 11 km al noreste de Balsa Huitrín. El acceso es dificultoso y en partes debe transitarse a través de cañadones.

La manifestación de travertino se presenta como costras calcáreas lobulares en un área de 2 km<sup>2</sup>. Los mayores espesores se ubican en el sector noroeste del afloramiento y ocasionalmente se reconocen finos niveles de calcita blanca como relleno de fisuras y oquedades, producto de precipitados químicos de aguas carbonatadas circulantes (Danieli *et al.* 2011).

Si bien en este depósito se han extraído algunas planchas y bochones para pruebas de corte y pulido, no existen actualmente laboreos de explotación.

## Yeso

En la cuenca Neuquina hay depósitos de yeso vinculados con los importantes procesos evaporíticos ocurridos durante el Jurásico y Cretácico, que están representados por las formaciones Tábanos, Auquilco y Huitrín.

En la provincia del Neuquén, el estudio para un desarrollo productivo del sulfato de calcio se ha enfocado en el área situada al este del volcán Tromen, en cercanías de la laguna Auquinco y en la sierra de la Vaca Muerta. Para los sectores de laguna Auquinco y yesera del Tromen la calidad del yeso es óptima, con leyes que oscilan entre 90 a 98 %.

**Yesera del Tromen.** El área se localiza al este del volcán Tromen, a 40 km al noreste por la ruta nacional 40 desde Chos Malal (Fig. 35). Los afloramientos yesíferos tienen una extensión de 60 km<sup>2</sup>, con 16 km de largo y 8 km de ancho, y espesores importantes de las unidades de interés. Los niveles de yeso son de tonalidades grisáceas o blanquecinas, y de aspecto terroso por la meteorización y la mezcla en superficie con arena y arcilla (Losada 1972).

Con respecto al cálculo de reservas, Losada (1972) relevó un área de 10 km<sup>2</sup> con potencias medias para los niveles de yeso de 200 m, estimando unas 4.000 Mt de mineral, aunque las reservas podrían ser bastante mayores si tomamos el área total de la yesera del Tromen.

**Auquinco.** El área se encuentra cercana a la laguna homónima, a 30 km de Chos Malal. Los afloramientos de yeso tienen un marcado interés por su extensión, como también por su fácil acceso a través de la ruta nacional 40.

En relación con el cálculo de reservas, Losada (1972) delimitó un área para la posible explotación de 1.300 m en dirección este-oeste y 1.500 m en dirección norte-sur, cubicando unos 200 Mt de mineral, con una potencia media de 100 m para los niveles de yeso.

### 6.3. YACIMIENTOS DE COMBUSTIBLES FÓSILES

#### PETRÓLEO Y GAS

##### Introducción

En la Hoja Chos Malal existen varias áreas hidrocarburíferas productivas, la mayoría ubicadas íntegramente dentro de sus límites (Fig. 40). En el sector centro norte se encuentran los yacimientos Filo Morado, El Portón, Chihuido de la Salina y Paso de las Bardas. En el centro este los yacimientos El Trapial, Chihuido de la Sierra Negra y Puesto Hernández, este último con su parte oriental en la vecina Hoja Catriel, Bajo del Toro y una porción del área Auca Mahuida. Finalmente, en el límite sur de la Hoja hay una parte del yacimiento El Orejano.

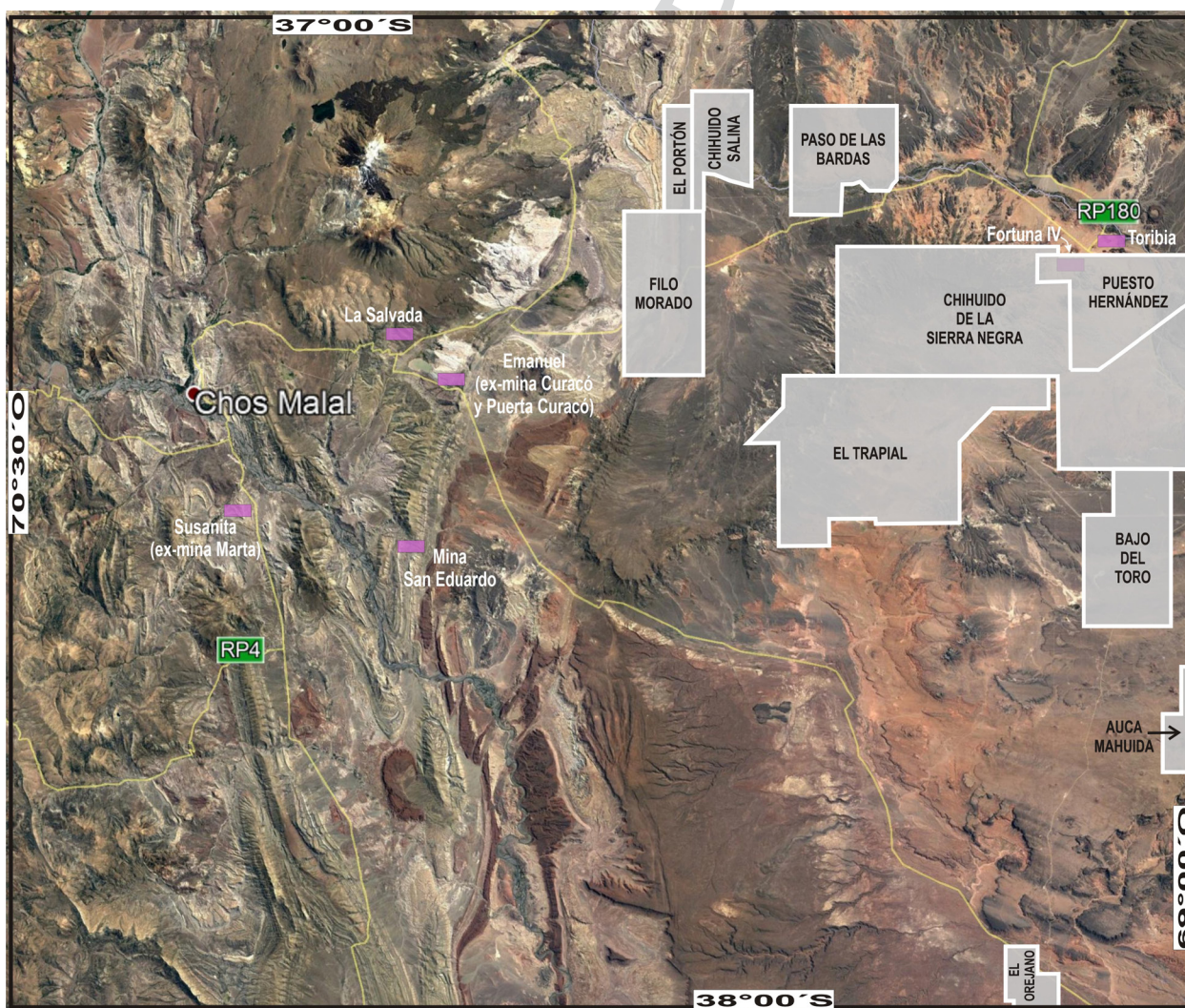


Figura 40. Ubicación de los principales yacimientos de hidrocarburos en la Hoja Chos Malal (modificado de Subsecretaría de Energía, Minería e Hidrocarburos de la provincia del Neuquén)

## Antecedentes y momentos históricos

La región situada al este de la localidad de Chos Malal constituye la más productiva en petróleo de toda la cuenca Neuquina, así como de un gran porcentaje del gas, en yacimientos que se encuentran en la zona de la faja plegada y corrida de la cuenca, y hacia el este en la zona del Engolfamiento, un sector con menor complejidad estructural.

A lo largo del tiempo, esta región atravesó por diferentes momentos asociados a distintas estrategias de exploración y desarrollo por parte de empresas estatales y privadas. Luego del descubrimiento del petróleo en la cuenca en 1918 en Plaza Huincul, tienen lugar las primeras estrategias de riesgo por parte de la compañía estatal de petróleo (YPF). Con posterioridad a algunos intentos por parte de empresas privadas en la década del 50, comienza la exploración de los bordes de cuenca por la Gerencia de Exploración de YPF, la que conduce al descubrimiento, entre los años 1967 y 1969, del yacimiento Puesto Hernández ubicado en el sector norte, y de Medanito en la plataforma noreste de Catriel.

Los estudios en el sector de la faja plegada y corrida a partir de métodos de sísmica 2D en la década del 70 y luego con sísmica 3D en los 90, condujo a descubrimientos de importantes yacimientos de petróleo y gas, como los de Filo Morado, El Portón y Chihuido de la Salina, así como excelentes ejemplos de producción asistida con recuperación secundaria que ayudaron al pico de producción de la cuenca en los yacimientos Chihuido de la Sierra Negra, El Trapial, Desfiladero Bayo y Puesto Hernández, durante las décadas del 90 y 2000.

Por último, cabe mencionar los descubrimientos de yacimientos de gas en el flanco este del dorso de los Chihuidos en arenas convencionales y *tight*, como así también el desarrollo del *shale oil* y *shale gas* en la Formación Vaca Muerta a partir de la década del 2000 y hasta la actualidad, con varios yacimientos en la región analizada de muy buena producción no convencional, como El Trapial, La Invernada, Los Toldos I, Bajo del Choique, Narambuena, San Roque y actualmente en el este del Chihuido de la Sierra Negra.

## Sistema petrolero y trampas

En la cuenca Neuquina, la mayor parte de las rocas generadoras son de origen marino y sus edades corresponden al Jurásico y Cretácico. Condiciones subóxicas y anóxicas prevalecieron en los tramos

basales de las principales ingresiones marinas en la cuenca, lo que permitió la preservación de la materia orgánica que se depositaba en el fondo (Brisson 2015, Vergani *et al.* 2011).

Por su calidad, espesor y distribución areal, la Formación Vaca Muerta representada por lutitas calcáreas negras con contenidos de carbono orgánico total entre 1 y 10 %, es la principal roca generadora de hidrocarburos en la cuenca Neuquina, seguida por las rocas de la Formación Agrio, característica que se mantiene en los yacimientos ubicados dentro de la Hoja Chos Malal.

La generación de hidrocarburos en la Formación Vaca Muerta fue progresiva de oeste a este, respecto al espesor de rocas que la soterraban. La migración de fluidos fue favorecida por los esfuerzos tectónicos desde el oeste, lo que permitió la expulsión y acumulación de petróleo y gas en reservorios ubicados por encima de esta unidad (Brisson 2015, Vergani *et al.* 2011). Actualmente, existe en la cuenca una gran cantidad de hidrocarburos alojada en la Formación Vaca Muerta, cuyo origen se debe a que están en ventana de generación actual de gas o de petróleo, o bien porque aún existen zonas con baja tasa de transformación porcentual de los querógenos presentes en las rocas fuente (Legarreta *et al.* 2005).

La expulsión y migración de los hidrocarburos en este sector de la cuenca ocurrió principalmente durante el Cenozoico, debido a la estructuración final del sector externo de la faja plegada y corrida.

Rocas sello se consideran en general a las mismas lutitas generadoras y también a las evaporitas intercaladas en la columna estratigráfica, en tanto que *carriers* efectivos los constituyen principalmente los niveles eólicos a fluvioeólicos, como los de la Formación Tordillo y los miembros Avilé y Troncoso Inferior de las formaciones Agrio y Huitrín, respectivamente.

En los sectores central y oriental de la Hoja hay diques y *sills* que afectan a las unidades generadoras y a los reservorios, constatándose también en la región, minas de bitumen o asfaltita, que guardan estrecha relación por el calor suministrado por el vulcanismo y el contacto con rocas generadoras (Cobbold *et al.* 2011, Rodríguez Monreal *et al.* 2009, Scapacan *et al.* 2020).

Los hidrocarburos de los yacimientos ubicados dentro de la Hoja están predominantemente en areniscas con porosidad intergranular de origen primario y diferente grado de diagenésis, conformando los reservorios convencionales. A medida que la diagénesis reduce la porosidad por cementación o

generación de arcillas, desmejoran las propiedades petrofísicas de la roca, ocasionando disminución de la permeabilidad y generando las “areniscas compactas” o *tight sands* con permeabilidades algo menores a 0,1 md, muy prospectadas últimamente en razón de las mejoras en los procesos de estimulación, con gran producción de gas en la última década en la Formación Lajas. Ejemplos mundiales del avance de la producción de estos reservorios intermedios entre los reservorios convencionales y los reservorios “shale” se encuentran en el norte y sur de EEUU y noreste y sur de China (Zou *et al.* 2015). Los reservorios naturalmente fracturados con porosidad secundaria por fracturación de la roca, son muy frecuentes en la zona de la Hoja por su ubicación en el ámbito de la faja plegada y corrida, y son los denominados reservorios de doble porosidad. Cabe destacar en esta Hoja, las posibilidades de observar en superficie una representación similar de las características de todos los diferentes reservorios mencionados en subsuelo.

En el sector de faja plegada, los reservorios más frecuentes son las areniscas de la Formación Mulichinco, las del Miembro Avilé de la Formación Agrío y las del Miembro Troncoso Inferior de la Formación Huitrín, en tanto que hacia el sector de la Plataforma Oriental se agregan la Formación Rayoso y cuerpos intrusivos como diques o *sills*, como en los yacimientos El Trapial y Chihuido de la Sierra Negra y los yacimientos cercanos al oeste del volcán Auca Mahuida.

En relación con el tipo de entrapamiento, en la región de la faja plegada y corrida ubicada al oeste del sinclinal de Huantraico, dominan las trampas estructurales muy bien conocidas en los yacimientos Filo Morado y El Portón. Al este de dicho sinclinal de Huantraico, en los yacimientos Chihuido de la Sierra Negra y El Trapial, predominan las trampas estructurales asociadas a cambios laterales de facies en los horizontes clásticos, así como la presencia de diques y lacolitos (Valenzuela *et al.* 2011). En Puesto Hernández el entrapamiento es combinado estratigráfico-estructural, con sellos en las trampas de los reservorios clásticos conformadas por niveles pelíticos marinos y lacustres y evaporíticos (Argüello 2011).

La producción actual por día a noviembre de 2021, indica para El Portón 15,5 m<sup>3</sup> de petróleo y 953,6 k m<sup>3</sup> de gas; para Filo Morado 6 m<sup>3</sup> de petróleo y 136,6 km<sup>3</sup> de gas; El Trapial produce 1082,6 m<sup>3</sup> de petróleo; Chihuido de la Sierra Negra 543,3 m<sup>3</sup> de petróleo; Puesto Hernández 562 m<sup>3</sup> de petróleo y el El Orejano produce 4,875 MM m<sup>3</sup> de

gas no convencional (<https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/hidrocarburos/>).

### Principales yacimientos

**Filo Morado y El Portón.** El yacimiento Filo Morado, operado actualmente por la empresa YPF S.A., fue descubierto en el año 1984 mediante el pozo YPF.Nq.FM.x-1, que produjo petróleo en niveles de la Formación Quintuco. En el año 1987 se inició el desarrollo del campo, alcanzando su pico productivo en el año 1992, con un caudal de 1.986 m<sup>3</sup>/d de petróleo. El Portón fue descubierto en el año 1989 con el pozo YPF. Nq.EPn.x-1. El descubrimiento y desarrollo del yacimiento Filo Morado y posteriormente del yacimiento El Portón, fue realizado a partir de modelos estructurales (Ploszkiewicz y Viñes 1987). Ambos están ubicados en el sector externo de la faja plegada y corrida de Chos Malal, más precisamente en la zona triangular ubicada en su frente de deformación. El anticlinal Filo Morado (Fig. 18) es un anticlinal de segundo orden ubicado inmediatamente al este del anticlinal Pampa Tril, que es la estructura más importante de este sector externo (véase capítulo 3). En El Portón el entrapamiento de los hidrocarburos ocurre en apretados anticlinales elongados en sentido N-S, con cierre en las 4 direcciones, con los hidrocarburos ubicados en la zona de cresta y limbos (Zamora Valcarce *et al.* 2006b). Los reservorios productivos son los arenosos del Miembro Avilé de la Formación Agrío y del Miembro Troncoso Inferior de la Formación Huitrín, con buena porosidad (15–17 %) y permeabilidad (50 md). Reservorios naturalmente fracturados han sido evaluados en las formaciones Vaca Muerta y Mulichinco (Fantin *et al.* 2014).

**Chihuido de la Sierra Negra y El Trapial.** Estos yacimientos operados por YPF S.A y Chevron Argentina respectivamente, representan una de las mayores acumulaciones de petróleo de la cuenca Neuquina y están ubicados en su totalidad dentro de la Hoja, a unos 50 km al noroeste de la localidad de Rincón de los Sauces. El primer hallazgo de petróleo data del año 1976, en el pozo YPF.ChSN.x-15 (Valenzuela *et al.* 2011).

Geológicamente los yacimientos están situados en la Plataforma Oriental que posee una completa columna de unidades del Jurásico, Cretácico y Terciario, que se apoyan sobre rocas volcánicas, y a su vez son intruidas por numerosos diques, filones y lacolitos terciarios, produciendo en ocasiones, un

domamiento antiformal. La trampa principal que contiene los hidrocarburos es de carácter estructural, con un fuerte componente estratigráfico dado por las variaciones faciales de los reservorios clásticos principales, a los que debe sumarse la influencia de procesos diagenéticos (Valenzuela *et al.* 2011).

Hay reservorios, como los conformados por el Miembro Avilé, donde la estructura corresponde a un anticlinal con cierre en cuatro direcciones, que da lugar al alto de Chihuido de la Sierra Negra. Hacia el norte de El Trapial, la estructura interfiere con los afloramientos del cerro Bayo de la Sierra Negra, cuyas rocas actúan de diferentes maneras, ya sea como barreras, como rocas reservorio fracturadas o bien sus fluidos producen procesos de disolución.

Con respecto a la roca madre, se estima que los petróleos de los reservorios Avilé, Agrio Superior y Troncoso Inferior habrían sido generados principalmente por la Formación Agrio (Gulisano *et al.* 2001), en tanto que la Formación Vaca Muerta lo habría sido de aquellos reservorios en la Formación Mulichinco.

Los reservorios son numerosos y sus denominaciones informales. Los principales para estos yacimientos son las areniscas de origen eólico y fluvial de los miembros Troncoso Inferior y Avilé, pertenecientes a las formaciones Huitrín y Agrio, respectivamente. En segundo término, en cuanto al volumen de reservas y producción de hidrocarburos, están las arenas del Miembro Agrio Superior, las calizas y dolomías marinas del Miembro La Tosca (Formación Huitrín), los depósitos continentales de los miembros Rayoso Evaporítico y Clástico (Grupo Rayoso; nomenclaturas informales), y finalmente reservorios en rocas intrusivas terciarias (Valenzuela *et al.* 2011).

Los principales sellos son los estratos lutíticos basales de Agrio Superior y las evaporitas de Troncoso Superior respectivamente, en tanto que calizas y lutitas sellan arenas marinas en el tope del Miembro Agrio Superior. Para los restantes reservorios productores, como La Tosca, Rayoso Evaporítico, Clástico y algunos intrusivos, los sellos están provistos por pelitas intraformacionales y evaporitas de considerable continuidad lateral (Valenzuela *et al.* 2011).

**Puesto Hernández.** Este yacimiento, actualmente operado por YPF S.A, está ubicado en el ámbito de la Plataforma Oriental, a unos 20 km de la localidad de Rincón de los Sauces. Su parte occidental está en el sector noreste de la Hoja. Fue descubierto por YPF en el año 1967 con el pozo PH

x-1 que ensayó gas en el Miembro Avilé de la Formación Agrio. En el año 1968 se perforó el pozo PH x-2, primer productor de petróleo de este reservorio (Argüello 2011).

El yacimiento se encuentra próximo al borde noreste de la cuenca Neuquina, y cuenta con una columna estratigráfica de unos 2.500 m integrada por unidades del Jurásico, Cretácico y Terciario que se apoyan sobre el Grupo Choiyoi. Algunos de los pozos exploratorios perforados atravesaron la totalidad de la columna sedimentaria. La estructura del yacimiento está caracterizada por fallas de alto ángulo y variados rumbos, destacándose una estructura en flor positiva asociada a fallamiento transcurrente, coincidente con la traza del río Colorado (Barrionuevo 2002). Varias fallas poseen rellenos de hidrocarburos pesados, asphaltita o rafaélita, lo que interfiere en la distribución y movimiento de los fluidos.

Los hidrocarburos tendrían su origen en la Formación Vaca Muerta a partir del Cretácico Tardío y de la Formación Agrio desde el Paleógeno temprano a tardío (Argüello 2011). La migración hacia los reservorios se habría producido a través de niveles permeables, como conglomerados y arenas de la Formación Agrio, y por las fallas sub-verticales que atraviesan la columna sedimentaria. Las formaciones Agrio (miembros Avilé y Agua de la Mula-Chorreado), Huitrín (miembros Troncoso Inferior y La Tosca) y Rayoso, con una porosidad que oscila entre 18 y 22 % y una permeabilidad entre 80 y 150 md, son los reservorios principales. Estos se disponen de manera homoclinal con suave inclinación al este y las trampas son combinadas, estratigráficas y estructurales. La roca sello para las trampas de los reservorios de Mulichinco, Avilé y Agrio Superior, son los niveles pelíticos marinos de la Formación Agrio, en tanto que para los reservorios de Troncoso, son evaporitas del Miembro Troncoso Superior, y para los reservorios de Rayoso, pelitas lacustres de la base del Grupo Neuquén, sumado a un empobrecimiento petrofísico de los reservorios pendiente arriba (Argüello 2011).

La explotación se realiza principalmente mediante el mecanismo de recuperación secundaria por inyección de agua. Como diagnóstico de este yacimiento, Argüello (2011) expresó que, como campo petrolífero de edad madura, tanto en su desarrollo como en su vida productiva, se debe tender a obtener el máximo aprovechamiento de sus reservas y recursos, alcanzando niveles óptimos de recuperación y aplicando de ser posible otros métodos de recuperación asistida.

## ASFALTITA

Durante la década de 1930 y hasta finales de 1950, la extracción y exploración de asfaltitas, carbón vegetal y pirobitúmenes asfálticos en nuestro país, tuvo un desarrollo considerable, motivado por las consecuencias económicas de la crisis de principios de la década de 1930 y también, por la alteración del comercio global por efecto de la Segunda Guerra Mundial, que impedían la importación de distintos recursos que se utilizaban para actividades como transporte, la generación eléctrica y la industria siderúrgica. Durante este período, empresas nacionales como la División Carbón Mineral de YPF y luego Yacimientos Carboníferos Fiscales (YCF), llevaron a cabo numerosos estudios geológico-mineros, cuyos informes fueron sintetizados en el libro *Combustibles Sólidos Minerales* (Borrello 1956).

La región norte de la provincia del Neuquén aloja numerosas mineralizaciones de asfaltita, ubicadas en los departamentos Pehuenches, Chos Malal, Ñorquín y Añelo. En el marco de la Hoja existen varias manifestaciones que, en su gran mayoría, afloran en un radio de unos 50 km alrededor del volcán Tromen (Cobbold *et al.* 2011).

Las mineralizaciones de asfaltita presentan morfologías de tipo vetiforme, con inclinaciones verticales a subverticales y espesores que oscilan entre 0,10 y 8 metros. Las vetas tienen una marcada continuidad en el rumbo y alrededor del volcán Tromen tienen una dirección preferencial NE-SO, aunque al acercarse al cuerpo volcánico las direcciones son más radiales (Cobbold *et al.* 2011). Las vetas más distantes al volcán Tromen se caracterizan por tener espesores menores y, en algunos casos, se encuentran formando bifurcaciones.

En cuanto a la composición de las asfaltitas de la provincia del Neuquén, estas presentan una variabilidad que va desde tipos más inmaduros, comparables con la gilsonita (contenido de carbón 10 %-20 %), pasando por variedades más maduras y hasta pirobitúmenes, comparables con la impsonita (contenido de carbón 50-85 %). Las vetas con composiciones más maduras tienden a encontrarse hacia el oeste, mientras que las asfaltitas con menos contenido de carbón tienden a localizarse hacia el este (Parnell y Carey 1995).

A partir de datos de geoquímica orgánica, Parnell y Carey (1995) propusieron que las formaciones Vaca Muerta y Agrio serían la fuente principal del fluido mineralizante que generó las manifestaciones de asfaltita. Asimismo, hay evidencias de que

algunas vetas tendrían una fuente vinculada con las lutitas pertenecientes a la Formación Agrio (Cobbold *et al.* 1999). Estos fluidos se comportaron como un líquido viscoso en condiciones de alta presión, generando la fracturación y brechamiento en la roca de caja (Parnell y Carey 1995).

Con respecto al origen, varios autores señalaron que estas manifestaciones de asfaltita estaban vinculadas con eventos magmáticos que interactuaron con unidades jurásicas y/o cretácicas (Groeber 1923, Rassmuss 1923, Piscione 1946, Borrello 1956). Posteriormente, Parnell y Carey (1995) propusieron un modelo de maduración para la roca madre (Formación Vaca Muerta) por conducción térmica durante la subsidencia de la cuenca Neuquina en el Cretácico Superior a Terciario Inferior. Sin embargo, Cobbold *et al.* (2011) y Cobbold *et al.* (2014) sugirieron que las vetas de asfaltita de la provincia del Neuquén tienen una estrecha relación con el vulcanismo, tal como lo marcaban los geólogos precursores, y se habrían formado probablemente en el Plioceno superior o Pleistoceno inferior.

Hacia principios de la década de 1950 disminuyó la producción de asfaltita, no solo debido a su reemplazo por distintos derivados del petróleo, sino también porque en este período ocurrieron una serie de accidentes laborales en importantes minas de esta región que afectaron la continuidad de esta actividad, como Santa Marta en junio de 1943, La Esperanza en junio de 1944, La Escondida en agosto de 1947 y San Eduardo en marzo de 1951.

La asfaltita tiene múltiples usos, entre los cuales se destaca su aplicación en lodos de inyección y cementación para la industria hidrocarbúfera, como aditivos de alta elasticidad en pavimentos, también en la industria química aplicándose en tintas gráficas, pinturas y plásticos, y en la industria metalúrgica.

En el ámbito de la Hoja hay alrededor de 80 manifestaciones de asfaltitas. Los principales depósitos, por tamaño y producción, son Susanita (ex mina Marta), Mina San Eduardo, Emanuel (ex mina Curaco y Puerta Curaco) y La Salvada, y Fortuna IV-Toribia. En la actualidad únicamente se encuentra activa la mina Toribia.

**Susanita (ex mina Marta).** Este depósito se encuentra ubicado en la zona limítrofe de los departamentos Chos Malal y Ñorquín, a 10 km al sur-sureste de Chos Malal.

La mineralización está alojada en depósitos de la Formación Huitrín y mayoritariamente se encuentra cubierta por sedimentos cuaternarios. Está integrada

por 5 vetas subverticales (Veta Marta, Veta 1, Veta 2, Veta 3 y Veta 4) con rumbos que varían entre N50°-60°E y potencias que oscilan entre 5 m y algunas decenas de centímetros.

La veta principal (Marta) tiene espesores de unos 2 m y ha sido reconocida por labores mineras en una extensión de 250 m y una profundidad de 65 metros. La asphaltita constituye el relleno total de la veta, con escasos fragmentos de roca de caja y sus valores de carbón fijo están en el orden de los 50-60 % (Angelelli 1941).

En cuanto a los demás cuerpos mineralizados, la Veta 1 tiene una corrida de 650 m con espesores de 0,40 m y en ésta se han realizado 4 piques de hasta 16 metros. La Veta 2 tiene una corrida de 350 m y espesores de entre 0,40 y 0,60 m, mientras que la Veta 3 o Clara, tiene una corrida de 1 a 1,5 km, con espesores de hasta 2,10 metros. Por último, la Veta 4, ubicada al sur de las anteriores, tiene una corrida de 200 m con pocos centímetros de espesor (Barimont S.A. Consultora 1975).

Las primeras tareas de exploración en la Veta Marta fueron llevadas a cabo durante el año 1938 y consistieron en la realización de un pique de 20 m de profundidad con galerías laterales. También se desarrollaron trincheras y pozos en vetas aledañas de menor relevancia. Para 1940, las labores mineras se realizaban hasta los 65 m de profundidad (pique Roque) y el mineral era extraído por medio de martillos neumáticos sacando el material a superficie por una draga de balde. La producción de asphaltita para ese año fue de unas 8.861 t (Angelelli 1941), mientras que para el período 1939-1943, en el que se desarrollaron actividades extractivas hasta su interrupción por incendios en la mina, se produjeron 40.000 t de asphaltita, quedando reservas para extraer del orden de las 15.000 t de mineral.

Las Vetas 2 y 3 presentan buenas características para continuar su exploración, y entre ambas se estimaron reservas de 20.000 t de asphaltita, mientras que las Vetas 1 y 4 no tienen buenos espesores, ni una continuidad marcada en afloramientos, por lo que carecerían de interés económico (Barimont S.A. Consultora 1975).

**Mina San Eduardo.** Este depósito está localizado a 2 km al sur del cerro Curaco, a unos 30 km en línea recta al sureste de la ciudad de Chos Malal.

San Eduardo fue por muchos años la mina más importante de asphaltita en la cuenca Neuquina, tanto por sus dimensiones como por sus valores de producción y calidad. A principios de los años 1950

el campamento minero se convirtió en un pequeño pueblo de 5.550 personas. Un año después, en marzo del 1951, una explosión de gas metano dejó como saldo 6 muertos y numerosos heridos, marcando el comienzo de la desaparición del pueblo.

La mineralización de asphaltita presente en el área de la mina San Eduardo consiste en 5 cuerpos vetiformes llamados Santa Julia, Santa Teresita, San Eduardo, Santa Rita 1 y Santa Rita 2. Las vetas tienen una orientación predominante NNE, con corridas de hasta 1.600 m y se alojan en sedimentitas asignadas a la Formación Agrio. De estas vetas, la más importante es Santa Teresita, con espesores de 0,50 a 2 m, pudiendo llegar a 4,30 metros.

En cuanto a la explotación, la compañía alemana Tungal llevó a cabo la producción de las vetas de asphaltita de San Eduardo mediante el sistema de explotación por piques laterales de profundización y galerías a nivel. La extracción del material se desarrolló principalmente en las vetas Santa Teresita y San Eduardo, de las que se extrajeron hasta el año del cierre unas 100.000 t y se estima que habría otras 100.000 t de recurso para extraer (Barimont S.A. Consultora 1975).

**Emanuel (ex mina Curaco y Puerta Curaco) y La Salvada.** Estos depósitos están localizados en el sector norte del anticlinal cerro Curaco, en las inmediaciones de la laguna Auquinco, a 35 km de Chos Malal.

Puerta Curaco (Fig. 41e) está integrado por dos manifestaciones que fueron descubiertas en el año 1950. Aunque estas vetas tienen espesores de unos 4 m, las estructuras tienen poca corrida y el producto extraído es de mala calidad, por lo que el depósito carece de interés económico.

En cuanto al depósito Curaco, también llamado La Carrascosa, la mineralización está compuesta por tres vetas (Catalina, Magdalena y Karen), de orientación predominante NO-SE, que se encuentran alojadas en las areniscas de la Formación Tordillo (Fig. 41d, e).

La veta Magdalena es la estructura más importante del depósito con espesores de 4 a 5 m, alcanzando los 8 m, y corridas de hasta 1.500 metros. Los trabajos extractivos sobre esta veta se han realizado hasta los 50 m de profundidad, extrayéndose unas 27.600 t hasta el año 1954. Posteriormente, la firma Sapag Hnos. produjo 60.000 t de asphaltita durante el período 1954-1973, abandonando la mina al extraer los pilares de seguridad. En la actualidad se encuentra tapada por desmoronamientos y se calcula



Figura 41. a) Ubicación de los depósitos Toribia y Fortuna IV. Las locaciones que se observan corresponden al Yacimiento Puesto Hernández. b) Mina Fortuna IV: rajo realizado sobre veta de asfaltita alojada en sedimentos del Grupo Neuquén. c) Mina Toribia: labores extractivas. d) Ubicación de las vetas de asfaltita en el área de la mina Curaco. e) Mina Curaco: detalle del depósito (foto Cobbold *et al.* 2011)

una reserva remanente de 100.000 t (Barimont S.A. Consultora 1975).

Con respecto al depósito La Salvada, está ubicado al noreste de la laguna Auquinco, a pocos metros de la ruta nacional 40, a unos 4 km al noroeste de la veta Magdalena de la mina Curaco. Este cuerpo mineralizado fue descubierto en la década de 1970, mientras se realizaban trabajos viales en la ruta nacional 40. La veta tiene una orientación general NO-SE con espesores de 0,80 a 1 m y una corrida de 500 metros. Barimont S.A. Consultora (1975) estimaron una reserva de 10.000 t de asphaltita para este depósito.

**Fortuna IV-Toribia.** Estos depósitos vetiformes de asphaltita, localizados a 25 km de la ciudad de Rincón de los Sauces, en la margen derecha del río Colorado, tienen un rumbo ENE-OSO (Fig. 41a). La mina Fortuna IV ha estado en producción irregularmente desde el año 1966, mientras que la mina Toribia ha estado en explotación activa desde hace 20 años.

En Fortuna IV, la veta está alojada en areniscas rojizas del Grupo Neuquén. La estructura es de rumbo N65°E y vertical o ligeramente subvertical hacia el SE, con potencias de 0,20 a 3 m, y corridas de unos 700-800 metros. La producción de esta mina durante su apogeo, en el periodo 1966-1973, fue de 7.182 t extraídas por vía subterránea (Angelelli *et al.* 1976). Actualmente la mina tiene una producción anual de 2.400-3.000 t de material, y reservas calculadas, entre comprobadas e inferidas, del orden de las 120.000 toneladas (Fig. 41b).

Por otro lado, el depósito Toribia, localizado a unos 4 km hacia el noreste de la mina Fortuna IV, actualmente constituye la única manifestación de asphaltita en explotación sostenida en todo el territorio argentino. La empresa propietaria Asphaltum S.A. está en condiciones de producir, sin necesidad de nuevas inversiones, hasta 5.000 toneladas mensuales (Fig. 41c).

## 7. SITIOS DE INTERÉS GEOLÓGICO

### Arroyo Chacay Melehue

La ruta provincial 43 que conecta las localidades de Chos Malal y Andacollo, tiene un tramo de unos 20 km de longitud a lo largo del valle del arroyo Chacay Melehue, donde se expone una sección estratigráfica clásica de la cuenca Neuquina. Allí se encuentra un

sitio de interés geológico nacional compartido entre las Hojas Chos Malal y Andacollo, caracterizado por la presencia de notables afloramientos de rocas del límite Triásico-Jurásico, hasta el Cretácico Inferior (Barremiano). El tramo está comprendido entre los parajes El Alamito (1.040 m s.n.m; 37°15'39.07"S / 70°24'28.04"O) y Milla Michico (1.330 m s. n. m.; 37°15'31.13"S / 70°37'10.33"O). Las localidades más cercanas, Chos Malal y Andacollo, disponen de servicios de alojamiento, gastronomía, comunicaciones y transportes.

Se pueden observar rocas estratificadas del Mesozoico que son parte de un conjunto general con disposición homoclinal, que conforma la ladera oriental de la cordillera del Viento. Se trata de excelentes afloramientos de diversas litologías y colores contrastantes, que representan el basamento volcánico de la cuenca y una parte sustancial de su relleno del Jurásico al Cretácico Inferior. La estratigrafía de estas secciones está muy bien ilustrada en Llambías *et al.* (2007) y Gulisano y Gutiérrez Pleimling (1995), en tanto que la estructura en Sánchez *et al.* (2015).

De manera sintética y comenzando por el paraje El Alamito y en sentido al oeste, puede observarse, dentro de los límites de la Hoja, la secuencia completa del Grupo Mendoza, con las formaciones Agrio, Mulichinco, Vaca Muerta y Tordillo. Hacia el borde oeste de la Hoja aparecen las formaciones Lotena, Tábanos y Los Molles. Ya ingresando a la Hoja Andacollo continúan las formaciones Los Molles, La Primavera, Milla Michico y Cordillera del Viento. La figura 4 ilustra algunas de las unidades aflorantes, en tanto que la figura 12 muestra la estructura del sector.

### Volcán Tromen-Área Natural Protegida El Tromen

El volcán Tromen está ubicado en las coordenadas 37°8'25.58"S / 70° 3'0.61"O, a unos 32 km en línea recta al noreste de Chos Malal, localidad que cuenta con servicios de alojamiento, gastronomía, comunicaciones y transportes para abastecer la demanda de visitantes, servicios que también cuenta la localidad de Buta Ranquil, ubicada a unos 17 km del volcán Tromen. Los principales accesos para recorrer la zona son dos rutas de ripio desde ambas localidades, las que se unen al norte del volcán.

Si bien el sitio de interés geológico se identifica como Volcán Tromen, siguiendo la descripción previa de Folguera *et al.* (2008) en ocasión del libro de los Sitios de Interés Geológico (SIG) de

la Argentina, se trata de un extenso sitio de más de 900 km<sup>2</sup> con varios volcanes implantados en altura en una región conocida como región o macizo del Tromen. Posee varios aspectos de interés geológico, biológico, arqueológico, turístico y recreativo, que se consideran de importancia regional, nacional e internacional.

Su interés geológico está vinculado con un extenso campo volcánico cuaternario donde se destacan los volcanes que forman los cerros Tromen (4.114 m s. n. m., Fig. 31a), Negro del Tromen (3.386 m s. n. m.) y Wayle (3.296 m s. n. m.), rodeados de cerros de menor altura y mayor antigüedad. Como hemos señalado en la descripción estratigráfica, los productos volcánicos cuaternarios que afloran en este sector fueron reunidos en el Agrupamiento Volcánico Tromen - Tilhué (Llambías *et al.* 2011). El agrupamiento incluye ignimbritas y domos riolíticos, basaltos y lahares del Pleistoceno, más los productos del volcanismo del Holoceno, como los basaltos Tromen y Cerro Carbonilla, con efusiones de carácter histórico. Estos últimos poseen su morfología casi intacta, con notables derrames de color negro ocupando parte de las quebradas actuales, las que alcanzan las inmediaciones de la localidad de Buta Ranquil.

La flora y fauna autóctonas se encuentran protegidas dentro de un Parque Provincial denominado Área Natural Protegida El Tromen, que delimita 30.000 ha de un humedal en altura declarado sitio Ramsar en 2006, lo que le otorga relevancia internacional. Este sitio es el hábitat de algunos mamíferos y unas 25 especies de aves, la mitad de las cuales son migratorias, y que nidifican en la laguna del Tromen y el bañado los Barros. También incluye la flora autóctona que es característica de las regiones de las estepas patagónicas y altoandinas.

Desde el punto de vista arqueológico, dentro del área han sido identificados al menos diez yacimientos con restos de objetos utilizados por antiguos pobladores de la región. Están ubicados en cercanías de las lagunas de los Barros y Tromen y en la ladera del cerro Wayle, y consisten en instrumentos líticos, pictografías y petroglifos con una antigüedad de 3.900 años.

Las principales actividades que se pueden practicar son senderismo, montañismo y observación de aves. El área protegida cuenta con servicio de guardaparques y en la laguna Tromen hay una caseta de observación de aves. En el cerro Wayle hay un parque de nieve que cuenta con un refugio y confitería, medios de elevación y baños.

### **Maar de Los Loros**

Este sitio está ubicado en el cerro de Los Loros (928 m s. n. m.), en las coordenadas 37°11'43.07"S / 69°3'3.09"O, en cercanías del paraje Pata Mora. Dista unos 35 km por ruta provincial 20 de la ciudad de Rincón de los Sauces, localidad que dispone de servicios de alojamiento, gastronomía, comunicaciones y transportes.

Es un sitio de interés geológico regional, caracterizado por la disposición de unos depósitos hidrovulcánicos que conforman un anillo de 1 km de diámetro (Fig. 31b), formado por tobas, tufitas y aglomerados volcánicos. Se trata de una estructura volcanogénica producida por una erupción freato-magmática, durante el Cuaternario.

### **Ruta nacional 40 tramo Chorriaca-arroyo Colipilli**

La ruta nacional 40 entre la localidad de Chorriaca y el arroyo Colipilli constituye un sitio de interés geológico regional, dado que los afloramientos que se observan en el trayecto permiten caracterizar aspectos estratigráficos de la transición Cretácico Inferior a Superior durante el relleno de la cuenca Neuquina, y apreciar las características geométricas de las estructuras de la faja plegada y corrida del Agrio. Es un tramo de unos 25 km cuyos extremos se ubican en 37°56'23.38"S / 70°4'31.14"O, 1.156 m s. n. m. y 37°44'29.10"S / 70°7'40.20"O, 845 m s. n. m. Las localidades más cercanas con servicios son Chos Malal y Las Lajas a 68 y 83 km de distancia, respectivamente.

El recorrido puede comenzar por el sur a la altura de Chorriaca, donde la ruta que corta el anticlinal Loma Naunauco permite apreciar la geometría de los angostos anticlinales característicos de la faja plegada y corrida del Agrio, en este caso deformando rocas bien estratificadas de las formaciones Mulichinco, Agrio y Huitrín. Continuando por el tramo norte-sur de la ruta nacional 40, se transita por el flanco oriental del anticlinal Loma Naunauco y progresivamente se ingresa en el sinclinal Pampa Naunauco, labrado principalmente en las formaciones Huitrín y Rayoso. Antes de la intersección con la ruta provincial 9, es posible observar una vista panorámica del sinclinal Lomas Coloradas, ubicado 7 km al noreste, que también involucra rocas deformadas de los inicios de la sedimentación sinorogénica del Cretácico Superior, en este caso de la Formación Candeleros. Al final del recorrido, el corte del anticlinal Loma

Naunauco en el arroyo Colipilli permite observar nuevamente la geometría de los pliegues y los corrimientos asociados.

### Loma de Los Chivos-sierra de los Chihuidos

Se ha considerado proponer este sitio de interés geológico de alcance regional dado que permite observar las características estratigráficas del límite Aptiano-Albiano y el Cenomaniano, así como las del sector más externo de la faja plegada y corrida del Agrio y su transición al dorso de Los Chihuidos. Además, la presencia de numerosos estratos varicolores lo convierten en un paisaje de notable belleza.

La loma de Los Chivos es una saliente plana en la ladera occidental de la sierra de Los Chihuidos, que está ubicada en  $37^{\circ}53'34.83''\text{S} / 69^{\circ}43'27.07''\text{O}$ , con una altura máxima de 1.400 m s. n. m. Está al oeste de la ruta provincial 1 de ripio, a unos 140 km de Añelo (120 km por ruta provincial 1 y 20 km por ruta provincial 17) o bien a 108 km de Chos Malal (36 km por ruta 1, 39 km por ruta 7 y 33 km por ruta provincial nacional 40), ambas localidades con disponibilidad de servicios de alojamiento, gastronómicos y de transportes.

Desde el punto de vista estratigráfico en el valle del río Neuquén afloran las sedimentitas continentales varicolores de la Formación Rayoso, que continúan por los faldeos del cerro Mesa, donde se pueden discriminar sus miembros integrantes, así como su contacto superior con las sedimentitas de color borraño de la Formación Candeleros. Esta secuencia es la que también domina a todo lo largo de la ladera occidental de la sierra de los Chihuidos (Fig. 8a).

Desde la loma y hacia el oeste, se puede observar panorámicamente el frente de deformación perteneciente al sector más externo de la faja plegada y corrida del Agrio, caracterizado por varias escamas tectónicas en las que resalta por sus colores la Formación Candeleros. También permite comparar el contraste estructural entre el sector de faja plegada y el dorso de los Chihuidos, caracterizado por una suave antiformal. Por otro lado, y ya en inmediaciones de la loma de Los Chivos, puede observarse la parte sur del sistema de fallas normales cuaternarias que afecta todo el flanco occidental del dorso (Figs. 8b y 28).

### Caverna Yesera del Tromen

La provincia del Neuquén es una de las regiones con mayor desarrollo de cavidades naturales del país, con unas 300 de acuerdo con el catastro de la Unión Argentina de Espeleología (EspeleoAr-UAE 2021).

De acuerdo con su morfología, estos cavernamientos pueden ser de tipo alero, cueva, caverna, gruta y sima entre otros, y su formación está asociada con procesos de disolución, erosión y la formación de tubos lávicos.

En el ámbito de la Hoja se encuentran actualmente registradas alrededor de 93 cavidades naturales, de las cuales un gran número se desarrollan en el área de la Yesera del Tromen, en niveles de la Formación Auquilco. Asimismo, la Formación Huitrín constituye otra de las unidades que presentan un importante desarrollo de cavidades, principalmente en las áreas de los sinclinales Pampa Salado y Pampa Naunauco, como así también en las inmediaciones de Balsa Huitrín. En la zona del cerro Caycayén existe una caverna desarrollada fundamentalmente en unidades calcáreas pertenecientes a la Formación Tábanos.

La Yesera del Tromen (Fig. 31c) constituye un sitio de interés geológico regional, dado que sus afloramientos permiten caracterizar aspectos geomorfológicos de un paisaje de tipo kárstico. Se encuentra ubicada entre las coordenadas  $37^{\circ}10'50'' - 37^{\circ}17'42''\text{S}$  y  $69^{\circ}55'00'' - 69^{\circ}50'16''\text{O}$ , en el departamento Pehuenches, y presenta una extensión areal aproximada de 75 km<sup>2</sup>. Se accede a través de la ruta nacional 40 desde las localidades de Chos Malal y Buta Ranquil, ubicadas a 45 y 20 km de distancia, respectivamente. Si bien La Yesera del Tromen no está compuesta mayoritariamente por calizas, como es el caso de los típicos terrenos kársticos, se la puede definir como un ambiente de tipo *karst* desarrollado íntegramente en el yeso de la Formación Auquilco. Las morfologías kársticas que existen en el área, además de los cavernamientos, son dolinas, sumideros y simas.

Sumado a las destacables características geomorfológicas, en este sitio de interés se pueden realizar diferentes actividades recreativas y deportivas para disfrutar el atractivo paisaje, como senderismo y ciclismo de montaña, en las que se recorren las lagunas de la zona y una antigua mina de asfaltita llamada La Tungar. Asimismo, en la Yesera del Tromen, grupos de aficionados y especialistas habilitados por la provincia realizan actividades vinculadas con la espeleología, en las que visitan y desarrollan nuevas descripciones de las distintas cavidades naturales.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Agostinelli, M.S., Leal, P.R., Kietzmann, D. 2022. Bancos portadores de cuarzo tipo Herkimer en la Yesera del Tomen, Neuquén. XXI Congreso Geológico Argentino (Puerto Madryn), Actas: 793-794.
- Aguirre-Urreta, M.B., Lazo, D.G., Griffin, M., Vennari, V., Parras, A.M., Cataldo, C., Garberoglio, R., Luci, L. 2011a. Megainvertebrados del Cretácico y su importancia bioestratigráfica. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M. (Eds.). Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén. XVIII Congreso Geológico Argentino (Neuquén), Relatorio 39: 465-488.
- Aguirre-Urreta, B., Tunik, M., Naipauer, M., Pazos, P., Ottone, E., Fanning, M., Ramos, V.A. 2011b. Malargüe Group (Maastrichtian-Danian) deposits in the Neuquén Andes, Argentina: Implications for the onset of the first Atlantic transgression related to Western Gondwana break-up. *Gondwana Research* 19: 482-494.
- Allmendinger, R.W., Zapata, T.R., Manceda, R., Dzelalija, F. 2004. Trishear kinematic modeling of structures with examples from the Neuquén basin, Argentina. En McClay, K.R. (Ed.). *Thrust Tectonics and Hydrocarbon Systems: AAPG Memoir 82*. American Association of Petroleum Geologists: 356-371.
- Angelelli, V. 1939. Los yacimientos de azufre del Volcán Tromen y del Cerro Huaille, Neuquén. Servicio Nacional Minero Geológico. Informe inédito, 6 pp. Buenos Aires.
- Angelelli, V. 1941. La mina de asphaltita "Santa Marta", departamento Ñorquín, provincia de Neuquén. Secretaría de Minería. Informe inédito, 12 pp. Buenos Aires.
- Angelelli, V. 1984. Yacimientos Metalíferos de la República Argentina. Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, 1, 392 pp., La Plata.
- Angelelli, V., Schalamuck, I., Arrospide, A. 1976. Los yacimientos no metalíferos y rocas de aplicación de la región Patagonia-Comahue. Secretaría de Estado de Minería, Servicio Minero Nacional, Anales 17, Buenos Aires.
- Aramendía, B., Turienzo, M., Peralta, F., Lebinson, M., Sánchez, N. 2019. Las estructuras tectónicas andinas en las nacientes del arroyo Taquimilán (37°35'S), faja plegada y corrida del Agrio, Cuenca Neuquina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 76(4): 340-351.
- Ardolino, A., Franchi, M., Fauqué, L., Danieli, J.C., Vallés, J.M., Impiccini, A., Pettinari, G., Casé, A.M., Cortés, J.M., Náñez, C., Concheyro, A., Molina, A.L. 1996. Geología y Recursos Minerales del Departamento Añelo, Provincia del Neuquén, República Argentina. Escala 1:200.000. Dirección Nacional del Servicio Geológico, Anales 25, Buenos Aires.
- Argüello, J. 2011. Yacimiento Puesto Hernández. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M. (Eds.). Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén. XVIII Congreso Geológico Argentino (Neuquén), Relatorio 55: 663-667.
- Arregui, C., Carbone, O., Martínez, R. 2011a. El Grupo Cuyo (Jurásico temprano-medio) en la Cuenca Neuquina. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M. (Eds.). Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén. XVIII Congreso Geológico Argentino (Neuquén), Relatorio 8: 77-89.
- Arregui, C., Carbone, O., Sattler, F. 2011b. El Grupo Lotena (Jurásico medio-tardío) en la Cuenca Neuquina. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M. (Eds.). Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén. XVIII Congreso Geológico Argentino (Neuquén), Relatorio 9: 91-98.
- Backé, G., Dhont, D., Hervouët, Y. 2006. Spatial and temporal relationships between compression, strike-slip and extension in the Central Venezuelan Andes: Clues for Plio-Quaternary tectonic escape. *Tectonophysics* 425(1-4): 25-53.
- Balod, M. 1999. Proyecto Potasio Río Colorado, Mendoza, Neuquén. En Zappettini, E.O. (Ed.). Recursos Minerales de la República Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 35: 1077-1081, Buenos Aires.
- Barbieri, M. 1989. Strontium isotopes as natural tracers in minerogenetic processes. En de Brodtkorb, M. K. (Ed.). *Non metalliferous stratabound ore fields*, 1-8, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Barimont S.A. Consultora 1975. Aprovechamiento integral de las asphaltitas y pirobitúmenes asphalticos del Neuquén. Consejo Federal de Inversiones (CFI), 204 pp. Buenos Aires.
- Barrio, C.A. 1990. Late Cretaceous - Early Tertiary sedimentation in a semi-arid foreland basin (Neuquén Basin, western Argentina). *Sedimentary Geology* 66: 255-275. Amsterdam.
- Barrionuevo, L.A., Nieniewski, A. 1955. Informe geológico-minero sobre algunos yacimientos cupríferos de la zona noroeste del Territorio Nacional de Neuquén. Dirección General de Fabricaciones Militares, informe inédito, 47 pp. Buenos Aires.

- Barrionuevo, M. 2002. Los reservorios de las Formaciones Agrio-Huitrín. Simposio de Rocas Productivas, 5° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. Mar del Plata. Trabajos Técnicos. Versión CD ROM.
- Basaldúa, A. 2018. Geología del sector de la Sierra Auca Mahuida, departamentos de Añelo y Mahuida, departamentos de Añelo y Peuhenchés, provincia del Neuquén. Tesis de grado, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 161 pp.
- Bechis, F., Cristallini, E., Giambiagi, L., Yagupsky, D., Guzmán, C., García, V. 2014. Transtensional tectonics induced by oblique reactivation of previous lithospheric anisotropies during the Late Triassic to Early Jurassic rifting in the Neuquén basin: Insights from analog models. *Journal of Geodynamics* 79: 1-17.
- Bertels, A. 1968. Micropaleontología y estratigrafía del límite Cretácico-Terciario en Huantrai-có (Provincia de Neuquén). *Ostracoda. Parte I. Ameghiniana* 5(8): 279-298. Buenos Aires.
- Booth, J., Coward, M. 1996. Basement faulting and inversión of the NW Neuquén Basin, Argentina. III International Symposium on Andean Geodynamics, St. Malo (France), Extended Abstracts: 295-298.
- Borrello, A.V. 1956. Recursos minerales de la República Argentina. III. Combustibles sólidos minerales. *Revista del Instituto Nacional de Investigación de las Ciencias Naturales y Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia"*, Ciencias Geológicas, 5: 1-665.
- Braccacini, I.O. 1970. Rasgos tectónicos de las acumulaciones mesozoicas en las provincias de Mendoza y Neuquén, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 25(2): 275-282.
- Brinkworth, W., Pose, F., Gangui, A. 2005. Rasgos estructurales del subsuelo en el área Aguada Pichana, provincia de Neuquén, Argentina. VIII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (Mar del Plata): 619-629.
- Brisson, I. 2015. Sistemas petroleros de la cuenca Neuquina. En Ponce, J.J., Montagna, A.O., Carmona, N. (Eds.). *Geología de la Cuenca Neuquina y sus sistemas petroleros*. Fundación YPF, 22-35, Buenos Aires.
- Brodtkorb, M.K., Danieli, J.C. 2011. Yacimientos de baritina y celestina. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M. (Eds.). *Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén*. XVIII Congreso Geológico Argentino (Neuquén), Relatorio 62: 745-754.
- Brodtkorb, M.K. de, Ramos, V.A., Ametrano, S. 1975. Los yacimientos estratoligados de celestina-baritina de la Formación Huitrín y su origen evaporítico, provincia del Neuquén. 2° Congreso Iberoamericano de Geología Económica (Buenos Aires), Actas 2: 143-168.
- Brodtkorb, M.K. de, del Blanco, M.A., de Barrio, R.E., Etcheverry, R.O. 1995. Depósitos barito-celestínicos jurásicos en Vega de la Veranada, Neuquén, Argentina. 5° Congreso Nacional de Geología Económica (San Juan), Actas: 234-241.
- Carbone, O., Franzese, J., Limeres, M., Delpino, D., Martínez, R. 2011. El ciclo Precuyano (Triásico Tardío - Jurásico Temprano) en la Cuenca Neuquina. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M. (Eds.). *Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén*. XVIII Congreso Geológico Argentino (Neuquén), Relatorio 7: 63-76.
- Casé, A.M., Malvicini, L. 1999. El pórfiro cuprífero con oro de la Quebrada del Bronce, Neuquén. En Zappettini, E.O. (Ed.). *Recursos Minerales de la República Argentina*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 35: 1337-1341, Buenos Aires.
- Castro, L. 1992. Los aluviones del río Neuquén y su ambiente regional entre La Herradura y Balsa Huitrín, provincia del Neuquén. Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires, 265 pp.
- Castro, L.N. 1999. Aluviones auríferos del río Neuquén, Neuquén. En Zappettini, E.O. (Ed.). *Recursos Minerales de la República Argentina*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 35: 1875-1881, Buenos Aires.
- Cazau, L., Uliana, M.A. 1973. El Cretácico superior continental de la Cuenca Neuquina. V Congreso Geológico Argentino (Carlos Paz), Actas 3: 131-163.
- Cervera, M., Leanza H. 2009. Hallazgo de sedimentitas sinorogénicas neógenas en los alrededores de Chos Malal, Cuenca Neuquina, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 11: 15-22.
- Cobbold, P., Rossello, E. 2003. Aptian to recent compressional deformation, foothills of the Neuquén Basin, Argentina. *Marine and Petroleum Geology* 20(5): 429-443.
- Cobbold, P.R., Diraison, M., Rossello, E.A. 1999. Bitumen veins and Eocene transpression, Neuquén Basin, Argentina. *Tectonophysics* 314: 423-442.
- Cobbold, P., Rosello, E., Marquez, F. 2008. Where is the evidence for Oligocene rifting in the Andes? Is it in the Loncopué Basin of Argentina?. VII International Symposium on Andean Geodynamics, Nice (France), Extended Abstracts: 148-151.

- Cobbold, P.R., Ruffet, G., Leith, L., Løseth, H., Rodrigues, N., Galland, O., Leanza, H.A. 2011. Combustibles sólidos (asfaltita). En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M. (Eds.). Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén. XVIII Congreso Geológico Argentino (Neuquén), Relatorio 58: 689-695.
- Cobbold, P.R., Ruffet, G., Leith, L., Løseth, H., Rodrigues, N., Leanza, H.A., Zanella, A. 2014. Radial patterns of bitumen dykes around quaternary volcanoes, provinces of northern Neuquén and southernmost Mendoza, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 56: 454-467.
- Coluccia, A., Rivara, A., Ardolino, A., Franchi, M. 2006. Hoja Geológica 3769-IV, Catriel, provincias de La Pampa, Neuquén, Mendoza y Río Negro. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina, escala 1:250.000. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. (Mapa sin texto).
- Cordini, I.R. 1965. Los depósitos diatomíferos de Argentina. Instituto Nacional de Geología y Minería. Informe inédito, 102 pp. Buenos Aires.
- Cristallini, E., Bottesi, G., Gavarrino, A., Rodriguez, L., Tomezzoli, R., Comeron, R. 2006. Synrift geometry of the Neuquén Basin in northeastern Neuquén Province, Argentina. En Kay, S.M., Ramos, V.A (Eds.). Evolution of an Andean margin: a tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35°-39°S lat). *Geological Society of America, Special Paper* 407: 147-162. DOI: 10.1130/2006.2407(07)
- Cristallini, E., Tomezzoli, R., Pando, G., Gazzera, C., Martínez, J., Quiroga, J., Buhler, M., Bechis, F., Barredo, S., Zambrano, O. 2009. Controles precuycanos en la estructura de la Cuenca Neuquina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 65(2): 248-264.
- Dahlkamp, F. 1993. Uranium Ore Deposits. Springer-Verlag. Berlin – Heidelberg. 466 pp., Alemania.
- Dahlstrom, C.D.A. 1969. Balanced cross sections. *Canadian Journal of Earth Sciences* 6(4): 743-757. DOI: 10.1139/e69-069
- Damborenea, S. 1993. Lotenliano. En Riccardi, A.C., Damborenea, S. (Eds.). *Léxico estratigráfico de la Argentina. Volumen 9: Jurásico. Asociación Geológica Argentina, Serie B, 21: 251-253.* Buenos Aires.
- Danieli, J.C. 2007. Neuquén river gold placers. Dirección Provincial de Minería del Neuquén. Informe inédito, 12 pp. Zapala.
- Danieli, J.C., Casé, A.M., Leanza, H., Bruna, M. 2011. Minerales y rocas industriales. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M. (Eds.). Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén. XVIII Congreso Geológico Argentino (Neuquén), Relatorio 61: 725-744.
- de Barrio, R.E. 1999. Los Depósitos de celestina (baritina) relacionados a la Formación Huitrín, Neuquén y Mendoza. En Zappettini, E.O. (Ed.). *Recursos Minerales de la República Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales* 35: 1095-1102, Buenos Aires.
- de Barrio, R.E., Etcheverry, R.O., del Blanco, M.A., Domínguez, E.A., Recio Hernández, C., Escobar, R.I., Salvioli, M.A. 2014. Nuevos datos y esquemas genéticos de los depósitos barítico-celestínicos vinculados a la secuencia Jurásico-Cretácica de la Cuenca Neuquina en la provincia del Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 71: 184-200, Buenos Aires.
- Del Blanco, M.A. y Barbieri, M. 1999. Depósitos de baritina y celestina, relacionados a las Formaciones La Manga y Auquilco, Mendoza y Neuquén. En Zappettini, E.O. (Ed.). *Recursos Minerales de la República Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales* 35: 1057-1069, Buenos Aires.
- D'Elia, L., Páez, G., Hernando, I., Petrinovic, I., Villarosa, G., Bilmes, A., Bodaño, M., Guzmán, S., Borzi, G., Serra Varela, S., Manzoni, C., Outes, V., Delmónico, A., Balbis, C. 2014. Erupciones históricas del volcán Tromen: Análisis geomorfológico y geocronológico en su sector noroeste. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 71(3): 444-448.
- Dellapé, D.A., Pando, G., Uliana, M.A., Musacchio, E. 1978. Foraminíferos y ostrácodos del Jurásico en las inmediaciones del arroyo Picún Leufú y la ruta 40 (Provincia del Neuquén, Argentina) con algunas consideraciones sobre la estratigrafía de la Formación Lotena. 7° Congreso Geológico Argentino (Neuquén), *Actas* 2: 489-507.
- Dellapé, D.A., Mombrú, C., Pando, G., Riccardi, A. C., Uliana, M.A., Westermann, G.E.G. 1979. Edad y correlación de la Formación Tábanos en Chacay Melehue y otras localidades de Neuquén y Mendoza, con consideraciones sobre la distribución y significado de las sedimentitas Lotenianas. *Obra Centenario Museo La Plata* 5: 81-105, La Plata.
- Devito, H.A. 1955a. Reconocimiento de los yacimientos de cobre de los departamentos Minas y Chos Malal, Territorio Nacional del Neuquén. Dirección Nacional de Minería, Delegación Mendoza, informe inédito 25 pp. Buenos Aires.

- Devito, H.A. 1955b. Estudio geológico minero de Cerro del Diablo, mina de cobre "María Aurelia", departamento Ñorquén, Territorio Nacional del Neuquén. Dirección Nacional de Minería, Informe N° 524 (inédito), 31 pp. Buenos Aires.
- Digregorio, J.H. 1972. Neuquén. En Leanza, A.F. (Ed.). Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias. República Argentina. pp. 439-506. Córdoba.
- Di Giulio, A., Ronchi, A., Sanfilippo, A., Balgord, E.A., Carrapa, B., Ramos, V.A. 2015. Cretaceous evolution of the Andean margin between 36°S and 40°S latitude through a multi-proxy provenance analysis of Neuquén Basin strata (Argentina). *Basin Research* 29(3): 284-304. DOI: 10.1111/bre.12176
- Dyhr, C.T., Holm, P.M., Llambías, E.J., Scherstén, A. 2013. Subduction controls on Miocene back-arc lavas from Sierra de Huantraico and La Matancilla, Argentina, and new 40Ar/39Ar dating from the Mendoza Region, Argentina. *Lithos* 179: 67-83. DOI: 10.1016/j.lithos.2013.08.007
- Elizalde, C.O. 1961. Información sobre algunas manifestaciones ferríferas de las provincias de Mendoza y Neuquén. Dirección General de Fabricaciones Militares, informe inédito, 13 pp. Buenos Aires.
- Elizalde, C.O., González Laguinge, H.R. 1957. Informe sobre cobre, manganeso y hierro en San Juan y Neuquén. Dirección General de Fabricaciones Militares. Buenos Aires.
- Erslev, E.A. 1991. Trishear fault-propagation folding. *Geology* 19(6): 617-620. DOI: 10.1130/0091-7613(1991)019<0617:TFPF>2.3.CO;2
- Escobar, R.I. 2016. Geología y génesis de las mineralizaciones barítico-celestínicas asociadas a la secuencia cretácica entre las localidades de Bajada del Agrio y Chos Malal, provincia de Neuquén. Tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata, 207 pp.
- EspeleoAr-UAE. 2021. <http://espeleoar.blogspot.com/p/catastro.html>
- Etcheverry, R.O. 1999. Depósitos de yeso y halita jurásico-cretácicos, Mendoza y Neuquén. En Zappettini, E.O. (Ed.). Recursos Minerales de la República Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 35: 1091-1093, Buenos Aires.
- Fantín, J., Manceda, R., Palacio, B., López, R., Mykietiuik, K., Barberis, R. 2014. Caracterización de las fracturas naturales de las formaciones Vaca Muerta y Mulichinco en la estructura de Filo Morado, Cuenca Neuquina, Argentina. IX Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (Mendoza), 541-561.
- Fennell, L., Folguera, A., Naipauer, M., Gianni, G., Rojas Vera, E., Bottesi, G., Ramos, V.A. 2017. Cretaceous deformation of the Southern Central Andes: synorogenic growth strata in the Neuquén Group (35°30'-37°S). *Basin Research* 29(S1): 51-72, DOI: 10.1111/bre.12135
- Folguera, A., Ramos, V.A. 2009. Collision of the Mocha fracture zone and a less than 4 Ma old wave of orogenic uplift in the Andes (36°-38°S). *Lithosphere* 1(6): 364-369. DOI: 10.1130/L66.1
- Folguera, A., Ramos, V.A., Hermanns, R., Naranjo, J. 2004. Neotectonics in the foothills of the Southernmost Central Andes (37°-38° S). Evidence of the strike-slip displacement along the Antañir-Copahue fault zone. *Tectonics* 23(5), TC5008. DOI: 10.1029/2003TC001533
- Folguera, A., Zapata, T., Ramos, V.A. 2006. Late Cenozoic extension and the evolution of the Neuquén Andes. En Kay, S.M., Ramos, V.A. (Eds.). Evolution of an Andean Margin: A tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35-39°S lat). Geological Society of America Special Paper 407: 267-285. DOI: 10.1130/2006.2407(12)
- Folguera, A., Ramos, V.A., Zapata, T., Spagnuolo, M. 2007. Andean evolution and deformational mechanisms at the Guañacos and Chos Malal fold and thrust belts (36°30'-37°S). *Journal of Geodynamics* 44(3): 129-148. DOI: 10.1016/j.jog.2007.02.003
- Folguera, A., Bottesi, G., Zapata, T., Ramos, V.A. 2008. Crustal collapse in the Andean backarc since 2 Ma: Tromen volcanic plateau, Southern Central Andes (36°40'-37°30'S). *Tectonophysics* 459(1-4): 140-160. DOI: 10.1016/j.tecto.2007.12.013
- Franchini, M. 1990. Metalogénesis y petrografía de algunas manifestaciones del Grupo Molle en la provincia de Neuquén. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Córdoba, 271 pp.
- Franchini, M., Malvicini, L. 1999a. Las vetas auríferas del Cerro Mayal, Neuquén. En Zappettini, E.O. (Ed.). Recursos Minerales de la República Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 35: 1365-1367, Buenos Aires.
- Franchini, M., Malvicini, L. 1999b. Las manifestaciones de hierro en skarns del cerro Caicayén, Neuquén. En Zappettini, E.O. (Ed.). Recursos Minerales de la República Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 35: 1317-1320, Buenos Aires.
- Franchini, M., Schalamuck, I.B. 1999. Los cuerpos ígneos localizados entre los arroyos Tábanos y Cajón Grande, NO del Neuquén: características geoquímicas e

- implicaciones metalogenéticas. 14° Congreso Geológico Argentino (Salta), Actas 2: 218-221.
- Franchini, M., López Escobar, L., Schalamuck, I.B., Meinert, L. 2003. Magmatic characteristics of the Paleozoic Cerro Nevazón region and other Late Cretaceous and Early Tertiary calcalkaline subvolcanic and plutonic units in the Neuquén Andes. *Journal of South American Earth Sciences*, 16: 399-421.
- Frías Saba R., Sánchez N., Turienzo M., Lebinson F. 2021. Análisis geométrico y cinemático del anticlinal Chos Malal, provincia del Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 78(4): 594-612.
- Frigerio, M., Giusiano, A., Herrmann, C. 2003. Potasio en Neuquén Evaluación del Recurso en el Área de Exclusividad Provincial. Convenio Servicio Geológico Minero Argentino – Provincia del Neuquén. Informe inédito, 47 pp. Zapala, Buenos Aires.
- Fusari, C., Dalponte, M.R., Ponce, M.B. 2020. Anexo catálogo de piedra laja de la República Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Anales 58, 486 pp.
- Gabriele, N. A. 1993. Sales de potasio de la Formación Huitrín (Cretácico inferior), provincias de Mendoza y Neuquén, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 47(3): 305-316.
- Gabriele, N.A. 1999a. Manifestaciones de azufre biogénico en Neuquén. En Zappettini, E.O. (Ed.). *Recursos Minerales de la República Argentina*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 35: 1131-1133, Buenos Aires.
- Gabriele, N.A. 1999b. Cuenca Potásica Huitriniana, Neuquén. En Zappettini, E.O. (Ed.). *Recursos Minerales de la República Argentina*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 35: 1083-1089, Buenos Aires.
- Galland, O., Hallot, E., Cobbold, P., Ruffet, G., de Bremond d’Ars, J. 2007. Volcanism in a compressional Andean setting: A structural and geochronological study of Tromen volcano (Neuquén province, Argentina). *Tectonics* 26 TC4010.
- Garavilla, R. 1986. Informe magnetométrico del yacimiento Huantraico, provincia del Neuquén. Dirección General de Fabricaciones Militares, Informe inédito, 26 pp. Buenos Aires.
- Garrido, A. 2010. Estratigrafía del Grupo Neuquén, Cretácico Superior de la Cuenca Neuquina (Argentina): nueva propuesta de ordenamiento litoestratigráfico. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 12(2): 121- 177.
- Garrido, A. 2011. El Grupo Neuquén (Cretácico Tardío) en la Cuenca Neuquina. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M. (Eds.). *Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén*. XVIII Congreso Geológico Argentino (Neuquén), Relatorio 21: 231-244.
- Garrido, A., Kramarz, A., Forasiepi, A., Bond, M. 2012. Estratigrafía, mamíferos fósiles y edad de las secuencias volcanosedimentarias eoceno-miocenas de la sierra de Huantraico-sierra Negra y cerro Villegas (provincia del Neuquén, Argentina). *Andean Geology* 39(3): 482-510.
- Giacosa, R., Allard, J., Foix, N., Heredia, N. 2014. Stratigraphy, structure and tectonic evolution of the Paleozoic rocks in the Cordillera del Viento (37° S latitude, Andes of Neuquén, Argentina). En Colombo, F., García-Sanseguno, J., Heredia, N. (Eds.). *Late Paleozoic geodynamics of the proto-Andean margin: controls on the present architecture of the Andes*. *Journal of Iberian Geology* 40(2): 331-348.
- Giambiagi, L., Ghiglione, M., Cristallini, E., Bottesi, G. 2009. Kinematic models of basement/cover interactions: insights from the Malargüe fold and thrust belt, Mendoza, Argentina. *Journal of Structural Geology* 31(12): 1443-1457. DOI: 10.1016/j.jsg.2009.10.006
- Gianni, G., Sagripanti, L., Folguera, A., Spagnuolo, M., Giménez, M. 2014. Tectónica cuaternaria en el retroarco andino a la latitud del volcán Tromen (37°S). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 71(4): 513 – 525.
- Godeas, M., Cardó, R., Carrizo, R., Cruz Zuloeta, G., González, R., Korzeniewski, L.I., López, H., Mallimacci, H., Martínez, L., Ramallo, E., Valladares, H., Zubia, M. 1999. Inventario de yacimientos y manifestaciones de minerales metalíferos e industriales de la República Argentina. En Zappettini, E.O. (Ed.). *Recursos Minerales de la República Argentina*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 35: 1979-2173, Buenos Aires.
- González, P., Aragón, E. 2000. El cerro Bayo de la Sierra Negra, Neuquén: ejemplo de un lacolito Árbol de Navidad. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 55(4): 363-377.
- González Díaz, E., Ferrer, J. 1986. Geomorfología de la Provincia del Neuquén. Consejo Federal de Inversiones, 111 pp. Buenos Aires.
- González Díaz, E., Folguera, A. 2011. Análisis geomorfológico del tramo medio e inferior de la cuenca de drenaje del río Curri Leuvú, Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 68(1): 17-32.
- González Díaz, E., Di Tommaso, I. 2011. Geomorfología. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M. (Eds.). *Geología y Recursos Natu-*

- rales de la provincia del Neuquén. XVIII Congreso Geológico Argentino (Neuquén), Relatorio 37: 421-438.
- Groeber, P. 1923. Origen del petróleo de Barrancas. Deducciones que sugiere su estudio. Boletín de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Serie F (Informes Preliminares y Comunicaciones) 6(1): 3-14.
- Groeber, P. 1929. Líneas fundamentales de la Geología del Neuquén, sur de Mendoza y regiones adyacentes. Ministerio de Agricultura, Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Publicación N° 58, 126 pp. Buenos Aires.
- Groeber, P. 1939. Mapa geológico de Mendoza. *Physis* 14 (46): 171-220.
- Groeber, P. 1946. Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70°. 1 Hoja, Chos Malal. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 1: 177-208.
- Gulisano, C. A., Gutiérrez Pleimling, A. 1995. Field guide: The Jurassic of the Neuquén Basin. a) Neuquén province. *Asociación Geológica Argentina, Serie E, Guías de Campo* 2: 1-111, Buenos Aires.
- Gulisano, C.A., Gutiérrez Pleimling, A.R., Digregorio, R.E. 1984. Esquema estratigráfico de la secuencia jurásica al oeste de la provincia del Neuquén. 9° Congreso Geológico Argentino (San Carlos de Bariloche), *Actas* 1: 236-259.
- Gulisano, C., Minniti, S., Rossi, G., Villar, H.J. 2001. The Agrio Petroleum System: Hydrocarbon Contribution and Key Elements. Neuquén Basin, Argentina. En Kluth, Ch., Legarreta, L. (Eds.). *Hedberg Research Conference, New Technologies and New Play Concepts in Latin America, AAPG*: 114-115. Mendoza.
- Gürer, D., Galland, O., Corfu, F., Leanza, H., Sassier, C. 2015. Structure and evolution of volcanic plumbing systems in fold-and-thrust belts: A case study of the Cerro Negro de Tricao Malal, Neuquén Province, Argentina. *Geological Society of America Bulletin* 128(1-2): 315-331. DOI: 10.1130/B31341.1
- Gutiérrez Pleimling, A., Olea, G., Suárez, M., Valenzuela, M. 2011. El Miembro Chorreado de la Formación Huitrín (Cretácico Temprano). En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M. (Eds.). *Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén. XVIII Congreso Geológico Argentino (Neuquén), Relatorio* 15: 175-180.
- Herrero Ducloux, A. 1946. Contribución al conocimiento de la geología del Neuquén Extrandino. *Boletín de Informaciones Petroleras* 13: 245-261.
- Holmberg, E. 1962. Descripción geológica de la Hoja 32d, Sierra Chachahuén, provincia del Neuquén. Carta geológico-económica de la República Argentina, escala 1:200.000. Servicio Geológico Nacional, *Boletín* N° 91, 87 pp.
- Holmberg, E. 1964. Descripción geológica de la Hoja 33d, Auca Mahuida, provincia del Neuquén. Carta geológico-económica de la República Argentina, escala 1:200.000. Servicio Geológico Nacional, *Boletín* N° 64, 101 pp.
- Holmberg, E. 1976. Descripción geológica de la Hoja 32a, Buta Ranquil, provincia del Neuquén. Carta geológico-económica de la República Argentina, escala 1:200.000. Servicio Geológico Nacional, *Boletín* N° 152, 90 pp.
- JICA-MMAJ 2001. Report on regional survey for mineral resources in the Southern Andes area, the Argentine Republic, final report. Japan International Cooperation Agency - Metal Mining Agency of Japan, informe inédito, 378 pp. Buenos Aires.
- Jones, P.B. 1982. Oil and gas beneath east-dipping underthrust faults in the Alberta Foothills, Canada. En Powers, R.B. (Ed.). *Geologic studies of the Cordilleran thrust belt, Rocky Mountain Association of Geologists*: 61-74.
- Jordan, T., Burns, W., Veiga, R., Pángaro, F., Copeland, P., Kelley, S., Mpodozis, C. 2001. Extension and basin formation in the Southern Andes caused by increased convergence rate: A Mid-Cenozoic trigger for the Andes. *Tectonics* 20(3): 308-324. DOI: 10.1029/1999TC001181
- Kay, S.M., Copeland, P. 2006. Early to middle Miocene backarc magmas of the Neuquén Basin: Geochemical consequences of slab shallowing and the westward drift of South America. En Kay, S.M., Ramos, V.A. (Eds.). *Evolution of an Andean margin: A tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35°-39°S lat)*, *Geological Society of America, Special Paper* 407: 185-213.
- Kay, S.M., Mpodozis, C., Coira, B. 1999. Magmatism, tectonism and mineral deposits of the Central Andes (22°-33°S latitude). En Skinner, B.J. (Ed.). *Geology and Ore Deposits of the Central Andes. Society of Economic Geology, Special Publication* 7: 27-59. DOI: 10.5382/SP.07.02
- Kay, S.M., Burns, W., Copeland, P., Mancilla, O. 2006. Upper Cretaceous to Holocene magmatism and evidence for transient Miocene shallowing of the Andean subduction zone under the northern Neuquén Basin. En Kay, S.M., Ramos, V.A. (Eds.). *Evolution of an Andean margin: a tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35°-39°S lat)*. *Geological Society of America Special Paper* 407: 19-60. DOI: 10.1130/2006.2407(02)

- Keidel, J. 1925. Sobre la estructura tectónica de las capas petrolíferas en el oriente del territorio del Neuquén. Ministerio de Agricultura, Dirección General de Minas, Geología e Hidrogeología, Publicación N° 8, 75 pp. Buenos Aires.
- Kozłowski, E., Cruz, C., Sylwan, C. 1996. Geología estructural de la zona de Chos Malal. Cuenca Neuquina, Argentina. Actas 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos (Buenos Aires), Actas 1:15-26.
- Kozłowski, E., Cruz, C., Sylwan, C. 1998. Modelo exploratorio en la faja corrida de la Cuenca Neuquina, Argentina. Boletín de Informaciones Petroleras 55: 4-23.
- Lambert, L.R. 1956. Descripción geológica de la Hoja 35 b, Zapala, Territorio Nacional del Neuquén. Escala 1:200.000. Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín N° 83: 93 pp.
- Lazo, D.G., Concheyro, A., Ottone, E.G., Guler, M.V., Aguirre Urreta, M.B. 2009. Bioestratigrafía integrada de la Formación Agrio en su localidad tipo, Cretácico Temprano de la Cuenca Neuquina. Revista de la Asociación Geológica Argentina 65: 322-341.
- Leanza, H.A. 1992. Estratigrafía del Paleozoico y Mesozoico anterior a los Movimientos Intermálicos en la comarca del Cerro Chachil, provincia del Neuquén, Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina 45(3-4): 272-299.
- Leanza, H.A. 2009. Las principales discordancias del Mesozoico de la Cuenca Neuquina según observaciones de superficie. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, Nueva Serie 11(2): 145-184.
- Leanza, H.A., Hugo, C.A., Repol, D. 2001. Hoja Geológica 3969-I, Zapala, provincia del Neuquén. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina, escala 1:250.000. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín N° 275, 128 pp.
- Leanza, H.A., Llambías, E.J., Carbone, O. 2005. Unidades estratigráficas limitadas por discordancias en los depocentros de la cordillera del Viento y la sierra de Chacaicó durante los inicios de la Cuenca Neuquina. 5° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Trabajos Técnicos. Versión CD ROM. (Mar del Plata).
- Leanza, H.A., Repol, D., Hugo, C.A., Sruoga, P. 2006. Hoja Geológica 3769-31, Chorriaca, provincia de Neuquén. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina, escala 1:100.000. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín N° 354, 93 pp.
- Leanza, H., Zanettini, J.C., Rodríguez, M.F. 2011. Mapa Geológico de la Provincia del Neuquén. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino.
- Leanza, H., Garrido, A., Rodríguez, M.F., Silvestro, J., Canigia, J., Periale, S., Haring, C., Llambías, E., Carbone, O., Danieli, J.C., González, R. 2013. Hoja Geológica 3769-III, Chos Malal, provincias del Neuquén y Mendoza. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina, escala 1: 250.000. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. (Mapa sin texto).
- Lebinson, F., Turienzo, M., Araujo, V., Sánchez, N., Dimieri, L. 2015. Control estructural en el emplazamiento de las rocas ígneas del cerro Caicayén, faja corrida y plegada del Agrio, Neuquén. 16 Reunión de Tectónica, Actas 138-139, General Roca.
- Lebinson, F., Turienzo, M., Sánchez, N., Araujo, V., D'Annunzio, M., Dimieri, L. 2018. The structure of the northern Agrio fold and thrust belt (37°30' S), Neuquén Basin, Argentina. *Andean Geology* 45: 249-273.
- Lebinson, F., Turienzo, M., Sánchez, N., Cristallini, E., Araujo, V., Dimieri, L. 2020. Kinematics of a backthrust system in the Agrio fold and thrust belt, Argentina: Insights from structural analysis and analogue models. *Journal of South American Earth Sciences* 100: 102594. DOI: 10.1016/j.jsames.2020.102594
- Legarreta, L., Villar, H.J., Laffitte, G., Cruz, C., Vergani, G. 2005. Cuenca Neuquina. En Chebli, G., Cortiñas, J., Spalletti, L., Legarreta, L., Vallejo, E. (Eds.). *Frontera Exploratoria de la Argentina*, Simposio del VI Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (Buenos Aires), IAPG, 233-250.
- Llambías, E.J., Malvicini, L. 1978. Geología, petrología y metalogénesis del área de Colipilli, provincia del Neuquén, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 33(4): 257-276.
- Llambías, E., Rapela, C. 1989. Las volcanitas de Colipilli, Neuquén y su relación con otras unidades Paleógenas de la Cordillera. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 44: 224-236.
- Llambías, E., Leanza, H. 2005. Depósitos laháricos en la Formación Los Molles en Chacay Melehue, Neuquén: evidencia de volcanismo jurásico en la cuenca Neuquina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 60(3): 552-558.
- Llambías, E., Aragón, E. 2011. Volcanismo Paleógeno. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M. (Eds.). *Geología y Recursos Naturales*

- de la provincia del Neuquén. XVIII Congreso Geológico Argentino (Neuquén), Relatorio 23: 265-274.
- Llambías, E.J., Leanza, H.A., Carbone, O. 2007. Evolución tectonomagmática durante el Pérmico al Jurásico Temprano en la cordillera del Viento (37°05'S – 37°15'S): nuevas evidencias geológicas y geoquímicas del inicio de la cuenca Neuquina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 62(2): 217-235.
- Llambías, E., Leanza, H., Galland, O. 2011. Agrupamiento volcánico Tromen Tilhué. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M. (Eds.). *Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén. XVIII Congreso Geológico Argentino (Neuquén), Relatorio 51: 627-636-76.*
- Losada, O. 1972. Evaluación de los yacimientos de yeso y sal de la provincia del Neuquén. Primera Parte. Yacimientos de Yeso. Convenio Universidad Nacional del Sur y provincia del Neuquén. Copade Neuquén, informe inédito, 44 pp. Neuquén.
- Lyons, W. 1975. Planta o plantas regionales de tratamiento y beneficio de minerales de Bario, provincia del Neuquén. Consejo Federal de Inversiones. Contrato 5754, informe inédito, Buenos Aires.
- Lyons, W. 1980. Estudio Geológico Minero de las Salinas de Huitrín. Provincia del Neuquén. Consejo Federal de Inversiones. Informe final inédito, 242 pp. Buenos Aires.
- Maiza, P.J., Hayase, K. 1975. Estudio mineralógico del yacimiento de "talco cerámico", Mina Naunauco, provincia del Neuquén, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 30(2): 121-132.
- Malvicini, L., Jutorán A. 1961. Manifestaciones ferríferas del departamento de Ñorquín, provincia del Neuquén. Dirección Nacional de Minería y Geología, informe inédito, 6 pp. Buenos Aires.
- Marcón, V. 1975. Geología del cerro Villegas (Provincia del Neuquén) con especial mención del Terciario. 2º Congreso Iberoamericano de Geología Económica (Buenos Aires), Actas 4: 209-226.
- Maretto, H., Pángaro, F. 2005. Edad de formación de algunas de las grandes estructuras del engolfamiento de la Cuenca Neuquina: Actividad tectónica durante la depositación de la Formación Quintuco. XI Congreso de exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (Mar del Plata), Actas digitales.
- Méndez, V., Zanettini, J.C.M., Zappettini, E.O. 1995. Geología y metalogénesis del orógeno andino central, República Argentina. Dirección Nacional del Servicio Geológico, Anales 23, 190 pp., Buenos Aires.
- Messenger, G., Nivière, B., Martinod, J., Lacan, P., Xavier, J.P. 2010. Geomorphic evidence for Plio-Quaternary compression in the Andean foothills of the southern Neuquén Basin, Argentina. *Tectonics* 29(4): 1-18. DOI:10.1029/2009TC002609
- Messenger, G., Nivière, B., Lacan, P., Hervouët, Y., Xavier, J.P. 2014. Plio-Quaternary thin-skinned tectonics along the crustal front flexure of the southern Central Andes: A record of the regional stress regime or of local tectonic-driven gravitational processes?. *International Journal of Earth Sciences* 103(3): 929-951. DOI: 10.1007/s00531-013-0983-4
- Minniti, S., Gutiérrez Pleimling, A., Artega, M., Pestalardo, F. 1986. Análisis estructural y estratigráfico de la Faja Plegada Neuquina a la latitud de 37°30', Departamentos de Ñorquín y Pehuenches, provincia del Neuquén. Informe Gerencia General de Exploración (YPF), Subgerencia de Geología, Comisión Geológica nº1, informe inédito, 64 pp. Buenos Aires.
- Miranda, F., Folguera, A., Leal, P., Naranjo, J., Pesce, A. 2006. Upper Pliocene to Lower Pleistocene volcanic complexes and Upper Neogene deformation in the south-central Andes (36°30'-38°S). En Kay, S.M., Ramos, V.A. (Eds.). *Evolution of an Andean margin: a tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35°-39°S lat)*. Geological Society of America, Special Paper 407: 287-298. DOI: 10.1130/2006.2407(13)
- Mosquera, A., Ramos, V. 2006. Intraplate deformation in the Neuquén Basin. En Kay, S.M., Ramos, V.A. (Eds.), *Evolution of an Andean margin: A tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35°-39° S latitude)*. Geological Society of America, Special Paper 407: 97-124.
- Munck, F. 1962. Estudio en la zona de Colipilli. Dirección Nacional de Geología y Minería, informe inédito, 11 pp. Buenos Aires.
- Muñiz, L. 1956. Informe geológico minero de los trabajos de exploración en Tres Chorros, provincia del Neuquén. Dirección Nacional de Minería, Inspección Minera de Zapala, Carpeta 1032 (inédito), 7 pp. Zapala.
- Narciso, V., Santamaría, G., Zanettini, J.C.M. 2004. Hoja Geológica 3769-I, Barrancas provincias de Mendoza y Neuquén. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina, escala 1:250.000. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín N° 253, 128 pp.
- Nocioni, A.D. 1996. Estudio estructural de la Faja Plegada y Corrida de la Cuenca Neuquina- Surmendocina. XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos (Buenos Aires), Actas 2: 353-372.

- Palacio, A.H. 1950. Estudio geológico preliminar de yacimientos de la Patagonia. Primera campaña. Dirección General de Fabricaciones Militares, informe inédito. Buenos Aires.
- Pángaro, F., Martínez, R., Sattler, F., Bettini, F. 2011. El Flanco Oriental. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M. (Eds.). *Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén*. XVIII Congreso Geológico Argentino (Neuquén), Relatorio 36: 407-418.
- Parent, H., Garrido, A. 2015. The ammonite fauna of the La Manga Formation (Late Callovian-Early Oxfordian) of Vega de la Veranada, Neuquén Basin, Argentina. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie* 275(2): 163-217.
- Parnell, J., Carey, P.F. 1995. Emplacement of bitumen (asphaltite) veins in the Neuquén Basin, Argentina. *American Association of Petroleum Geologists, Bulletin* 79: 1798-1816.
- Parras, A., Casadío, S., Pires, M. 1998. Secuencias deposicionales del Grupo Malargüe y el límite Cretácico-Paleógeno en el sur de la provincia de Mendoza, Argentina. En Casadío, S. (Ed.). *Paleógeno de América del Sur y de la Península Antártica*. Asociación Paleontológica Argentina, Publicación Especial 5: 61-69.
- Piscione, C.A.S. 1946. Algunas asfaltitas y pirobitúmenes asfálticos argentinos: territorio de Neuquén y provincia de Mendoza. Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires, 155 pp.
- Ploszkiewicz, V., Viñes, R. 1987. Filo Morado: Un descubrimiento exploratorio en cinturón plegado. *Boletín de Informaciones Petroleras, Tercera Época* IV (10): 97-102.
- Plotek, B., Guzmán C., Cristallini, E. 2018. Modelo análogo de fallamiento extensional y comparación con el sistema de fallas normales Las Salinas, provincia del Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 75(4): 592-600.
- Ramos, V.A. 1978. Estructura. En Yrigoyen, M.R. (Ed.). *Geología y Recursos Naturales del Neuquén*. VII Congreso Geológico Argentino (Neuquén), Relatorio: 99-118.
- Ramos, V. 1981. Descripción geológica de la Hoja 33c, Los Chihuidos Norte, provincia del Neuquén. Carta geológico-económica de la República Argentina, escala 1:200.000. Servicio Geológico Nacional, Boletín N° 182, 103 pp.
- Ramos, V. 1998. Estructura del sector occidental de la Faja Plegada y Corrida del Agrio, Cuenca Neuquina, Argentina. 10° Congreso Geológico Latinoamericano y 6° Congreso Nacional de Geología Económica, (Buenos Aires) Actas 2: 105-110.
- Ramos, V.A. 1999. Plate tectonic setting of the Andean cordillera. *Episodes* 22(3): 183-190. DOI: 10.18814/epiugs/1999/v22i3/005
- Ramos, V., Barbieri, M. 1988. El vulcanismo de Huantraico: Edad y relaciones isotópicas iniciales, Provincia del Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 43(2): 210-223.
- Ramos, V.A., Folguera, A. 2005. Tectonic evolution of the Andes of Neuquén: Constraints derived from the magmatic arc and foreland deformation. En Spalletti, L.A., Veiga, G., Schwarz, E., Howell, J. (Eds.). *The Neuquén Basin: A case study in sequence stratigraphy and basin dynamics*. Geological Society of London 252(1): 15-35.
- Ramos, V., Kay, S.M. 2006. Overview of the Tectonic Evolution of the Southern Central Andes of Mendoza and Neuquén (35°- 39°S Latitude). En Kay, S.M., Ramos, V.A. (Eds.). *Evolution of an Andean margin: A tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35°-39°S latitude)*. Geological Society of America, Special Paper 407: 1-18.
- Ramos, V.A., Mosquera, A., Folguera, A., García Morabito, E. 2011. Evolución tectónica de los Andes y del Engolfamiento Neuquino adyacente. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M. (Eds.). *Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén*. XVIII Congreso Geológico Argentino (Neuquén), Relatorio 21: 335-348.
- Ramos, V.A., Litvak, V., Folguera, A., Spagnuolo, M. 2014. An Andean tectonic cycle: from crustal thickening to extension in a thin crust (34°-37°SL). *Geosciences Frontiers* 5(3): 351-367. DOI: 10.1016/j.gsf.2013.12.009
- Rapela, C.W., Llambías E.J. 1985. La secuencia andesítica terciaria de Andacollo, Neuquén, Argentina. 4° Congreso Geológico Chileno (Antofagasta). *Actas* 4: 458-488.
- Rassmuss, J. 1923. Breves apuntes geológicos sobre la parte del territorio del Neuquén entre Auca Mahuida y El Tromen. Dirección General de Minas, Geología e Hidrogeología, Serie F (Informes Preliminares y Comunicaciones), Boletín 6(1): 15-20.
- Riccardi, A. 1993. Formación Los Molles. En Riccardi, A., Damborenea, S. (Eds.), *Léxico estratigráfico de la Argentina*. Vol. 9: Jurásico. Asociación Geológica Argentina, Serie B, 21: 239-243, Buenos Aires.
- Riccardi, A., Gulisano, C. 1993. Unidades limitadas por discontinuidades: Su aplicación al Jurásico andino. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 45(3-4): 346-364.
- Riccardi, A.C., Westermann, G.E.G. 1991a. Middle Jurassic ammonoid fauna and biochronology of

- the Argentine-Chilean Andes. Part 3. Bajocian-Callovian Eurycephalitinae, Stephanocerataceae. *Palaeontographica A* 216(4-6): 111-145, Stuttgart.
- Riccardi, A.C., Westermann, G.E.G. 1991b. Middle Jurassic ammonoid fauna and biochronology of the Argentine-Chilean Andes. Part 4. Bathonian-Callovian Reineckeidae. *Palaeontographica A* 216(4-6): 111-145, Stuttgart.
- Riccardi, A.C., Westermann, G. E. G., Damborenea, S. 1990. Middle Jurassic of South America and Antarctic Peninsula. En Westermann, G.E.G, Riccardi, A. (Eds.), Jurassic taxa ranges and correlation charts for the Circum Pacific. 3. South America and Antarctic Peninsula. Newsletter on Stratigraphy. Stuttgart.
- Riccardi, A., Damborenea, S., Manceñido, M., Leanza, H. 2011. Megainvertebrados del Jurásico y su importancia geobiológica. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M. (Eds.). Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén. XVIII Congreso Geológico Argentino (Neuquén), Relatorio 38: 441-464.
- Rodríguez, A., Suvires, G. 2016. Análisis del peligro histórico de inundaciones en la localidad de Chos Malal, provincia de Neuquén: causas y lineamientos territoriales. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 73(1): 23-36.
- Rodríguez, M.F. 2011. El Grupo Malargüe (Cretácico tardío-Paleógeno temprano) en la Cuenca Neuquina. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M. (Eds.). Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén. XVIII Congreso Geológico Argentino (Neuquén), Relatorio 22: 245-264.
- Rodríguez, M.F., Leanza, H.A., Salvarredy Aranguren, M. 2007. Hoja Geológica 3969-II, Neuquén, provincias del Neuquén, Río Negro y La Pampa. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina, escala 1:250.000. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín N° 370, 128 pp.
- Rodríguez Monreal, F.R., Villar, H., Baudino, R., Delpino, D., Zencich, S. 2009. Modeling an atypical petroleum system: a case study of hydrocarbon generation, migration and accumulation related to igneous intrusions in the Neuquén Basin, Argentina. *Marine and Petroleum Geology* 26, 590-605.
- Rojas, G.E. 1999a. Distrito uranífero Los Chihuidos-Las Cárceles, Neuquén. En Zappettini, E.O. (Ed.). Recursos Minerales de la República Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 35: 1143-1146, Buenos Aires.
- Rojas, G.E. 1999b. Distrito uranífero Rahue-Có, Neuquén. En Zappettini, E.O. (Ed.). Recursos Minerales de la República Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 35: 1071-1072, Buenos Aires.
- Rojas, G.E. 2011. Recursos nucleares. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M. (Eds.). Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén. XVIII Congreso Geológico Argentino (Neuquén), Relatorio 69: 821-824.
- Rojas Vera, E., Folguera, A., Zamora Valcarce, G., Bottesi, G., Ramos, V.A. 2014. Structure and development of the Andean system between 36° and 39°S. *Journal of Geodynamics* 73: 34-52. DOI:10.1016/j.jog.2013.09.001
- Rojas Vera, E., Mescua, J., Folguera, A., Becker, A.P., Sagripanti, L., Fenell, L., Orts, D., Ramos, V.A. 2015a. Evolution of the Chos Malal and Agrio fold and thrust belts, Andes of Neuquén: Insights from structural analysis and apatite fission track dating. *Journal of South American Earth Sciences* 64(2): 418-433. DOI: 10.1016/j.jsames.2015.10.001
- Rojas Vera, E., Orts, D., Folguera, A., Zamora Valcarce, G., Bottesi, G., Fennell, L., Chiachiarelli, F., Ramos, V.A. 2015b. The Transitional Zone Between the Southern Central and Northern Patagonian Andes (36-39°S). En Folguera, A., Naipauer, M., Sagripanti, L., Ghiglione, M., Orts, D., Giambiagi, L. (Eds.). Growth of the Southern Andes: 99-114. *Springer Earth System Sciences*. DOI: 10.1007/978-3-319-23060-3\_5
- Rosenfeld, U., Volkheimer, W. 1980. Turbidite und andere Rhythmite in tieferen Jura des Neuquén-Beckens (Argentinien). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen* 159(3): 379-421, Stuttgart.
- Rovere, E.I. 1998. Volcanismo jurásico, paleógeno y neógeno en el noroeste del Neuquén, Argentina. 10° Congreso Latinoamericano de Geología y 6° Congreso Nacional de Geología Económica (Buenos Aires), Actas 1: 144-149.
- Rovere, E.I., Caselli, A., Tourn, S., Leanza, H., Hugo, C., Folguera, A., Ecosteguy, L., Geuna, S. 2004. Hoja Geológica 3772-IV, Andacollo, provincia del Neuquén. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina, escala 1:250.000. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín N° 298, 128 pp.
- Rubinstein, N., Zappettini, E.O. 1990. El Cenozoico del sector sudoriental de la Sierra de Huantraico, Provincia del Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 45(1-2): 120-128.

- Sagripanti, L., Folguera, A., Giménez, M., Rojas Vera, E., Fabbiano, J., Molnar, N., Fennel, L., Ramos, V. 2014. Geometry of Middle to Late Triassic extensional deformation pattern in the Cordillera del Viento (Southern Central Andes): A combined field and geophysical study. En Colombo, F., García-Sansegundo, J., Heredia, N. (Eds.). Late Paleozoic geodynamics of the proto-Andean margin: controls on the present architecture of the Andes. *Journal of Iberian Geology* 40(2): 349-366.
- Sagripanti, L., Rojas Vera, E., Gianni, G., Folguera, A., Harvey, J., Farías, M., Ramos, V.A. 2015a. Progression of the Deformation in the Southern Central Andes (37°S). En Folguera, A., Naipauer, M., Sagripanti, L., Ghiglione, M., Orts, D., Giambiagi, L. (Eds.). Growth of the Southern Andes: 115-132. Springer Earth System Sciences. DOI: 10.1007/978-3-319-23060-3\_6
- Sagripanti, L., Rojas Vera, E., Gianni, G., Folguera, A., Harvey, J., Farías, M., Ramos, V.A. 2015b. Neotectonic reactivation of the western section of the Malargüe fold and thrust belt (Tromen volcanic plateau, Southern Central Andes). *Geomorphology* 232: 164-181. DOI: 10.1016/j.geomorph.2014.12.022
- Sagripanti, L., Colavitto, B., Jagoe, L., Folguera, A., Costa, C. 2017. A review about the quaternary upper-plate deformation in the Southern Central Andes (36–38°S): A plausible interaction between mantle dynamics and tectonics. *Journal of South American Earth Sciences* 87: 221-231. DOI.org/10.1016/j.jsames.2017.11.008
- Salvioli, M.A. 2017. Geología y génesis de los depósitos barítico-polimetálicos (Ba-Fe-Pb-Cu-Zn-Mn) del área de Colipilli, sector centro-occidental de la Cuenca Neuquina. Tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata, 297 pp.
- Salvioli, M.A., Escobar, R.I., Lanfranchini, M.E., de Barrio, R.E., Etcheverry, R.O. 2014. Mineralización de hierro en el cerro Naunauco, sector septentrional de la provincia del Neuquén. XIX Congreso Geológico Argentino (Córdoba), Geología de los Recursos Minerales, Rocas de Aplicación y Agrominerales, Actas (CD): t5-7.
- Sánchez, N. 2015. Evolución tectónica de las estructuras andinas en la región del río Neuquén (~37°20' L.S), faja corrida y plegada de Chos Malal, provincia de Neuquén. Universidad Nacional del Sur, Tesis Doctoral, Bahía Blanca. <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/2364>
- Sánchez, N.P., Turienzo, M.M., Dimieri, L.V., Araujo, V.S., Lebinson, F. 2014. Evolución de las estructuras andinas en la faja corrida y plegada de Chos Malal: interacción entre el basamento y la cubierta sedimentaria de la Cuenca Neuquina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 71: 233-246.
- Sánchez, N., Turienzo, M., Lebinson, F., Araujo, V., Coutand, I., Dimieri, L. 2015. Structural style of the Chos Malal fold and thrust belt, Neuquén basin, Argentina: Relationship between thick- and thin skinned tectonics. *Journal of South American Earth Sciences* 64: 399-417.
- Sánchez, N., Coutand, I., Turienzo, M., Lebinson, F., Araujo V., Dimieri, L. 2018. Tectonic evolution of the Chos Malal fold and thrust belt (Neuquén Basin, Argentina) from (U-Th)/He and fission track thermochronometry. *Tectonics* 37: 1907-1929.
- Sánchez, N., Turienzo, M., Coutand, I., Lebinson, F., Araujo, V., Dimieri, L. 2020. Structural and thermochronological constraints on the exhumation of the Chos Malal fold and thrust belt (~37° S). En Kietzmann, D., Folguera, A. (Eds.). Opening and Closure of the Neuquén Basin in the Southern Andes: 323–340. Springer Earth System Sciences. DOI: 10.1007/978-3-030-29680-3\_13.
- Scapacan, J.B., D'Odorico, A., Palma, O., Galland, O., Rojas Vera, E., Ruiz, R., Leanza, H.A., Medialdea, A., Manceda, R. 2020. Igneous petroleum systems in the Malargüe fold and thrust belt, Río Grande Valley area, Neuquén Basin, Argentina. *Marine and Petroleum Geology* 111: 309–331.
- Selva, G., Vittone, J., Vergani, G. 2005. Trampas Estructurales en el Pie de Sierra de la Faja Plegada Neuquina, Argentina. En Kozłowski, E., Vergani, G., Boll, A. (Eds.). Las Trampas de Hidrocarburos en las Cuencas Productivas de Argentina. Simposio VI Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (Mar del Plata), Actas: 141-156.
- Sigismondi, M. 2012. Estudio de la deformación litosférica de la cuenca Neuquina: estructura termal, datos de gravedad y sísmica de reflexión. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad de Buenos Aires, Tesis Doctoral 5361, 381 pp.
- Silvestro, J., Atencio, M. 2009. La cuenca cenozoica del Río Grande y Palauco: edad, evolución y control estructural, faja plegada de Malargüe. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 65(1):154-169.
- Soto, A., Salaberry, C.A., Núñez, E. 1968. Informe final zona "Río Neuquén - Areniscas cupríferas", Área de Reserva N° 43a, provincia del Neuquén, República Argentina. Dirección General de Fabricaciones Militares. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Plan Cordillerano, 8 pp., Mendoza.
- Spagnuolo, M., Litvak, V., Folguera, A., Bottesi, G., Ramos, V.A. 2012. Neogene magmatic expansion and

- mountain building processes in the southern Central Andes, 36–37°S, Argentina. *Journal of Geodynamics* 53: 81–94. DOI: 10.1016/j.jog.2011.07.004
- Spalletti, L., Arregui, C., Veiga, G. 2011a. La Formación Tordillo y equivalentes (Jurásico tardío) en la Cuenca Neuquina. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M. (Eds.). *Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén. XVIII Congreso Geológico Argentino (Neuquén)*, Relatorio 10: 99-111.
- Spalletti, L., Veiga, G., Schwarz, E. 2011b. La Formación Agrio (Cretácico temprano) en la Cuenca Neuquina. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M. (Eds.). *Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén. XVIII Congreso Geológico Argentino (Neuquén)*, Relatorio 13: 145-160.
- Stipanovic, P. 1966. El Jurásico en Vega de La Veranada (Neuquén), el Oxfordense y el diastrofismo Diveisiano (Agassiz-Yaila) en Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 20(4): 403-478.
- Stipanovic, P., Rodrigo, F., Baulies, O. L., Martínez, C.G. 1968. Las formaciones presenonianas del denominado Macizo Nordpatagónico y regiones adyacentes. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 23(2): 367-388.
- Suárez, M., de la Cruz, R. 1997. Volcanismo pliniano del Lías durante los inicios de la cuenca de Neuquén, Cordillera del Viento, Neuquén, Argentina. 8° Congreso Geológico Chileno (Antofagasta), Actas 1: 266-270.
- Suárez, M., de la Cruz, R., Fanning, M., Etchart, H. 2008. Carboniferous, Permian and Toarcian magmatism in Cordillera del Viento, Neuquén, Argentina: first U-Pb shrimp dates and tectonic implications. 17° Congreso Geológico Argentino (San Salvador de Jujuy), Actas: 906-907.
- Sudamconsult y Asociados S.R.L. 1973. Desarrollo Minero del Neuquén. Consejo Federal de Inversiones (CFI) 2, informe inédito, 251 pp. Buenos Aires.
- Suppe, J. 1983. Geometry and kinematics of fault-bend folding. *American Journal of Science* 283: 684-721. DOI: 10.2475/ajs.283.7.684
- Suppe, J., Medwedeff, D. 1990. Geometry and kinematics of fault-propagation folding. *Eclogae Geologicae Helvetiae* 83: 409-454.
- Tunik, M., Folguera, A., Naipauer, M., Pimentel, M., Ramos, V.A. 2010. Early uplift and orogenic deformation in the Neuquén basin: Constraints on the Andean uplift from U-Pb and Hf isotopic data of detrital zircons. *Tectonophysics* 489(1-4): 258-273. DOI: 10.1016/j.tecto.2010.04.017
- Turienzo, M., Sánchez, N., Dimieri, L., Lebinson, F., Araujo, V. 2014. Tectonic repetitions of the Early Cretaceous Agrio Formation in the Chos Malal fold-and-thrust belt, Neuquén basin, Argentina: geometry, kinematics and structural implications for Andean building. *Journal of South American Earth Sciences* 53: 1-19.
- Turienzo, M., Sánchez, N., Lebinson F., Dimieri L. 2015. Consideraciones estructurales sobre la interacción entre el basamento y la cubierta sedimentaria en la región de Pampa Tril-Filo Morado, cuenca Neuquina. XVI Reunión de Tectónica (General Roca), Actas: 150-151.
- Turienzo, M., Sánchez, N., Lebinson, F., Di Meglio, M., Otharán, G. 2016. Relevamiento geológico del área Los Toldos IV, Neuquén. TECPETROL, informe inédito, 94 pp. Buenos Aires.
- Turienzo, M., Sánchez, N., Lebinson F., Dimieri L. 2018. The structure of the Southern Central Andes (Chos Malal fold and thrust belt). En Folguera, A. *et al.* (Eds.). *The Evolution of the Chilean Argentinean Andes. Springer Earth System Sciences*: 411-441.
- Turienzo, M., Sánchez, N., Lebinson, F., Peralta, F., Araujo, V., Irastorza, A., Dimieri, L. 2020. Basement-cover interaction in the mountain front of the Northern Neuquén fold and thrust belt (37°10' – 37°40' S), Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 100: 102650. DOI: 10.1016/j.jsames.2020.102560
- Uliana, M.A., Camacho, H.H. 1975. Estratigrafía y paleontología de la Formación Vaca Mahuida, provincia de Río Negro. 1er Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía (San Miguel de Tucumán), Actas 2: 357-373.
- Uliana, M.A., Dellapé, D.A. 1981. Estratigrafía y evolución paleoambiental de la sucesión eoterciaria del Engolfamiento Neuquino (Patagonia septentrional). VII Congreso Geológico Argentino (San Luis), Actas 3: 673-711.
- Valenzuela, M., Cómeron, R., Masarik, M., Vallejo, M. 2011. Yacimientos Chihuido de la Sierra Negra - Lomita - Lomita Norte y El Trapial. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M. (Eds.). *Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén. XVIII Congreso Geológico Argentino (Neuquén)*, Relatorio 57: 677-687.
- Vergani, G., Tankard, A.J., Belotti, H.J., Welsink, H.J. 1995. Tectonic evolution and paleogeography of the Neuquén Basin, Argentina. En Tankard, A.J., Suarez, R., Welsink, J. (Eds.). *Petroleum Basins of South America. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, Memoir* 62: 383-402.

- Vergani, G., Arregui, C., Carbone, O. 2011. Sistemas Petroleros y Tipos de Entrampamientos en la Cuenca Neuquina. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M. (Eds.). Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén. XVIII Congreso Geológico Argentino (Neuquén), Relatorio 53: 645-656.
- Viñes, R.F. 1989. Interpretación de la estructura de Filo Morado. 1 Congreso Nacional de Exploración de Hidrocarburos. Actas 2:1107-1124, Buenos Aires
- Weaver, Ch. 1931. Paleontology of the Jurassic and Cretaceous of west central Argentina. Memoir University of Washington 1: 1-469, Seattle.
- Wilson, C.G., Etcheverría, M., Tedesco, A., Escosteguy, L., Lagorio, S., Espejo, P., Chiarenza, D., Benitez, J. 2022. Hoja Geológica 3769-IV, Catriel, provincias de Río Negro, Mendoza, Neuquén y La Pampa. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino, informe inédito, 128 pp.
- Woodward, N.B., Boyer, S.E., Suppe, J. 1989. Balanced geological cross-sections: An essential Technique in Geological Research and Exploration. Short course in Geology 6, 132 pp. American Geophysical Union. DOI: 10.1029/SC006
- Yrigoyen, M. 1948. Estratigrafía y Tectónica de los alrededores de Buta Ranquil, Territorio del Neuquén. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de La Plata.
- Zamora Valcarce, G. 2007. Estructura y cinemática de la faja plegada del Agrio. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires, 304 pp.
- Zamora Valcarce, G., Fantín, J. 2005. Deformación en los depósitos terciarios del frente de la faja plegada de Neuquén a la latitud 37°30'S. XVI Congreso Geológico Argentino (La Plata), Actas I: 79-84.
- Zamora Valcarce, G., Zapata, T. 2005. Estilo estructural de la faja plegada a los 37°S. VI Congreso de exploración y desarrollo de Hidrocarburos (Mar del Plata). Actas electrónicas, artículo 16.
- Zamora Valcarce, G., Zapata, T. 2015. Building a valid structural model in a triangle zone: An example from the Neuquén fold and thrust belt, Argentina. Interpretation 3(4): SAA117-SAA131. DOI: 10.1190/INT-2015-0014.1
- Zamora Valcarce, G., Zapata, T., del Pino, D., Ansa, A. 2006a. Structural evolution and magmatic characteristics of the Agrio fold-and-thrust belt. En Kay, S.M., Ramos, V.A. (Eds.). Evolution of an Andean margin: A tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35°-39°S lat), Geological Society of America, Special Paper 407: 125-145.
- Zamora Valcarce G., Zapata, T., Ansa, A., Selva, G. 2006b. Three-dimensional structural modeling and its application for development of the El Portón field, Argentina. American Association of Petroleum Geologists Bulletin 90(3): 307-319.
- Zamora Valcarce, G. Rapalini, A.E., Spagnuolo, C.M. 2007. Reactivación de estructuras cretácicas durante la deformación miocena, faja plegada del Agrio, Neuquén. Revista de la Asociación Geológica Argentina 62: 299-307.
- Zamora Valcarce, G., Zapata, T., Ramos, V.A., Rodríguez, F., Bernardo, L.M. 2009. Evolución tectónica del frente andino en Neuquén. Revista de la Asociación Geológica Argentina 65(1): 192-203.
- Zanettini, J.C.M. 2018. Recursos minerales metalíferos y metalogénesis de la provincia del Neuquén. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 55, Buenos Aires.
- Zanettini, J.C.M., López, H. 1989. Prospección geológico-minera del cateo Cerro Mayal, provincia del Neuquén. Corporación Minera del Neuquén SEP, Dirección General de Fabricaciones Militares, informe inédito, 9 pp. Zapala.
- Zapata, T., Folguera, A. 2005. Tectonics evolution of the Andean Fold and Thrust Belt of the southern Neuquén Basin, Argentina. En Veiga, G., Spalletti, L., Howell, J., Schwarz, E. (Eds.). The Neuquén Basin, Argentina. A case study in sequence stratigraphy. Geological Society London Special Publications 252(1): 37-56.
- Zapata, T., Brissón, I., Dzelalija, F. 1999. La estructura de la faja plegada y corrida andina en relación con el control del basamento de la Cuenca Neuquina. Boletín de Informaciones Petroleras, Tercera época 16(60): 112-121
- Zapata, T., Dzelalija, F., Olivieri, G. 2001. Desarrollo de reservorios fracturados de la formación Mulichinco usando modelado estructural 3D: yacimiento Filo Morado, Cuenca Neuquina, Argentina. Boletín de Informaciones Petroleras 66: 38-47.
- Zapata, T., Córscico, S., Dzelalija, F., Zamora Valcarce, G. 2002. La faja plegada y corrida del Agrio: Análisis estructural y su relación con los estratos terciarios de la Cuenca Neuquina, Argentina. V Congreso de exploración y desarrollo de Hidrocarburos (Mar del Plata). Actas electrónicas.
- Zappettini, E.O. 1999. El yacimiento de hierro Huantraico, Neuquén. En Zappettini, E.O. (Ed.). Recursos Minerales de la República Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 35: 1751-1753, Buenos Aires.

- Zappettini, E., Lagorio, S., Dalponte, M., Santos, J., Belousova, E. 2018. Evidencias de magmatismo precuyano (Pliensbachiano - Toarciano) en el norte de la Cordillera del Viento, provincia del Neuquén: geoquímica, caracterización isotópica e implicancias tectónicas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 75(4): 533-558.
- Zavala, C., Ponce, J.J. 2011. La Formación Rayoso (Cretácico temprano) en la Cuenca Neuquina. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M. (Eds.). *Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén. XVIII Congreso Geológico Argentino (Neuquén), Relatorio 19: 205-222.*
- Zavala, C., Arcuri, M., Di Meglio, M., Zorzano, A. 2014. Hallazgo de calizas arrecifales (Valanginiano tardío) en el Miembro Pilmatué de la Formación Agrio. *XIX Congreso Geológico Argentino (Córdoba), Actas: T1-60.*
- Zöllner, W. 1949. Informe sobre una veta aurífera del cerro Mayal, cerca de Chos Malal, territorio Neuquén. Secretaría de Industria y Comercio de la Nación, informe inédito, 7 pp. Buenos Aires.
- Zöllner, W., Amos, A.J. 1973. Descripción geológica de la Hoja 32b, Chos Malal, provincia del Neuquén. Carta geológico-económica de la República Argentina, escala 1:200.000. Servicio Nacional Minero Geológico, Boletín N° 143, 91 pp.
- Zou, C.N., Zhu, R.K., Bai, B., Yang, Z., Hou, L.H., Zha, M., Fu, J.H., Shao, Y., Liu, K.Y., Cao, H., Yuan, X.J., Tao, S.Z., Tang, X.M., Wang, L., Li, T.T. 2015. Significance, geologic characteristics, resource potential and future challenges of tight oil and shale oil. *Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry* 34(1): 1-17.

Entregado: septiembre 2022

Validado: diciembre 2023

TRABAJO EN PROGRESO