

# Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina

**1:250.000**

## Hoja Geológica 3966-I **Gobernador Duval**



La Formación Roca en la margen pampeana del río Colorado en el dique Casa de Piedra.

### Provincias de La Pampa y Río Negro

Patricia M. Espejo y Diego G. Silva Nieto

*Supervisión:* Mario Franchi



**INSTITUTO  
DE GEOLOGÍA  
Y RECURSOS  
MINERALES**

**SEGEMAR**  
SERVICIO GEOLOGICO  
MINERO ARGENTINO

**Boletín N° 368**  
Buenos Aires - 2007



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

Hoja Geológica 3966-I

**Gobernador Duval**

Provincias de La Pampa y Río Negro

Patricia M. Espejo y Diego G. Silva Nieto

*Supervisión:* Mario Franchi

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

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

**Boletín Nº 368**  
Buenos Aires - 2007

## **SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO**

---

Presidente Ing. Jorge Mayoral  
Secretario Ejecutivo Lic. Pedro Alcántara

### **INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES**

---

Director Lic. Roberto F. N. Page

### **DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA REGIONAL**

---

Director Lic. José E. Mendía

## **SEGEMAR**

Avenida Julio A. Roca 651 • 10º Piso • Telefax 4349-4450/3115  
(C1067ABB) Buenos Aires • República Argentina  
[www.segemar.gov.ar](http://www.segemar.gov.ar) / [info@segemar.gov.ar](mailto:info@segemar.gov.ar)

#### **Referencia bibliográfica**

ESPEJO M. P. y D. G. SILVA NIETO, 2007. Hoja Geológica 3966-I, Gobernador Duval, provincias de La Pampa y Río Negro. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 368, 67 pp. Buenos Aires.

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b>	1
<b>ABSTRACT</b>	2
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	3
Ubicación de la Hoja y naturaleza del trabajo	3
Investigaciones anteriores	3
<b>2. ESTRATIGRAFÍA</b>	4
Relaciones generales	4
2.1. Paleozoico - Mesozoico	5
2.1.1. Pérmico inferior - Triásico medio	5
Grupo Lihuel Calel	5
Formación El Centinela	6
Formación Choique Mahuida	8
Formación Zúniga	10
2.2. Cenozoico	14
2.2.1. Paleógeno	14
2.2.1.1. Paleoceno	14
Formación Roca	14
2.2.2. Paleógeno - Neógeno	17
2.2.2.1. Oligoceno superior - Mioceno medio	17
Formación Vaca Mahuida	17
2.2.3. Neógeno	20
2.2.3.1. Mioceno inferior - Mioceno medio	20
Formación Chichinales	20
2.2.3.2. Mioceno medio tardío	22
Formación Los Loros	22
2.2.3.3. Mioceno superior - Plioceno inferior	23
Formación El Palo	23
2.2.4. Neógeno - Cuaternario	26
2.2.4.1. Plioceno superior - Pleistoceno inferior	26
Formación Bayo Mesa	26
2.2.5. Cuaternario	27
2.2.5.1. Pleistoceno inferior	27
Depósitos de la planicie aluvial del Jagüel de Canale	27
Formación El Sauzal	28
Depósitos aluviales aterrizados del río Colorado y	
Depósitos aluviales aterrizados indiferenciados del río Negro	33
2.2.5.2. Pleistoceno superior - Holoceno	34

	Depósitos que cubren niveles de pedimentos .....	34
2.2.5.3.	Holoceno .....	35
	Depósitos coluviales indiferenciados .....	35
	Depósitos aluviales .....	35
	Depósitos eólicos .....	35
	Depósitos finos de bajos y lagunas .....	36
<b>3.</b>	<b>ESTRUCTURA</b> .....	<b>36</b>
3.1.	Evolución estructural .....	36
	Ciclo Orogénico Gondwánico .....	37
	Ciclo Orogénico Patagonídico .....	37
	Ciclo Orogénico Ándico .....	38
3.2.	Ciclos sedimentarios .....	38
3.3.	Descripción de las estructuras principales y esquema tectónico .....	38
<b>4.</b>	<b>GEOMORFOLOGÍA</b> .....	<b>39</b>
<b>5.</b>	<b>HISTORIA GEOLÓGICA</b> .....	<b>43</b>
<b>6.</b>	<b>RECURSOS MINERALES</b> .....	<b>45</b>
6.1.	Depósitos de minerales industriales .....	46
	Diatomita .....	46
	Sales de magnesio (y cloruro de sodio) .....	46
	Yeso agrícola .....	48
6.2.	Rocas de aplicación .....	49
	Áridos (arenas y gravas) .....	49
	Calizas .....	50
	Pórfidos .....	50
	Tosca .....	52
6.3.	Hidrocarburos .....	52
<b>7.</b>	<b>SITIOS DE INTERÉS GEOLÓGICO</b> .....	<b>57</b>
	Presa-Embalse Casa de Piedra .....	57
	Laguna La Amarga .....	58
	Barrancas del río Colorado (Gobernador Duval) .....	58
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	.....	<b>60</b>

## RESUMEN

La Hoja Geológica 3966-I, Gobernador Duval, cubre parte del sudoeste de la provincia de La Pampa y del centro-norte de la provincia de Río Negro y está atravesada, de oeste a este, por el río Colorado. El único centro poblacional es Gobernador Duval (La Pampa), localidad que posee escuela primaria, dispensario y comisaría. La cría de ganado vacuno es la principal actividad económica de la región.

La estratigrafía de la Hoja Gobernador Duval puede dividirse en tres grupos de unidades con características bien definidas: un basamento plutónico-volcánico pérmico-triásico, cubierto en discordancia por sedimentitas paleocenas correspondientes al relleno de la Cuenca Neuquina, representadas en superficie por la Formación Roca con que culmina el Grupo Malargüe, y una cubierta sedimentaria cenozoica en la que se distinguen una sección inferior terciaria y una superior cuaternaria psefítica.

La unidad más antigua de la región es el Grupo Lihuel Calel (Pérmico-Triásico) compuesto por leucogranitos de la Formación Zúñiga, volcanitas ácidas de la Formación Choique Mahuida y volcanitas mesosilícicas de la Formación El Centinela. No hay registro para el resto del Mesozoico.

A comienzos del Terciario se inició la retracción de la cuenca marina de Malargüe, con la acumulación de los sedimentos paleocenos (calizas, coquinas, arcilitas y margas) que componen la Formación Roca.

Durante el Oligoceno superior-Mioceno medio se depositaron, en forma aproximadamente sincrónica, sedimentos epi y piroclásticos de las formaciones Vaca Mahuida y Chichinales.

Con posterioridad y discordancia erosiva mediante, se acumularon las fangolitas, limolitas y arcilitas de la Formación Los Loros, a las que suceden en transición las sedimentitas epiclásticas con piroclastitas subordinadas de la Formación El Palo, del Mioceno superior-Plioceno inferior. Por encima, y en forma concordante, se depositaron las psefitas de la Formación Bayo Mesa del Plio-Pleistoceno.

Al Pleistoceno inferior se asigna la unidad informal denominada Depósitos de la planicie aluvial antigua del Jagüel de Canale. Durante esa misma época, por migración del curso del río Colorado, se ori-

ginaron los depósitos de la Formación El Sauzal; al mismo tiempo comenzaron a labrarse los distintos niveles fluviales aterrizados del citado río.

Posteriormente, a partir del Pleistoceno superior y por efecto de períodos de ascenso con erosión, se produjeron amplias superficies pedimentadas cubiertas por gravas y arenas. En último lugar, durante el resto del Holoceno, ocurrió la sedimentación de los Depósitos coluviales indiferenciados, de los Depósitos aluviales del río Colorado y de los Depósitos eólicos, completándose con Depósitos finos de bajos y lagunas.

Desde el punto de vista tectónico, considerando los diferentes elementos estructurales presentes y los distintos regímenes de deformación, la Hoja Gobernador Duval se encuentra incluida casi totalmente dentro de la Cuenca Neuquina, específicamente en el sector del Engolfamiento Neuquino, con excepción del ángulo nororiental que se desarrolla en el ámbito de la unidad morfoestructural Sanrafaelino-Pampeana. Mientras la sección de la Cuenca Neuquina correspondiente a La Pampa se habría formado sobre parte de una plataforma relativamente estable, un rasgo dominante de la unidad Sanrafaelino-Pampeana es la disposición en bloques, cuyo control general tiene lugar mediante fallas de alineación NNO-SSE, en parte enmascaradas por el *plateau* riolítico del Pérmico inferior-Triásico medio. Los ciclos orogénicos Gondwánico, Patagonídico y Ándico determinaron las características de la evolución estructural del área.

El rasgo geomorfológico dominante en el sector pampeano está constituido por los depósitos de la Formación El Sauzal, originados por un paleoabánico del río Colorado, mientras que en la porción rionegrina se destacan las formas tabulares de la planicie psefítica de Bayo Mesa. Otras geoformas existentes están relacionadas con el curso del río Colorado, con los procesos erosivos que dan como consecuencia el desarrollo de pedimentos y con la formación de un característico paisaje de bajos.

Desde el punto de vista minero, las perspectivas apuntan en primer lugar a los áridos y luego a las sales de sodio y magnesio, que se concentran en la laguna La Amarga y en los salitrales presentes en el este de la región estudiada.

## ABSTRACT

The geologic map 3966-I, Gobernador Duval, covers part of the southwest of the La Pampa province and the north centre of the Río Negro province, being crossed from west to east for the Colorado river. Gobernador Duval (La Pampa province) is the only populational centre, town that possesses primary school, clinic and police station. The main economic activity of the region is the breeding of bovine livestock.

The stratigraphy can be divided in three groups with very defined characteristics: a permotriassic plutonic-volcanic basement, in unconformity paleocene sedimentary rocks corresponding to the filler of the Neuquén Basin, represented in surface by the Roca Formation with which the Malargüe Group culminates, and lastly a cenozoic sedimentary cover with an tertiary inferior section and a quaternary pefitic superior section.

The oldest rocks in the studied area correspond to the Lihuel Calel Group (Late Permian-Early Triassic), represented by Zúñiga Formation granites, Choique Mahuida Formation acid volcanic rocks and El Centinela Formation intermediate volcanic rocks.

At the Mesozoic rest there's not registration. At the beginning of the Tertiary, the retraction of the marine Malargüe basin began, with the accumulation of the Roca Formation paleocene sedimentites.

During the Late Oligocene-Middle Miocene, the epi and pyroclastic sedimentites of the Vaca Mahuida and Chichinales formations, they were deposited, in approximately synchronous form.

Los Loros Formation continental sedimentary rocks by posteriority and erosive unconformity, were accumulated, to those that El Palo Formation epiclastic sedimentites with subordinates pyroclastites (Late Miocene-Early Pliocene) transitionally happen.

The Bayo Mesa Formation pefitic rocks of conformably overlies the previously unit, were deposited in the Plio-Pleistocene.

By the Colorado river course migration, during the Lower Pleistocene, El Sauzal Formation

sedimentites were deposited and contemporaneously the different Colorado river terrace deposits were developed.

Later on, in the Late Pleistocene, a wide pediment surface by the gravels and sands, after a period of ascent with erosion, was worked.

Finally, during the Holocene rest, the colluvial deposits, alluvial deposits of the Colorado river and eolic deposits sedimentation took place, being completed the stratigraphical picture with lowland and lacunar deposits.

Considering the different structural elements and deformation regimes, the studied area is included almost totally inside the Neuquén Basin, specifically in the Engolfamiento Neuquino, except for the northeast angle that's developed in the Sanrafaelino-Pampeana morphostructural unit. While the section of the Neuquén Basin corresponding to La Pampa province would have been formed on a relatively stable platform, a dominant feature of the Sanrafaelino-Pampeana unit is the disposition in blocks whose general control has place by means of NNO-SSE alignment faults, partly masked by the rhyolitic plateau of the Early Permian-Middle Triassic. The structural evolution characteristics of the area were determined by the Gondwanic, Patagonidic and Andien orogenic cycles.

The geomorphologic feature dominant in the east of region is constituted by El Sauzal Formation deposits, originated by the Colorado river old fan, while in the Río Negro province portion they stand out the tabulates forms of the Bayo Mesa pefitic plain. Other present geoforms in the area are related with the Colorado river course, with the erosive processes that give as consequence the pediments development and with the formation of a lowland characteristic landscape.

The mining's perspectives were represented at first place by arid deposits, then sodium and magnesium salts concentrated in La Amarga lagoon and another's evaporitic deposits of sodium chloride occurred at east of the studied region.

# 1. INTRODUCCIÓN

## UBICACIÓN DE LA HOJA Y NATURALEZA DEL TRABAJO

La Hoja 3966-I, Gobernador Duval, está ubicada en el sudoeste de la provincia de La Pampa y norte de la provincia de Río Negro, entre los paralelos de 38°00' y 39°00' de LS y los meridianos de 66°00' y 67°30' de LO; cubre una superficie aproximada de 14.527 kilómetros cuadrados.

El río Colorado cruza la Hoja de noroeste a sudeste dividiéndola en dos sectores de similar superficie. La porción rionegrina se caracteriza por la existencia de mesetas, ya sea por el desarrollo de niveles más duros horizontales a subhorizontales que rematan las mayores cotas, niveles pedimentados o terrazas fluviales, con diferencias de altura relativa; en cambio, en el sector pampeano, si bien existen bajos y lagunas, en general el terreno es más llano.

La realización del presente trabajo se inscribe dentro del marco del desarrollo del Programa Nacional de Cartas Geológicas a escala 1:250.000.

El estudio se inició con la recopilación de antecedentes bibliográficos, información con la que se confeccionó el mapa geológico preliminar.

Para el trabajo de campo se usó la carta topográfica a escala 1:250.000, IGM 3966-I, y la imagen satelitaria LANDSAT TM a escala 1:100.000, que fue interpretada previamente y cotejada en el terreno. El recorrido se hizo en vehículo aprovechando las huellas existentes.

## INVESTIGACIONES ANTERIORES

Numerosos fueron los trabajos de índole geológica efectuados en la comarca y áreas vecinas. Los primeros estudios corresponden a D'Orbigny (1847), Doering (1882) y Ameghino (1906) quienes, si bien sus descripciones no son específicas de la zona considerada, dieron a conocer valiosos datos de carácter regional. Posteriormente, Windhausen (1918), Wichmann (1924, 1928) y Groeber (1929) realizaron tareas geológicas específicas de la región circundante. En 1942, Sobral hizo el reconocimiento de la zona situada al oeste del río Chadileuvú. En la década del 50, Feruglio (1950), Frenguelli (1957) y

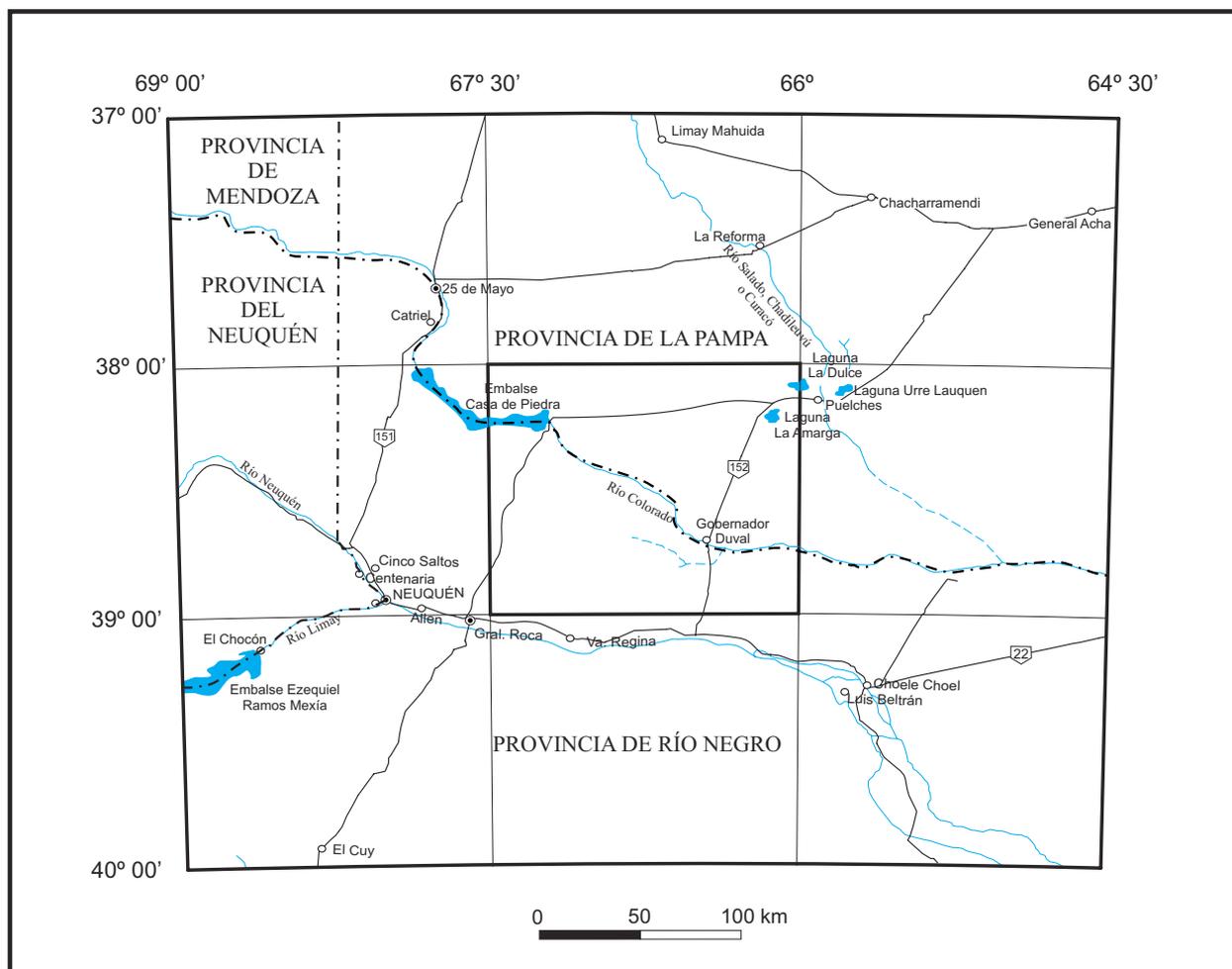


Figura 1. Mapa de ubicación de la Hoja 3966-I, Gobernador Duval.

Groeber (1959) elaboraron parte de la estratigrafía de la región. Böhm y Palma (1960) formalizaron un estudio geológico de la zona de Casa de Piedra para la fundación de la presa homónima, el que se completó con las tareas de Banchemo (1976), Herrero Ducloux (1977), Cavalié (1977) y Massabie (1993).

Weber (1964) efectuó el relevamiento de la zona de General Roca con motivo de la ejecución de la Hoja Jagüel de los Milicos, escala 1:100.000, que cubre el tercio sudoccidental de la presente Hoja. Por su parte, tanto Camacho (1967) y de Ferrariís (1968), como Cazau y Uliana (1973) llevaron a cabo respectivos trabajos referidos a las transgresiones del Cretácico superior y Terciario, a nivel regional y local.

Otros estudios, aunque algunos de ellos fuera de la zona que cubre esta Hoja, contribuyeron al conocimiento geológico, geomorfológico y sedimentológico de la región, como los de Kashirsky (1938), Biondi (1950), Fidalgo y Riggi (1970), Criado Roqué (1972a, 1972b), Uliana y Camacho (1975), Digregorio y Uliana (1980), Uliana y Dellapé (1981), González Díaz y Malagnino (1984), Lapido *et al.* (1984), Orchuela y Ploszkiewicz (1984), Ramos y Cortés (1984), Rimoldi y Turazzini (1984), Franchi *et al.* (1984), Calmels y Carballo (1990), Blasi (1991), Visconti *et al.* (1993), Espejo y Silva Nieto (1985, 1986, 1996) y Calmels (1996).

Se destaca la completa investigación geológica efectuada por Uliana (1979), la que abarca parte de las provincias de Neuquén y Río Negro, entre los ríos Colorado y Negro y en el tramo comprendido entre el borde oriental del cerro Auca Mahuida y el meridiano de Villa Regina. Por su parte, Linares *et al.* (1980) llevaron a cabo el trabajo más exhaustivo de la geología de la provincia de La Pampa.

Estudios paleontológicos de Bertels (1964, 1969, 1970), Casamiquela (1963) y Uliana y Camacho (1975) e hidrogeológicos de Bisceglia (1978, 1980), complementaron la información existente.

Desde el punto de vista minero, Cordini (1967), Llambías (1975), Angelelli *et al.* (1976), Bonoli Cipolletti (1981) y Ozcáriz (1998) hicieron descripciones muy generales, mientras que Cordini (1962), Tullio (1975), Muñoz (1981) y Espejo y Silva Nieto (1999) trataron sobre indicios mineros específicos de la Hoja Duval.

## 2. ESTRATIGRAFÍA

### RELACIONES GENERALES

La cuenca sedimentaria del Engolfamiento Neuquino ocupa la casi totalidad de la Hoja, a ex-

cepción del ángulo nordeste donde se desarrolla parte del extremo sudoccidental de la provincia geológica Bloque de las Mahuidas, las que, en superficie, está representada por rocas del Paleozoico y Mesozoico inferior. Según Linares *et al.* (1980), este zócalo antiguo limitó la extensión hacia el este-nordeste de las ingresiones de las formaciones Roca y Vaca Mahuida del Paleógeno, que constituyen el relleno aflorante de la Cuenca Neuquina en la zona.

Las rocas más antiguas, que conforman el basamento de la región, son las del Grupo Lihuel Calel, integrado, en forma general, por granitos, riolitas y andesitas de las formaciones Zúñiga, Choique Mahuida y El Centinela respectivamente, del Pérmico inferior al Triásico medio.

En discordancia sobre estas rocas yacen sedimentitas marinas (calizas, coquinas y arcilitas) de la Formación Roca, asignadas al Paleoceno, y arcilitas, limolitas, tufitas, areniscas tobáceas, calizas, psefitas y evaporitas de la Formación Vaca Mahuida, del Oligoceno superior-Mioceno medio. En forma aproximadamente sincrónica con la última unidad se depositaron las tobas, tufitas y arcilitas de la Formación Chichinales. Por encima, y hacia fines del Mioceno medio, se acumularon sedimentos fluviales de baja energía de la Formación Los Loros, compuestos por fangolitas, limolitas y arcilitas.

A partir del Neógeno medio alto se depositó un conjunto de unidades epiclásticas que se inician con los depósitos continentales de la Formación El Palo, constituidos por areniscas, areniscas limosas, areniscas tobáceas y limolitas arcillosas del Mioceno superior-Plioceno inferior. En leve discordancia, suprayacen mantos psefíticos del Plioceno superior-Pleistoceno inferior de la Formación Bayo Mesa, que coronan las mesetas conformando el nivel más elevado de la región.

En una posición topográfica inferior se ubican otros niveles formados por depósitos sedimentarios de granulometría gruesa a fina generados durante el Pleistoceno inferior. El de mayor edad constituye un pequeño asomo en la loma de Kauffman y el restante compone una antigua planicie aluvial labrada por migración hacia el sur del cauce del río Colorado. De igual edad se consideró a los distintos niveles aterrizados de los ríos Colorado y Negro.

Los sucesivos cambios del nivel de base registrados durante el Pleistoceno medio y superior, y hasta comienzos del Holoceno, originaron varias superficies de pedimentación cubiertas por depósitos que provienen de la destrucción de las unidades más

antiguas, principalmente arenas limosas y gravas con escasos lentes conglomerádicos.

Finalmente, durante el Holoceno se originaron los depósitos coluviales indiferenciados, aluviales del río Colorado, eólicos y finos de bajos y lagunas.

En el cuadro 1 se reseña la estratigrafía de las unidades aflorantes en la Hoja.

## 2.1. PALEOZOICO - MESOZOICO

### 2.1.1. PÉRMICO INFERIOR - TRIÁSICO MEDIO

#### GRUPO LIHUEL CALEL

##### *Antecedentes*

La denominación de Grupo Lihuel Calel fue propuesta por Espejo y Silva Nieto (1996) para reunir a los componentes del ciclo magmático constituido por una fase efusiva ácida dominante (Formación Choique Mahuida), una fase efusiva mesosilícica (Formación El Centinela) y las plutonitas asociadas al magmatismo félsico (Formación Zúñiga), aflorantes en el centro-sur de La Pampa.

Esta unidad sería equivalente al Grupo Sierra Pintada localizado en la sierra homónima, en la parte meridional del Bloque de San Rafael, ubicado en el centro-sur de la provincia de Mendoza. Sin embargo, Espejo y Silva Nieto (1996) al considerar que las rocas de la localidad tipo no están plenamente representadas en la región, diferenciaron las entidades adoptando la denominación del epígrafe.

Las primeras menciones que hablan de este ciclo eruptivo fueron realizadas por Wichmann (1928), quien indicó que este magmatismo afecta el área de la Precordillera de San Juan y Mendoza, prolongándose hacia el sudeste hasta el curso inferior del río Salado o Chadileuvú. Posteriormente, Groeber (1929) incluyó estas rocas en su Serie Porfirítica Supratriásica, mientras que Sobral (1942) hizo referencia a pórfiros cuaríferos rojizos y granitos al hablar de “pórfiros oscuros” que afloran desde Curacó hasta Pichi Mahuida, a lo largo del río Chadileuvú. Groeber (1946) llamó a su Serie como Choiyolitense, la que luego fue denominada Grupo Choiyoi (Stipanovic, 1967) y Formación Choiyoi (Rolleri y Criado Roqué, 1970).

Criado Roqué (1972a, 1972b) dio el nombre de Sistema de la Sierra Pintada a la unidad morfoestructural constituida por la vinculación del Bloque de San Rafael y el Cinturón Móvil Mendocino Pampeano, al que consideró prolongación al sudeste

del citado bloque y que se desarrolla en forma paralela al río Salado-Curacó hasta su desembocadura en el río Colorado. Asimismo, agrupó la secuencia volcánico-piroclástica pérmico-triásica aflorante bajo la denominación de Grupo de la Sierra Pintada. Criado Roqué (1972b) incluyó dentro de este grupo a las volcanitas félsicas de La Pampa, a excepción de las riolitas de la sierra de Lihuel Calel, que asignó al Triásico como Formación Lihuel Calel.

Digregorio (1972) concluyó que el Grupo Choiyoi compone una asociación volcánica continental mesosilícica a ácida con importante intervención de la fracción híbrida, que presenta en términos generales una acidificación hacia los niveles superiores.

Dentro de la provincia de La Pampa, Llambías (1973) y Llambías y Leveratto (1975) describieron esta unidad como un extenso *plateau* riolítico con riolitas extrusivas dominantes y una facies plutónica granítica asociada representada por numerosos granitos, casi siempre miarolíticos. Indicaron “*que corresponden a la parte del magma no extruida, cristalizando cerca de la superficie*” y que estos granitos se formaron a partir del mismo magma que dio origen a las riolitas extrusivas, por lo que los agruparon en una misma unidad litoestratigráfica.

Las riolitas aflorantes en la sierra de Lihuel Calel fueron incorporadas al Grupo Sierra Pintada por Linares *et al.* (1979) por considerar que tienen similitudes litológicas debido a una misma filiación magmática.

Como expresara Llambías (1999), este evento se desarrolló tanto a lo largo del cinturón orogénico del borde occidental del continente de Gondwana como en el antepaís, con frecuentes complejos plutónico-volcánicos debido al nivel de emplazamiento supracortical. Dentro del antepaís, las rocas de este grupo presentes en el área de estudio se ubican dentro del Bloque del Chadileuvú, donde los cuerpos intrusivos son superficiales. Por su parte, las volcanitas forman un *plateau* riolítico-ignimbrítico con espesores muy variables, entre pocas decenas de metros y hasta más de 1000 m, como en la sierra de Lihuel Calel, considerada como remanente de calderas y formada por el apilamiento de flujos en su interior. En la Hoja Gobernador Duval sólo afloran las últimas estratificaciones hacia el oeste de estas rocas.

Llambías (1999) interpretó que en las localidades de la Provincia Choiyoi hay una tendencia al enriquecimiento en sílice hacia los términos más jóvenes, predominando los afloramientos de las rocas volcánicas debido a una fuerte disminución de la magnitud del ascenso y erosión hacia el final de este evento

magmático. En general, la parte inferior del Choiyoi está constituida por una secuencia de mantos andesíticos y dacíticos con lentes sedimentarios en la base, mientras que la parte superior, en discordancia sobre la inferior, está compuesta principalmente por rocas silíceas y en especial por riolitas. En función de este esquema global, puede decirse que en términos absolutos la Formación El Centinela es la más antigua de las unidades que aquí se tratan. En este sentido, según Melchor y Llambías (2000), las relaciones estratigráficas de la unidad indican que las erupciones de las rocas de la formación citada, que podrían ser equivalentes a la sección inferior del Grupo Choiyoi, precedieron a las de la Formación Choique Mahuida, en tanto que la Formación Zúñiga sería el equivalente plutónico de esta última.

Mientras que localmente no se observan las relaciones estratigráficas entre las unidades extrusivas, en las Hojas vecinas éstas son ambiguas ya que, según se consideren los distintos y escasos afloramientos donde ellas se hacen evidentes, ambas formaciones están incluidas indistintamente una en otra, ocurriendo lo mismo con las plutonitas asociadas. Se advierte que un dique de andesita de la Formación El Centinela intruye a leucogranitos de la Formación Zúñiga y que rocas graníticas de esta última entidad intruyen rocas de la Formación El Centinela, como se ve fuera del ámbito de la Hoja, al noroeste del cerro Choique Mahuida. Además, Llambías (1975) asignó a las rocas de la Formación El Centinela una edad post pérmica superior, debido a su estrecha relación con las riolitas de la Formación Choique Mahuida y al hecho de hallarse clastos de composición riolítica en las brechas andesíticas del cerro Cuatro, también fuera de la Hoja y similares a las brechas andesíticas cuyo regolito se localiza en el sudeste de la laguna La Amarga. Sin embargo, con respecto a estos clastos Llambías *et al.* (1993) expresaron que las fuentes no se han identificado, aunque Melchor y Llambías (2000) afirmaron que son claramente previos. Espejo y Silva Nieto (1996) citaron dacitas atravesadas por diques de pegmatitas en el salitral La Escondida y andesitas que subyacen a riolitas de la Formación Choique Mahuida en un cañadón en la margen izquierda del río Curacó, ambas dentro de la Hoja Puelches. Por otra parte, Melchor y Llambías (2000), en la descripción de la Hoja Santa Isabel, expresaron que las ignimbritas riolíticas del cerro Tralma poseen clastos de andesitas, atribuibles a la Formación El Centinela.

Rolleri y Fernández Garrasino (1979) hicieron referencia a las distintas posiciones adoptadas en cuanto a la edad de esta unidad, la que fue consi-

derada del Triásico superior según una de las posiciones extremas (Groeber, 1939, 1953) o Pérmico (Polanski, 1966, 1970; Braccini, 1960). Stipanovic (1967) aceptó una edad algo mayor dentro del Triásico para las volcanitas, mientras que Rocha Campos *et al.* (1971) concluyeron que el ciclo efusivo comenzó en el Pérmico superior, cerca del límite con el Triásico. Llambías (1999) expresó que las rocas de composición intermedia, como las granodioritas, andesitas y dacitas, corresponden a la parte más antigua de este evento y son casi exclusivamente pérmicas, mientras que las rocas silíceas, granitos y riolitas, son propias de la parte superior y sus edades son menores.

Melchor y Llambías (2000), con respecto al estudio radimétrico realizado sobre muestras del citado cerro Tralma, consideraron que los resultados obtenidos pueden ser interpretados como que la erupción de la Formación El Centinela tendría una edad de  $236 \pm 1,0$  Ma, mientras que las edades más antiguas ( $256 \pm 0,6$  Ma) derivarían de xenocristales existentes al momento de la erupción, procedentes de erupciones previas. En cuanto a la edad de las rocas de la Formación Choique Mahuida, si bien la dispersión de las numerosas dataciones radimétricas disponibles es bastante amplia, ya que comprende el lapso Pérmico inferior a Triásico superior, el intervalo modal corresponde al Triásico medio (240-232 Ma). Por su parte, las plutonitas tienen una edad pérmica superior-triásica inferior.

Los valores de edades radimétricas recopilados de Linares *et al.* (1980) y Rapela *et al.* (1996) demuestran que el Grupo Lihuel Calel es un complejo plutónico-volcánico cuyas edades están en el rango Pérmico inferior tardío-Triásico medio, dentro del cual las tres unidades que lo constituyen tienen edades variables, teniendo en cuenta el alto error analítico de las determinaciones. Llambías (1999) indicó que la permanente alteración de tipo propilítico (clorita, epidoto, albita, calcita) de los flujos ignimbríticos andesítico-dacíticos dificulta las dataciones radimétricas, por lo que sus resultados deben ser analizados cuidadosamente; por ello es importante considerar las escasas relaciones estratigráficas observables.

### **Formación El Centinela (1)**

*Melanoandesitas, andesitas brechosas*

#### *Antecedentes*

Esta entidad fue definida por Llambías (1975) para referirse a la facies mesosilícica del evento

Cuadro 1. Cuadro estratigráfico de la Hoja Gobernador Duval

ERA	SISTEMA	SERIE	PISO	UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS	LITOLOGÍA	ESPESOR (en m)	FASES DIASTRÓFICAS
C E N O Z O I C O	C U A T E R N A R I O	H O L O C E N O	SUPERIOR	Depósitos finos de bajos y lagunas (17)	Limos, arcillas, evaporitas		Quéchuica
				Depósitos eólicos (16)	Arenas finas a medias		
				Depósitos aluviales (15)	Arenas gruesas a finas, limos, arcillas, gravas	7	
				Depósitos coluviales indiferenciados (14)	Arenas finas, limos, limoarcillas		
				Depósitos que cubren niveles de pedimentos (13)	Arenas, calizas pelíticas, limoarcillas, gravas, yeso	2	
				Depósitos aluviales aterrazados del río Colorado (12) (Niveles I, II, III, IV y V) y Depósitos aluviales aterrazados indiferenciados del río Negro (12f)			
				Formación El Sauzal (11)		30	
				Depósitos de la planicie aluvial antigua del Jagüel de Canale (10)			
				Formación Bayo Mesa (9)		15	
				Formación El Palo (8)		50-80	
				Formación Los Loros (7)		20-30	
				Formación Vaca Mahuida (5)		24	
				Formación Roca (4)		20-80	
				Formación Zúñiga (3)			
				Formación Choique Mahuida (2)			
Formación El Centinela (1)							
TRIÁSICO							Pehuénchica
PÉRMICO						Incaica	
PALEOZOICO							

magmático, íntimamente asociada a las riolitas de la Formación Choique Mahuida y cuya localidad tipo está constituida por los extensos afloramientos del cerro El Centinela y de las lomas de Olguín, en el departamento Chical C6 (La Pampa). El perfil tipo está integrado por andesitas, pórfiros andesíticos y filones capa de microdioritas.

#### *Distribución areal*

El mayor afloramiento está situado al este de la laguna La Amarga, unos 9 km al norte de la estancia San José, con una superficie aproximada de 1,5 km<sup>2</sup>, del cual se observa casi exclusivamente el regolito de una andesita brechosa. Además, al noroeste de la laguna citada se localiza un pequeño afloramiento sobre la ruta nacional 252. Se presenta también como un dique de melanoandesita que intruye los leucogranitos cercanos a la estancia San José, al sur de la laguna antedicha.

#### *Litología*

Según la descripción realizada por Linares et al. (1980) son melanoandesitas de color gris oscuro, masivas, medianamente alteradas, de textura porfírica y pasta constituida por un agregado de tablillas de plagioclasa (oligoclasa sódica), dispuesta en forma divergente. Los fenocristales son de anfíbol incoloro (¿tremolita-actinolita?).

Por su parte, el estudio efectuado por Delpino (1982) del dique de melanoandesita del sudoeste de la laguna La Amarga, indica que se trata de una roca porfírica de color gris oscuro con escasos fenocristales de cuarzo de forma redondeada y anfíboles que alcanzan los 5 milímetros. Posee fractura irregular, es maciza y presenta alteración moderada. Los fenocristales son de hornblenda, plagioclasa y cuarzo y la pasta, microcristalina, está constituida por agregados de plagioclasa y cuarzo, granos de cuarzo y anfíbol, y gránulos de minerales opacos.

Los estudios petrográficos de las muestras recogidas al norte de la estancia San José determinaron la presencia de melanoandesitas y andesitas brechosas. La roca clasificada como melanoandesita es de color negro a negro verdoso, con fragmentos rojizos de volcanitas afaníticas (figura 2). Al microscopio muestra pasta de textura felsítica con microfenocristales dispersos de plagioclasa anhedral, cuarzo en muy pequeña cantidad y epidoto como mineral accesorio. Posee grandes litoclastos de andesitas, por lo general pasta con textura intersertal

(con vidrio, clorita intersticial y epidoto), pudiendo hallarse una total o casi total alteración carbonática de estos fragmentos.

La andesita brechosa (figura 3), verdosa oscura, es porfírica, de pasta afanítica con numerosos clastos angulosos de rocas gris oscuro y anaranjado (de 1 a 3–4 cm de largo). Los fenocristales (hasta 2 mm) son de feldespato blanquecino rosado. La roca tiene pequeñas cavidades por remoción de clastos y aspecto general alterado. En el corte delgado se aprecia una textura porfírica-brechosa con escasos microfenocristales de oligoclasa cálcica y cuarzo como componentes principales y abundantes clastos líticos angulosos y de tamaño variado. La pasta es felsítica y está salpicada de finas concentraciones de partículas opacas y localmente con epidoto. La procedencia de los litoclastos es variada, con predominio de los de origen volcánico y accidentales metamórficos sobre los accidentales sedimentarios. Entre los litoclastos de origen volcánico hay fragmentos de andesitas alteradas (pastas hialoofíticas y hialopílicas) y algunos de riolitas vítreas (con relictos de textura perlítica) y de riolitas microcristalinas. Entre los litoclastos metamórficos se hallan clastos de esquistos micáceos, y entre los sedimentarios, arenitas ricas en cuarzo y cuarcitas.

#### *Edad y correlaciones*

Considerando las relaciones estratigráficas que se observan dentro de la Hoja, la Formación El Centinela puede ser considerada del Pérmico medio-superior, ya que un dique de melanoandesita que intruye un leucogranito de la Formación Zúñiga fue datado por Linares et al. (1980) en  $262 \pm 10$  Ma, según el método K/Ar.

Melchor y Llambías (2000) consideraron para esta unidad una edad de  $236,6 \pm 1,0$  Ma, según el método <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar. Sin embargo, haciendo mención a Linares et al. (1980), expresaron que las edades radimétricas disponibles (método K/Ar) indican que la edad de las volcanitas se ubicaría en el lapso Pérmico inferior-Triásico inferior, con valores próximos a 250–260 Ma y 230–240 Ma, si bien el error analítico es alto.

#### **Formación Choique Mahuida (2)**

*Ignimbritas riolíticas, dacitas, riolitas, brechas riolíticas*

#### *Antecedentes*

Esta entidad fue propuesta por Llambías (1975) para describir el extenso *plateau* de rocas extrusivas



**Figura 2.** Melanoandesitas de la Formación El Centinela en el afloramiento ubicado al norte de la estancia San José, al sudeste de la laguna La Amarga.



**Figura 3.** Detalle del afloramiento de la andesita brechosa de la Formación El Centinela al norte de la estancia San José.

ácidas de variadas tonalidades y texturas, ampliamente representado en el centro y oeste de la provincia de La Pampa, que engloba los “pórfitos oscuros” y “pórfitos rojos” de Wichmann (1928) y Sobral (1942), difícilmente diferenciables en el campo. El perfil más completo se observa en la sierra de Lihuel Calel, al este de la región estudiada, constituido por una espesa sucesión de riolitas estratificadas que en su parte inferior contiene bancos de tobas pisolíticas y de ignimbritas vítreas a los cuales siguen 1840 m de ignimbritas cristalizadas (Llambías, 1973).

Al realizar la descripción geológica de la sierra de Choique Mahuida, Conti *et al.* (1990) dividieron a la Formación Choique Mahuida en una sección inferior (Miembro Ojo de Agua) y otra superior (Miembro Cerro Salinas), diferenciándolas entre sí por sus características litológicas, indicando que el miembro inferior es predominantemente piroclástico y el miembro Cerro Salinas es netamente lávico y compuesto casi exclusivamente por riolitas.

#### *Distribución areal*

En el ámbito de la Hoja aflora en su sector nororiental, al norte y noroeste de la laguna La Amarga, conformando las suaves lomadas que se encuentran en la intersección de la ruta nacional 152 con la ruta provincial 28 y en los alrededores de las estancias Las Catalinas, La Posta del Rosario y Pitirilcó.

#### *Litología*

Unos 20 km al oeste del cruce de la ruta nacional 152 con la ruta provincial 28, que se dirige a Casa de Piedra, en el cerro Carapacha, afloran ignimbritas riolíticas? poco aglutinadas de color rojo oscuro, con cristales (en algunos casos bien angulosos) de feldespato, cuarzo subordinado y posible mica, fragmentos de pómez dispersos (0,50 - 1,00 cm) y clastos volcánicos y tobáceos?, en una pasta afanítica (vitroclástica) (figuras 4 y 5). Al microscopio, los componentes esenciales son oligoclasa, cuarzo y biotita con trizas y pómez con cierto grado de deformación y orientación. Como minerales accesorios, la roca presenta fragmentos de andesitas y de piroclastitas ácidas. La textura es porfirítica y pumícea con pasta vitroclástica. Son rocas muy tenaces, frescas y vítreas, cruzadas por gran número de diaclasas.

Llambías (1975) describió al oeste y noroeste de la laguna La Amarga, pequeñas elevaciones en las cuales afloran riolitas pardo rojizas que pasan a rosadas, groseramente estratificadas. Mencionó ban-

cos de brechas en los cuales las riolitas pardo rojizas incluyen hasta un 40% de clastos de las riolitas rosadas, de unos 3 milímetros.

Sobre la ruta 28, en la cantera ubicada en las coordenadas geográficas 38°08'12"- 66°07'49", afloran dacitas rojizas, porfíricas, con pasta afanítica, que poseen zonas irregulares de textura casi afanítica con fenocristales aislados de feldespatos (2-3 mm) y cuarzo (1 mm). El estudio al microscopio determinó textura en parte porfírica y en parte microporfírica, con pasta esferulítica formada por un mosaico de esferulitas y cristales de cuarzo dispersos. Los componentes principales son oligoclasa, escaso piroxeno uralitizado y escaso cuarzo, y los accesorios, minerales opacos y apatita. Los feldespatos tienen fuerte argilitización y sericitización, mientras que los piroxenos están alterados en anfíbol, y éste a su vez es pseudomorfizado por epidoto y en parte por material opaco.

En los alrededores de las estancias Pitirilcó y La Posta del Rosario afloran dacitas que macroscópicamente tienen textura porfírica con fenocristales de feldespato color blanco de 1 a 4 mm, biotita euhedral oxidada color naranja y un mineral máfico verde oscuro; la pasta afanítica es color rosado oscuro y la relación pasta/fenocristales es 50/50.

#### *Edad y correlaciones*

Numerosas dataciones radimétricas realizadas por los métodos Rb/Sr y K/Ar por Linares *et al.* (1980), en afloramientos de esta formación ubicados fuera del ámbito de la Hoja, específicamente en la sierra de Lihuel Calel, dieron como promedio una edad de  $236 \pm 5$  Ma, por lo que se ubica en el período Triásico inferior a medio, tomando el límite Pérmico-Triásico en 250 Ma, según la Carta Estratigráfica Internacional de la International Union of Geological Sciences (2000). Un estudio paleomagnético efectuado por Conti y Rapalini (1990) en uno de los miembros (Ojo de Agua) en que subdividieron la unidad, permitió establecer una edad de 270-250 Ma, comprendida entre el Pérmico inferior tardío y el Pérmico superior tardío.

### **Formación Zúñiga (3)**

#### *Leucogranitos*

#### *Antecedentes*

Esta unidad fue reconocida por Llambías (1975) y descrita formalmente por Linares *et al.* (1980)



**Figura 4.** Detalle del afloramiento de ignimbritas riolíticas de la Formación Choique Mahuida, en el cerro Carapacha.



**Figura 5.** Afloramiento de ignimbritas riolíticas de la Formación Choique Mahuida en el cerro Carapacha.

para designar, dentro del ciclo magmático pérmico-triásico, una facies plutónica representada por numerosos granitos y cuya localidad tipo se halla en el puesto Zúñiga, ubicado al noroeste de la provincia de La Pampa.

#### *Distribución areal*

Las rocas de esta formación se sitúan en el ángulo nordeste de la Hoja, limitándose a un afloramiento de reducidas dimensiones ubicado 4 km al este del puesto La Amarga, inmediatamente al sur de la laguna homónima, que forma una divisoria entre esta laguna y la pequeña laguna La Salinilla, y otros dos pequeños asomos a unos 5 km al norte de la estancia San José. Estos asomos son los más occidentales de la Formación Zúñiga, ampliamente presente en la vecina Hoja Puelches.

#### *Litología*

En general, esta unidad está compuesta por leucogranitos rosados a grises de textura granular hipidiomorfa, grano fino a medio, formados por plagioclasa (oligoclasa cálcica), feldespato potásico, cuarzo y escasa biotita.

Los afloramientos conforman suaves lomadas y están constituidos por rocas predominantemente frescas, miarolíticas, con varios juegos de diaclasas subverticales de dirección dominante N154°E y N78°E y direcciones secundarias N45°E y N113°E, muchas de las cuales están rellenas por cuarzo (figuras 6 y 7).

En la exposición de mayor superficie, ubicada al sur de la laguna La Amarga (figura 8), se observan



**Figura 6.** Detalle del afloramiento del leucogranito de la Formación Zúñiga ubicado al sur de la laguna La Amarga, donde se observan los distintos juegos de diaclasas.



**Figura 7.** Mayor detalle del leucogranito rosado miarolítico de la figura 6. Se evidencia la erosión catafilar que lo afecta.

distintas variedades texturales, notándose un aumento de tamaño de grano hacia el este. Una de las variedades estudiadas al microscopio posee textura porfiroide con pasta granosa alotriomorfa media, con microclino (sódico?) y cuarzo, anhedrales, ambos minerales están como fenocristales y como constituyentes principales de la pasta. En esta última, y en baja proporción, participan también biotita, plagioclasa ácida y como minerales accesorios algunos opacos y titanita. La muestra de mano es una roca de color rosado, granosa anisométrica y aspecto alterado, en la que abunda el grano grueso (1 a 1,5 cm) con pasta de grano medio (5 a 7 mm); domina el feldespato rosado siguiendo en importancia el cuarzo y hasta un 30% de minerales máficos. La roca fue clasificada como un granito alcalino.

Otra variedad posee textura alotriomorfa inequigranular con cristales anhedrales gruesos a finos compuestos por microclino sódico, cuarzo, antiperitas y escasas laminillas de biotita, con minerales opacos y titanita como accesorios, correspondiendo a un leucogranito. Un tercer tipo se diferencia de la muestra anterior por presentar textura porfiroide con pasta alotriomorfa fina y algunos fenocristales anhedrales de grano medio a grueso, clasificándose como leucogranito porfiroide. El afloramiento está intruido por un dique de composición andesítica de la Formación El Centinela de aproximadamente 0,30 m de potencia.

Estas rocas conforman la facies plutónica del volcanismo riolítico de la Formación Choique Mahuida, lo que se verifica según indican Linares et al. (1980), por las variaciones gradacionales de las texturas que van desde porfíricas a microgranosas.

#### *Edad y correlaciones*

Las determinaciones radimétricas realizadas por Linares et al. (1977) indican una edad pérmica superior-triásica inferior.

Las rocas aflorantes al sur de la laguna La Amarga fueron datadas por el método K/Ar por Linares et al. (1980), dando como resultado una cifra de  $270 \pm 10$  Ma, que las ubica en el Pérmico inferior tardío-Pérmico medio, edad acotada por Conti et al. (1990) como post pérmica superior temprana por las relaciones existentes en la zona de la sierra Choique Mahuida con el Miembro Cerro Salinas de la Formación Choique Mahuida, datado en  $254 \pm 10$  Ma, es decir Pérmico medio tardío-superior temprano, según la tabla International Union of Geological Sciences (2000).



**Figura 8.** Fotografía panorámica, en dirección SO-NE, del afloramiento de leucogranito de la Formación Zúñiga en cercanías de la laguna La Amarga, que se observa en último plano.

## 2.2. CENOZOICO

### 2.2.1. PALEÓGENO

#### 2.2.1.1. Paleoceno

#### **Formación Roca (4)**

*Calizas, coquinas, arcilitas, margas, yeso*

##### *Antecedentes*

Esta entidad fue definida por Weaver (1927) para designar un conjunto de calizas fosilíferas, coquinas, arcilitas y margas de colores gris a oliva claro, naranja y amarillo, de aproximadamente 30 m de espesor, cuya localidad tipo se halla entre unos 5 y 12 km al norte de General Roca (Río Negro).

Böhm y Palma (1960) realizaron un estudio geológico en la zona de Casa de Piedra, con motivo de la construcción de una presa-embalse, describiendo un detallado perfil de esta entidad.

Afloramientos en áreas vecinas a la Hoja fueron detallados por Sobral (1942), Feruglio (1950), Groeber (1959), Casamiquela (1963), Leanza (1967), Bertels (1964, 1969), Uliana (1979), Uliana y Camacho (1975), Linares *et al.* (1980) y Franchi *et al.* (1984). Linares *et al.* (1980) indicaron que esta unidad “*representa la primera formación sedimentaria, registrada después de las efusiones de las rocas eruptivas permotriásicas*”, en el territorio de La Pampa.

Massabie (1993) asignó a esta formación los afloramientos de las barrancas de ambos márgenes del cauce del río Colorado, en la zona de Casa de Piedra, los que actualmente y en su mayor parte, están cubiertos por la presa homónima.

##### *Distribución areal*

La Formación Roca aflora en la presa Casa de Piedra, en ambos márgenes del río Colorado (figuras 9 y 10). Sobre la margen derecha las exposiciones conforman una cornisa que se puede seguir fácilmente hasta las cercanías de la línea de alta tensión a lo largo de unos 7 km, mientras que en la margen izquierda son discontinuos y con menor expresión, llegando hasta el puesto Agis. Se observa un pequeño asomo unos 28 km al OSO del dique.

Asimismo, en el ángulo sudoeste de la Hoja, en la barranca que bordea el cañadón Jagüel de los Milicos, especialmente al este y sur del puesto

Lote 8, aflora formando una franja discontinua con forma de arco de dirección NNO-SSE.

##### *Litología*

Basándose en los resultados obtenidos en las perforaciones efectuadas y en el estudio de los afloramientos de ambos márgenes del río, Böhm y Palma (1960) describieron el siguiente perfil integrado en la zona de la garganta del río Colorado en Casa de Piedra, de abajo hacia arriba: 3 m de margas arcillosas de color gris, 11 m de calcáreo gris duro fosilífero, 9 m de margas gris oscuras, 3 m de caliza blanca fosilífera dura, 2-2,50 m de lumachella, 3 m de caliza blanca dura fosilífera, 4 m de margas amarillentas fosilíferas con intercalaciones de bancos de margas calcáreas y 3 m de calizas en lajas gris amarillentas sin fósiles.

En un perfil levantado en la margen sur del río Colorado, aguas abajo del dique Casa de Piedra, en las coordenadas geográficas 38°13'10" y 67°11'11", la sucesión comienza (de abajo hacia arriba) con estratos tabulares de coquinas (calizas organógenas) blanquecinas de 5 m de espesor, que pasan transicionalmente a 6 m de limolitas tobáceas castaño amarillentas con intercalaciones de areniscas tobáceas con restos de valvas. Por encima siguen 6 m de areniscas tobáceas con estratificación ondulada en bancos de 10 cm, culminando con 3 m de areniscas pelíticas calcáreas (figura 11).

En la parte inferior de la barda que rodea el cañadón Jagüel de los Milicos, Weber (1972) indicó que aflora el miembro superior de la Formación Roca, bajo la denominación de Miembro Quiroga, constituido por yeso blanco más o menos puro, superficialmente terroso y gris, con intercalaciones de materiales de granulometría muy fina, de composición montmorillonítica.

Rimoldi y Turazzini (1984), sobre la base de estudios de superficie de Banhero (1976) y de subsuelo a través de perforaciones de Geotécnica-Tecnoconsult (1982), describieron el siguiente perfil de la entidad en el lugar de emplazamiento de la presa, de abajo hacia arriba: marga inferior gris a gris verdosa, con pelecípodos fósiles y nódulos calcáreos, de 40 m de espesor promedio; caliza inferior fosilífera (coquina inferior) blanca, de hasta 6 m de espesor; hasta 17 m de marga superior gris a gris verdosa, de similares características a la del nivel inferior; 4 a 5 m de coquina superior fosilífera; 7 m de margas heterogéneas y caliza algo arenosa estratificada; por encima caliza



**Figura 9.** En primer plano, afloramientos de la Formación Roca en la margen pampeana del río Colorado. Al fondo el dique Casa de Piedra.



**Figura 10.** Vista general del afloramiento de la Formación Roca en la margen pampeana del río Colorado, aguas abajo del dique Casa de Piedra.



**Figura 11.** Sedimentitas de la Formación Roca aflorantes al pie de la presa Casa de Piedra.

silicificada yesífera muy compacta y poco alterada que forma típicos taludes y resaltos verticales en el relieve, con un espesor de 5 a 6 m en la orilla pampeana y un máximo de 10 m en el perfil del eje de la presa, mostrando un ligero hundimiento del eje en dirección nornoroeste. En cambio, en la margen derecha sólo se observa en la barranca y en las adyacencias inmediatas del eje de la presa, acuñándose en pocos metros, en dirección horizontal.

### *Ambiente*

La cuenca que dio origen a estas sedimentitas ocupó sólo el sector suroccidental de la provincia de La Pampa, quedando involucrada la zona de estudio dentro de lo que se denomina Engolfamiento Neuquino.

La Formación Roca constituye la parte terminal del Grupo Malargüe que reinstauró un ámbito sedimentario con definida influencia marina. El límite Cretácico-Terciario es un pasaje continuo entre la Formación Roca y la entidad infrayacente (Formación Jagüel), en las cercanías de la zona que abarca este trabajo, lo que evidencia que ambas unidades son el resultado de un mismo ciclo sedimentario durante el que se produjo un cambio gradual en las condiciones de acumulación.

Uliana (1979) indicó que el análisis de las secciones de esta formación, en sentido ascendente, señala un incremento en la profundidad del medio marino, seguido por un proceso regresivo con un gran déficit en el suministro clástico e incremento de las evaporitas, pudiéndose apreciar la sucesiva aparición de las facies marina normal (sección inferior), penesalina (sección media) y salina (sección superior).

Por su parte, Massabie (1993) expresó que como ya fuera señalado por Bertels (1969, 1970), Uliana y Dellapé (1981) y Franchi *et al.* (1984), esta unidad representa un ambiente marino de poca profundidad, bajo la acción de mareas, que termina con una exposición de los bancos calcáreos superiores en una situación supramareal de cierta importancia.

El mar daniano corresponde a la etapa regresiva de la primera transgresión atlántica reconocida en el Maastrichtiano en la Patagonia y si bien es la mayor cobertura cenozoica marina descrita para la Patagonia, es sumamente somero. El ambiente de depositación es de clima relativamente cálido y seco, con aguas

hipersalinas, con restringida comunicación con el mar abierto y circulación antiestuarina (Malumián, 1999). Este brazo marino permitió la entrada de microfauna planctónica (Legarreta y Uliana, 1999).

### *Relaciones estratigráficas*

Massabie (1993) indicó que la Formación Roca se asienta en forma concordante sobre la Formación Jagüel, reconocida en la zona a partir de los testigos de las perforaciones ejecutadas en la garganta del río Colorado. A su vez, está cubierta, en discordancia angular, por la Formación Vaca Mahuida o por detritos modernos.

Según Rimoldi y Turazzini (1984), en la margen izquierda del río Colorado la Formación Roca está cubierta por sedimentitas de la Formación La Presa, equivalente a la Formación El Carrizo. Luego del llenado del embalse, no se han encontrado estas rocas sino las equivalentes a la Formación Vaca Mahuida. De la misma manera, sobre la margen derecha no se ha encontrado el complejo sedimentario de la Formación Vaca Mahuida como indican los citados autores, sino que sobre la Formación Roca se hallan superpuestos los depósitos que conforman las terrazas del río Colorado.

### *Edad y correlaciones*

Bertels (1969) produjo un sustancial avance en la ubicación estratigráfica de esta unidad, al discernir por primera vez que las capas que afloran en la localidad tipo de la Formación Roca pertenecen al Daniano, sobre la base del abundante contenido de macro y microfósiles.

La Formación Roca tiene una variada fauna fósil que incluye pelecípodos, gasterópodos, briozoarios, equinodermos, pinzas de cangrejos, dientes, escamas y espinas de aletas de peces. La microfauna está representada por foraminíferos los que, según revelan Franchi *et al.* (1984) “*son indicadores de una antigüedad daniana. Las características de esta sección del Daniano indican condiciones de sedimentación marina de plataforma abierta, con tendencia gradual a la pérdida de profundidad, mientras los sedimentos finamente clásticos eran reemplazados por carbonatos.*”

Calmels y Carballo (1990) señalaron que Núñez (1976) estableció la edad de las sedimentitas entre el Maastrichtiano y el Paleoceno inclusive, al estudiar el hallazgo de Eubaculites en distintas localidades de los

departamentos de Puelén (Barda Baya, Casa de Piedra y Cerros Bayos) y Chical C6 (salitral La Amarga), en el oeste de la provincia de La Pampa (Leanza, 1967). Por su parte, como señalaron Melchor y Casadío (2000), estudios estratigráficos y paleontológicos recientes, como los de Casadío (1990, 1994), Casadío y Concheyro (1992), Concheyro (1995) y Feldmann *et al.* (1995), efectuados en localidades próximas, han permitido determinar para esta formación una edad daniana temprana.

Los autores del presente trabajo adhieren a la idea de considerar estas sedimentitas como de edad daniana.

## 2.2.2. PALEÓGENO-NEÓGENO

### 2.2.2.1. Oligoceno superior - Mioceno medio

#### Formación Vaca Mahuida (5)

*Arcilitas, limolitas, tufitas, areniscas tobáceas, calizas bioclásticas, psamitas, psefitas, evaporitas*

#### Antecedentes

La Formación Vaca Mahuida fue establecida por Uliana y Camacho (1975), habiendo sido reconocida como unidad independiente por el primero de los nombrados en diversos estudios realizados en la parte oriental de la Cuenca Neuquina en los años 1971 y 1972. La primera mención informal de estas sedimentitas correspondió a Wichmann (1928), quien las asimiló a depósitos dulceacuícolas pliocenos. Sobral (1942), al indicar los lineamientos estratigráficos de la región sur de La Pampa y norte de Río Negro, las nominó como Estratos Post Rocanenses dividiéndolas en dos series, una inferior marina y una superior de agua dulce.

Otros investigadores como Biondi (1950), Csaky (1962), Cordini (1963) y Marinkeff y Cocco (1972) efectuaron varios trabajos en esta entidad, al norte de la Hoja Gobernador Duval.

Llambías (1975) denominó a estas sedimentitas Formación Copel. Posteriormente, Linares *et al.* (1980) adoptaron el nombre del epígrafe.

Melchor *et al.* (1992) realizaron el análisis estratigráfico secuencial de los depósitos lacustres de la Formación Vaca Mahuida en el sudoeste de la provincia de La Pampa.

Massabie (1993) mencionó a estas sedimentitas e indicó que Rimoldi y Turazzini (1984) las agruparon bajo el nombre de Formación Casa de Piedra.

Melchor y Casadío (2000) estudiaron rocas si-

milares al norte de la Hoja Gobernador Duval, en el ámbito de la Hoja La Reforma, donde las nominaron Formación El Fresco.

#### Distribución areal

Según Massabie (1993), en la margen pampeana esta unidad está restringida a los sectores próximos a la barranca del río Colorado, mientras que en territorio rionegrino la presencia es más importante, tanto en superficie como en subsuelo, en el sector cercano a la presa Casa de Piedra. Sin embargo, el llenado de la presa cubrió la mayor parte de los afloramientos ubicados al sur del río Colorado. También aflora sobre la ruta provincial 28, a 2 km al NE de Casa de Piedra (figuras 12 y 13).

#### Litología

Se caracteriza por un conjunto sedimentario horizontal a subhorizontal constituido por pelitas verdosas a rosadas con abundantes intercalaciones de material tobáceo y de yeso, conteniendo, además, calizas grises



Figura 12. Detalle del afloramiento de la Formación Vaca Mahuida ubicado sobre la ruta provincial 28.



**Figura 13.** Fotografía panorámica de las sedimentitas de la Formación Vaca Mahuida aflorantes sobre la ruta provincial 28, a 2 km al noreste de Casa de Piedra.

a blanquecinas con restos de pelecípodos y ostrácodos. Como mencionaran Uliana y Camacho (1975), esta formación posee una gran variabilidad litológica en sentido vertical, presentando también cambios laterales pronunciados con definido predominio de pelitas o de tufitas, con calcáreos subordinados.

La localidad tipo se halla en las proximidades del cerro Vaca Mahuida, en la zona del yacimiento Rinconada de YPF, 11 km al oeste del punto IGM Vaca Mahuida y a 9 km al OSO del codo de Casa de Piedra. Se ubica dentro de la Hoja en estudio, aproximadamente en las coordenadas geográficas 38°18'S y 67°25'O. El espesor del perfil tipo es de unos 44 metros, aunque la distribución de espesores es variable, siendo controlada por las irregularidades del relieve preexistente. El perfil está conformado por estratos gruesos de arcilitas y limolitas verde pálido, que pasan hacia arriba a tufitas y areniscas tobáceas blancas o verde muy claro, de grano medio a fino, de 20 a 40 cm de espesor; siguen estratos tabulares de 0,5 a 1 m de potencia, macizos o con débil estratificación paralela, de calizas bioclásticas de color blanco o blanco amarillento; psamitas de color gris, gris castaño y gris azulado, de grano medio a grueso y mala selección; psefitas, como intercalaciones lenticulares dentro de las psamitas, y evaporitas.

Sobre la margen izquierda del río Colorado, en el codo ubicado a la altura de la intersección con la línea de alta tensión, se describió el siguiente perfil (GD050), de arriba hacia abajo: 2 m de cubierta de tosca con rodados; 8 m de arcilitas color chocolate, finamente laminadas, coherentes, con aspecto superficial imbricado; 0,30 m de limolita arenosa color ocre; 0,80 m de arenisca poco coherente color verde grisáceo con estratificación entrecruzada de pequeña escala; 3 m de arenisca castaño rojiza friable

y 10 m de limolita arenosa castaño verdosa con estratificación paralela fina y bioturbación, que por su coherencia forma cornisas (figura 14).

Melchor *et al.* (1992) estudiaron las exposiciones de la formación en las cercanías de Puelén, al noroeste de la Hoja. Reconocieron seis facies sedimentarias. Las litologías involucradas son, de abajo hacia arriba, pelitas verdes, amarillas y grises; pelitas rojas y pardas masivas y friables; tobas, chonitas, cineritas y tufitas blancas y amarillentas; areniscas finas y areniscas tobáceas finas grises masivas; calizas (*grainstones*); calizas y margas blanco amarillentas friables, masivas y ocasionalmente dolomíticas.

#### *Ambiente*

Uliana y Camacho (1975) expresaron que la Formación Vaca Mahuida se depositó bajo distintas condiciones de sedimentación, variando entre el dominio continental y el marino de escasa profundidad, en un área de escasa pendiente donde los distintos ambientes se distribuían según los vaivenes de la línea de costa. En general, la sección inferior es marina y la sección superior continental fluvial. Uliana (1979) indicó que el conjunto de indicadores ambientales incluye depósitos de canales fluviales, depósitos subácueos de baja a moderada energía y marinos someros.

Por otra parte, Melchor *et al.* (1992) manifestaron que esta unidad se habría depositado en un área deprimida, episódicamente ocupada por un lago de aguas dulces o poco salinas, de dimensiones apreciables donde, si bien la sedimentación silicilástica de baja energía fue dominante, estuvo sujeta a pulsos de inundación en los que se habrían acumulado sedimentos calcáreos de distinto tipo. Determinaron cuatro unidades de somerización a las que



**Figura 14.** Fotografía panorámica de la Formación Vaca Mahuida sobre la margen izquierda del río Colorado.

definieron como paquetes de estratos relativamente concordantes, limitados por superficies de máxima inundación de carácter mayormente progradante y consistentes en una asociación de facies lacustres cada vez menos profundas hacia el techo.

Por su parte, Massabie (1993) asumió, basándose en estudios anteriores, que la Formación Vaca Mahuida se depositó en un ambiente marino de plataforma interna que pasa a un medio continental fluvio lacustre hacia arriba en forma transicional, originalmente en una comarca de suaves pendientes.

#### *Contenido paleontológico*

Esta entidad presenta un contenido fosilífero de microfósiles (ostrácodos) y megafósiles continentales (bivalvos de agua dulce), de transición (mamíferos, peces y anuros) y marinos (*Iheringiana patagonensis*, *Venericardia sp.*).

#### *Relaciones estratigráficas*

Uliana (1979) puso de manifiesto que tanto la base como el techo de la Formación Vaca Mahuida coinciden con superficies de discordancia de ligera angularidad. En la zona del perfil tipo, determinó que la unidad descansa indistintamente sobre sedimentitas de la Formación Jagüel (hoy cubiertas por el agua del dique Casa de Piedra) y de la Formación Roca.

Como indicaron Franchi *et al.* (1984), en el sudoeste de la provincia de La Pampa términos equivalentes a Vaca Mahuida descansan sobre el Senoniano continental.

En la margen norte del río Colorado, en territorio pampeano, la entidad cubre en discordancia a la Formación Roca. En la margen sur, depósitos cuaternarios

suprayacen a esta formación, entre ellos niveles de terraza y depósitos que cubren niveles pedimentados.

#### *Edad y correlaciones*

Mientras Wichmann (1928) asignó estas rocas al Plioceno, Sobral (1942) consideró la sección inferior de edad pre-pliocena y la superior más moderna.

La fauna de la Formación Vaca Mahuida está integrada por un bivalvo (*Diplodon glaucus* n.sp.) de agua dulce y un número reducido de especies típicamente marinas. La secuencia representa el pasaje de un ambiente marino a otro dulceacuícola y la edad del conjunto sólo puede deducirse mediante el estudio de los fósiles presentes en el primer hábitat (Uliana y Camacho, 1975). La existencia de *Venericardia* (*Venericor*) sp. y *Iheringiana patagonensis* (Desor) llevaron a Uliana y Camacho (1975) a adjudicar a la formación al Eoceno, probablemente Eoceno superior. La fauna citada sugirió a estos autores la vinculación de la Formación Vaca Mahuida con los “estratos con *Monophoraster* y *Venericor*”, que son las típicas sedimentitas originadas por la transgresión “patagoniana” que afloran desde el golfo San Jorge hasta San Antonio Oeste en la costa patagónica. En la actualidad, a esa unidad informal se la reconoce como Formación Gaiman en la región del río Chubut y Formación Chenque en la del golfo San Jorge. Ambas formaciones de acuerdo con estudios micropaleontológicos y microflorísticos recientes son atribuidas al Oligoceno tardío-Mioceno temprano (Malumián, 1999).

Franchi *et al.* (1984:222), de acuerdo con el hallazgo de invertebrados marinos ya indicado (Uliana y Camacho, 1975), asignaron esta unidad al Eoceno tardío aunque el contenido de vertebrados (restos de mamíferos) traslada el biocrón al Mioceno medio.

Concluyeron que “*las capas de la Formación Vaca Mahuida corresponden a un intervalo estratigráfico condensado, donde alrededor de 25 Ma están representados por 50 m de sedimentitas.*”

Malumián (1999) expresó que, en parte, la Formación Vaca Mahuida, específicamente la sección que contiene la fauna de *Monophoraster* y *Venericor*, es de edad atribuible al Eoceno cuspidal.

Aceptando la vinculación de la fauna marina de la Formación Vaca Mahuida con la “patagoniana” según fuera propuesto por Uliana y Camacho (1975), la edad máxima de la unidad debería considerarse como oligocena tardía-miocena temprana, si se tiene en cuenta la información más reciente sobre la edad de la transgresión. Se puede admitir entonces la correlación de la sección marina de la Formación Vaca Mahuida con las unidades depositadas por la misma ingresión en la costa patagónica, como las formaciones Gaiman y Chenque. Ello, sumado a la presencia de fósiles de vertebrados de Edad Mamífero Friasense hallados en la localidad de Aguará (Uliana, 1979, Franchi *et al.*, 1984) permite extender la edad de la Formación Vaca Mahuida al Mioceno medio.

Según esta interpretación, esta unidad no sería correlacionable con la Formación El Fresco, que aflora en la sierra de ese nombre en el suroeste de La Pampa, y cuya edad eocena está bien documentada (Melchor y Casadío, 2000), según postularan Melchor *et al.* (1992) y Uliana (1979), quien planteó la equiparación de la Formación Vaca Mahuida con los “Estratos Post- Rocanenses” (= Formación El Fresco).

Es de destacar que tienen plena vigencia las consideraciones de Uliana (1979), quien estimó, en función de las similitudes litológicas y por relaciones de yacencia, que la Formación Vaca Mahuida sería aproximadamente sincrónica con la Formación Chichinales.

### 2.2.3. NEÓGENO

#### 2.2.3.1. Mioceno inferior - Mioceno medio

##### **Formación Chichinales (6)**

*Tufitas, areniscas, tobas, limolitas, arcilitas, conglomerados*

##### *Antecedentes*

Las primeras descripciones de esta unidad corresponden a Doering (1882), quien llamó Formación detrítica del Chichinal a un conjunto de estratos sedimentario-piroclásticos aflorantes en ambas márgenes a lo largo del curso superior del río Negro.

Otros estudios destacados de esta entidad son los de Conwentz (1885); Roth (1908), quien la mapeó como Formación de las tobas de transición; Wichmann (1916), que le dio el nombre de Capas de Chichinales; Windhausen (1918) y Wichmann (1919), quien mencionó por primera vez su similitud con las tobas de Collón Curá.

Fossa Mancini *et al.* (1938) fueron quienes dieron denominación formal al designarla Formación (de) Chichinales. Importantes aportes al conocimiento de la entidad fueron hechos por Groeber (1945, 1955); Weber (1964, 1972); de Ferrariís (1966; quien la nominó Formación Colloncurensis) y Uliana (1979). Leanza y Hugo (1997), en el área de la Hoja Picún Leufú, correlacionaron esta unidad con las formaciones Cerro Bandera y Naupa Huen, separándolas claramente de las sedimentitas de la Formación Collón Curá.

##### *Distribución areal*

La Formación Chichinales, dentro del área relevada, tiene escasa exposición, se localiza en el ángulo sudoeste de la Hoja, semicubierta por material detrítico de los depósitos que cubren el nivel pedimentado (13). En ese sector, también aflora en forma discontinua en la barda que limita el río Negro, en parte enmascarada por depósitos coluviales y por los depósitos aterrazados que se distinguen en el valle del río, que cubren a las sedimentitas de esta formación y a las de la Formación El Palo.

##### *Litología*

La unidad se caracteriza por una composición variable en sentido vertical y lateral, con predominio de tufitas castaño claras, friables y masivas, entre las que alternan niveles de areniscas castaño-grisáceas con estratificación entrecruzada de bajo ángulo y marcas de corriente. Con carácter subordinado, alternan limolitas y arcilitas verde claro a oscuro, areniscas y conglomerados cementados por carbonatos dispuestos en lentes delgados, limolitas y tufitas gris blanquecinas a castaño claras, masivas y bastante friables. Hacia la parte superior la composición es relativamente uniforme, con limolitas arenotobáceas gris blanquecino a castaño claro.

Weber (1964) dividió a la Formación Chichinales en dos miembros, el inferior o Miembro Farré y el superior o Miembro Chichinales. El primero, constituido por una toba gris con abundantes concreciones calcáreas con restos fósiles de mamíferos y placas de tortugas, no aflora en el ámbito de la Hoja Gober-

nador Duval. El Miembro Chichinales está conformado por una toba gris casi blanca con concreciones calcáreas, cubierta por una arenisca blanquecina o amarillenta de grano medio a grueso, con restos de troncos silicificados e intercalaciones de limolitas arcillosas y limolitas tobáceas, poco consolidadas. Una característica esencial de estos depósitos del Miembro Chichinales es la estratificación bien marcada, en forma de lentes muy delgadas de extensión amplia.

Según Leanza y Hugo (1999a), merece destacarse que los niveles basales de la Formación Chichinales están afectados por la influencia del relieve previo del sustrato cretácico, acusando espesores un tanto disímiles según las regiones que se consideren. Hacia la parte superior, una vez rellenados los espacios de sedimentación disponibles, existe una mayor monotonía litológica y continuidad lateral en la sedimentación.

#### *Ambiente*

Weber (1972) señaló que se trata de sedimentos netamente continentales provenientes de la erupción de volcanes, que se depositaron por lo menos en parte en ambiente de lagunas y cuyo depósito rellenó cuencas preexistentes, adosándose al relieve.

Uliana (1979) expresó que, de acuerdo con la asociación paleontológica (fauna y flora), el ambiente de sedimentación es netamente continental. Además, la litología indica el carácter fluvial con moderado a escaso gradiente, así como de cuerpos de agua dulce, someros hasta pantanosos, características que predominan hacia el tramo inferior del perfil.

De forma análoga, Leanza y Hugo (1999a) indicaron que la unidad se depositó en un paleoclima de carácter continental de tipo subtropical. Basándose en el conjunto de caracteres litológicos y faunísticos expresaron que las condiciones de sedimentación correspondieron a cursos fluviales con moderado a escaso gradiente, con cuerpos de agua someros y áreas pantanosas. La fauna de vertebrados presente consiste en formas subtropicales de hábito pastador en áreas abiertas, en las que se destacaban grupos arbóreos, como lo denota el frecuente registro de troncos fósiles aislados.

#### *Contenido paleontológico*

La Formación Chichinales tiene un abundante contenido fosilífero, que según Weber (1972), se halla dentro del miembro inferior (Miembro Farré).

Distintos investigadores mencionaron numerosos restos de mamíferos como *Cramauchenia*

sp., *Peltephilus* sp., *Colpodon* sp., *Hegetotherium* sp., Edentata y Chelonia (Windhausen, 1918, 1922), *Thoatherium* sp., *Protherotherium*, *Adinotherium* y *Prozaedius* sp. (Weber, 1964), todas citas en Pascual et al. (1984). Barrio et al. (1989) refirieron la presencia, en perfiles de la localidad de Paso Córdoba al sudoeste de la Hoja Gobernador Duval, de los órdenes Polyprotodonta, Edentata, Glyptodontidae, Rodentia, Litopterna y Notoungulata; de reptiles (*Geochelone* sp., *Pleurodira* indet.) y de aves (*Psilopterinae* indet.).

Wichmann (1916) citó dicotiledóneas y diatomeas; mientras que Galante (1959) halló restos de troncos del género *Betuloxylon* sp. Posteriormente, Uliana (1979) encontró diatomeas (*Melosira*, *Tabellaria* y *Navicula*).

#### *Relaciones estratigráficas*

Los sedimentos que habrían de constituir a la Formación Chichinales se depositaron sobre un relieve preexistente labrado en las sedimentitas del Cretácico superior y Paleógeno, sobre las que se apoya mediante una discordancia de erosión y un hiato considerable. En el área estudiada no se observa la base de la unidad, aunque perforaciones realizadas por YPF, unos 10 km al sur del borde meridional de la Hoja, evidencian que se apoya en discordancia sobre el Grupo Neuquén. El contacto con la Formación Roca es discordante y en otros casos poco visible, asentándose, además, sobre un relieve labrado en arcilitas de la Formación Allen (Weber, 1972).

La unidad está cubierta parcialmente por material de acarreo moderno y por los depósitos que cubren el pedimento (13).

#### *Edad y correlaciones*

Como ya lo sostuvo Uliana (1979), es difícil establecer la edad de la Formación Chichinales.

El hallazgo efectuado por Windhausen (1918) de *Cramauchenia* sp. y *Colpodon* sp. en la sección media de la serie, determinó que todo el paquete sedimentario fuese incluido en el Oligoceno. Debido a éstos y otros fósiles, Barrio et al. (1989) le confirieron una edad mamífero Colhuehuapense (Oligoceno tardío- Mioceno temprano).

Groeber (1951), al homologar la Formación Chichinales con los depósitos colloncurenses, le asig-

nó una edad miocena. Distintos autores que estudiaron los depósitos tobáceos de tipo “colloncurenses”, como Pascual *et al.* (1984), le atribuyeron una edad miocena media por el contenido fosilífero, mayoritariamente de vertebrados correspondientes a la edad Friasense.

Weber (1972) sostuvo que el conjunto de fósiles presente es de edad santacruceña, haciendo la salvedad de que ninguno de ellos caracteriza una edad determinada y todos abarcan más de una.

Por su carácter litológico y posición dentro de la secuencia, Uliana (1979) expresó que la entidad es equiparable con la Formación Collón Cura de Neuquén y Río Negro, y que su sección inferior es correlacionable con la Formación Naupa Huen. Debido al contenido fosilífero postuló un período de acumulación correspondiente al intervalo Colhuehuapense-Friasense, es decir Oligoceno superior hasta Mioceno superior.

Según indicaron Pascual *et al.* (1984), las “capas de Chichinales” aparecen como un complejo formacional que aparentemente representaría el lapso Oligoceno tardío-Mioceno medio.

Leanza y Hugo (1997) concluyeron que sedimentitas correlacionables con la Formación Chichinales, que dichos autores incluyeron dentro de las formaciones Cerro Bandera y Naupa Huen, tienen contenido paleontológico del Colhuehuapense-Santacruceño, es decir Oligoceno superior-Mioceno inferior. Por otra parte, y en contraposición con la opinión sustentada por Groeber (1951) y Uliana (1979), consideraron que las sedimentitas de la Formación Collón Cura que se apoyan en paraconcordancia sobre las primeras, se ubican en el Mioceno medio y son equivalentes a la edad mamífero Friasense, criterio compartido con Bondesio *et al.* (1980) y Pascual *et al.* (1984).

Ardolino *et al.* (1999) también mencionaron las tobas de la Formación Chichinales como partícipes del episodio efusivo que dio origen a los depósitos colhuehuapenses, que ocurrieron durante el Oligoceno y parte del Mioceno.

Por su parte, Malumián (1999) ratificó que el Mioceno medio continental está representado por los depósitos de esta unidad.

Flynn y Swisher (1995), en un trabajo basado en geocronologías isotópicas y polaridad magnética, consideraron que la edad mamífero Colhuehuapense correspondería al Mioceno inferior (aproximadamente 22-24 Ma), en cuyo caso el inicio de la Formación Chichinales no debería adjudicarse al Oligoceno superior tardío sino al Mioceno inferior.

En este trabajo y basados en los antecedentes expuestos, los autores adjudican esta unidad al lapso Mioceno inferior-Mioceno medio.

### 2.2.3.2. Mioceno medio tardío

#### **Formación Los Loros (7)**

*Fangolitas, limolitas, arcilitas, areniscas*

##### *Antecedentes*

La denominación de Formación Los Loros fue introducida por Uliana (1979) y formalizada por Franchi *et al.* (1984), para designar la secuencia sedimentaria desarrollada entre el techo de la Formación Vaca Mahuida y la base de la Formación El Palo. La primera alusión a estas sedimentitas fue de Windhausen (1912, 1914) al incluirlas en su denominado Piso Rocanense; Wichmann (1924) las separó de las capas de la Formación Roca, considerando que forman la sección inferior de un conjunto sedimentario que se homologaría con las “Areniscas del Río Negro”. Un concepto similar fue adoptado por Biondi (1933), Sobral (1937) y Miranda (1960).

Padula (1951) postuló la existencia de una discordancia erosiva que separa las sedimentitas de esta unidad de las areniscas grisáceas que se encuentran por arriba, a las que denominara Plioceno Blanco y que corresponderían a la Formación El Palo. La misma posición es tomada por otros investigadores, como Groeber (1955) y de Ferrariis (1966).

Weber (1972), al describir depósitos semejantes a los aquí tratados en Jagüel de los Milicos, dentro del ámbito de la presente Hoja, los consideró como pertenecientes a la sección inferior de la Formación Río Negro bajo la denominación de Miembro El Carrizo. Sin embargo, en el presente trabajo se considera que corresponderían a sedimentitas de la Formación Los Loros por su litología y por su relación estratigráfica con la Formación Río Negro.

##### *Distribución areal*

La unidad aparece en afloramientos de reducida extensión y en forma aislada al pie de la ladera de la sierra Vaca Mahuida, situada inmediatamente al sur del dique de Casa de Piedra.

##### *Litología*

Evidencia un neto predominio de sedimentitas de granulometría fina, especialmente fangolitas ro-

jas a castaño rojizas, masivas, con concreciones calcáreas blanquecinas e intercalaciones de limolitas de color castaño claro y arcilitas rojas. En forma subordinada presenta areniscas grises de grano fino y poco coherentes.

Los cambios de facies son de escasa significación y se presentan especialmente hacia la base de la unidad (Uliana, 1979), la que posee espesores totales del orden de 20 a 30 metros.

#### *Ambiente*

Esta entidad se desarrolló en un ambiente netamente continental, bajo evidentes condiciones de oxidación.

Uliana (1979) interpretó que se trata de un ambiente fluvial de bajo gradiente, con extensas llanuras de inundación en las que ocasionalmente se formaban pequeños cuerpos de agua, evidenciados por las concreciones calcáreas y el contenido fosilífero.

#### *Contenido paleontológico*

En la localidad tipo se observó la existencia de anuros, como *Gigantobatrachus parodii* y *Wawelia gerholdi* (Miranda, 1960), que fueron clasificados por Casamiquela (1963).

Por su parte, Pascual *et al.* (1984) hicieron referencia a la presencia de restos de mamíferos, como Mesotheriinae, *Cullinia levis* y *Eucholoeops* sp.

#### *Relaciones estratigráficas*

En el área relevada no se advierte la base de la Formación Los Loros, aunque como indicara Uliana (1979), en la zona del yacimiento Rinconada se apoya sobre la Formación Vaca Mahuida en forma levemente discordante, contacto que ya no es observable desde el llenado de la presa Casa de Piedra. Fuera de la Hoja, el contacto es paraconcordante por lo menos a nivel local, aunque del análisis de puntos algo distanciados surge la evidencia de una discordancia precedida por un episodio de ligera basculación y erosión de carácter regional, apoyándose sobre sedimentitas de las formaciones Roca, Jagüel y Río Colorado.

La Formación Los Loros está cubierta por las areniscas de la Formación El Palo, discordancia erosiva mediante. Tal como indicó Padula (1951), la formación suprayacente está rellenando un relieve previo labrado en la Formación Los Loros, situación que no es fácilmente perceptible debido al poco contraste litológico. Si bien en los afloramientos situados al oeste de la Hoja

Gobernador Duval esta característica está poco marcada, hacia el este es aún menos evidente, por lo que el pasaje es difuso y coinciden con la base del primer nivel de arenisca gris azulada (Uliana, 1979).

#### *Edad y correlaciones*

Los restos de vertebrados exhumados permiten asignar al conjunto una edad Friasense, acumulándose hacia el Mioceno tardío, opinión sustentada por Casamiquela (1963), Pascual y Odreman Rivas (1971) y Uliana (1979).

Tomando en cuenta los vertebrados hallados, Uliana (1979) indicó que la Formación Los Loros sería aproximadamente contemporánea con los depósitos genéricamente denominados "colloncurenses", asimilados a la parte superior de la Formación Chichinales, los que se habrían depositado en cuencas de naturaleza semejante, adyacentes y sin comunicación. Por otro lado, considerando el contacto poco definido entre las formaciones El Palo y Los Loros, concluyó que esta última podría ser algo más joven que la Formación Chichinales, asignando la unidad tentativamente al Mioceno más tardío-Plioceno temprano.

De manera similar y tomando en cuenta el contenido fosilífero, Pascual *et al.* (1984) ubicaron esta unidad en el Mioceno medio tardío, criterio que se sigue en este trabajo.

Esta formación sería equivalente a la Formación Gran Salitral, definida en el ámbito de la Hoja La Reforma por Melchor y Casadío (2000), colindante al norte con la presente Hoja, para la que sugieren una edad que no puede ser mayor que miocena. Sin embargo, Melchor (2002) redefinió la Formación Gran Salitral, manteniendo con esa denominación a la facies carbonática de origen lacustre y reubicando la unidad en el Eoceno inferior. Las facies arenosas y loésicas, similares a las sedimentitas de la Formación Los Loros, fueron reasignadas a la Formación Cerro Azul (Linares *et al.*, 1980) aunque la edad que se le atribuye es pliocena.

#### 2.2.3.3. Mioceno superior - Plioceno inferior

##### **Formación El Palo (8)**

*Areniscas gruesas, areniscas limosas, fangolitas, fangolitas arenosas, limolitas arenosas*

#### *Antecedentes*

En general se considera que esta secuencia sedimentaria es equiparable a distintas entidades

reconocidas en la región patagónica y que se agrupan bajo el nombre genérico de “Rionegrense”.

D’Orbigny (1847) definió como Grès Azuré al conjunto sedimentario reconocido en los valles de los ríos Colorado y Negro.

Windhausen (1914) denominó a sedimentitas similares aflorantes en Barranca del Palo como Areniscas del Río Negro. Wichmann (1924), quien llamó Pliocénico a “*capas pliocénicas constituidas por areniscas grises, con yeso y capas arcillosas, por debajo de los Rodados Patagónicos*” y a las que incorporó las margas coloradas de la base del perfil de Windhausen (1914), consideró la semejanza de toda la sucesión con las Areniscas del Río Negro, siendo la sección de areniscas entrecruzadas la que corresponde a lo que se denomina, en la actualidad, Formación El Palo. También Sobral (1942) hizo referencia a estas sedimentitas, reconociéndolas como pertenecientes al Plioceno, compuestas por areniscas calcáreas, amarillas, grises y rojizas, con intercalaciones de arcillas moradas y coronadas por una capa de rodados.

Padula (1951) definió como Plioceno superior a las areniscas grisáceas que están por arriba de las sedimentitas de la Formación Los Loros y que pertenecen a la entidad que aquí se nombra Formación El Palo. Por su parte, Vilela y Riggi (1953), al citar sedimentitas similares en la margen derecha del río Chadileuvú, al nordeste y fuera de la Hoja, describieron los depósitos como pertenecientes al Chasicense.

De Ferrariis (1966) ubicó el límite depositacional de la Formación Río Negro a unos 20 a 40 km al sudoeste del río Chadileuvú, al sur de la laguna La Amarga. Dividió la unidad en tres miembros, de arriba a abajo: Bayo Mesa, Alcafilo y Paso de Indios, constituyendo los dos últimos la Formación El Palo (Ardolino y Franchi, 1996).

Uliana (1979) fue quien definió a la Formación El Palo (el carácter formal se debe a Franchi *et al.*, 1984), detallándola como un conjunto de psamitas de color gris azulado y gris verdoso con estratificación entrecruzada que se ubican estatigráficamente entre las formaciones Chichinales y Los Loros por debajo y la Formación Bayo Mesa por arriba. Situó el perfil tipo a 6 km al oeste-suroeste del paraje denominado Barranca del Palo (Departamento General Roca, provincia de Río Negro), a unos 50 km del límite occidental de la Hoja. Correlacionó la unidad con las citadas Areniscas de Río Negro de Windhausen (1922) y Wichmann (1924), el Rionegrense de Groeber (1959) y Galante (1959), parte del

Plioceno Blanco de Padula (1951), con la parte superior del Plioceno Rionegrense de Biondi (1933), las Camadas Pliocénicas de Sobral (1937), el Grupo Superior de Miranda (1960) y el Miembro Paso de los Indios de la Formación Río Negro (de Ferrariis, 1966).

Visconti *et al.* (1993) consideraron a sedimentitas aflorantes al sur de la laguna La Amarga, en territorio pampeano, como incluidas entre las denominadas genéricamente como “Rionegrense” y equivalentes a los depósitos de la Formación El Palo.

De la misma manera, y tal como señalaron Melchor y Casadío (2000) inmediatamente al norte de la región aquí tratada, estas sedimentitas epiclásticas podrían ser equivalentes a la sección inferior de la que Llambías (1975) denominó Formación El Sauzal.

Si bien la equivalencia entre las formaciones El Palo y Río Negro está basada preponderantemente en la presencia de las areniscas azuladas con estratificación entrecruzada, Uliana (1979) indicó que esta litología es frecuente en el norte de la Patagonia, con posterioridad a la ocurrencia del evento volcánico mioceno. Por ello, no consideró como correlacionables las unidades citadas sino que las diferenció dentro de las areniscas azuladas aflorantes en la región, fundamentando esa separación en razones de índole litológica, relaciones de yacencia y posición topográfica.

De manera análoga, en este trabajo los autores estiman que las formaciones El Palo y El Sauzal, si bien son similares desde el punto de vista litológico, por evolución y edad son diferenciables.

#### *Distribución areal*

Esta unidad aflora en la parte superior de las barrancas que bordean las extensas y discontinuas planicies que se extienden en el sector rionegrino de la Hoja, por debajo de la cubierta conglomerádica de la Formación Bayo Mesa. En territorio pampeano, se observa en la barranca que limita por el norte a los Depósitos aluviales aterrizados del primer nivel (12a) y en la sección inferior de las bardas que bordean la laguna La Amarga y algunos sectores del río Colorado.

#### *Litología*

Corresponde a un conjunto de estratos gruesos a muy gruesos de areniscas gris azuladas a gris verdosas, con estructura interna entrecruzada en artesas de escala grande y ángulo alto, de un espesor promedio entre 50 y 80 metros. En forma de

intercalaciones de espesor variable, se presentan fangolitas y fangolitas arenosas castaño claro y castaño rojizas (con niveles lenticulares de caliza impura y paleosuelos), limolitas arenosas y areniscas limosas gris blanquecino, masivas, muy friables y con abundante detrito piroclástico.

Visconti *et al.* (1993) describieron seis perfiles levantados en la barranca sur de la laguna La Amarga y determinaron la existencia de 6 facies. Facies I: conglomerado fino clasto sostén, gris pardusco; Facies II: areniscas grises gruesas a muy gruesas hasta conglomerádicas finas y areniscas grises medianas; Facies III: areniscas limosas pardo rosadas de tamaño mediano; Facies IV: areniscas limosas pardo rosadas de tamaño fino, friables; Facies V: pelitas rojas a rosadas, y una Facies VI conformada por el material tobáceo que se encuentra intercalado en las restantes facies.

### *Ambiente*

Las sedimentitas que componen la Formación El Palo son propias de un ambiente continental fluvial, con lagunas y pantanos (Uliana, 1979).

Según Malumián (1999) y citando a Alberdi *et al.* (1997), el ambiente está representado por planicies aluviales con lagunas y pantanos, bosques y pastizales. Por similitud de las faunas del centro de la Argentina, concluye que las condiciones ambientales subtropicales del Mioceno tardío-Plioceno fueron similares desde el norte de la Argentina hasta el norte de la Patagonia.

Varios fueron los autores que describieron esta característica. Entre ellos, Visconti *et al.* (1993:104) concluyeron que “la secuencia sedimentaria silicoclástica granodecreciente, con facies de canal, barra en espón, albardón, desborde y llanura de inundación, sumado a la presencia de canales abandonados, determinan un sistema fluvial del tipo meandriforme de alta sinuosidad, con depósitos tobáceos intercalados.”

### *Contenido paleontológico*

La Formación El Palo es portadora de una abundante fauna fósil. Uliana (1979) mencionó el hallazgo, en el faldeo norte del cerro Vaca Mahuida, de fragmentos de dientes y molares presumiblemente de un mamífero. Pascual *et al.* (1984) señalaron, en los valles de los ríos Colorado y Negro, la presencia de mamíferos fósiles que clasificaron como de los géneros *Kraglievichia* sp., *Plohophorinae* inc. sed., *Aspidocalyptus* sp. y *Panoctini* sp. inc. sed.

Visconti *et al.* (1993) citaron por primera vez la existencia de dientes de peces de la familia Serrasalminae (*Teleostei*, *Characidae*) y restos de un molar de *Chasicomys* sp. (Rodentia, Octodontidae).

### *Relaciones estratigráficas*

Es difícil separar la Formación El Palo de la Formación Los Loros que la subyace a causa de sus similitudes litológicas. Al respecto, Franchi *et al.* (1984) establecieron convencionalmente como contacto la base del paquete arenoso con estratificación entrecruzada, al realizar estudios hacia el este de Aguará, dentro de esta Hoja. Además, estimaron posible que la sección inferior de la Formación El Palo en el entorno de Villa Regina-General Roca (inmediatamente al sur de la zona de estudio), represente una acumulación sincrónica con las capas de la Formación Los Loros (Uliana, 1979).

En aquellos lugares donde la Formación Los Loros no se depositó o bien fue erosionada, esta formación apoya discordantemente sobre las formaciones Vaca Mahuida y Roca mediante una discordancia angular de muy bajo grado, biselándolas hacia el este y guardando la misma relación discordante con la Formación Chichinales (Weber, 1964).

A pesar de haberse encontrado algunos pasajes graduales entre la Formación El Palo y la Formación Bayo Mesa, se coincide con la existencia de una discordancia de erosión leve, ya que la unidad suprayacente tiene estructuras de corte y relleno en la base (Weber, 1972). La Formación El Palo también está cubierta por los Depósitos que cubren niveles de pedimentos, los que se forman a expensas de su destrucción y por las sedimentitas de la Formación El Sauzal.

### *Edad y correlaciones*

Esta unidad ha recibido distintas asignaciones cronológicas, las que fluctúan desde el Mioceno (Groeber, 1951), Plioceno (Roth, 1908; Pascual *et al.*, 1965; Scillato Yané *et al.*, 1976; Casamiquela, 1984) hasta Pleistoceno (de Ferrariís, 1966), tal como indica Weber (1972) quien aceptó una edad pliocena para estas sedimentitas.

Mientras Wichmann (1928) y Sobral (1942) concordaron en asignar una edad pliocena a los depósitos de esta unidad, Di Gregorio y Uliana (1980) la acotaron considerando que son del Plioceno medio con dudas.

De Ferrariís (1966), al estudiar la Formación Río Negro de la provincia de Buenos Aires, determinó

una edad pleistocena al estimar que estos depósitos son sincrónicos o pasan lateralmente a los sedimentos pampeanos.

Uliana (1979), basándose en observaciones regionales y correlaciones litológicas, concluyó que la Formación El Palo se habría acumulado hacia el Plioceno medio.

Pascual *et al.* (1984) sostuvieron que los últimos vertebrados del Terciario registrados son los provenientes de la Formación Río Negro asignados a la edad Huayqueriense. De la misma manera, como expresaron Franchi *et al.* (1984), debido a restos de mamíferos hallados por Uliana (1979) al oeste de la Hoja Gobernador Duval, unos 10 km al este de Gobernador Ayala (La Pampa), esta entidad es atribuida a la edad Huayqueriense es decir Mioceno terminal (Pascual y Odreman Rivas, 1973). Sin embargo, estos últimos autores (en Linares *et al.*, 1980) la habían asignado al Plioceno medio.

Visconti *et al.* (1993), en sus investigaciones en el sudoeste de la laguna La Amarga, hallaron dientes de peces de la subfamilia Serrasalminae (*Teleostei*, *Characidae*), lo que constituye la primera cita en el sur de La Pampa de esta ictiofauna de agua dulce, común en planicies de inundación. Además, encontraron un fragmento molariforme de *Chasicomys* sp. (Rodentia, Octodontidae), por medio del cual se asignó esta formación al Mioceno tardío, ya que la única especie de este género proviene de la Formación Arroyo Chasicó (edad Chasicuense; Pascual, 1967).

Por último, Malumián (1999) indicó que la fauna de mamíferos contenida en la entidad permite asignar una edad de  $4,41 \pm 0,50$  Ma, ubicándola en el Plioceno inferior.

Teniendo en cuentas las opiniones antedichas, los autores de esta Hoja ubican a la Formación El Palo en el Mioceno superior-Plioceno inferior.

## 2.2.4. NEÓGENO-CUATERNARIO

### 2.2.4.1. Plioceno superior - Pleistoceno inferior

#### **Formación Bayo Mesa (9)**

*Conglomerados, areniscas gruesas*

#### *Antecedentes*

La denominación de Bayo Mesa fue propuesta por de Ferrariis (1966) quien distinguió como Miembro Bayo Mesa, dentro de su Formación Río Negro,

a la “*agrupación rudítica que corona el ciclo sedimentario iniciado con el Miembro Paso de los Indios*”.

Esta entidad forma parte de los depósitos de conglomerados que constituyen la parte superior de las grandes mesetas patagónicas y que complejivamente recibieron distintas nominaciones a lo largo de la historia. Doering (1882) los llamó Formación Tehuelche, mientras que Mercerat (1893), Windhausen (1914) y Cortelezzi *et al.* (1965) los designaron Rodados Tehuelches. Wichmann (1924) les dio el nombre de Rodados Patagónicos y Groeber (1955) los asignó al II nivel de piedemonte vinculado a la glaciación Colorado, en tanto que Groeber (1939), Tapia (1939) y Vilela y Riggi (1956) los adjudicaron al tercer nivel de piedemonte. Uliana (1979) englobó dentro de ellos a un conjunto de acumulaciones de grava aterrazada que se disponen a distintas alturas dentro de los valles de los ríos Colorado, Neuquén y Negro; aunque en principio sostuvo que estas sedimentitas pueden ser consideradas como Rodados Patagónicos, las diferenció expresando que tienen características propias y distintivas, siendo una unidad litoestratigráfica independiente por lo que les dio carácter formacional, con la denominación del epígrafe. Si bien la localidad tipo considerada por de Ferrariis (1966) se encuentra en el cerro Bayo Mesa, Uliana (1979) estableció el perfil tipo en Barranca del Palo-Sierras Blancas, todas localidades al oeste de la Hoja Gobernador Duval.

Numerosos autores han estudiado estos depósitos desde el punto de vista genético, entre los que se destacan Darwin (1846), Doering (1882), Ameghino (1906), Cortelezzi *et al.* (1968), Fidalgo y Riggi (1970) y Lapidó y Pereyra (1999).

#### *Distribución areal*

La Formación Bayo Mesa se extiende en forma amplia en la porción rionegrina de la Hoja, coronando la meseta que se desarrolla en el sector ubicado al sur del río Colorado, de suave pendiente hacia el nordeste, discontinua y con el desarrollo típico de bajos endorreicos o relictos de erosión.

#### *Litología*

En general, la entidad se halla cubierta por sedimentos finos de origen eólico y por la vegetación arbustiva típica de la zona; por ello en ocasiones los afloramientos no son continuos sino que aparecen a manera de relictos relativamente aislados. Sin embargo, a los efectos del mapeo geológico se la consi-

deró como una unidad ininterrumpida, constituyendo el nivel más alto de la zona de estudio.

El manto psefítico está compuesto por conglomerados de color gris castaño claro, integrados por clastos redondeados a subredondeados con predominio de volcanitas principalmente de composición básica, cuyo eje mayor alcanza hasta 15 cm de longitud. En forma subordinada, presenta areniscas de color gris amarillento de grano grueso dispuestas en forma lenticular y también como matriz entre los clastos. Estos clastos están cementados por material calcáreo blanco grisáceo, que hacia la parte superior del perfil se hace más abundante. La relación clastos/cemento es del orden de 70/30 en los términos inferiores y llega hasta 50/50 hacia el techo, lo que le otorga a la unidad una gran resistencia a la erosión.

Las mejores exposiciones se localizan en los cañadones y en las canteras de ripio, donde se observa una potencia visible promedio de 3 m, con espesores máximos de 10 a 15 metros. Böhm y Palma (1960) midieron un espesor de 6 m en perfiles realizados en la zona de Casa de Piedra.

#### *Ambiente*

Cortelezzi *et al.* (1968) consideraron a la sierra de Auca Mahuida, situada al norte de la provincia del Neuquén, como área de aporte de los depósitos que se ubican entre los ríos Colorado y Negro, a partir de cuyos niveles de piedemonte, llegan hasta la zona estudiada por fenómenos gravitacionales y por acción del flujo laminar.

En forma amplia y aplicable a los depósitos aquí tratados, Fidalgo y Riggi (1970) expresaron que los Rodados Patagónicos forman parte de diferentes unidades geológicas elaboradas durante sucesivas etapas estrechamente vinculadas con repetidos cambios de nivel de base y que los procesos de mayor significación en el origen de esta entidad están relacionados con pedimentación, acción fluvial y remoción en masa, sin intervención de la acción glaciaria.

Lapido y Pereyra (1999), con un criterio geomórfico, dividieron los Rodados Patagónicos en dos grandes grupos, incluyendo la zona que nos ocupa en la zona Norte, vinculados con los ríos Colorado y Negro. Establecieron que en ella “*los diferentes niveles de rodados se deberían a la existencia de diferentes pulsos de agradación pedemontana, conformando extensos abanicos aluviales asociados con la Orogenia Andina y desarrollados con posterioridad a la fase Quéchuica (Mioceno).*”

#### *Relaciones estratigráficas*

La Formación Bayo Mesa se apoya en discordancia erosiva sobre la Formación El Palo. Al respecto, Uliana (1979) sostuvo que “*la gradual desaparición del tramo superior de la Formación El Palo ... parece indicar que la superficie basal de la Formación Bayo Mesa bisela regionalmente a su sustrato*”, aunque aclara que es “*difícil de comprobar debido a que el efecto erosivo es muy suave y se manifiesta a lo largo de una distancia considerable*”.

#### *Edad y correlaciones*

En cuanto a la edad de esta unidad, varios son los criterios sustentados por los diferentes autores. Para Uliana (1979) no resulta posible ubicarla en forma precisa en el tiempo; sin embargo diferenció la Formación Bayo Mesa de los llamados Rodados Patagónicos a los que colocó en el Cuaternario. Por su parte, Franchi *et al.* (1984) indicaron que la edad no está definida, “*pudiendo oscilar entre el Plioceno y el Cuaternario*”.

Por último, Leanza y Hugo (1997) consideraron que la edad correspondería al Plioceno superior-Pleistoceno inferior, que es la que se sigue en este informe.

### 2.2.5. CUATERNARIO

#### 2.2.5.1. Pleistoceno inferior

#### **Depósitos de la planicie aluvial antigua del Jagüel de Canale (10)**

*Gravas, arenas y limos*

Esta unidad aflora en el sector suroccidental de la Hoja, en la loma de Kauffman constituyendo un asomo de pequeñas dimensiones. Hacia el oeste tiene su mayor exposición en la Hoja Neuquén.

Los únicos antecedentes con que cuentan estos depósitos son los de Weber (1972) quien los mapeó como Miembro Paso de Los Indios de la Formación Río Negro y los de Uliana (1979), quien los incluyó en su Formación Lomas Coloradas, en la que agrupó a depósitos en tránsito sobre superficies de pedimentación.

Está compuesta por gravas, arenas y limos inconsolidados que forman la parte superior de la superficie mesetiforme desarrollada desde el NE del lago Pellegrini (Rodríguez *et al.*, 2006) hasta la loma de Kauffman.

Esta unidad fue definida por Rodríguez *et al.* (2006) y caracterizada como informal, sobre la base de su morfología general y su ubicación al NE del lago Pellegrini. Por ambas razones, se hizo difícil su inclusión como un antiguo depósito fluvial del río Negro y se la separó como entidad independiente.

### **Formación El Sauzal (11)**

*Areniscas gruesas, areniscas tobáceas, limolitas arenosas, limolitas arcillosas, arcilitas, conglomerados, cineritas, yeso*

#### *Antecedentes*

Las primeras descripciones correspondientes a esta unidad fueron hechas por Wichmann (1928) y Sobral (1942) en referencia a sedimentitas similares a las de esta formación en el ámbito occidental de la provincia de La Pampa. Llambías (1975) la denominó formalmente como Formación El Sauzal.

Linares *et al.* (1980) hicieron una detallada reseña de esta formación, mientras que Melchor y Casadío (2000) consideraron a sedimentitas epiclásticas aflorantes inmediatamente al norte de la región aquí tratada, como equivalentes a la sección inferior de la formación del epígrafe.

La sección conglomerádica superior de la Formación El Sauzal ha sido señalada por algunos autores como una entidad distinta. Sobral (1942) separó el manto de rodados de las sedimentitas inferiores, indicando la presencia de una discordancia visible en las cercanías de Gobernador Ayala y El Sauzal (al oeste de la provincia de La Pampa). Al no poder comprobar su existencia, Linares *et al.* (1980) optaron por incorporar esa sección conglomerádica a la Formación El Sauzal. Por su parte, Espejo y Silva Nieto (1996) describieron sedimentitas similares, situadas al este de la zona estudiada bajo la denominación de Formación Tehuelche, separándolas también de las sedimentitas inferiores a las que consideraron como Formación Río Negro.

#### *Distribución areal*

Esta unidad tiene una gran expresión superficial en territorio pampeano, al este de la actual traza del río Colorado, donde constituye el nivel aterrazado más alto, aunque topográficamente inferior al formado por la Formación Bayo Mesa en el sector

rionegrino. Como consecuencia de su disposición subhorizontal, las sedimentitas son visibles en las escarpas de erosión que se encuentran en las márgenes del río Colorado y en las que se levantan alrededor de las depresiones (figuras 15, 16 y 17). Al noroeste ocupa una pequeña franja que hacia el este-sudeste es progresivamente mayor haciéndose dominante en el sector central, donde su superficie se ve interrumpida por numerosos bajos y cañadones. Hacia el borde nororiental, desaparece luego de formar las barrancas que bordean las depresiones ocupadas por las lagunas La Dulce y La Amarga. Al sur de esta última el nivel aterrazado continúa, aunque muestra numerosas depresiones como los bajos del Bagual, Bagual Chico, Salitral Negro y otros menores, extendiéndose hacia el este a la región de Puelches, en la Hoja vecina.

#### *Litología*

La formación, de gran variabilidad vertical y lateral, está compuesta por un conjunto de areniscas gruesas, friables, parcialmente cementadas por yeso o carbonato de calcio con estratificación entrecruzada que alternan con bancos de limolitas arenosas pardo rojizas y lentes de conglomerados, culminando el perfil con un banco de rodados de vulcanitas de 1 a 2 m de espesor cementado por tosca.

La cubierta conglomerádica cementada origina una superficie mesetiforme por la formación de cornisas resistentes a la erosión de una potencia variable entre 0,60 y 2 metros. Sin embargo, hacia el nordeste, esta cobertura se ve afectada por fenómenos de erosión retrocedente, por lo que adquiere su actual morfología disectada.

La presencia de yeso, pulverulento o en forma de rosetas, fibroso, recristalizado, constituye un rasgo dominante en el desarrollo de los perfiles. Por su mayor coherencia, estos bancos ricos en yeso, al igual que los estratos de limolitas carbonáticas y de areniscas azuladas, dan como resultado la formación de cornisas en el paisaje.

El espesor visible de la entidad en las barrancas del río Colorado varía entre 2 y 30 m, aunque es muy difícil ver secciones completas de la misma debido a la cubierta de aluvio o de depósitos eólicos que la enmascaran (Espejo y Silva Nieto, 1996).

Para una mejor caracterización litológica de esta formación se levantaron una serie de perfiles en diversas localidades, los que se transcriben a partir de la página 31.



**Figura 15.** Vista panorámica de la Formación El Sauzal, tomada en el bajo ubicado 13 km al sur de la intersección de las rutas provinciales 28 y 19. Se evidencia claramente el nivel conformado por el banco coherente de arenas y yeso.



**Figura 16.** En primer plano se observan las sedimentitas de la Formación El Sauzal; en segundo plano, el espejo de agua de la presa Casa de Piedra y al fondo a la derecha, el nivel coronado por la Formación Bayo Mesa. Fotografía tomada en dirección norte-sur.



**Figura 17.** Vista panorámica tomada 20 km al noroeste de Casa de Piedra, desde el nivel de la Formación El Sauzal, con dirección sudeste. Al fondo se observa la "barda" rionegrina, el nivel más alto de la Hoja Gobernador Duval, constituida por las formaciones Bayo Mesa y El Palo.

**Perfil RN1: norte de laguna La Amarga, km 208,5 de RN 152**

a)	Conglomerado polimítico muy consolidado	1,80m	11b
b)	Limolita arcillosa en la parte inferior; hacia el techo aumentan las intercalaciones de arcilla; presenta intercalaciones de yeso en rosetas; el conjunto tiene color rojizo	4,00m	11 <sup>a</sup>
c)	Cineritas blancas friables	0,25m	
d)	Arenisca limosa color castaño rojizo de grano medio a fino, friable	0,70m	
e)	Limolita arenosa color pardo rosado, friable con intercalaciones de yeso	1,00m	
f)	Fm. El Palo: Arenisca de color gris azulado, de grano medio, medianamente friable	1,70m	
Base no visible			
Espesor total: 9,45 metros			

**Perfil RN2: km 192,8 de RN 152**

a)	Banco de tosca, englobando rodados de volcanitas	0,30m	11b
b)	Limolita pardo claro con nódulos muy abundantes de arcilla	1,00m	11a
c)	Banco de arcillitas rojizas, plásticas, con yeso	0,25m	
d)	Arenisca pardo grisácea, de grano fino, muy friable, magnetífera	0,70m	
e)	Banco lentiforme de cineritas blancas muy suaves al tacto	1,00m	
Base no visible			
Espesor total: 3,25 metros			

En algunos sectores, por debajo del banco de arcillas aparece una arenisca grisácea, masiva y friable.

A lo largo de la margen izquierda del río Colorado, entre la localidad de Gobernador Duval y el borde oriental de la Hoja, se levantaron los perfiles

que se detallan a continuación y cuyas ubicaciones se observan en el mapa geológico adjunto; de arriba hacia abajo:

**Perfil RC1 (PRC1)**

a)	Conglomerado polimítico constituido por clastos sin selección, dispuestos caóticamente en una matriz carbonática. El banco conglomerádico presenta gran resistencia	2,00m	11b
b)	Limolita arenosa y limolita arcillosa de color pardo a pardo rojizo. Presentan incluidos algunos niveles, de 20 a 30 cm de espesor, de areniscas de color gris azulado, de grano medio a grueso. También incluyen niveles delgados de arcillitas tobáceas algo friables	12,00m	11a
c)	Limolita arcillosa parda con intercalaciones de banquitos arcillo-tobáceos compactos y niveles cineríticos	5,00m	
d)	Arcilita roja yesosa con arcillas verdes subordinadas. Material carbonático	10,00m	
e)	Limolita parda	1,50m	
Espesor total: 30,5 metros			

**Perfil RC2**

a)	Conglomerado polimítico muy coherente. Clastos relativamente escasos, en su mayoría de origen volcánico, inmersos en una matriz carbonática	0,70m	11b
b)	Limolita arcillosa en la parte inferior; hacia el techo aumenta progresivamente la proporción de arcilla; presenta intercalaciones de yeso en rosetas; el conjunto tiene color rojizo	4,00m	11a
c)	Conglomerado polimítico constituido por rodados muy abundantes cementados por carbonato de calcio. Posible origen fluvial. Los clastos están bien redondeados, son elongados y el tamaño promedio es de 4 cm x 2 cm. Regular selección	0,25m	
d)	Arcilita roja	0,70m	
e)	Limolita tobácea pardo rojiza, con niveles cineríticos y numerosos nódulos arcillosos (arcillitas rojas)	2,00m	
f)	Arenisca gris a gris pardusca, de grano medio, algo friable. Forma estratos tabulares	1,50m	
g)	Limolita arcillosa de color pardo, con intercalación de pequeños niveles de arcillas rojas y verdes, no plástica	9m	
Espesor total: 16,20 metros			

**Perfil RC3**

a)	Cubierta carbonática	0,40m	11b
a)	Banco tobáceo	0,50m	11a
b)	Arcilita roja, yesosa, plástica, con abundantes rosetas de yeso	4,00m	
c)	Arenisca tobácea de color verdoso, coherente	0,40m	
d)	Limolita arcillosa pardo rojiza	1,00m	
e)	Arenisca de color blanco pardusco, de grano medio a grueso, poco coherente	0,50m	
f)	Arcilita chocolate. Poco coherente; estratificación horizontal fina	4,00m	
g)	Arenisca gris de grano medio, coherente	0,40m	
Espesor total: 11,20 metros			

**Perfil RC4**

a)	Conglomerado polimíctico con cemento carbonático, con escasos clastos	0,60m	11b
b)	Limolita arcillosa, blanquecina, yesosa	0,50m	11a
c)	Arenisca gris azulada, altamente deleznable	0,30m	
d)	Arcilita limosa rojiza con rosetas de yeso	3,00m	
e)	Banco yesoso rojizo más o menos coherente	0,40m	
f)	Arcilita limosa rojiza con rosetas de yeso	3,00m	
g)	Banco tobáceo verde amarillento, resistente, con yeso	2,00m	
h)	Arcilita verde	0,20m	
i)	Limolita arcillosa pardo rojiza	1,50m	
j)	Arcilita chocolate, muy plástica	1,00m	
k)	Limolita arcillosa pardo rojiza (visible)	1,50m	
Espesor total: 14,00 metros			

**Perfil RC5:**

Es un perfil similar al RC6, agregándose al mismo varios niveles pequeños de yeso fibroso, en las limolitas arcillosas rojizas, de poco espesor (de 2 a 4

cm). Además, por debajo de la cubierta carbonática se halla un estrato tabular constituido por areniscas de color gris azulado muy cementadas, de 10 a 12 cm de potencia, que forman lajas.

**Perfil RC6**

a)	Conglomerado polimíctico con escasos clastos sin selección, con matriz carbonática. Muy coherente	0,60m	11b
b)	Conglomerado tobáceo de grano fino, con clastos pequeños (eje mayor de 1 cm) de arcilitas rojas, en una matriz arcillosa fina de color blanco rosado. Los clastos muestran en general disposición caótica aunque en la parte inferior del banco se orientan según líneas de corriente. Presenta inclusiones de banquitos cineríticos de pocos centímetros de espesor (hasta 5 cm) y yeso pulverulento	1,00m	11a
c)	Arenisca gris azulada, de grano medio a grueso, con clastos muy finos de arcilita roja. Poco coherente. Muestra estratificación paralela	0,70m	
d)	Limolita arcillosa pardo rojiza. Presenta la intercalación de un banco constituido por yeso en rosetas de unos 30 cm de potencia. La mayor parte del banco se halla cubierta por yeso pulverulento y rosetas de yeso.	3,00m	
b y d)	se interdigitan en el contacto entre ambos lo que se debería a condiciones de depositación variables, transicionales y momento de sedimentación concomitante		
Espesor total: 5,30 metros			

El perfil tiene intercalados numerosos niveles cineríticos, de poco espesor.

**Perfil RC7:**

a)	Conglomerado polimíctico con muy escasos rodados, cemento de carbonato de calcio. Relación clastos-matriz: 10/90	0,70m	11b
b)	Arenisca yesífera con concreciones arcillosas muy abundantes	2,00m	11a
c)	Arenisca gris a gris azulada, de grano medio a grueso	0,80m	
d)	Arcilita roja con abundantes rosetas de yeso y láminas de yeso translúcido en superficie. Niveles de arcilitas verdes interdigitadas y de arcilitas tobáceas blancas	1,50m	
Espesor total: 5,00 metros			

**Perfil RC8: Ea. La Guadalupana (figuras 18 y 19).**

a)	Conglomerado con mátrix arenoso-calcárea	1,00m	11b
b)	Limolita arenosa castaño rojiza	3,00m	11a
c)	Arenisca castaño grisáceo clara, masiva	1,50m	
d)	Limolita arenosa castaña	1,50m	
e)	Arenisca castaño grisáceo clara, masiva	1,50m	
f)	Limolita arenosa castaña	6,00m	
g)	Formación El Palo: Arenisca gris compacta, con canales de grano más grueso, más compactos	1,50m	
h)	Coluvio	4,00m	
Espesor total: 20,00 metros			

**Ambiente**

Las características de estos depósitos coinciden en señalar un ambiente continental fluvial. Las sedimentitas se desarrollaron por la acumulación producida por la migración del río Colorado hacia el sur, uniéndose al curso del río Salado, lo que originó un gran paleoabanico aluvial con vértice cercano al límite entre Mendoza, La Pampa y Neuquén, sobre

cuya superficie se evidencian depresiones alargadas coincidentes con esos antiguos cauces. Melchor y Casadío (2000) interpretaron que los paleocauces serían rasgos erosivos posteriores al depósito aluvial, probablemente controlados por diferencias litológicas del mismo abanico; el banco de tosca superior habría tenido su origen luego de la depositación de los sedimentos siliciclásticos y antes de labrarse las depresiones alargadas.

### Contenido paleontológico

El contenido paleontológico de esta unidad se reduce al hallazgo de una placa de gliptodonte y abundantes frústulos de diatomeas. Los taxones de diatomeas encontrados son *Aulacoseria granulata*, *Synedra ulna*, *Pseudostaurosira brevistriata*, *Staurosirella leptostauron*, *Campylodiscus clypeus*, *Gomphonema angustatum*, *Sellaphora pupula*, *Luticola mutica*, *Cymbella cistula*, *Pinnularia* sp., *Gomphonema* sp. y *Fragilaria* sp. *A. granulata* es la especie más abundante, estando los frústulos fuertemente silicificados (Melchor y Casadío, 2000).

### Relaciones estratigráficas

En general, la Formación El Sauzal cubre en discordancia los términos de la Formación Vaca Mahuida y de la Formación El Palo, mientras que hacia el este descansa directamente sobre las volcanitas del Grupo Lihuel Calel. También está cubierta principalmente por sedimentos modernos y por los depósitos originados por la erosión retrocedente de las escarpas de las depresiones.

### Edad y correlaciones

Wichmann (1928) y Sobral (1942) asignaron estos depósitos al Plioceno, en tanto que Linares *et al.* (1980) consideraron que podrían ser del Plioceno superior, con dudas.

Melchor y Casadío (2000) expresaron que la Formación Peñas Blancas (Bisceglia, 1977), aflorante en la margen pampeana del río Colorado al sur de la localidad de 25 de Mayo, sería equivalente a la Formación El Sauzal, aunque muestra una mayor participación de litologías pelíticas y un potente banco de diatomita. Al mismo tiempo, establecen con reservas una edad pliocena superior para la entidad.

Los autores del presente trabajo consideran que esta unidad es de edad posterior a la Formación Bayo Mesa, y que se habría acumulado a partir del Pleistoceno inferior alto.

### Depósitos aluviales aterrizados del río Colorado (12) (12a Nivel I; 12b Nivel II; 12c Nivel III; 12d Nivel IV; 12e Nivel V) y Depósitos aluviales aterrizados indiferenciados del río Negro (12f)

*Conglomerados, gravas, arenas*

Dentro de la Hoja Gobernador Duval se dis-

tinguen cinco niveles de depósitos aluviales aterrizados pertenecientes al sistema del río Colorado.

Sobre la margen izquierda, a ambos lados del dique Casa de Piedra y ocupando parte de la mitad occidental de la Hoja, se encuentran los depósitos más antiguos (12a), los que hacia el oeste penetran en la vecina Hoja Neuquén, mientras que hacia el este y desde Casa de Piedra toman una disposición sudeste desapareciendo a la altura del puesto Chacra Limay.

Los depósitos correspondientes a los niveles II (12b) y III (12c) están ubicados a lo largo de la margen sur, adosados lateralmente al valle en forma discontinua. Los depósitos del Nivel II (12b) se sitúan siguiendo el diseño de la planicie aluvial, desde la zona de Casa de Piedra (donde el llenado de la presa los dejó visibles y a los del Nivel III), extendiéndose hasta 2 km al sur del puesto Lote 4. Reducidos relictos de este último (12c) se observan al sur del espejo de agua del dique Casa de Piedra y aguas abajo, al sudeste de la estancia Mirapampa y unos 8 km al sudoeste de Gobernador Duval, perdiéndose inmediatamente al sudeste de dicha localidad. Por último, alrededor de 25 km al este se exhibe nuevamente hasta el borde oriental de la Hoja.

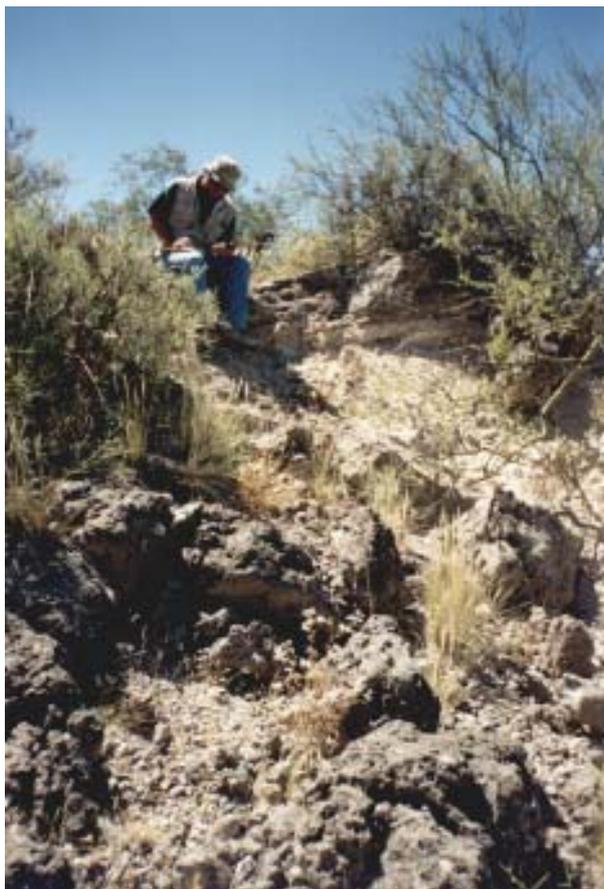
El Nivel IV (12d) aparece restringido al sudoeste y sudeste de la localidad de Gobernador Duval, mientras que los depósitos del nivel más moderno (12e) se desarrollan a lo largo del trayecto del río hasta unos 7 km al sudoeste de ese pueblo. Sobre el lado pampeano, el nivel mesetiforme originado por los depósitos de la Formación El Sauzal llega hasta la planicie aluvial, evidenciándose sólo este último nivel.

Desde el punto de vista litológico, los depósitos están formados por ortoconglomerados polimícticos algo cementados por carbonato de calcio (tosca), compuestos esencialmente por clastos redondeados de volcanitas básicas a mesosilícicas y mantos de gravas, con arenas intercaladas, que tienen un desarrollo extenso entre los depósitos de la Formación El Sauzal y el valle del río Colorado, labrados sobre los depósitos de la Formación El Palo y cubriendo indistintamente sedimentitas de dicha formación, Roca o Vaca Mahuida.

En el vértice sudoccidental de la Hoja, en la margen izquierda del río Negro, se desarrollan depósitos equivalentes pero de muy reducida expresión, que se han mapeado como Depósitos aterrizados indiferenciados del río Negro (12f).



**Figura 18.** Vista general, en dirección sur-norte, de la barranca del río Colorado en los alrededores de la estancia La Guadalupana, donde se observan los niveles de la Formación El Sauzal.



**Figura 19.** Sección del perfil levantado en la estancia La Guadalupana, en la margen pampeana del río Colorado, sobre un afloramiento de la Formación El Sauzal. Se observa en primer plano el banco de areniscas gris azuladas.

Se postula una edad pleistocena inferior para estos depósitos.

#### 2.2.5.2. Pleistoceno superior - Holoceno

##### **Depósitos que cubren niveles de pedimentos (13)**

*Arenas, calizas pelíticas, limoarcillas, gravas, yeso*

Bajo esta denominación se agrupa a depósitos de rodados que se encuentran sobre las superficies de erosión desarrolladas sobre las sedimentitas terciarias, originados por un proceso de erosión retrocedente de las escarpas. Estas sedimentitas actúan como roca de base ya que cumplen, según Fidalgo y Riggi (1970), ciertos requisitos fundamentales para la elaboración de estas unidades geomórficas, tales como su bajo grado de consolidación y su disposición horizontal a subhorizontal. Al estar cubiertos por la formación que se describe se definen como pedimentos encubiertos o cancelados (Fidalgo, 1963).

En el sector rionegrino de la Hoja, estos depósitos tienen muy amplia expresión; constituyen el flanco de los niveles mesetiformes de mayor altura, descendiendo con suave pendiente hacia los bajos o valles adyacentes.

En territorio pampeano, los depósitos se ubican en el ángulo nordeste de la Hoja y su nivel de base local está formado por el sistema de lagunas del río Curacó, entre las lagunas La Dulce y La Amarga y

al sur de esta última, desde unos 3 km al NO de la estancia San Andrés en una faja de unos 4 km de ancho y disposición casi oeste-este que penetra en la vecina Hoja Puelches.

En ocasiones, el material descripto constituye relictos no funcionales, aunque en la mayoría de los casos es material en tránsito. Como expresaron Ardolino y Franchi (1996), estos depósitos son delgados, inconsolidados y están compuestos por materiales que provienen de la destrucción de las unidades infrayacentes principalmente arenas limosas y gravas con escasos lentes conglomerádicos. Muchos de estos depósitos se hallan disectados por cañadones profundos y su espesor es variable, llegando a la decena de metros en su porción más próxima a la escarpa y de escasos centímetros en su parte distal, donde se confunden con sedimentos eólicos o aluviales.

En la vecina Hoja Puelches, Espejo y Silva Nieto (1986) definieron a sedimentitas similares a las aquí descritas como Formación Puesto Alí, cuyo perfil tipo fue levantado unos 100 m al sur del puesto José Alí, ubicado en el este de la presente Hoja, en el sector norte de la depresión ocupada por el Salitral Negro. Dicho perfil incluye, del techo a la base, 0,70 m de caliza pelítica amarillo verdoso claro con abundante yeso; 1 m de caliza pelítica rojiza alterada; 1 m de arena limoarcillosa marrón claro yesífera alterada, con clastos de arenisca; 0,50 m de limoarcilla castaño rojizo pálido levemente arenosa, friable; 0,35 m de arena muy fina limoarcillosa marrón rojizo pálido. Con un espesor promedio de 2 m, incluye una delgada capa de detritos integrados por rodados de volcanitas. En este trabajo se creyó conveniente denominar esta unidad con la designación del epígrafe a fin de unificar la nomenclatura con el resto de las Hojas vecinas.

Tal como se ha dicho, esta entidad suprayace a las formaciones terciarias (El Palo y El Sauzal) y, en general, no presenta cubierta alguna.

Sería correlacionable con la Formación Lomas Coloradas (Uliana, 1979), quien le asignó un origen similar y expresó que “*la superficie basal son los estratos de los Grupos Neuquén y Malargüe, y de las formaciones Chichinales, Vaca Mahuida, Los Loros y El Palo*”. Además, manifestó que su relación de yacencia y su posición estratigráfica indican la formación de los depósitos “*en distintos momentos en el transcurso de la elaboración del relieve conformado con posterioridad a la acumulación de la Formación Bayo Mesa*”. Por ello consideró a la unidad como de edad cuaternaria.

Espejo y Silva Nieto (1986) estimaron a la Formación Puesto Alí de edad pleistocena superior-holocena, ya que es posterior a la Formación El Sauzal asignada al Pleistoceno inferior, registrándose hasta la actualidad el proceso que le da origen. En este trabajo se adopta el mismo criterio para ubicar a los depósitos del epígrafe.

### 2.2.5.3. Holoceno

#### **Depósitos coluviales indiferenciados (14)**

*Arenas finas, limos, limoarcillas*

Esta unidad está constituida por sedimentos inconsolidados de arenas finas, limos y limoarcillas. Si bien son comunes en todo el ámbito de la Hoja, se desarrollan con mayor expresión en los taludes que circundan las lagunas La Dulce y La Amarga, además de otros bajos menores. También se observan al sur de la sierra Vaca Mahuida y conformando el lateral del valle del río Colorado en el sector pampeano, desde el centro de la Hoja hasta el límite este.

#### **Depósitos aluviales (15)**

*Arenas gruesas a finas, limos, arcillas, gravas*

Los Depósitos aluviales incluyen a los depósitos fluviales producto de la sedimentación actual del río Colorado, del río Curacó y de otros cursos fluviales menores, como el que se encuentra en el sector sudeste de la Hoja, constituyendo las planicies de inundación. Mayoritariamente son sedimentos de granulometría fina: arenas, limos y arcillas de color pardo, arenas gruesas y también gravas, aunque netamente subordinadas como barras gravosas laterales de tipo longitudinal, de carácter netamente alóctono.

De acuerdo con los resultados obtenidos de las perforaciones realizadas en Casa de Piedra, Böhm y Palma (1960) indicaron que el espesor de aluvión medido en el cauce del río Colorado es de 7 m, tratándose de cantos rodados de rocas basálticas, porfíricas y cuarcíticas de 3 a 5 cm de diámetro medio, con un máximo medido de 10 centímetros, cubiertos, tanto en la margen izquierda de la garganta como en todo el valle aguas arriba de la misma, por un manto de limo arcilloso-arenoso que tiene un espesor entre 2 y 3 metros.

#### **Depósitos eólicos (16)**

*Arenas finas a medias*

Estos sedimentos están ampliamente distribuidos en toda la Hoja, especialmente en el sector

pampeano, conformando una cubierta constituida por arenas de granulometría fina a media de color pardo rojizo y de buena selección.

En cuanto a su origen, Melchor y Casadío (2000) indicaron que, según Iriondo (1997), y de acuerdo con Cannelle (1950), quien denominó a estos depósitos “médanos fluvio-eólicos”, estos sedimentos fueron transportados desde el piedemonte cordillerano hasta la latitud de aproximadamente 37°-38° por el sistema de los ríos Bermejo-Desaguadero-Salado donde, por deflación, resultaron capturados por vientos procedentes del SSO que iniciaron la acumulación eólica en la zona estudiada en el Pleistoceno superior.

En el sector pampeano de la Hoja en estudio, especialmente en la mitad oriental, estos depósitos tienen buena expresión pero no se los ha considerado en forma separada sino que al enmascarar en parte los depósitos de la Formación El Sauzal, ha sido ésta la unidad mapeada.

En los alrededores de la laguna La Amarga se encuentran formaciones medanosas que bordean la depresión por el norte y el este, reconociéndose también en el centro y sur del cuerpo salino (Zlatar Alé, 1977).

### Depósitos finos de bajos y lagunas (17)

*Limos, arcillas, evaporitas*

Son depósitos de granulometría fina, incluyendo limos, arcillas y evaporitas (halita y yeso) que conforman el piso de las depresiones mayores: lagunas (La Amarga y La Dulce), bajos (del Bagual, del Bagual Chico, del Milico y otros menores) y salitrales (Negro), así como de las numerosas depresiones menores (bajos), que constituyen un rasgo distintivo en la Hoja.

Estos bajos (*lato sensu*) se desarrollan sobre los depósitos de las formaciones El Sauzal y Bayo Mesa, estando su fondo ocupado por sedimentos epiclásticos finos (arenas y limos), o bien por evaporitas que originan salinas. La mayoría de ellos tienen régimen efímero, reteniendo el agua de precipitaciones copiosas por variables períodos de tiempo. Sólo las lagunas La Amarga y La Dulce tienen vinculación con el río Salado (Chadileuvú o Curacó) siendo, por lo tanto, su régimen diferente.

## 3. ESTRUCTURA

### 3.1. EVOLUCIÓN ESTRUCTURAL

La Hoja Gobernador Duval está incluida casi totalmente dentro de la Cuenca Neuquina

(Braccini, 1970), específicamente en el sector del Engolfamiento Neuquino. La porción nororiental se desarrolla en el ámbito de la unidad morfoestructural definida por Ramos (1999 a) como Bloque de Las Mahuidas, enfatizando el carácter rígido de la región desde tiempos neopaleozoicos, anteriormente parte de la unidad Sanrafaelino-Pampeana (Criado Roqué e Ibáñez, 1976), denominada también Cinturón Móvil Mendocino-Pampeano (Criado Roqué, 1972b) y Zócalo de las Mahuidas (Ramos y Cortés, 1984).

La Cuenca Neuquina tiene un basamento de metamorfitas y granitos del Precámbrico o Paleozoico. Las líneas estructurales poseen dirección NO-SE, modificándose hacia el E-O en el centro de la cuenca. Su evolución ha tenido lugar después del último diastrofismo triásico y su desarrollo estructural, durante el Jurásico-Cretácico, ha dejado testimonios de ascensos y descensos oscilantes, ya sea de la cuenca en general o de sus bordes en particular (Calmels y Carballo, 1990). Hay alternancia cíclica de acumulaciones marinas y continentales, resultado de fases transgresivas y regresivas. Ramos (1999a) expresó que el subsuelo del Engolfamiento Neuquino está caracterizado por un ciclo marino de sedimentación mayormente jurásica y otro del Cretácico inferior, procedentes del Pacífico y que se acuñan rápidamente hacia el este, donde traslapan sobre el basamento de la región de Las Mahuidas y de la extensión austral del Bloque de San Rafael. Hacia el final del Cretácico, la cuenca ascendió y quedó definitivamente conectada con el océano Atlántico al inicio del Terciario. En los términos más modernos de la cubierta de esta cuenca se han observado efectos de tectonismo manifiesto, aunque la sección correspondiente a La Pampa se habría formado sobre parte de una plataforma relativamente estable.

En territorio rionegrino, según Orchueta y Ploszkiewicz (1984), la Cuenca Neuquina comprende un extenso sector de la porción norte de la provincia ubicada entre los ríos Colorado y Negro, hasta los 67° de longitud oeste, aproximadamente.

En el Bloque de Las Mahuidas se ubican las formaciones paleozoicas y mesozoicas de la región occidental de La Pampa. En general, tiene un basamento precámbrico metamorfolizado dinámicamente e inyectado por magmatismo granítico del Paleozoico sobre el que se disponen sedimentitas del Ordovícico, Silúrico-Devónico y Carbonífero, con afloramientos muy aislados. Un rasgo dominante es la disposición en bloques cuyo

control tiene lugar mediante fallas de alineación NNO-SSE y, en forma subordinada, NNE-SSO y N-S; comparte su zócalo con el de las Sierras Pampeanas, pero a diferencia de ellas, esta región no ha estado sometida a los importantes levantamientos ándicos del Neógeno y Cuaternario (Ramos, 1999a). Las plutonitas y volcanitas del Pérmico superior-Triásico inferior aparecen en toda la extensión de este ambiente y su facies extrusiva, constituida por un *plateau* riolítico (Llambías y Leveratto, 1975), oculta los rasgos estructurales de la cuenca cubriendo las restantes formaciones. La región fue relativamente estable durante gran parte del Mesozoico y del Cenozoico, estando aún sometida a una intensa peneplanización (Ramos, 1999a).

Los ciclos orogénicos Gondwánico, Patagonídico y Ándico determinaron las características de la evolución estructural del área.

### **Ciclo Orogrénico Gondwánico**

El Ciclo Gondwánico está representado por un orógeno de tipo andino que se desarrolló a lo largo del borde pacífico de la Cordillera de los Andes, activo hasta el Pérmico medio, pasando luego a un régimen extensional generalizado en el Pérmico tardío y el Triásico (Ramos, 1999b). Asociadas a la evolución orogénica, se desarrollaron cuencas sedimentarias de retroarco a lo largo del margen pacífico y en la región cratónica interna cuencas extensionales o trastensionales. De acuerdo con su análisis y en el marco de este ciclo, la Hoja Gobernador Duval se ubica dentro de la Cuenca de San Rafael, que desde el centro-sur de Mendoza se extiende por el sudoeste de La Pampa (Melchor, 1995) hasta la región de Ventania, distinguiéndose por la marcada discordancia angular entre los depósitos eopaleozoicos y los carboníferos debida a los movimientos diastróficos de la base del Carbonífero. El ciclo Gondwánico está caracterizado por una intensa actividad magmática, en la que se distinguen importantes episodios volcánicos y plutónicos. Las rocas volcánicas tienen amplia distribución y han sido reunidas en forma complexiva en el Grupo Choiyoi (Groeber, 1946, Stipanovic *et al.*, 1968), nominado en la zona de la Hoja Gobernador Duval como Grupo Lihuel Calel (Espejo y Silva Nieto, 1996). El amplio predominio de volcanitas y depósitos piroclásticos de composición riolítica en sus términos superiores, llevó a considerar estas ro-

cas eruptivas como asociadas exclusivamente a fenómenos extensionales (Zeil, 1981).

Esta gran actividad magmática supracortical del Pérmico y del Triásico inferior, con el desarrollo de frecuentes complejos plutono-volcánicos como los que se trata, fue descripta como Provincia Magmática Cuyana Norpatagónica por Rapela y Llambías (1985), denominación reemplazada por Provincia Magmática Choiyoi (Llambías, 1999). Dentro de esta provincia, las rocas en cuestión corresponden al ambiente de antepaís y como señaló Llambías (1999), en dicha región los movimientos orogénicos del Pérmico inferior temprano no son fácilmente identificables ya que, por el comportamiento rígido de la corteza, la deformación fue principalmente frágil desarrollándose importantes fracturas. Indicó que en esta zona, las fases orogénicas gondwánicas (290 a 250 Ma) no son evidentes, aunque sí lo han sido las fases famatinianas (465 a 385 Ma), por lo que la corteza conservaba suficientes planos de debilidad para facilitar el ascenso del magma y permitir una tectónica de bloques de variada intensidad.

Este evento, con sus facies extrusivas e intrusivas, está representado en el ángulo nordeste de la Hoja Gobernador Duval, por el borde sudoccidental del Bloque del Chadileuvú (Llambías, 1999). Este autor expresó que las diferentes características tectónicas que prevalecieron durante la evolución de la Provincia Magmática Choiyoi se ponen de manifiesto en las características petrográficas y químicas de las rocas. De este modo, los cuerpos intrusivos de la zona son superficiales y sólo afloran sus cúpulas debido a la escasa actividad erosiva posterior a su intrusión. La composición del evento Choiyoi en este bloque es esencialmente silícica; la mayoría de los plutones son leucograníticos y las volcanitas son riolíticas, encontrándose, además, andesitas con anfíbol y biotita en afloramientos pequeños y aislados.

Las rocas ígneas del intervalo Pérmico-Triásico inferior, dentro del Bloque del Chadileuvú, se distribuyen en una franja de orientación NO-SE, controlada probablemente por las estructuras del Paleozoico inferior (Tickyj y Llambías, 1994).

### **Ciclo Orogrénico Patagonídico**

La deformación patagonídica en el sector pampeano, correspondiente a la región de las Mahuidas, estuvo regida en parte por su posición marginal con respecto al aulacógeno del Colorado,

que sobreimpuso un estilo estructural traccional al compresivo del Ciclo Gondwánico (Ramos y Cortés, 1984). Estos autores, al igual que Braccacini (1970), indicaron, además, que la cuenca de retroarco del Engolfamiento Neuquino corresponde tectónicamente a una antefosa cuyo evento diastrófico fundamental fue producido por los movimientos patagónicos principales, correspondientes a la Fase Miránica Principal de Stipanovic y Rodrigo (1970), quienes la ubicaron en la base del Cenomaniano, específicamente en su subfase principal o discordancia intersenoniana que constituye el límite inferior del Superciclo Riogránico de Orchuela y Ploszkiewicz (1984), integrado por los grupos Neuquén y Malargüe. Por su parte, el límite superior del Ciclo Malalhueyano está dado por la discordancia regional debida a los movimientos producidos en el Eoceno (Uliana y Dellapé, 1981).

No se dispone de observaciones que permitan conocer las relaciones estructurales entre el Engolfamiento Neuquino y el aulacógeno del Colorado en territorio rionegrino (Ramos y Cortés, 1984).

### Ciclo Orogénico Ándico

La migración hacia el sur-sudoeste del cauce del río Colorado, puesta de manifiesto por los paleocauces que claramente se infieren en las fotografías aéreas e imágenes satelitarias, en conjunción con fallas normales de rumbo N-S presentes en la Hoja La Reforma, inmediatamente al norte de la Hoja Gobernador Duval, estaría de acuerdo con la interpretación de migración del río Salado-Curacó dada por Melchor y Casadío (2000) en el sentido de un régimen extensional cuaternario (Bisceglia, 1979), con fallas maestras emplazadas al oeste del valle fluvial. Melchor y Casadío (2000) expresaron que estaría vinculado a los episodios de extensión localizados, producidos durante el Plioceno hasta la actualidad, en la zona oriental extra-andina de Mendoza.

En el ámbito de la Hoja y, según Leanza y Hugo (1999b), las piroclastitas de la Formación Chichinales estarían relacionadas a las efusiones volcánicas producto del evento tectónico de fines del Oligoceno superior (Yrigoyen, 1979), de carácter netamente tensional.

### 3.2. CICLOS SEDIMENTARIOS

Según Malumian (1999), los episodios tectónicos, las variaciones eustáticas y los cambios climáticos

permiten la diferenciación de cinco ciclos sedimentarios mayores en el Cenozoico. El primer ciclo se inició con la transgresión maastrichtiana reconocida en todas las cuencas; el segundo comenzó con la transgresión del Eoceno medio tardío y el tercero, del Eoceno cuspidal-Oligoceno inferior, se caracterizó por un nivel eustático de mar alto y un período post-diastrófico que dio lugar a extendidas formaciones continentales. El cuarto ciclo, del Neógeno, se define por la transgresión patagónica de carácter eustático, en tanto el último, que determinó el ascenso de la Cordillera Patagónica, se define por los eventos diastróficos del límite Mioceno-Plioceno.

En la zona abarcada por la Hoja Gobernador Duval está representado el subciclo regresivo daniano, del ciclo iniciado en el Maastrichtiano y que constituye la mayor cobertura marina paleógena en el cono sur. Conforman una secuencia casi continua dentro de la Formación Jagüel, que comprende el límite Cretácico-Paleógeno, y que se reconoce en subsuelo en el área de Casa de Piedra. En el Paleoceno comenzó la regresión de la cuenca con las sedimentitas de la Formación Roca, depositadas en un ambiente de plataforma marina carbonática somera y marina marginal de albufera. En el Paleoceno tardío, la regresión dio lugar a la sedimentación continental de la Formación El Carrizo, también reconocida por perforaciones en la zona del dique Casa de Piedra. El tercer ciclo, que corresponde a la continentalización producida en el Eoceno superior y la posterior transgresión dada por el alto nivel del mar durante el Oligoceno temprano, está representado por las sedimentitas marinas de la Formación Vaca Mahuida del Oligoceno superior\_Mioceno medio y por las sedimentitas continentales epi- y piroclásticas de la Formación Chichinales, del Mioceno inferior a medio. Por su parte, el quinto ciclo sedimentario (Mioceno superior-Plioceno) comprende los procesos que dieron origen a la presente configuración de la faja andina, ya que la elevación de los Andes promueve el flujo sedimentario que junto con el descenso del nivel del mar post Mioceno medio, determina el inicio de un régimen erosivo neto, produciendo los sedimentos conglomerádicos aluviales, representados por la Formación El Palo.

### 3.3. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PRINCIPALES Y ESQUEMA TECTÓNICO

Los rasgos estructurales en el ámbito de la Hoja Gobernador Duval son muy difíciles de interpretar

debido a las características morfológicas de la zona y a la potente cubierta sedimentaria que no permite su observación directa. Sin embargo, a partir del análisis de imágenes satelitales se infieren lineamientos generales de dirección dominante NO-SE, que son especialmente evidentes en el sector pampeano en la disposición de los bajos y cañadones, así como en la orientación general del río Colorado.

Del reconocimiento directo en los escasos afloramientos surgen distintas direcciones promedio de

diaclasamiento, siendo las principales N154°E y N78°E, con direcciones subordinadas N45°E y N113°E. Estos lineamientos fueron medidos en las distintas unidades aflorantes del Grupo Lihuel Calel, específicamente la Formación Zúñiga, al sur de la laguna La Amarga.

Fracturas de direcciones coincidentes con las arriba citadas segmentan el basamento preterciario en un sistema de bloques que se encuentran a distinta profundidad, delimitando a su vez fosas ocupadas en general por lagunas y

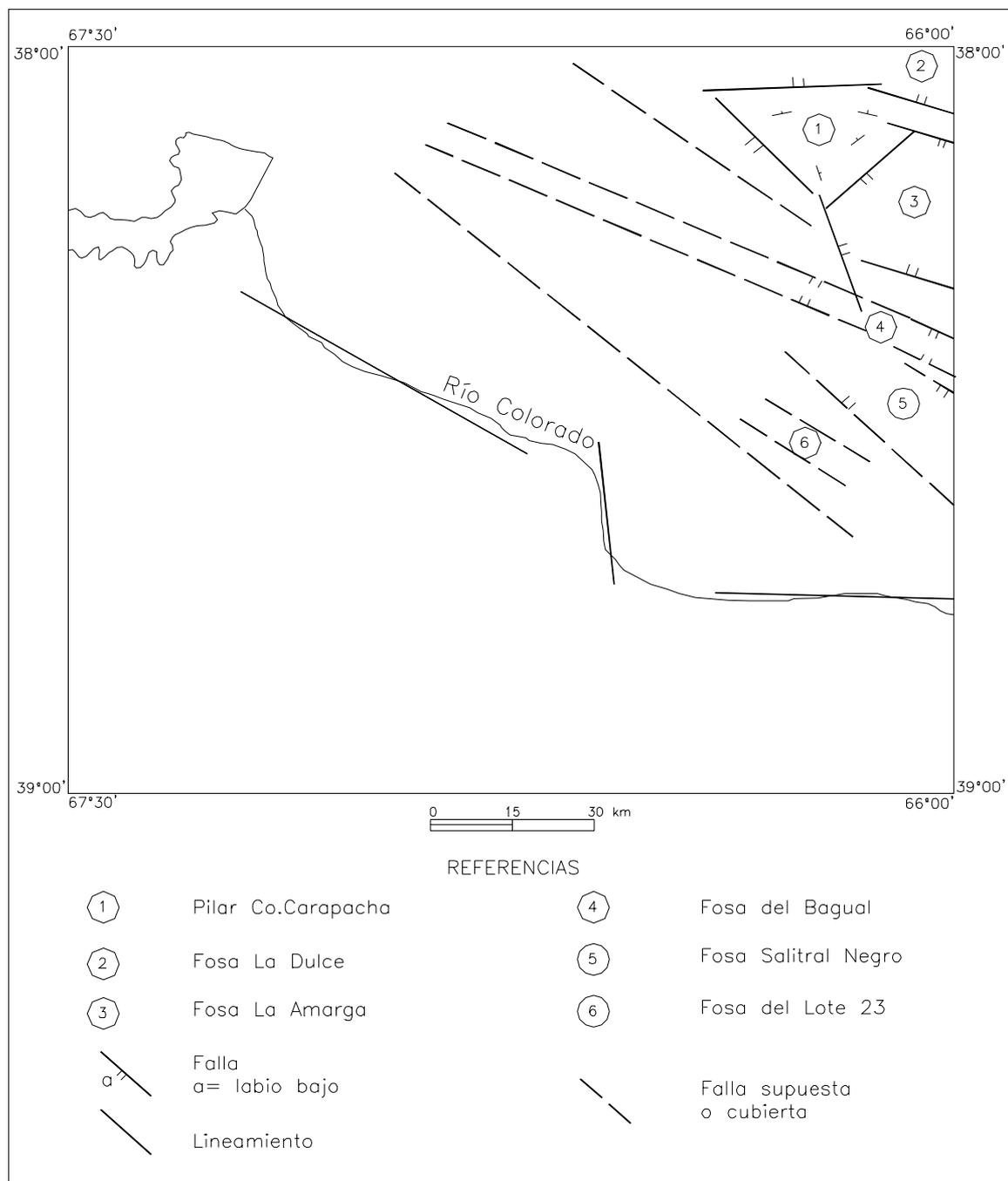


Figura 20. Esquema estructural.

salitrales, disposición que se evidencia principalmente en el ángulo nordeste de la Hoja, destacándose el Pilar del cerro Carapacha, bloque conformado por riolitas de la Formación Choique Mahuida y andesitas de la Formación El Centinela. Marginando este bloque se hallan las fosas ocupadas por las lagunas La Dulce y La Amarga, reconociéndose más al sur otras fosas menores, como las del salitral Negro y los bajos del Bagual y Bagual Chico (figura 20).

De acuerdo con Uliana (1979), la estructura de la Hoja Gobernador Duval en el sector rionegrino y en el sector pampeano occidental, forma parte de un extenso sinclinal de rumbo ONO-ESE, extendido entre los ríos Colorado y Neuquén-Negro, caracterizándose en superficie por lineamientos sencillos, con capas subhorizontales y monoclinales suaves, sin indicios de fracturas.

Según el mismo autor, a pesar del carácter poco marcado de la deformación, es posible diferenciar dos "horizontes" estructurales separados por una superficie de discontinuidad ligeramente irregular. Un horizonte estructural inferior configurado en los niveles de los grupos Neuquén y Malargüe está constituido por monoclinales extensos cuya inclinación no supera los 2°. Regionalmente presenta variaciones considerables en la dirección de inclinación dominante hacia el sur, sudoeste y nordeste, así como en la zona del yacimiento Rinconada donde la pendiente estructural desciende hacia el sudeste. Uliana (1979) indicó que la Formación Allen muestra las características más salientes de este horizonte estructural, con escaso gradiente que desciende desde valores de 650 m, al oeste de la zona estudiada por el citado autor, hasta un mínimo de 150 m en Casa de Piedra, sobre el río Colorado, dato obtenido a través de perforaciones. Destacó que este horizonte ha sido objeto de un arqueamiento de carácter general, resultando de escasa magnitud los desplazamientos de índole diferencial.

Por su parte, un horizonte estructural superior discordante cubre al anterior y está conformado por las unidades que suprayacen a la Formación El Carrizo hasta la Formación El Palo inclusive, todas en posición subhorizontal con valores de inclinación que no exceden de 1°. La relación de discordancia angular con el sustrato se puede observar en contadas localidades, como en Rinconada, aunque regionalmente es claramente apreciable. Este horizonte constituye una cubeta tendida de rumbo ONO-ESE, con ligero hundimiento al este, con valores de buzamiento que co-

rresponderían a la inclinación original de los depósitos, sin desplazamientos de carácter diferencial.

La distribución de los distintos afloramientos, las pendientes estructurales, la red de avenamiento y la disposición regional de los lineamientos más antiguos, sugieren que la faja ubicada entre los ríos Colorado y Negro estuvo caracterizada por una suave tendencia negativa que condicionó un estilo estructural poco deformado, propio de las unidades aflorantes.

En la zona de Casa de Piedra, Böhm y Palma (1960) indicaron que los estratos se presentan en posición casi horizontal, hundiéndose suavemente hacia el norte con una leve inclinación de 1 a 2 grados, no reconociendo dentro de la garganta accidentes tectónicos, dado que entre los bancos de ambas laderas hay una perfecta correspondencia de cotas. Asimismo, en la margen derecha y fuera de la zona de la garganta, observaron dos accidentes tectónicos de escasa importancia, una pequeña flexura y una falla vertical de poco rechazo.

## 4. GEOMORFOLOGÍA

El proceso fluvial y, en menor medida, la acción eólica son los responsables de los rasgos geomorfológicos de la comarca. Es un paisaje policíclico evidenciado en las terrazas fluviales reconocidas a lo largo del valle del río Colorado. Las distintas geoformas presentes se detallan y describen a continuación.

### 1. Valle del río Colorado

En el área estudiada, el río Colorado es el curso de agua principal. Es un río alóctono que ha desarrollado un valle de una anchura media de 2500 m, labrado sobre sedimentos mesozoicos y cenozoicos, de poca resistencia a la erosión fluvial. Cruza la Hoja en dirección NO-SE, dividiendo la misma en dos sectores prácticamente simétricos. El curso del río ha sido endicado en la zona de Casa de Piedra constituyendo el espejo de agua del dique homónimo, de alrededor de 360 km<sup>2</sup> de superficie. Aguas abajo de la presa, el valle vuelve a su traza normal, sinuoso y divagante, con dirección general ONO-ESE hasta el puesto Los Chañares, donde adopta una orientación norte - sur dirigiéndose hacia el sur hasta unos 15 km aguas arriba de la localidad de Gobernador Duval, desde donde toma un rumbo general O-E hasta su pasaje a la vecina Hoja Puelches. En todo este trayecto es evidente la influencia de un control estructural, por lo que se considera un río subsecuente.

A lo largo de casi todo el recorrido, la planicie aluvial se halla más desarrollada en la orilla rionegrina, ya que compone su margen general de acreción. Sin embargo, en cada uno de los tramos descriptos las características del valle son diferentes. Luego de Casa de Piedra, el río corre recostado sobre la margen pampeana, prácticamente sin planicie aluvial, la que es relativamente reducida sobre el lado rionegrino. Aguas abajo de la estancia Mirapampa, la superficie de la planicie aumenta considerablemente y se advierte también sobre la margen izquierda. En el último tramo, el hábito meandriforme se hace dominante, divagando en una extensa planicie que por primera vez es de mayores dimensiones en la margen pampeana (figura 21). Es común la presencia de meandros abandonados y lagunas semilunares.

Sobre la margen izquierda del valle se desarrolla una geoforma muy evidente en la imagen satelitaria, correspondiente a la terraza más antigua y de mayores dimensiones en el ámbito de la Hoja (12 a en el mapa geológico). Se extiende desde el borde oeste de la Hoja; adoptando forma de huso de gran extensión desde Casa de Piedra y desapareciendo a la altura del puesto Chacra Limay. Este nivel aterrazado muestra una pendiente hacia el este-sudeste, desde aproximadamente la cota de 300 m en el borde occi-

dental de la Hoja hasta la cota de 220 metros en el límite oriental, que determina un gradiente de 1,1%, similar al valor regional.

Posteriormente a esta terraza, el río Colorado ha generado por lo menos otros cuatro niveles reconocibles. La terraza II sigue en forma casi continua el contorno del río, aunque con un diseño irregular, en cambio la terraza inferior (III), se halla disectada, presentándose como relictos de distribución esporádica. Sobre estas antiguas planicies de inundación se observan con frecuencia meandros abandonados.

Mientras el cuarto nivel (12 d) aparece restringida a las cercanías de Gobernador Duval, la terraza más moderna (12 e) se desarrolla a lo largo del trayecto del río siendo, además, el único nivel visible en la margen izquierda del río Colorado.

## 2. Antigua planicie aluvial disectada

Esta geoforma, ampliamente representada en el sector pampeano, forma parte de una extensa planicie aluvial que desde el oeste de la Hoja se prolonga hacia el este, hasta el río Salado o Curacó, constituyendo parte del denominado Paleoabánico del río Colorado, definido como tal por Calmels (1996).



**Figura 21.** Vista de un meandro del río Colorado desde la margen pampeana, a la altura de la estancia La Guadalupana.

En la planicie se reconocen, como geoformas deprimidas, numerosos paleocauces o cañadones colmados con arena eólica (Calmels, 1996), que conforman un gran abanico aluvial con aspecto digitado en las imágenes satelitarias, con ápice en la zona de Colonia El Sauzal, al oeste y fuera de la Hoja. Entre estos cañadones, ya mapeados por Nágera (1926), se encuentran los cañadones de los Jagüeles y de los Médanos; también es común la presencia de bajos de distintas dimensiones, algunos de ellos ocupados por lagunas y salitrales. Asociados a estos bajos y cañadones son frecuentes los fenómenos de erosión retrocedente.

La cota máxima de la planicie es de 350 m al oeste, mientras que la cota mínima es de 220 m al este, lo que evidencia la pendiente regional hacia el este con un gradiente de aproximadamente 1,1 m/km, manteniéndose este valor dentro de los parámetros normales de la región.

### 3. Planicie psefítica de Bayo Mesa

Este paisaje está representado por una meseta que se encuentra en los sectores sudoeste y sur, en territorio rionegrino, rematada por la cubierta psefítica de la Formación Bayo Mesa. Se trata de un remanente de erosión y ejemplo de fenómenos de inversión de relieve que son característicos de la parte extraandina de la Cuenca Neuquina (Uliana, 1979); en ella se reconocen las cotas máximas de la Hoja, cercanas a los 450 m, manteniendo la pendiente regional hacia el sudeste, donde registra cotas mínimas de alrededor de 250 m con un gradiente general del 1,6%.

En los bordes de la meseta se registran numerosos cursos de agua efímeros que disectan los pedimentos de flanco que en algunos sectores se observan al pie de las laderas y también fenómenos de remoción en masa, puestos de manifiesto por deslizamientos de faldeo, lo que conlleva a una activa erosión retrocedente de las mismas. Es importante el efecto de deflación producido sobre la parte superior de la planicie, evidenciado por la presencia de gravas residuales desarrolladas a través de la remoción selectiva de los depósitos finos de la Formación Bayo Mesa, los que son acumulados muchas veces al reparo al pie de la meseta o en su superficie.

### 4. Paisaje de bajos

La superficie de la antigua planicie aluvial se ve interrumpida por numerosas depresiones sin salida ocu-

padadas por cuerpos efímeros de agua o por salitrales. Estos bajos se clasifican en dos tipos: *wannen* y *pfannen*. Los tipo *wannen* incluyen a los de mayor tamaño y pendiente pronunciada, como el ocupado por la laguna La Amarga y los bajos del Bagual y Bagual Chico. Además, comprenden aquellos que por erosión retrocedente de sus pendientes internas y posterior captura, originan formas compuestas como es el caso del Salitral Negro y el bajo situado al este del mismo.

Los bajos tipo *pfannen* abarcan aquellas depresiones de menores dimensiones, profundidades inferiores al metro y pendientes menores al 1% (Frenguelli, 1957).

El origen de estas geoformas no está totalmente esclarecido. En general, se admite que el proceso de formación es poligenético, tanto en su origen como en la posterior ampliación de la depresión, incluyendo múltiples factores potencialmente actuantes como acción eólica, lavado y retroceso de pendientes, deslizamientos, coalescencia de bajos y acción fluvial (Fidalgo, 1973; Dessanti, 1973; Zambrano, 1973 y Methol, 1973).

Comúnmente, los ejes mayores de los bajos tienen una orientación NO-SE, coincidente con los lineamientos regionales y que demostraría un cierto control estructural dado por la tectónica de basamento, que habría favorecido la acción de algunos de los otros procesos antes mencionados (Espejo y Silva Nieto, 1996).

### 5. Pedimentos de flanco

Estas geoformas están ampliamente representadas en el sector rionegrino de la Hoja y, en menor medida, al sur de la laguna La Amarga.

Al sur del río Colorado se han reconocido pedimentos que constituyen el flanco de los relieves mesetiformes más elevados y se dirigen con pendientes suavemente inclinadas hacia los bajos o valles adyacentes. El primero de estos niveles (I), de mayor representación, se ubica al sur de del río Colorado, bordeando aproximadamente el valle y descendiendo desde las cotas más elevadas con dirección nornordeste. En el ángulo sudoccidental de la Hoja se presentan otras superficies pedimentadas (II), de extensión considerablemente menor, cuyo nivel de base es el río Negro.

Al norte y sur de la laguna La Amarga, y por retroceso de la escarpa que la rodea, se desarrolla una superficie similar (III).

Asimismo, en algunos sectores existen localmente pedimentos de flanco producto de la erosión

lateral y en manto de los escalones de terrazas, labradas sobre la Formación El Palo y parcialmente cubiertas por material detrítico en tránsito. En algunos de los bajos mayores y en pequeña escala, se observan niveles de erosión homologables con pedimentos de flanco, los que de acuerdo con González Díaz y Malagnino (1984) podrían denominarse convergentes, dado el carácter endorreico de las depresiones.

La mayor parte de estos depósitos se halla disectada por profundas cárcavas que favorecen el carácter continuo del proceso de formación de estas geoformas. Calmels (1996) hizo referencia a estas denominadas cárcavas o abarrancamientos, geoformas fluviales que aunque menores por su desarrollo local, son sumamente comunes. Indicó que en su génesis, el papel principal es llevado a cabo por los procesos derivados del endorreísmo, que normalmente tiene como nivel de base local el fondo de los bajos sin salida y las depresiones en general. Este proceso también es evidente en las barrancas del río Colorado, actuando en este caso el valle del mismo como nivel de base.

Las cárcavas se habrían formado durante las lluvias, generalmente intensas y tormentosas, las que generan un sistema que comienza con un lavaje en manto que suele barrer la parte superior de las pendientes en forma desorganizada, concentrándose luego en canalículos efímeros que debido a la persistencia de la lluvia originan canales permanentes que se profundizan con rapidez, favorecidos por la textura del suelo. Por lo tanto, estos cursos efímeros son los causantes del modelado de los cañadones, siendo funcionales únicamente luego de fuertes chaparrones. En general, en la región estudiada no llegan a desaguar en colector alguno y sus aguas se pierden por infiltración en los terrenos arenosos (Calmels, 1996).

## 6. Peneplanicie pre-terciaria

Esta geoforma se desarrolla en el ángulo nordeste de la Hoja, con un típico paisaje senil donde es notable la concordancia de altura de las distintas lomadas y donde además, la ausencia de control estructural o litológico y la existencia de un manto de tosca que cubre la roca del sustrato, permiten suponer que se podría tratar de una superficie arrasada.

En estas lomadas, que no superan los 25-30 m sobre el nivel del terreno circundante, los afloramientos

de las formaciones pre-terciarias (Grupo Lihuel Calel) se presentan sólo en la cumbre o muy próximos a ella, con abundante regolito cubriendo las laderas.

## 7. ¿Paleocauce del río Neuquén?

Esta paleoforma, muy evidente en las imágenes satelitarias, se ubica en el ángulo sudoeste de la Hoja Gobernador Duval, con la denominación de cañadón Jagüel de los Milicos. Estaría relacionada a un antiguo paleocauce ocupado por un río de importante caudal, pudiendo haberse tratado del río Neuquén, que se habría extendido por más de 100 km desde la zona de los embalses de Planicie Banderita (provincia del Neuquén), ingresando a la Hoja Gobernador Duval con un rumbo netamente sudeste para terminar en el valle del río Negro, próximo a Villa Regina en la Hoja homónima.

Weber (1972) llamó a esta forma como “*depresión longilínea central*” y supuso un origen tectónico al considerar llamativo el control que en su disposición realizan dos lineamientos regionales. Asimismo, adujo una serie de razones para rechazar la hipótesis de que se trate de un antiguo curso del río Neuquén, como la falta de sinuosidades en las márgenes de la depresión, la ausencia de terrazas y pedimentos de flanco, la carencia de evidencias de meandros y de restos de rodados acumulados, indicando finalmente que de haber existido un curso, su caudal debería haber sido mucho menor que el del río Neuquén actual.

Por su parte, Fauqué (com.ver.) interpretó que, al funcionar la Formación Bayo Mesa como pared del valle del río, se originó una terraza adosada a la misma. Posteriormente, distintos procesos de erosión como deflación, meteorización y acción fluvial, actuaron sobre esa superficie de contacto, dando como consecuencia la formación de un bajo el que se fue ampliando, a expensas de los friables sedimentos de las formaciones terciarias infrayacentes y por conexión con otros bajos a favor de la pendiente regional, dando como resultado final este paleocauce, surcado por un curso de agua más o menos importante.

A su vez, Leanza y Hugo (1999b) describieron terrazas muy bien expuestas y preservadas a lo largo del cañadón Jagüel de los Milicos, especialmente en las cercanías de su desembocadura en el río Negro, concluyendo que la envergadura de estas terrazas en un curso que actualmente posee mínimo o nulo caudal, hacen pensar que un río de cierta importancia, afluente del río Negro, debió haber existido durante el Pleistoceno superior- Holoceno.

## 5. HISTORIA GEOLÓGICA

Como consecuencia del importante evento plutónico-volcánico que originó el Grupo Lihuel Calel, ocurrido desde el Pérmico inferior tardío hasta el Triásico medio, se produjo una gran efusión ácida sobre una topografía peneplanizada que dio lugar a un extenso *plateau* riolítico (Llambías y Leveratto, 1975; Linares *et al.*, 1980). Esta intensa actividad magmática supracortical se vincula a fenómenos extensionales asociados a episodios post colisionales (Windley, 1977; Zeil, 1981) o a productos de episodios distensivos en etapas de pre-rift (Ramos y Cortés, 1984). En la zona no es fácilmente identificable la Fase orogénica San Rafael, ya que la deformación fue principalmente frágil desarrollándose importantes fracturas favorecidas por los planos de debilidad producidos por las fases famatinianas.

A partir del Jurásico se inició un período de actividad orogénica que destruyó parcialmente el *plateau* por dislocaciones de bloques ascendentes que dieron lugar a cuencas como la del engolfamiento neuquino (Calmels, 1996). De esta manera, durante el resto del Mesozoico la región oriental de la Hoja estuvo sometida a un proceso de erosión o no depositación, constituyendo los contrafuertes orientales de la cuenca, sobre los que se acuñaron los depósitos continentales y marinos mesozoicos que la rellenaron. A fines del Mesozoico ocurrió un evento geológico de gran importancia que modificó la vinculación del Engolfamiento Neuquino con la vertiente pacífica y lo puso en contacto desde entonces con el océano Atlántico. Por perforaciones en la zona de Casa de Piedra, en el lecho del río Colorado se han hallado sedimentitas de la Formación Jagüel, perteneciente al Grupo Malargüe, de edad maastrichtiana, depositada en un ambiente marino de plataforma interna de moderada profundidad y protegida de la acción del tren de olas, característica de las transgresiones atlánticas a partir del Cretácico superior y del Cenozoico, en las que la permanencia del mar fue relativamente breve, con sedimentos depositados preferentemente en ambientes someros (Malumián, 1999). El resto de la zona, especialmente hacia el este, permaneció como un área positiva, suministrando el material para las cuencas.

Como testimonio de esta sedimentación en la zona, a comienzos del Paleoceno comenzó la retracción de la cuenca con la depositación de los sedimentos del Daniano (Formación Roca) en un ambiente de sedimentación marina de plataforma abierta con tendencia gradual a la pérdida de profundidad.

El límite superior del Ciclo Malalhueyano está dado por la discordancia regional debida a los movimientos diastróficos del Eoceno, durante los cuales las sedimentitas fueron plegadas y ascendidas, luego del retiro del mar daniano rocanense. Sin embargo, como indicó Uliana (1979), en la zona de estudio parecen haberse producido movimientos diferenciales suficientes sólo para generar alabeos suaves, perceptibles mediante nivelación taquimétrica sobre distancias considerables. A continuación, a fines del Eoceno se instauró un proceso de erosión subaérea con la formación de una incipiente red de drenaje.

Durante el Oligoceno superior-Mioceno medio se depositaron los sedimentos que conformarían posteriormente la Formación Vaca Mahuida bajo condiciones de sedimentación que varían entre el dominio continental y el marino de escasa profundidad en forma transicional, originalmente en una comarca de suaves pendientes. Esta unidad estaría indicando la retirada definitiva del mar en la región occidental. En forma casi sincrónica, en las áreas más deprimidas se produjo la depositación de sedimentos epi y piroclásticos, Formación Chichinales (Mioceno inferior a medio), en un ambiente netamente continental de carácter fluvial con moderado a escaso gradiente, con cuerpos de agua dulce someros hasta pantanosos y vinculadas a las efusiones volcánicas producidas como consecuencia de los movimientos de fines del Oligoceno superior. Ambas entidades serían equivalentes en el tiempo, ya que las condiciones de yacencia son muy similares (Uliana, 1979).

A partir del Mioceno medio tardío hubo una total continentalización del ambiente con la sedimentación de la Formación Los Loros, en un medio fluvial bajo fuertes condiciones de oxidación. Desde el Mioceno superior al Plioceno inferior y también en un ambiente netamente fluvial, se generaron las sedimentitas de la Formación El Palo.

Luego de la depositación de esa última formación, las entidades suprayacentes se componen de sedimentos progresivamente más gruesos, hasta convertirse en francamente conglomerádicos elaborándose el nivel de agradación de la Formación Bayo Mesa, debido a intensos procesos fluviales de erosión y acumulación, por ascenso del conjunto descrito a fines del Plioceno y hasta el Pleistoceno inferior.

Durante el Pleistoceno se desarrollaron importantes acumulaciones psefítico-psamíticas que constituyen la Formación El Sauzal, en el sector pampeano. Las sedimentitas están constituidas por material proveniente del oeste, transportado por

mantos de creciente por migración del río Colorado hacia el sur. La intensa erosión a que fue sometida esta planicie dio origen al desarrollo de bajos.

Luego se produjo un nuevo período de ascenso con erosión que dio como resultado la formación de pedimentos de flanco, proceso que continúa hasta el presente. Concomitantemente, por destrucción de las formaciones El Sauzal, Bayo Mesa y El Palo se originaron los depósitos que cubren los distintos niveles pedimentados. Asimismo se elaboraron las distintas terrazas del río Colorado.

Ya en el Holoceno, la estratigrafía de la Hoja se completa con los depósitos coluviales indiferenciados, depósitos aluviales del río Colorado, depósitos eólicos y depósitos finos de bajos y lagunas.

### 6. RECURSOS MINERALES

Las principales manifestaciones minerales en la región están dadas por minerales industriales que incluyen diatomita, sales de magnesio (cloruro de sodio subordinado) y yeso agrícola, y por rocas de aplicación representadas principalmente por áridos para la construcción (arena y grava), tosca, caliza y pórfiros triturados.

Estas características llevaron al Consejo Federal de Inversiones (Bonoli Cipolletti, 1981), a determinar áreas prioritarias de prospección minera y así, en el ámbito de la Hoja Gobernador Duval definió una zona, al oeste, para bentonitas, diatomitas y yeso por posible extensión de las formaciones Roca y Vaca Mahuida; otra zona, al este, como área de tercera prioridad de prospección geoquímica estratégica para minerales metalíferos, y una última, en el ángulo nororiental, para pegmatitas y minerales asociados (figura 22).

En la década de 1960, como parte del Programa de Desarrollo Nuclear Argentino, la Comisión Nacional de Energía Atómica efectuó una intensa exploración de minerales de uranio en el ámbito del Bloque de San Rafael y su extensión hacia el sudeste, la zona de Las Mahuidas, cubriendo el área aflorante del ciclo magmático Pérmico inferior-Triásico-medio, que en la Hoja Gobernador Duval está representado por las formaciones Choique Mahuida, El Centinela y Zúñiga, y que constituye un ambiente de comprobada favorabilidad uranífera. Algunas anomalías se ubicaron dentro del modelo uranífero australiano (calcrete), vinculados a costras calcáreas y caliche de edad terciaria superior-cuaternaria, vinculado a la precipitación de minera-

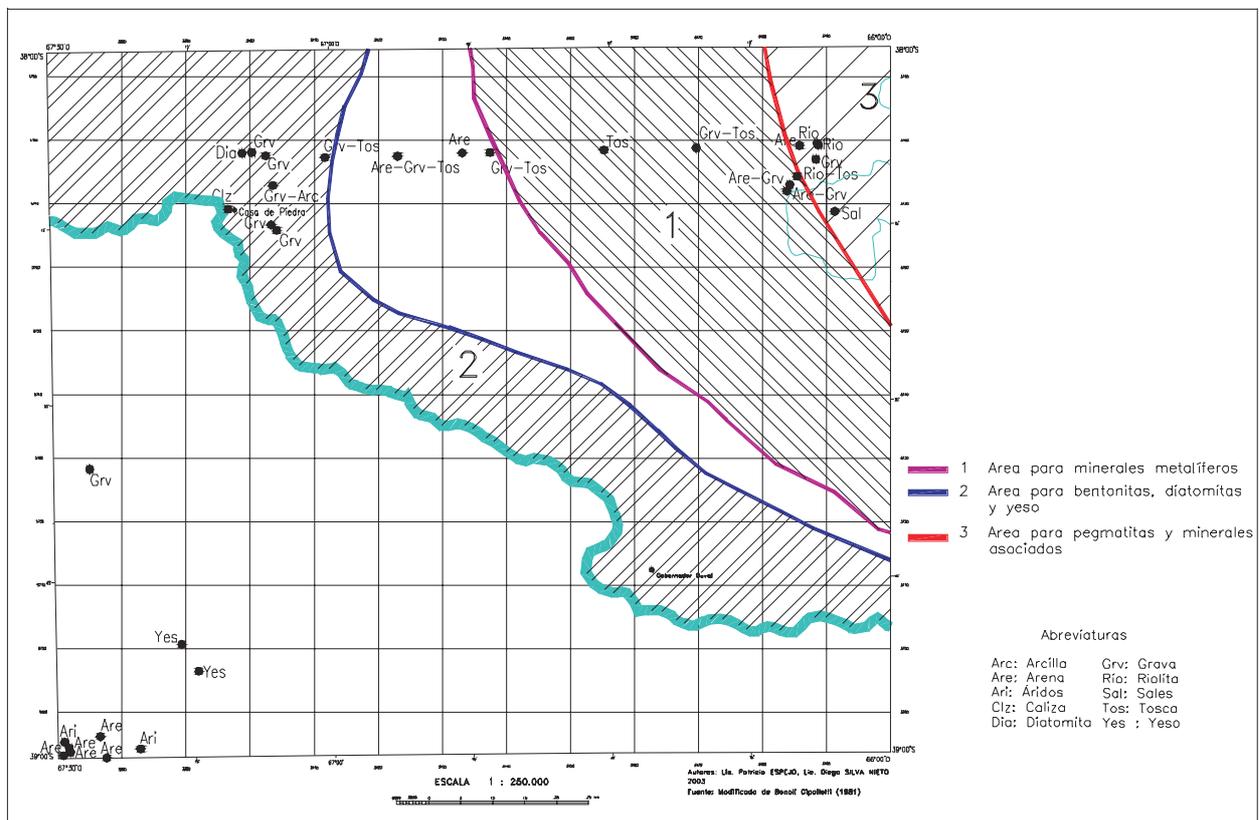


Figura 22. Áreas prioritarias de prospección minera.

les secundarios de uranio (carnotita) de aguas naturales por procesos de evaporación. Las áreas indicadas se consideraron como potenciales yacimientos uraníferos al asignarse a las rocas ígneas ácidas (plutónicas y volcánicas) la mayor disponibilidad del elemento, permaneciendo en los minerales accesorios, vidrios, espacios granulares, etc. (Chiaradía, 1986).

En la década del 90 comenzaron a realizarse trabajos de exploración para la búsqueda de hidrocarburos en el sector rionegrino de la Hoja, que dieron como consecuencia el desarrollo de numerosos pozos, en áreas ya conocidas y en otras nuevas, y una actividad petrolera que en la actualidad puede ser considerada de mediana importancia.

### 6.1. DEPÓSITOS DE MINERALES INDUSTRIALES

#### Diatomita

##### El Dique

Este depósito se ubica en la provincia de La Pampa, en cercanías del dique Casa de Piedra, en la ubicación catastral Sección XXV, Fracción B, Lote 25, siendo sus coordenadas geográficas 38°08'43» LS y 67°09'19» LO. Se accede al mismo por una huella de tierra que sale hacia el oeste, unos 200 m antes del coronamiento del dique, desde la ruta provincial 28. Después de recorrer unos 2 km, se llega al depósito situado en la barda labrada sobre los depósitos de la Formación El Sauzal. Éstos fueron asignados (Gaillardou, 1987) a la Formación Peñas Blancas (Bisceglia, 1977), la que muestra una mayor participación de litologías pelíticas y un potente banco de diatomita de un espesor máximo de 14 metros.

Son depósitos de origen continental, de ambiente lagunar poco profundo, formados por acumulación de valvas silíceas (frústulos) de diatomeas, con variedades planctónicas.

El afloramiento tiene un desarrollo variable, siendo el espesor de unos 4 m en el tramo muestreado. En algunos sectores no se advierte encape, mientras que en otros está cubierto por un manto de rodados de alrededor de 1,5 metros. El material se presenta en bancos de rumbo general este-oeste, subhorizontales, de color blanco puro, friable, finamente laminado, muy liviano y con evidencias de pequeños niveles carbonosos y de óxido de hierro de hasta 1 cm de espesor. Muestra pequeños rodados distribuidos en forma errática, en muy poca cantidad y en

algunos sectores también niveles yesosos muy finos. Por debajo se observan arenas inconsolidadas color castaño amarillento que cubren a areniscas castaño rojizo finamente laminadas y pelitas verdes. No se observa la base (figuras 23 y 24).

No se han realizado tareas exploratorias. Como característica general de los depósitos de diatomeas pampeanos, el grado de conservación de los frústulos es menor que el de las diatomeas rionegrinas, pero son aptas como filtrante, como material aislante, abrasivo, absorbente y en la preparación de esmaltes.

Este indicio, según la Clasificación de depósitos minerales industriales, rocas y gemas de la República Argentina, corresponde al modelo de Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos **9j-Diatomita lagunar**, equivalente a los modelos 31s (USGS) y F06 (BCGS).

#### Sales de magnesio (y cloruro de sodio)

##### Laguna La Amarga

La laguna La Amarga está situada en el ángulo nordeste de la Hoja, en la Sección XX, Fracción C, Lotes 4-6 y 7 del departamento Curacó, en la provincia de La Pampa, rodeada por el norte y oeste por la ruta nacional asfaltada 152.

La laguna tiene una superficie de 14.000 ha y una profundidad media de 1,30 m y está situada en el fondo de una cuenca limitada por barrancas de diversa altura y composición. Al norte, la barranca tiene de 15 a 20 m de altura, descendiendo hacia el oeste hasta alcanzar unos 5 a 6 metros. Está constituida por conglomerados parcialmente cementados por carbonato de calcio, areniscas y limos arenosos subordinados del Pleistoceno (Formación El Sauzal). Al sur está limitada por un afloramiento granítico correspondiente a la Formación Zúñiga, al nornordeste por médanos y al sudeste por volcanitas mesosilíceas de la Formación El Centinela, de aproximadamente 30 m de altura.

La laguna forma parte del sistema Atuel-Salado-Chadileuvú, el que al estar regulado no lleva agua en forma continua por lo que el aporte es muy irregular, con largos períodos de sequía. Por otro lado, el relieve llano de la cuenca, con declives poco marcados y las escasas precipitaciones también propician que la red de drenaje local sea de tipo semidesértico y que la cuenca se comporte como de tipo endorreico.

Sumado a lo anterior, la evaporación ocasionada por la acción de la temperatura y el viento origina la



**Figura 23.** Vista general del yacimiento de diatomita El Dique. Obsérvese la falta de encape.



**Figura 24.** Detalle de la diatomita del yacimiento El Dique. Se evidencian los niveles y “chorreaduras” de óxido de hierro y materia orgánica, la fina laminación y los pequeños rodados incluidos.

concentración de las sales, produciendo suelos halomórficos caracterizados por el elevado tenor de sodio y demás sales en su complejo intercambio, al mismo tiempo que la evaporación sin drenaje saliniza el cuerpo de agua y el acuífero. La sal ocupa el sector sudeste y centro del depósito, en una superficie aproximada de 2800 ha y con un espesor variable entre 2 y 3 centímetros (Zlatar Alé, 1977).

La laguna La Amarga ha sido objeto de análisis para la prospección de magnesio, litio, potasio y cesio. La composición de la salmuera es cloruro de sodio, sulfato y cloruro de magnesio, sulfato de sodio y cloruro de potasio, con una concentración variable según la extracción se realizara en playas externas o en la solución saturada de cloruro de sodio. Esta solución forma con los sedimentos una masa tixotrópica que caracteriza este tipo de laguna. El cloruro de sodio es el componente básico y más abundante de las salmueras y del cuerpo de agua, el sulfato de sodio está presente en los bordes, debajo de la capa de sal y en las salmueras, de donde es factible extraerlo por succión, mientras que el magnesio, bajo la forma de sulfato y cloruro, se encuentra en las salmueras.

Los resultados del análisis de 5 muestras de agua realizado por la Universidad Nacional de La Pampa, aplicando dos métodos independientes (volumetría con EDTA y titulación potenciométrica), dieron valores de Ca y Mg comprendidos en el rango de 0,634 y 2,366 g/l y 2,012 y 30,064 g/l, respectivamente. En estudios efectuados en la Universidad Nacional de La Plata para la determinación del contenido de litio de 5 muestras de agua, se obtuvieron tenores comprendidos entre 0,65 y 4,40 mg/l, por espectrometría de absorción atómica (Zlatar Alé, 1977).

La empresa Industrias del Salitre (1977) presentó un proyecto para prospeccionar, explorar, extraer, beneficiar y tratar la solución de sales que constituyen el cuerpo salino de La Amarga, principalmente por sales de magnesio.

Muñoz (1981), utilizando los datos analíticos de muestras tomadas por diversos investigadores, hizo el cálculo estimativo del contenido de  $Mg^{++}$  de la laguna La Amarga. Los análisis fueron realizados sobre el agua madre de la laguna, las costras salinas, los barros del piso y muestras terrosas. En función de esos valores, y tomando como base una superficie aproximada de unas 10.000 ha, dedujo una concentración de magnesio ( $Mg^{++}$ ) de 5685 mg/l, siendo de 9416.1 mg/l de  $MgO$ . Suponiendo que dicha concentración se mantiene constante hasta una profun-

dididad de 1 m, determinó que la cantidad de  $Mg^{++}$  existente en el cuerpo salino era de 568.500 t y de 941.207 t de  $MgO$ .

En los últimos años se ha modificado en varias ocasiones la alimentación de La Amarga por parte del río Curacó, por sucesivos cierres y aperturas de un endicamiento artificial ejecutado al sur de la laguna. Por esta razón, las condiciones físico-químicas de los estudios referidos deben haberse alterado por lo que deben considerarse como datos indicativos.

Sarudiansky (1982) llevó a cabo un análisis comparativo a nivel nacional de los depósitos salinos con valores de magnesio detectados o potenciales, a fin de seleccionar la localización más favorable para un eventual proyecto para la producción de óxido de magnesio. Como consecuencia del estudio, y después de analizar 20 depósitos, estimó a esta laguna como área más factible considerando distintos factores como infraestructura, materia prima, contenido de magnesio, reservas y distancia a centros de consumo.

Con respecto a la recarga de la laguna y exceptuando las escasas lluvias, estudios de la Dirección de Minería de La Pampa indican que existen razones para creer que la misma ha sido continuamente recargada en forma natural, dado que la extensión, poca profundidad y la rápida evaporación por el clima desértico, hacen sumamente dudoso que pudiera persistir por largo tiempo, tomando en cuenta el endicamiento artificial de su alimentación por parte del río Salado.

Este depósito, según la Clasificación de depósitos minerales industriales, rocas y gemas de la República Argentina, corresponde al modelo de Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos **9f-Evaporitas lacustres**, equivalente a los modelos 35b (USGS) y F09 (BCGS).

### Yeso agrícola

En el ámbito de la Hoja se hallan dos canteras que explotan yeso agrícola, situadas a unos 70 km al sur de Casa de Piedra.

Este mineral se encuentra por debajo de la cubierta de suelo formando una capa de unos 20 cm de espesor. Se trata de yeso de edad reciente que se caracteriza por tener impurezas, en proporciones que difieren ampliamente según su lugar de origen.

Para su explotación, después de eliminar la capa edáfica, con pala cargadora se levanta el yeso y se carga en camiones que distribuyen el material en las chacras, donde se lo utiliza.

En los suelos salinos sódicos del valle del río Negro, el yeso agrícola actúa realizando intercambio de iones  $\text{Na}^+$  por  $\text{Ca}^{++}$ . Como indica Ozcáriz (1998), este material es el más utilizado a nivel mundial como mejorador químico del suelo, siendo aconsejado su uso por parte de los técnicos en la materia, por su alta efectividad, por su capacidad de optimizar la infiltración del agua en el suelo y por el bajo costo por tonelada.

La efectividad del yeso depende de distintos factores, tales como el método de aplicación, el grado de finura del material, su solubilidad y la temperatura ambiente. Sin embargo, en estudios efectuados en explotaciones del valle inferior del río Negro, se determinó que cuando el yeso se aplica disuelto en el agua de lavado o de riego, todos esos factores pierden importancia. Además, disminuye a la mitad la cantidad de yeso que los cálculos teóricos y métodos de laboratorio recomiendan aplicar.

Luego de disuelto, los lavados de suelo se realizan por el sistema de aspersión o por manto, debiéndose utilizar yeso con un alto porcentaje de pureza (80% o más) para lograr una adecuada relación costo-beneficio. Si la pureza es mayor del 80%, la cantidad aconsejada por lámina de lavado varía entre 2 y 3 t por hectárea. Luego de aplicado el método, se sacan muestras del suelo y se llevan al laboratorio para determinar la cantidad de sales presentes en esa etapa del trabajo. Los resultados obtenidos determinan la continuación o suspensión de los lavados.

Estas manifestaciones, según la Clasificación de depósitos minerales industriales, rocas y gemas de la República Argentina, corresponden al modelo de Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos **9f- Evaporitas lacustres**, equivalente a los modelos 35b (USGS) y F09 (BCGS).

## 6.2. ROCAS DE APLICACIÓN

### Áridos (arenas y gravas)

Son depósitos de arenas y gravas asociados a sedimentitas plio-pleistocenas (Formación Bayo Mesa), a distintos depósitos pleistocenos (Formación El Sauzal, Depósitos aluviales aterrazados del río Colorado e indiferenciados del río Negro y Depósitos que cubren niveles de pedimentos) y también a depósitos holocenos (coluviales indiferenciados y eólicos).

La explotación del material es a cielo abierto, efectuándose la extracción en forma mecánica con pala cargadora y separándose luego las distintas frac-

ciones granulométricas por medio de zarandas.

Desde el punto de vista del uso de estos materiales, la arena de los médanos ubicados en las márgenes de la laguna La Amarga se caracteriza por ser de buena calidad para la construcción. Por su parte, arenas provenientes de los depósitos de la Formación El Sauzal fueron utilizadas en la construcción de los filtros de la presa de Casa de Piedra (Rimoldi y Turazzini, 1984).

Existen varias canteras de grava ubicadas a la vera de las rutas provincial 28 y nacional 152, en la provincia de La Pampa (figuras 25, 26 y 27). El material explotado está constituido por conglomerados subconsolidados por material arenoso que forman parte de la Formación El Sauzal, empleándose como árido para la mezcla asfáltica desplegada sobre los caminos para su pavimentación. Las canteras situadas sobre la ruta provincial 28 cesaron su actividad con la finalización de su asfaltado en el 2001; de la misma manera, se encuentran inactivas las canteras localizadas sobre la ruta 152, salvo aquellas cuyo material se emplea para realizar el mejorado de las calles de la localidad de Puelches, situada a poco más de 8 km al este del borde oriental de la Hoja.

En el kilómetro 200 de la ruta nacional 152, 70 km al nordeste de la localidad de Gobernador Duval, se halla una importante cantera de ripio explotada por la Dirección Nacional de Vialidad durante el pavimentado de la ruta en la década del 70. Según datos de Tullio (1975), ocupa aproximadamente 1 km de extensión, con frente de rumbo  $\text{N}80^{\circ}\text{E}$ , ubicándose a unos 120 m de la ruta y extendiéndose hasta las barrancas de la laguna La Amarga. El frente de cantera tiene una longitud de 300 m, un encape promedio de 0,40 a 0,50 m y un espesor explotable hasta la base de 2,25 metros. Además, se eliminó la cubierta vegetal en la zona inmediatamente al sur del frente de extracción, dejando preparada una superficie de 4250 m<sup>2</sup> para continuar los trabajos. El yacimiento tiene un volumen total de 1.125.000 m<sup>3</sup>, con un volumen explotable de 900.000 m<sup>3</sup> y un rendimiento aproximado de 630.000 m<sup>3</sup>. Con respecto a la calidad del material, Tullio (1975) indicó que al menos un 70% del volumen del mismo es susceptible de ser colocado en el mercado, correspondiendo al tipo de material denominado "rodados", apto para la utilización como áridos para hormigón, pudiéndose obtener también rodados de menor tamaño (tipo grava) y gravas finas, mediante el uso de zarandas mecánicas. Se enfatiza la cercanía de la cantera con respecto a algunos de los



**Figura 25.** Vista panorámica de la cantera de arena, ripio y tosca ubicada sobre la ruta provincial 28, 31 km al este de Casa de Piedra. Se observan las zarandas donde se realizan el "tamñado" y separación de las distintas fracciones.

principales centros de consumo de la provincia de La Pampa, como Santa Rosa (280 km) y General Acha (175 km).

Los depósitos de grava de la terraza alta de la margen izquierda del río Colorado, situados alrededor de 6 km al sudeste de Casa de Piedra, fueron utilizados para la construcción de los espaldones y del núcleo impermeable del dique Casa de Piedra, en este último caso mezclados con limos provenientes de una serie de lagunas situadas entre 2 y 8 km aguas abajo de la presa. En el sector rionegrino de la Hoja existe una cantera de grava ubicada sobre los depósitos de la Formación Bayo Mesa, unos 46 km al SSO de la presa y a unos 13 km al este de la ruta provincial 6.

En general, la producción de las canteras se comercializa, sin intermediarios, al consumidor final para la construcción, ya sea obra pública o privada. Las reservas de este tipo de roca de aplicación se consideran ilimitadas.

Estas canteras, según la Clasificación de depósitos minerales industriales, rocas y gemas de la República Argentina, corresponden al modelo de Depósitos de placer y sedimentos **12g- Áridos**, equivalente al modelo B12 (BCGS).

### Calizas

Los mantos de caliza silicificada que constituyen la parte superior de la Formación Roca han sido utilizados durante la construcción del dique Casa de Piedra para las obras de enrocado y rip rap. Los requerimientos, de unos 500.000 m<sup>3</sup> (Rimoldi y Turazzini, 1984), fueron provistos por canteras ubicadas en el área inmediata a la presa, aguas abajo de la misma, remanentes de las cuales seguían siendo empleadas hasta principios del año 2004 con el mismo fin. Sin embargo el material no es el adecuado debido a su relativamente baja resistencia a la erosión producida por el oleaje del espejo de agua de la presa, por lo que actualmente será reemplazado, en los sucesivos mantenimientos, por los "pórfidos" que afloran al nordeste de la Hoja Gobernador Duval.

Las calizas travertinoides de la Formación Roca podrían ser utilizadas para uso decorativo, aunque deben realizarse los estudios correspondientes para determinar su aptitud para tal fin.

El depósito, según la Clasificación de depósitos minerales industriales, rocas y gemas de la República Argentina, corresponde al modelo de Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos **9k- Caliza**, equivalente a los modelos 32g (USGS) y R09 (BCGS).



**Figura 26.** Cantera de grava ubicada sobre la ruta provincial 28, en cercanías de Casa de Piedra. Obsérvese que el banco de conglomerado es clasto-sostén (Formación El Sauzal).



**Figura 27.** Vista de la playa de la cantera de la figura 26 y de las pilas de material ya trabajado.

## Pórfidos

Afloramientos de la Formación Choique Mahuida se encuentran a ambos lados de la ruta provincial 28, en las cercanías de su intersección con la ruta nacional 152, ambas pavimentadas, donde se destaca el cerro Carapacha. Se trata de ignimbritas riolíticas color borravino, tenaces, frescas y vítreas, mostrando el conjunto un diaclasamiento muy marcado.

En general, los afloramientos presentan buenas condiciones de explotabilidad, especialmente el citado cerro Carapacha, dada su conformación morfológica más saliente, que permite explotarlo en varios frentes para su uso como cantera. Un factor negativo podría ser su posición geográfica algo más alejada de la ruta pavimentada, debiéndose llegar hasta el cerro transitando unos 5 km por huellas vecinales. Tiene escaso grado de cobertura moderna y a simple vista se aprecia el material en muy buen estado, sin rastros de alteración. Cavalié (1979) calculó que se pueden extraer unos 10 millones de metros cúbicos de material.

El resto de las lomadas son de menor altura, por lo que las condiciones de explotabilidad no son óptimas, si bien las características específicas del material son similares.

En uno de estos cerros ubicado en las coordenadas geográficas 38°08'12" y 66°07'49", inmediatamente al norte de la ruta provincial 28 y a 8 km del cruce con la ruta nacional 152, existe una cantera de grandes dimensiones trabajada con el mismo fin mencionado, constituida por dacitas de color morado y grisáceo con abundantes clastos pelíticos (xenolitos) de la Formación Carapacha, unidad paleozoica aflorante en la vecina Hoja Puelches, en las cercanías de la localidad homónima (figuras 28 y 29).

Los "pórfidos" son utilizados en la actualidad para las obras de mantenimiento de la presa de Casa de Piedra, en sustitución del material calcáreo empleado anteriormente. Si bien debe tenerse en cuenta el flete por traslado, de alrededor de 95 km por ruta asfaltada, este factor negativo disminuye frente a la mayor calidad de la roca, que garantiza durabilidad en las obras de reparación. Otros usos posibles son como árido de trituración para la construcción.

Estos yacimientos, según la Clasificación de depósitos minerales industriales, rocas y gemas de la República Argentina, corresponden al modelo de Depósitos asociados a volcanismo subaéreo **11g-Rocas**, equivalente al modelo R05 (BCGS).

## Tosca

En toda la región, los depósitos de la Formación El Sauzal están coronados por un manto de tosca que engloba clastos de volcanitas (conglomerado matriz sostén) de un espesor promedio de unos 2 metros. Varias canteras de este material se explotan sobre la ruta provincial 28, utilizadas para su mantenimiento cuando era de ripio mejorado, y posteriormente, durante los trabajos de pavimentación.

Estos depósitos, según la Clasificación de depósitos minerales industriales, rocas y gemas de la República Argentina, corresponden al modelo de Depósitos sedimentarios y asociados a sedimentos **9s-Tosca**.

### 6.3. HIDROCARBUROS

Dentro del ámbito de la Hoja Gobernador Duval, los yacimientos de hidrocarburos se localizan en la región occidental rionegrina correspondiente al borde oriental de la Cuenca Neuquina, en el denominado Engolfamiento Neuquino (Braccini, 1970). Dentro de la citada cuenca, las rocas reconocidas como generadoras de hidrocarburos son los niveles pelíticos de las formaciones Los Molles (Jurásico inferior medio) y Vaca Muerta, y los calcáreos arcillosos de la Formación Loma Montosa, estos últimos del Jurásico superior-Cretácico inferior (Robles, 1984). Además, los niveles porosos y permeables de diversas unidades se han comportado como rocas reservorios, capaces de almacenar hidrocarburos, como las formaciones Tobas Barda Alta (Jurásico inferior), Loma Montosa (Jurásico superior-Cretácico inferior) y Centenario (Cretácico inferior).

La mayoría de los entrapamientos son de tipo combinado, por acuífero de niveles porosos y permeables hacia el borde de la cuenca, en zonas afectadas por plegamiento como resultado de los movimientos de los bloques de basamento (Robles, 1984).

En los últimos años se ha incrementado en gran medida el número de sondeos exploratorios en el área rionegrina de la Hoja, con el hallazgo de varios yacimientos y el desarrollo de gran número de pozos, contando con una completa infraestructura.

El Grupo Choiyoi con su unidad superior, las Tobas Barda Alta (Robles, 1970) produce petróleo en la zona de La Rinconada, la Formación Loma Montosa en Kauffman Norte, mientras que de la



**Figura 28.** Vista de la cantera de dacitas ubicada sobre la ruta provincial 28, a escasos kilómetros del cruce con la ruta nacional 152. Se observan las pilas de bloques trabajados.



**Figura 29.** Foto de detalle de la cantera de la figura 28. Se observa un bloque de dacita con enclaves de pelitas de la Formación Carapacha (unidad que aflora al este de la Hoja Gobernador Duval).

CUADRO-RESUMEN DE INDICIOS Y OCURRENCIAS MINERALES DE LA HOJA 3966-I, GOBERNADOR DUVAL

N° INDICIO	SUSTANCIA	NOMBRE	LOCALIDAD	COORDENADAS		HOJA 1: 100,000	LITOLOGÍA	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA	EDAD	MINERALOGÍA	LABORES MINERAS
				X	Y						
2	Arena	Alto Valle III	A 11,7 km al NO de Cervantes	38°59'11" S	67°29'56" O	3966-13	Arenas, calizas pelíticas, limonarcillas, gravas, arenas	Depósitos que cubren niveles de pedimentos	Pleistoceno superior - Holoceno		Cantera
9	Arena	Blanco, A.	A 9,5 km al NNO de Cervantes	38°58'10" S	67°25'25" O	3966-13	Arenas, calizas pelíticas, limonarcillas, gravas, arenas	Depósitos que cubren niveles de pedimentos	Pleistoceno superior - Holoceno		Cantera
6	Arena	Bussi, E.	A 10,6 km al NO de Cervantes	38°59'06" S	67°28'49" O	3966-13	Arenas, calizas pelíticas, limonarcillas, gravas, arenas	Depósitos que cubren niveles de pedimentos	Pleistoceno superior - Holoceno		Cantera
10	Arena	Cantera Cervantes	A 6 km al NNO de Cervantes	38°59'59" S	67°24'46" O	3966-13	Conglomerados, gravas, arenas	Depósitos aluviales atrazados indiferenciados del río Negro	Pleistoceno inferior		Cantera
4	Arena	San Martín	A 10,5 km al NO de Cervantes	38°59'43" S	67°29'26" O	3966-13	Arenas, calizas pelíticas, limonarcillas, gravas, arenas	Depósitos que cubren niveles de pedimentos	Pleistoceno superior - Holoceno		Cantera
23	Arena	Sin nombre	A 72 km al NO de Gobernador Duval	38°08'53" S	66°45'46" O	3966-2	Areniscas gruesas, areniscas tobáceas, limolitas arenosas, limolitas arcillosas, arcillitas, conglomerados, cineritas, yeso	Formación El Sauzal	Pleistoceno inferior		Cantera
30	Arena	Sin nombre	A 70,6 km al NO de Gobernador Duval	38°08'24" S	66°09'42" O	3966-3	Arenas finas, limos, limonarcillas	Depósitos coluviales indiferenciados	Holoceno		Cantera
28	Arena-Grava	Carolina	A 64,3 km al NO de Gobernador Duval	38°1'43" S	66°10'45" O	3966-3	Arenas finas, limos, limonarcillas	Depósitos coluviales indiferenciados	Holoceno		Cantera
27	Arena-Grava	Sin nombre	A 63,2 km al NO de Gobernador Duval	38°12'16" S	66°11'04" O	3966-3	Arenas finas, limos, limonarcillas	Depósitos coluviales indiferenciados	Holoceno		Cantera
22	Arena-Grava-Tosca	Sin nombre	A 76,2 km al NO de Gobernador Duval	38°09'07" S	66°52'41" O	3966-2	Areniscas gruesas, areniscas tobáceas, limolitas arenosas, limolitas arcillosas, arcillitas, conglomerados, cineritas, yeso	Formación El Sauzal	Pleistoceno inferior		Cantera
7	Arena-Ripio	Cantera La Carlota	A 10 km al NO de Cervantes	38°59'27" S	67°28'40" O	3966-13	Arenas, calizas pelíticas, limonarcillas, gravas, arenas	Depósitos que cubren niveles de pedimentos	Pleistoceno superior - Holoceno		Cantera
5	Áridos	El Cholo III	A 11,7 km al NO de Cervantes	38°58'36" S	67°29'17" O	3966-13	Arenas, calizas pelíticas, limonarcillas, gravas, arenas	Depósitos que cubren niveles de pedimentos	Pleistoceno superior - Holoceno		Cantera
1	Áridos	San Cayetano VI	A 13,9 km al NO de Cervantes	38°57'30" S	67°29'57" O	3966-13	Arenas, calizas pelíticas, limonarcillas, gravas, arenas	Depósitos que cubren niveles de pedimentos	Pleistoceno superior - Holoceno		Cantera

CUADRO-RESUMEN DE INDICIOS Y OCURRENCIAS MINERALES DE LA HOJA 3966-I, GOBERNADOR DUVAL (continuación)

N° INDICIO	SUSTANCIA	NOMBRE	LOCALIDAD	COORDENADAS		HOJA 1: 100,000	LITOLOGÍA	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA	EDAD	MINERALOGÍA	LABORES MINERAS
				X	Y						
14	Caliza	Casa de Piedra	A 1 km al O de Casa de Piedra	38°13'29" S	67°10'54" O	3966-1	Calizas, coquinas, arcillitas, margas, yeso	Formación Roca	Paleoceno		Sin laboreo
15	Diatomita	El Dique - Vanina	A 9 km al N de Casa de Piedra	38°08'43" S	67°09'19" O	3966-1	Areniscas gruesas, areniscas tobáceas, limolinas arenosas, limolitas arcillosas, arcillitas, conglomerados, cineritas, yeso	Formación El Sauzal	Pleistoceno inferior		Sin laboreo
16	Grava	Sin nombre	A 90,7 km al NO de Gobernador Duval	38°08'39" S	67°08'17" O	3966-1	Areniscas gruesas, areniscas tobáceas, limolinas arenosas, limolitas arcillosas, arcillitas, conglomerados, cineritas, yeso	Formación El Sauzal	Pleistoceno inferior		Cantera
17	Grava	Sin nombre	A 88,8 km al NO de Gobernador Duval	38°08'57" S	67°06'47" O	3966-1	Areniscas gruesas, areniscas tobáceas, limolinas arenosas, limolitas arcillosas, arcillitas, conglomerados, cineritas, yeso	Formación El Sauzal	Pleistoceno inferior		Cantera
18	Grava	Sin nombre	A 80,5 km al NO de Gobernador Duval	38°14'51" S	67°06'18" O	3966-1	Conglomerados, gravas, arenas	Depósitos aluviales aterrazados del río Colorado (Nivel I)	Pleistoceno inferior		Cantera
20	Grava	Sin nombre	A 79,3 km al NO de Gobernador Duval	38°15'20" S	67°05'43" O	3966-1	Conglomerados, gravas, arenas	Depósitos aluviales aterrazados del río Colorado (Nivel I)	Pleistoceno inferior		Cantera
31	Grava	Sin nombre	A 70 km al NO de Gobernador Duval	38°09'33" S	66°07'57" O	3966-3	Arenas finas, limos, limoarcillas	Depósitos coluviales indiferenciados	Holoceno		Cantera
8	Grava	Tristi	A 47 km al SO de Casa de Piedra	38°35'25" S	67°26'07" O	3966-7	Conglomerados, areniscas gruesas	Formación Bayo Mesa	Plioceno superior-Pleistoceno inferior		Cantera
19	Grava-Arcilla	Sin nombre	A 84,6 km al NO de Gobernador Duval	38°11'30" S	67°06'04" O	3966-1	Conglomerados, gravas, arenas	Depósitos aluviales aterrazados del río Colorado (Nivel I)	Pleistoceno inferior		Cantera
21	Grava-Tosca	Sin nombre	A 82,6 km al NO de Gobernador Duval	38°09'10" S	67°00'28" O	3966-1	Areniscas gruesas, areniscas tobáceas, limolinas arenosas, limolitas arcillosas, arcillitas, conglomerados, cineritas, yeso	Formación El Sauzal	Pleistoceno inferior		Cantera
24	Grava-Tosca	Sin nombre	A 70,3 km al NO de Gobernador Duval	38°08'53" S	66°42'48" O	3966-2	Areniscas gruesas, areniscas tobáceas, limolinas arenosas, limolitas arcillosas, arcillitas, conglomerados, cineritas, yeso	Formación El Sauzal	Pleistoceno inferior		Cantera

## CUADRO-RESUMEN DE INDICIOS Y OCURRENCIAS MINERALES DE LA HOJA 3966-I, GOBERNADOR DUVAL (continuación)

N° INDICIO	SUSTANCIA	NOMBRE	LOCALIDAD	COORDENADAS			HOJA 1: 100.000	LITOLOGÍA	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA	EDAD	MINERALOGÍA	LABORES MINERAS
				X	Y	Y						
26	Grava-Tosca	Sin nombre	A 66,8 km al NO de Gobernador Duval	38°08'34" S	66°20'45" O	3966-3	Areniscas gruesas, areniscas tobáceas, limolitas arenosas, limolitas arcillosas, arcillitas, conglomerados, cineritas, yeso	Formación El Sauzal	Pleistoceno inferior		Cantera	
32	Riolita	Sin nombre	A 71,9 km al NO de Gobernador Duval	38°08'12" S	66°07'49" O	3966-3	Ignimbritas riolíticas, dacitas	Formación Choique Mahuida	Pérmico inferior-Triásico medio		Cantera	
33	Riolita	Sin nombre	A 71,7 km al NO de Gobernador Duval	38°08'22" S	66°07'43" O	3966-3	Ignimbritas riolíticas, dacitas	Formación Choique Mahuida	Pérmico inferior-Triásico medio		Cantera	
29	Riolita-Tosca	Sin nombre	A 66 km al NO de Gobernador Duval	38°11'01" S	66°09'57" O	3966-3	Ignimbritas riolíticas, dacitas	Formación Choique Mahuida	Pérmico inferior-Triásico medio		Cantera	
11	Ripio calcáreo	Municipalidad de Cervantes	A 7,9 km al NNE de Cervantes	38°59'16" S	67°21'05" O	3966-13	Conglomerados con matriz arenosa cementados con carbonato de calcio, areniscas y limos arenosos	Depósitos que cubren niveles de pedimentos	Pleistoceno superior-Holoceno		Cantera	
3	Ripio calcáreo	San Cayetano V	A 13,2 km al NO de Cervantes	38°57'57" S	67°29'53" O	3966-13	Arenas, calizas pelíticas, limoncillas, gravas, arenas	Depósitos que cubren niveles de pedimentos	Pleistoceno superior - Holoceno		Cantera	
34	Sales de magnesio y cloruro de sodio	Laguna La Amarga	A 63,3 km al NO de Gobernador Duval	38°13'59" S	66°05'56" O	3966-3	Limos, arcillas, evaporitas	Depósitos finos de bajos y lagunas	Holoceno		Cantera	
25	Tosca	Sin nombre	A 66,5 km al NO de Gobernador Duval	38°08'43" S	66°30'37" O	3966-2	Conglomerados con matriz arenosa cementados con carbonato de calcio, areniscas y limos arenosos	Formación El Sauzal	Pleistoceno inferior		Cantera	
12	Yeso agrícola	Cantera San Julián	A 25,5 km al NNE de Cervantes	38°50'25" S	67°16'30" O	3966-13	Conglomerados con matriz arenosa cementados con carbonato de calcio, areniscas y limos arenosos	Depósitos que cubren niveles de pedimentos	Pleistoceno superior - Holoceno		Cantera	
13	Yeso agrícola	Cervantes	A 23 km al NE de Cervantes	38°52'44" S	67°14'42" O	3966-13	Arenas, calizas pelíticas, limoncillas, gravas, arenas	Depósitos que cubren niveles de pedimentos	Pleistoceno superior - Holoceno		Cantera	

Formación Sierras Blancas, una de las típicas productivas, se obtiene petróleo en Rinconada y Blanco de Los Olivos; en este último pozo también se obtiene gas y petróleo de algunos niveles arenosos gruesos de la Formación Centenario.

Las áreas hidrocarburíferas más importantes que cubren la zona son Blanco de los Olivos, Blanco de los Olivos Oriental, Puesto Prado, Puesto Flores-Estancia Vieja, Lago Pellegrini Este, Rinconada, Kauffman Norte, CNQ 16A, CNQ 27A, Río Negro Norte, Puesto González, Medanito, Laguna El Loro, Puesto Galdame, Estación Cervantes, Villa Regina, Bajo Hondo y Las Bases. Este último yacimiento registró durante los años 2002 y 2003 la mayor producción de gas de la provincia de Río Negro, con valores de 208.290 m<sup>3</sup> y 260.052 m<sup>3</sup>, respectivamente. De la misma manera, los yacimientos Las Bases, Rinconada y Puesto Prado-Estancia Vieja registran producción de crudo dentro de la Hoja Gobernador Duval, el último con valores de 40.023 m<sup>3</sup> y 24.587 m<sup>3</sup> en los años 2002 y 2003, respectivamente y según datos de la Dirección General de Minería e Hidrocarburos de Río Negro, quien además proporcionó el plano de áreas hidrocarburíferas de la provincia, que completa el mapa de recursos minerales adjunto.

Las áreas mencionadas se hallan, en su mayoría, concesionadas a diversas empresas petroleras multinacionales, otras están liberadas, como CNQ27A, Estación Cervantes y Villa Regina, y otras son áreas a revertir como Laguna El Loro y Blanco de los Olivos 2.

Según el citado plano, dos áreas hidrocarburíferas (Medanito y Rinconada) se extienden al norte del río Colorado, si bien no se tienen informes de la Dirección de Minería de la provincia de La Pampa.

## 7. SITIOS DE INTERÉS GEOLÓGICO

### Presa-Embalse Casa de Piedra

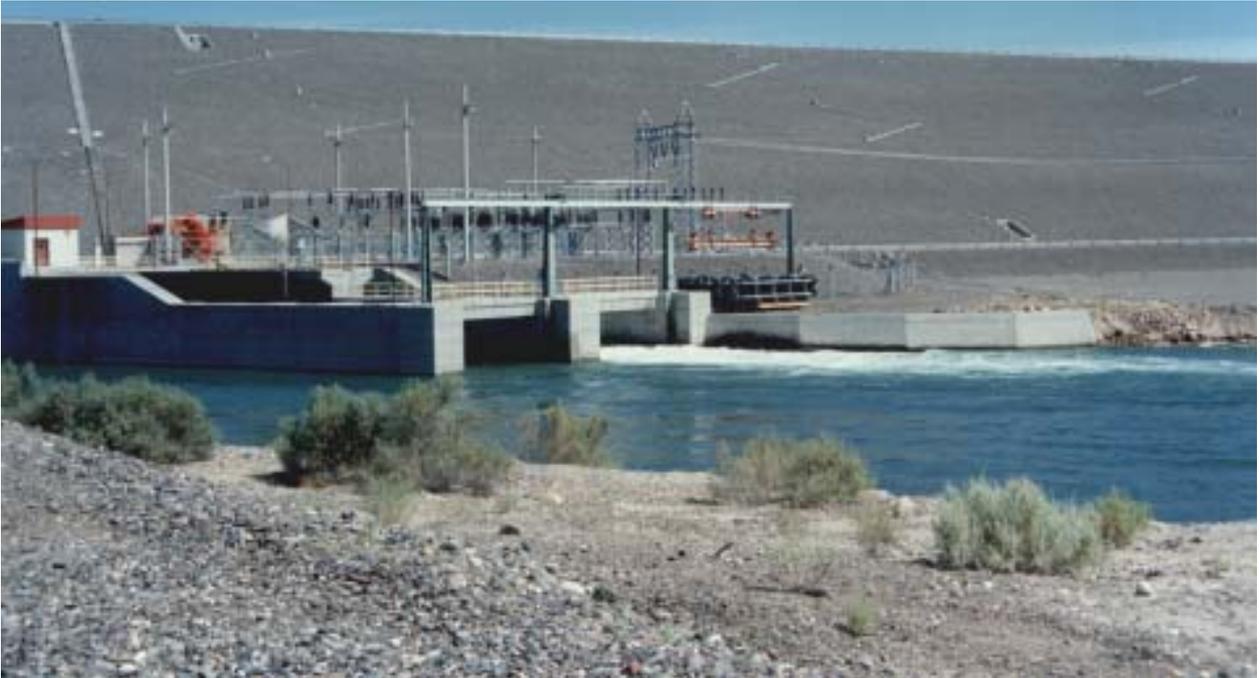
Este complejo hidroeléctrico, inaugurado en 1989, fue construido sobre el río Colorado en el paraje Casa de Piedra, con dos objetivos fundamentales: la regulación de caudales para irrigación de un área de desarrollo agrícola de hasta 300.000 ha, y el control y atenuación de crecientes, siendo la generación de energía eléctrica una función secundaria, la que es aportada íntegramente al Sistema Interconectado Nacional.

La presa, de materiales sueltos con núcleo impermeable, tiene una longitud de coronamiento de 10.157 m y una altura máxima de 50 m sobre el cauce del río. El embalse, con una superficie de 36.000 ha, tiene un volumen de 4000 hm<sup>3</sup> y una longitud de lago de 55 km, con un salto útil de turbinado de 38 metros (figuras 30 y 31).

El sitio está dentro del área de la Cuenca Neuquina. La presa se asienta sobre los términos superiores del Grupo Malargüe, unidades de posición subhorizontal sin diatrofismos relevantes en las que predomina la Formación Roca, constituida por sedimentitas marinas del Paleoceno. Aguas abajo de



Figura 30. Dique Casa de Piedra.



**Figura 31.** Instalaciones de monitoreo de la Central Hidroeléctrica de la presa Casa de Piedra.



**Figura 32.** Vista de la laguna La Amarga y su playa de inundación.

la presa se observan los característicos paredones castaño amarillentos de esta formación, integrados por calizas, coquinas, arcilitas y margas; su horizonte superior tiene el aspecto de travertino con oquedades tapizadas por eflorescencias de yeso, calcita y calcedonia.

Inmediatamente al sur del dique se destaca la sierra de Vaca Mahuida, de 386 m s.n.m., con el típico paisaje de las entidades subhorizontales plio-

pleistocenas conformado por las formaciones Los Loros y El Palo, coronadas por los conglomerados de la Formación Bayo Mesa.

### **Laguna La Amarga**

Este extenso cuerpo de agua tiene una superficie de 14.000 ha y en las barrancas que la rodean se puede distinguir buena parte de las uni-

dades representadas en la Hoja Gobernador Duval, tales como las volcanitas y plutonitas pérmico-triásicas de las formaciones El Centinela, Choique Mahuida y Zúñiga, las sedimentitas pleistocenas de la Formación El Sauzal y de los Depósitos que cubren niveles de pedimentos, además de distintos depósitos holocenos (figura 32).

Se destaca su potencial minero, centrado en el contenido de sales de sodio y magnesio de sus salmueras. Con respecto a este último elemento, estudios realizados determinaron que esta lagu-

na constituye, potencialmente y a nivel nacional, el área con mayores posibilidades para un eventual proyecto para la producción de óxido de magnesio.

### **Barrancas del río Colorado (Gobernador Duval)**

En los alrededores de la localidad de Gobernador Duval, en las barrancas del río Colorado (de unos 20 m de altura), se observan buenas exposiciones de las formaciones El Palo y El Sauzal.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALBERDI, M.T., F.P., BONADONNA y E. ORTIZ JAUREGUIZAR, 1997. Chronological correlation, paleoecology and paleobiogeography of the Late Cenozoic South American Rionegran land mammal faunas: a review. *Revista Española de Paleontología*, 12 (2): 249-255.
- AMEGHINO, F., 1906. Les formations sédimentaires du Crétacé supérieur et du Tertiaire de Patagonie avec une parallèle entre leurs faunes mammalogiques et celles de l'ancien continent. *Anales del Museo Nacional de Historia Natural de Buenos Aires, Serie 3*, 8: 1-568. Buenos Aires.
- ANGELELLI, V., I. SCHALAMUK y A. ARROSPIDE, 1976. Los yacimientos no metalíferos y rocas de aplicación de la Región Patagonia Comahue. *Anales 12*, Secretaría de Energía y Minería, Ministerio de Economía. Buenos Aires.
- ARDOLINO, A. y M. FRANCHI, 1996. Geología. En: *Geología y Recursos Minerales del Departamento Añelo. Provincia del Neuquén. República Argentina. Boletín N° 3* (Dirección Provincial de Minería del Neuquén); *Anales N° 25* (Dirección Nacional del Servicio Geológico): 9-106. Buenos Aires.
- ARDOLINO, A., M. FRANCHI, M. REMESAL y F. SALANI, 1999. El volcanismo en la Patagonia Extraandina. En: *La sedimentación y el volcanismo terciarios en la Patagonia Extraandina. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Geología Argentina. Anales 29* (18): 579-612. Buenos Aires.
- BANCHERO, J.C., 1976. Proyecto "Casa de Piedra". Consideraciones geológico-geotécnicas. Consorcio Casa de Piedra. Informe inédito. Buenos Aires.
- BARRIO, C., A.A. CARLINI y F.J. GOIN, 1989. Litogénesis y antigüedad de la Formación Chichinales de Paso Córdoba. Río Negro, Argentina. 4° Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, 4: 149-156.
- BERTELS, A., 1964. Micropaleontología del Paleoceno de General Roca (provincia de Río Negro). *Revista del Museo de la Plata. 4. Paleontología*, 1-23. La Plata.
- BERTELS, A., 1969. Estratigrafía del límite Cretácico-Terciario en Patagonia Septentrional. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 24 (1): 41-54. Buenos Aires.
- BERTELS, A., 1970. Los foraminíferos planctónicos de la Cuenca Cretácico-Terciaria en Patagonia septentrional (Argentina) con consideraciones sobre la estratigrafía de Fortín General Roca (provincia de Río Negro). *Ameghiniana*, 8 (1): 1-56. Buenos Aires.
- BIONDI, J.L., 1933. Informe sobre reconocimiento geológico en Allen (Territorio de Río Negro). Yacimientos Petrolíferos Fiscales. Informe inédito. Buenos Aires.
- BIONDI, J.L., 1950. Resumen de estudios geológicos realizados en el territorio del Neuquén, noroeste de Río Negro, departamentos de Puelén y Chical Có (Territorio de La Pampa) y sur de la provincia de Mendoza. Yacimientos Carboníferos Fiscales. Informe inédito: 1-94. 1 mapa. Buenos Aires.
- BISCEGLIA, H.A., 1977. Estudio hidrogeológico de la región de la meseta basáltica, con especial referencia a los manantiales. Ministerio de Obras Públicas, Administración Provincial del Agua. Informe inédito: 1-92, mapas, cuadros y figuras. Santa Rosa. La Pampa.
- BISCEGLIA, H.A., 1978. Estudio hidrogeológico de la traza de la ruta provincial número 17, tramo entre Puelches y Casa de Piedra. Ministerio de Obras Públicas, Administración Provincial del Agua, Dirección de Recursos Hídricos. Informe inédito: 1-12. perfiles, planos y figuras. Santa Rosa. La Pampa.
- BISCEGLIA, H.A., 1979. Perfil geológico Punta de la Barba-Limay Mahuida. Ministerio de Obras Públicas, Administración Provincial del Agua, Dirección de Recursos Hídricos. Informe inédito: 1-13. Santa Rosa. La Pampa.
- BISCEGLIA, H.A., 1980. Informes hidrogeológicos preliminares de las hojas Puelches, La Unión, Choique Mahuida, Sierra Chica, Pichi Mahuida, Sierra Chata, La Japonesa y región de Lihué Calel. Plan EASSE, Ministerio de Obras Públicas, Administración Provincial del Agua, Dirección de Recursos Hídricos. Informe inédito: 1-7, cuadros y mapas. Santa Rosa. La Pampa.
- BLASI, A., 1991. Sedimentología de las gravas del río Colorado, Argentina. *Revista del Museo de La Plata (Nueva Serie). Sección Geología*, 10: 243-264. La Plata.
- BÖHM, K. y A.A. PALMA, 1960. Condiciones geológicas reinantes en la zona de Casa de Piedra con relación a un proyecto de embalse sobre el río Colorado, en la provincia de La Pampa. Ente Provincial del Río Colorado. Biblioteca. 6 pp., mapa geológico y perfiles. 25 de Mayo. La Pampa.
- BONDESIO, P., J. RABASSA, R. PASCUAL, M.G. VUCETICH y G. SCILLATO YANÉ, 1980. La Formación Collón Cura de Pilcaniyeu Viejo y sus alrededores (Río Negro, República Argentina). Su antigüedad y las condiciones ambientales según su distribución. 2° Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, 3: 85-99. Buenos Aires.

- BONOLICIPOLLETTI, F., 1981. Aprovechamiento minero de la provincia de La Pampa. Servicios Técnicos SPARTAN SA - Consejo Federal de Inversiones, 1: 1-235. Buenos Aires.
- BRACACCINI, O., 1960. Lineamientos principales de la evolución estructural de la Argentina. *Petrotecnia*, 10 (6): 57-69. Buenos Aires.
- BRACACCINI, 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): 275-284. Buenos Aires.
- CALMELS, A.P., 1996. Bosquejo geomorfológico de la provincia de La Pampa. Ed. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de La Pampa, 110 pp. Santa Rosa. La Pampa.
- CALMELS, A.P. y O.C. CARBALLO, 1990. Geología de la provincia de La Pampa. República Argentina. Universidad Nacional de La Pampa, 40 pp. Trabajo inédito. Santa Rosa. La Pampa.
- CAMACHO, H.H., 1967. Las transgresiones del Cretácico superior y Terciario de la Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 22 (4): 253-280. Buenos Aires.
- CANNELLE, L.E., 1950. Condiciones hidrogeológicas de la zona comprendida entre Telén y Santa Isabel y el valle de los Ríos Salado, Atuel, Chadileuvú. Territorio de La Pampa. Ministerio de Industria y Comercio, Dirección General de Industria Minera. Carpeta 954, inédita, 35 pp. Buenos Aires.
- CASADÍO, S., 1990. Estratigrafía secuencial del límite Cretácico-Terciario en el occidente de la provincia de La Pampa. *Actas de la Tercera Reunión Argentina de Sedimentología*: 87-93. Santa Rosa. La Pampa.
- CASADÍO, S., 1994. Estratigrafía y paleontología del intervalo Maastrichtiano-Daniano en el occidente de la Provincia de La Pampa, Argentina. Tesis doctoral inédita. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba.
- CASADÍO, S. y A. CONCHEYRO, 1992. Facies y ambientes de sedimentación en el límite Cretácico-Terciario de La Pampa, Argentina. 8° Congreso Latinoamericano de Geología, 4:30-34. Salamanca.
- CASAMIQUELA, R., 1963. Sobre un par de anuros del Mioceno de Río Negro (Patagonia), *Wawelia gerholdi* n. gen. et sp. (Ceratophryidae) y *Gigantobatrachus parodii* (Leptodactylidae). *Ameghiniana*, 3 (5): 141-160. Buenos Aires.
- CASAMIQUELA, R., 1984. La zona litoral del mar maastrichtense en el norte de la Patagonia. Aspectos geológicos. *Mundo Ameghiniano. Órgano Científico de la Fundación Ameghino*, 5. Viedma
- CAVALIÉ, C.C., 1977. Condiciones geológicas e hidrogeológicas del sector del emplazamiento de la presa "Casa de Piedra". Comité Interprovincial Casa de Piedra. Informe inédito. Biblioteca de la Dirección de Minas, F.383. Santa Rosa, La Pampa.
- CAVALIÉ, C.C., 1979. Determinación de las características principales y aptitud del material rocoso aflorante en las inmediaciones de la ruta 17 a utilizar como cantera en el escolladero de la presa "Casa de Piedra". Informe inédito: 1-5, Biblioteca de la Dirección de Minas. Comité Interprovincial Casa de Piedra. Santa Rosa. La Pampa.
- CAZAU, L. y M.A. ULIANA, 1973. El Cretácico superior de la Cuenca Neuquina. 5° Congreso Geológico Argentino, 3: 131-163. Buenos Aires.
- CHIARADÍA, V.G., 1986. El magmatismo permotriásico en la provincia de La Pampa y su favorabilidad uranífera. Universidad Nacional de La Pampa. Serie Suplementos N°2 :25-28. Santa Rosa.
- CONCHEYRO, A., 1995. Nanofósiles calcáreos del Cretácico Superior y Paleógeno de Patagonia, Argentina. Tesis doctoral inédita, 338 pp. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Buenos Aires.
- CONTI, C. y A. RAPALINI, 1990. Paleomagnetismo de la Formación Choique Mahuida, aflorante en la sierra homónima, provincia de La Pampa, República Argentina. 11° Congreso Geológico Argentino, 2:235-238. San Juan.
- CONTI, C., A. RAPALINI, A. SÚNICO y H. VIZÁN, 1990. Geología de la Sierra de Choique Mahuida, Provincia de La Pampa, República Argentina. 11° Congreso Geológico Argentino, 2:7-10. San Juan.
- CONWENTZ, H., 1885. Sobre algunos árboles fósiles del Río Negro. *Boletín Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*, 7 (4). Córdoba.
- CORDINI, I.R., 1962. Perfil químico de la barranca del río Colorado en Casa de Piedra, departamento de Puelén (La Pampa). Informe inédito: 1-3, 1 perfil. Ente Provincial Río Colorado. Santa Rosa. La Pampa.
- CORDINI, I.R., 1963. Los calcáreos del Cerro Mesa. Provincia de La Pampa. Ente Provincial del Río Colorado. Informe inédito: 1-11, 3 figuras. Buenos Aires.
- CORDINI, I.R., 1967. Reservas salinas de Argentina. Instituto Nacional de Geología y Minería. *Anales* N° 13:1-108. Buenos Aires.
- CORTELEZZI, C., O. de SALVO y F. de FRANCESCO, 1965. Estudio de las Gravas Tehuelches de la región comprendida entre el río Colorado y el río Negro desde la costa de la Provincia de Buenos Aires hasta Choele Choel. *Actas Segundas Jornadas Geológicas Argentinas*, 2: 65-86. Buenos Aires.

- CORTELEZZI, C., F. de FRANCESCO y O. de SALVO, 1968. Estudio de las Gravas Tehuelches de la región comprendida entre el río Negro y el río Colorado desde la costa atlántica hasta la Cordillera. *Actas Terceras Jornadas Geológicas Argentinas*, 3: 123-145. Buenos Aires.
- CRIADO ROQUÉ, P., 1972a. Bloque de San Rafael. En: Leanza, A.F. (Ed.), *Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias. República Argentina: 287-295. Córdoba.
- CRIADO ROQUÉ, P., 1972b. Cinturón móvil mendocino pampeano. En: Leanza, A.F. (Ed.), *Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias Córdoba: 297-303. Córdoba.
- CRIADO ROQUÉ, P. y G. IBÁÑEZ, 1976. Provincia Geológica Sanrafaelino-pampeana. En: Turner, J.C. (Coord.), *Segundo Simposio de Geología Regional Argentina*, Academia Nacional de Ciencias Córdoba, 1: 837-869. Córdoba.
- CSAKY, A., 1962. Informe sobre los trabajos geológicos realizados durante los meses de agosto a octubre de 1962. Ente Provincial del Río Colorado Informe inédito: 1-6, 1 mapa, 1 perfil. Santa Rosa. La Pampa.
- DARWIN, C., 1846. *Geological observations of South America, being the third part of the geology of the voyage of the "Beagle" during 1832 to 1836*, 1:279. Smith, Elder, 279pp. Londres.
- DE FERRARÍIS, C.I., 1966. Estudio estratigráfico de la Formación Río Negro de la Provincia de Buenos Aires. Sus relaciones con la región nordpatagónica. *Anales Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires*, 5 (7): 85-166. La Plata.
- DE FERRARÍIS, C.I., 1968. El Cretácico del norte de la Patagonia. *Terceras Jornadas Geológicas Argentinas*, 1: 121-144. Buenos Aires.
- DELPINO, D.H., 1982. Informe preliminar de la Hoja 34h Puelches. Servicio Geológico Nacional. Trabajo inédito: 1-38, 1 mapa. Buenos Aires.
- DESSANTI, R., 1973. Sobre el control estructural de algunos rasgos geomorfológicos del noroeste de la Patagonia. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 28 (4): 95-96. Buenos Aires.
- DIGREGORIO, J., 1972. Neuquén. En: Leanza, A.F. (Ed.), *Geología Regional Argentina*. Primer Simposio: 439-505. Córdoba.
- DIGREGORIO, J. y M.A. ULIANA, 1980. Cuenca Neuquina. Segundo Simposio Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias. República Argentina: 985-1032. Córdoba.
- DOERING, A., 1882. Geología. En: Informe oficial de la Comisión Científica Agregada al Estado Mayor General de la Expedición al Río Negro (Patagonia), realizada en los meses de abril, mayo y junio de 1879, bajo las órdenes del General D. Julio A. Roca. Entrega 3:295-530. Buenos Aires.
- D'ORBIGNY, A., 1847. *Voyage dans l'Amérique meridionale*. Geologie des Pampes. III, 3er. Partie: Geologie. Paris. P. Bertrand.
- ESPEJO, P. y D. SILVANIETO, 1985. Descripción geológica de las Hojas 34h Puelches, 34i Estancia La Unión (provincia de La Pampa), 35h Choique Mahuida y 35i Pichi Mahuida (provincias de La Pampa y Río Negro). Dirección Nacional de Minería y Geología. Informe inédito: 1-117. Buenos Aires.
- ESPEJO, P. y D. SILVANIETO, 1986. Estratigrafía, litología y geomorfología de la Formación Puesto Alfí. 3ª Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de La Pampa. Serie Suplementos (3): 65-71. Santa Rosa. La Pampa.
- ESPEJO, P. y D. SILVANIETO, 1996. Hoja Geológica 3966-II Puelches, provincias de La Pampa y Río Negro. Dirección Nacional del Servicio Geológico. Boletín 216: 1-35, 1 mapa. Buenos Aires.
- ESPEJO, P. y D. SILVANIETO, 1999. Geología y Recursos minerales del sector rionegrino de las Hojas 3769-IV, Catriel; 3969-II, Neuquén; 3966-I, Gobernador Duval; 3966-II, Puelches y 3963-I, Río Colorado. Convenio Dirección de Minería de Río Negro-SEGEMAR:1-38. Viedma.
- FELDMANN, R.M., S. CASADÍO, L. CHIRINO GÁLVEZ y M. AGUIRRE URRETA, 1995. Fossil decapod crustaceans from the Jagüel and Roca Formations (Maastrichtian-Danian) of the Neuquén Basin, Argentine. *The Paleontological Society, Memoire 43. Journal of Paleontology*. 69(5)2: 1-22. Lawrence.
- FERUGLIO, E., 1950. Descripción Geológica de la Patagonia. I-III. Dirección General de Yacimientos Petrolíferos Fiscales. Buenos Aires.
- FIDALGO, F., 1963. Algunos rasgos tectónicos y geomorfológicos de la sierra de Sañogasta-Vilgo. Provincia de La Rioja. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 18 (3-4): 139-153. Buenos Aires.
- FIDALGO, F., 1973. Sobre los bajos sin salida en Patagonia. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 28 (4): 92-94. Buenos Aires.
- FIDALGO, F. y J.C. RIGGI, 1970. Consideraciones geomórficas y sedimentológicas sobre los Rodados Patagónicos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 25 (4): 430-443. Buenos Aires.
- FLYNN, J. y C.C. SWISHER, 1995. Cenozoic South American land mammals ages: correlation to global geochronologies. *SEPM Special Publication*, 54: 317-333. Tulsa.
- FOSSAMANCINI, E., E. FERUGLIO y J.C. YUSSEN de CAMPANA, 1938. Una reunión de geólogos de YPF y el problema de la terminología estratigráfica. *Boletín de Informaciones Petroleras*, 15 (171): 1-67. Buenos Aires.

- FRANCHI, M., F. NULLO, E. SEPÚLVEDA y M.A. ULIANA, 1984. Las sedimentitas terciarias. 9° Congreso Geológico Argentino. Relatorio, 1 (9): 215-266. Buenos Aires.
- FRENGUELLI, J., 1957. Neozoico. Geografía de la República Argentina. GAEA. II, 3ª. Parte: 1-116. Buenos Aires.
- GAILLARDOU, R.A., 1987. Evaluación y cuantificación de las manifestaciones diatomíferas, provincia de La Pampa. Consejo Federal de Inversiones. Expediente N° 1122. Informe inédito: 1-76. Buenos Aires.
- GALANTE, O., 1959. Levantamiento geológico al sur de los ríos Limay y Negro (entre Senillosa y General Roca). Provincia de Río Negro. Yacimientos Petrolíferos Fiscales. Informe inédito: 1-27. Buenos Aires.
- GEOTÉCNICA-TECNOCONSULT, 1982. Proyecto de la presa "Casa de Piedra". Informe final de la campaña de investigaciones geotécnicas y geológicas. Consorcio IATASA-TAMS-GIBB. Ente ejecutivo Casa de Piedra. Volúmenes I-II y III. Buenos Aires.
- GONZÁLEZ DÍAZ, E.F. y E. MALAGNINO, 1984. Geomorfología. 9° Congreso Geológico Argentino. Relatorio, 1(13): 347-364. Buenos Aires.
- GROEBER, P., 1929. Líneas fundamentales de la geología del Neuquén, sur de Mendoza y regiones adyacentes. Dirección Nacional Minas, Geología e Hidrogeología. Publicación 58: 1-110. Buenos Aires.
- GROEBER, P., 1939. Mapa geológico de Mendoza. Physis. Sección Geología y Paleontología. 1°, 14: 171-220. Buenos Aires.
- GROEBER, P., 1945. Larámico. Capas de La Balsa y de Chichinales en la balsa sobre el río Negro frente a General Roca. Notas Museo de La Plata, 10(38): 107-111. La Plata.
- GROEBER, P., 1946. Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70. I. Hoja Chos Malal. Revista Asociación Geológica Argentina, 1(3): 177-208. Buenos Aires.
- GROEBER, P., 1951. La Alta Cordillera entre las latitudes 34° y 29°30'. Instituto Nacional de Investigaciones de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Revista (Ciencias Geológicas), 1(5): 1-352. Buenos Aires.
- GROEBER, P., 1953. Mesozoico: Triásico, Jurásico (con la colaboración de STIPANICIC, P. y A. MINGRAMM) y Cretácico. En: Geografía de la República Argentina. Sociedad Argentina de Estudios Geográficos. GAEA. 2ª parte: 1-141. Buenos Aires.
- GROEBER, P., 1955. Anotaciones sobre el Cretácico, Supracretácico, Paleoceno, Eoceno y Cuartario. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 10(4): 234-261. Buenos Aires.
- GROEBER, P., 1959. Supracretácico y Terciario. En: Geografía de la República Argentina. GAEA. II (2): 1-165. Buenos Aires.
- HERRERO DUCLOUX, J.J., 1977. Prospección geoelectrica en el paraje denominado "Casa de Piedra" (provincia de La Pampa y Río Negro). Instituto Nacional de Ciencias y Técnicas Hídricas. Informe inédito: 1-14, figuras y 66 perfiles de sondeos. Buenos Aires.
- INDUSTRIAS DEL SALITRE S.L.M., 1977. Consulta para la realización de proyecto especial (Art. 16-Dec. 443/74). Informe inédito: 1-13. Biblioteca Dirección de Minería. Santa Rosa. La Pampa.
- INTERNATIONAL UNION OF GEOLOGICAL SCIENCES, 2000. International stratigraphic chart. UNESCO-International Commission on Stratigraphy.
- IRIONDO, M.H., 1997. Models of deposition of loess and loessoids in the Upper Quaternary of South America. Journal of South American Earth Sciences, 10(1):71-79. Oxford.
- KASHIRSKY, A., 1938. La formación de costras de toscas calcáreas. Revista Minera, Año IX: 20-29 y 33-42. Buenos Aires.
- LAPIDO, O. y F. PEREYRA, 1999. Cuaternario. Cuaternario de la Patagonia Extraandina. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Geología Argentina. Anales 29 (23): 704-709. Buenos Aires.
- LAPIDO, O., A. LIZUAIN y E. NÚÑEZ, 1984. La cobertura sedimentaria mesozoica. 9° Congreso Geológico Argentino. Relatorio, 1 (6): 139-162. Buenos Aires.
- LEANZA, A., 1967. Los Baculites de la Provincia de La Pampa con notas acerca de la edad del Piso Rocanense. Boletín Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, 46, 1ª entrega. Córdoba.
- LEANZA, H.A. y C.A. HUGO, 1997. Hoja geológica 3969-III, Picún Leufú, provincias del Neuquén y Río Negro. Escala 1:250.000. Servicio Geológico Minero Argentino. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Boletín 218: 1-135. Buenos Aires.
- LEANZA, H.A. y C.A. HUGO, 1999a. Geología y Recursos Minerales de la Hoja 3969-IV General Roca, provincia de Río Negro. Convenio Dirección de Minería de Río Negro - Servicio Geológico Minero Argentino: 1-106. Viedma.
- LEANZA, H.A. y C.A. HUGO, 1999b. Geología y Recursos Minerales de la Hoja 3966-III Villa Regina, provincia de Río Negro. Convenio Dirección de Minería de Río Negro - Servicio Geológico Minero Argentino: 1-72. Viedma.
- LEGARRETA, L. y M.A. ULIANA, 1999. El Jurásico y Cretácico de la Cordillera Principal y la Cuenca Neuquina. Facies sedimentarias. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Geología Argentina. Anales 29 (16): 399-416. Buenos Aires.

- LINARES, E., M.A. MANAVELLA y A. PIÑEIRO, 1977. Geocronología de las rocas efusivas de la zona de los yacimientos “Dr. Baulfes” y “Los Reyunos”, Sierra Pintada de San Rafael, Mendoza, República Argentina. 7° Congreso Geológico Argentino, 2: 13-21. Buenos Aires.
- LINARES, E., E. LLAMBÍAS y C. LATORRE, 1979. Geología y geocronología de las rocas eruptivas de la provincia de La Pampa, República Argentina. 7° Congreso Geológico Argentino, 1: 795 - 808. Buenos Aires.
- LINARES, E., E. LLAMBÍAS y C. LATORRE, 1980. Geología de la provincia de La Pampa, República Argentina y geocronología de sus rocas metamórficas y eruptivas. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 35(1): 87-146. Buenos Aires.
- LLAMBÍAS, E.J., 1973. Las ignimbritas de la Sierra de Lihué Calel, provincia de La Pampa. 5° Congreso Geológico Argentino, 4: 55-67. Buenos Aires.
- LLAMBÍAS, E.J., 1975. Geología de la provincia de La Pampa y su aspecto minero. Dirección de Minas. Provincia de La Pampa. Trabajo inédito: 1-56. Santa Rosa. La Pampa.
- LLAMBÍAS, E.J., 1999. Las rocas ígneas gondwánicas. El magmatismo gondwánico durante el Paleozoico superior-Triásico. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Geología Argentina. Anales 29 (14): 349-363. Buenos Aires.
- LLAMBÍAS, E.J. y M.A. LEVERATTO, 1975. El “plateau” riolítico de la provincia de La Pampa, República Argentina. 2° Congreso Iberoamericano de Geología Económica, 1: 99-114. Buenos Aires.
- LLAMBÍAS, E.J., L.E. KLEIMAN y J.A. SALVARREDI, 1993. El magmatismo gondwánico. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos. Relatorio, 1: 53-64. Mendoza.
- MALUMIÁN, N., 1999. La sedimentación y el volcanismo terciarios en la Patagonia Extraandina. La sedimentación en la Patagonia Extraandina. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Geología Argentina. Anales 29 (18): 557-578. Buenos Aires.
- MARINKEFF, K. y A.L. COCCO, 1972. Prospección radimétrica aérea. Comisión Nacional de Energía Atómica. Informe inédito: 1-15. Buenos Aires.
- MASSABIE, A., 1993. Estratigrafía del límite Cretácico-Terciario en la región del río Colorado según el perfil de Casa de Piedra. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, 2:124-131. Buenos Aires.
- MELCHOR, R., 1995. Sedimentología de las unidades paleozoicas aflorantes en el centro-oeste de la provincia de La Pampa, Argentina. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Tesis doctoral inédita: 1:272. La Plata.
- MELCHOR, R., 2002. Depósitos continentales eocenos en el sudoeste de la provincia de La Pampa, Argentina: edad, estratigrafía y paleoambientes. 15° Congreso Geológico Argentino, 1: 694-698. Buenos Aires.
- MELCHOR, R. y S. CASADÍO, 2000. Hoja Geológica 3766 – III, La Reforma, provincia de La Pampa. Escala 1:250.000. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina. Servicio Geológico Mineiro Argentino. Texto versión preliminar: 1-56, 1 mapa. Boletín N° 295. Buenos Aires.
- MELCHOR, R. y E.J. LLAMBÍAS, 2000. Hoja Geológica 3766–I, Santa Isabel, provincia de La Pampa. Escala 1:250.000. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina. Servicio Geológico Mineiro Argentino. Trabajo inédito. Buenos Aires.
- MELCHOR, R., S. CASADÍO y G. VISCONTI, 1992. Análisis estratigráfico secuencial de los depósitos lacustres eocenos de la Formación Vaca Mahuida, SO de la provincia de La Pampa, Argentina. 4ª Reunión Argentina de Sedimentología, 1: 151-158. La Plata.
- MERCERAT, A., 1893. Contribución a la geología de la Patagonia. Anales Sociedad Científica Argentina, 36: 65-103. Buenos Aires.
- METHOL, E., 1973. Comentarios sobre los pequeños bajos sin salida de la Patagonia. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 28 (4): 94-95. Buenos Aires.
- MIRANDA, J., 1960. Levantamiento geológico del río Colorado entre Colonia 25 de Mayo (La Pampa) y El Atamisqui (Mendoza). Yacimientos Petrolíferos Fiscales. Informe inédito. Buenos Aires.
- MUÑOZ, M.A., 1981. Informe sobre el catión ( $Mg^{2+}$ ) y características generales de la laguna La Amarga. Dirección de Minas. Informe inédito, F3: 1-15, 1 mapa. Santa Rosa. La Pampa.
- NÁGERA, J.J., 1926. Atlas de la República Argentina. Sociedad Argentina de Estudios Geográficos. Buenos Aires.
- NUÑEZ, E., 1976. Descripción geológica de la Hoja 31e, Chical Có, provincias de Mendoza y La Pampa. Servicio Geológico Nacional. Informe inédito: 1-92, 2 tablas, 3 perfiles y 1 mapa. Buenos Aires.
- ORCHUELA, I. y J. PLOSZKIEWICZ, 1984. La cuenca neuquina. 9° Congreso Geológico Argentino. Relatorio, 1 (7): 163-188. Buenos Aires.

- OZCÁRIZ, E., 1998. El suelo y las sales. Estación Experimental Agropecuaria. Valle inferior del río Negro. Convenio IDEVI-INTA. Información Técnica N°8. Viedma.
- PADULA, E., 1951. Informe preliminar del levantamiento zona Auca Mahuida y Bajos de Añelo. Yacimientos Petrolíferos Fiscales. Informe inédito. Buenos Aires.
- PASCUAL, R., 1967. Los roedores octodontidae (Caviomorpha) de la Formación Arroyo Chasicó (Plioceno inferior) de la Provincia de Buenos Aires. Revista. Museo de La Plata. Sección Paleontología. V: 259-282. La Plata.
- PASCUAL, R. y O. ODREMAN RIVAS, 1971. Evolución de las comunidades de los vertebrados del Terciario Argentino, los aspectos paleozoogeográficos y paleoclimáticos relacionados. *Ameghiniana*, 8 (3-4). Buenos Aires.
- PASCUAL, R. y O. ODREMAN RIVAS, 1973. Las unidades estratigráficas del Terciario portadoras de mamíferos. Su distribución y sus relaciones con los acontecimientos diastrosóficos. 5° Congreso Geológico Argentino, 3: 293-336. Buenos Aires.
- PASCUAL, R., E. ORTEGAHINOJOSA, D. GONDAR y E. TONNI, 1965. Las edades del Cenozoico mamífero de la provincia de Buenos Aires, con especial atención a aquellas del territorio bonaerense. Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires. *Anales* 6: 165-193. La Plata.
- PASCUAL, R., P. BONDESIO, M. VUCETICH, G. SCILLATO YANÉ, M. BOND. y E.P. TONNI, 1984. Vertebrados fósiles cenozoicos. 9° Congreso Geológico Argentino. Relatorio, 2 (9): 539-561. Buenos Aires.
- POLANSKY, J., 1966. Edades eruptivas suprapaleozoicas asociadas con el diastrosfismo variscico. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 21 (1): 5-19. Buenos Aires.
- POLANSKY, J., 1970. Carbonífero y Pérmico de la Argentina. EUDEBA. Buenos Aires.
- RAMOS, V.A., 1999a. Las provincias geológicas del territorio argentino. En: Caminos, R. (Ed.), *Geología Argentina* Instituto de Geología y Recursos Minerales. *Anales* 29 (3): 41-96. Buenos Aires.
- RAMOS, V.A., 1999b. Rasgos estructurales del territorio argentino. Evolución tectónica de la Argentina. En: Caminos, R. (Ed.), *Geología Argentina*. Instituto de Geología y Recursos Minerales. *Anales* 29 (24): 715-759. Buenos Aires.
- RAMOS, V.A. y J.M. CORTÉS, 1984. Estructura e interpretación tectónica. 9° Congreso Geológico Argentino. Relatorio, 1(12): 317-346. Buenos Aires.
- RAPELA, C.W. y E.J. LLAMBÍAS, 1985. Evolución magmática y relaciones regionales de los complejos eruptivos de La Esperanza, provincia de Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 40 (1-2): 4-25. Buenos Aires.
- RAPELA, C.W., R.J. PANKHURST, E.J. LLAMBÍAS, C. LABUDÍA y A. ARTABE, 1996. "Gondwana" magmatism of Patagonia: Inner cordilleran calc-alkaline batholiths and bimodal volcanic provinces. *Proceedings Third International Symposium on Andean Geodynamics*: 791-794. Saint Malo.
- RIMOLDI, H. y G. TURAZZINI, 1984. Aprovechamientos hidráulicos. 9° Congreso Geológico Argentino. Relatorio, 3(8): 693-752. Buenos Aires.
- ROBLES, D.A., 1970. Informe sobre el Grupo Choiyoi y la Formación Planicie Morada, localizados en el subsuelo del sector nordeste de la Cuenca Neuquina. Yacimientos Petrolíferos Fiscales. Informe inédito. Buenos Aires.
- ROBLES, D.A., 1984. Yacimientos de hidrocarburos. 9° Congreso Geológico Argentino. Relatorio, 3 (7): 675-691. Buenos Aires.
- ROCHA CAMPOS, A., G. AMARAL y E. APARICIO, 1971. Algunas edades K/Ar de la Serie Porfírica en la Precordillera y Cordillera Frontal de Mendoza, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 26 (3): 311-316. Buenos Aires.
- RODRÍGUEZ, M.F., H.A. LEANZA y M. SALVARREDY ARANGUREN, 2006. Hoja Geológica 3969-II, Neuquén, provincias de Neuquén, Río Negro y La Pampa. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, informe inédito. Buenos Aires.
- ROLLERI, E.O. y P. CRIADO ROQUÉ, 1970. Geología de la provincia de Mendoza. 4<sup>as</sup> Jornadas Geológicas Argentinas, 2: 1-60. Buenos Aires.
- ROLLERI, E.O. y C.A. FERNÁNDEZ GARRASINO, 1979. Comarca septentrional de Mendoza. En: Turner, J.C.M. (Ed.), *Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias. Segundo Simposio, 1: 771-810. Córdoba.
- ROTH, S., 1908. Beitrage zur Gliederung der Sedimentablagerungen in Patagonien und der Pampas-Region. *Neues Jahrbuch Fur Mineralogie, Geologie und Palaontologie, Beilageband*. 26: 92-150. Stuttgart.
- SARUDIANSKY, R., 1982. Análisis comparativo de depósitos con posibilidad de contener sales de magnesio. Consejo Federal de Inversiones. Informe inédito: 1-32. Buenos Aires.
- SCILLATO YANÉ, G., M.A. ULIANA y R. PASCUAL, 1976. Un Megalonychidae (Edentata, Pilosa) del Plioceno de la provincia de Río Negro (República Argentina), su importancia bioestratigráfica y paleobiográfica. 6° Congreso Geológico Argentino, 1: 579-592. Buenos Aires.

- SOBRAL, J.M., 1937. Geología de la comarca de La Pampa al occidente del Chadi-Leuvú. Yacimientos Petrolíferos Fiscales. Informe inédito. Buenos Aires.
- SOBRAL, J.M., 1942. Geología de la región occidental del Territorio de La Pampa, situada al occidente del Chadileuvú. Boletín Informaciones Petroleras, 19 (212): 33-81. Buenos Aires.
- STIPANICIC, P.N., 1967. Consideraciones sobre las edades de algunas fases magmáticas del Neopaleozoico y Mesozoico. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 22 (2): 101-133. Buenos Aires.
- STIPANICIC, P.N. y F. RODRIGO, 1970. El diastrofismo Eo y Mesocretácico en Argentina y Chile, con referencias a los movimientos jurásicos de la Patagonia. 4<sup>as</sup> Jornadas Geológicas Argentinas, 2: 337-352. Buenos Aires.
- STIPANICIC, P.N., F. RODRIGO, O.L. BAULÍES y C.G. MARTÍNEZ, 1968. Las formaciones presenonianas en el denominado Macizo Norpatagónico y regiones adyacentes. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 23 (2): 67-98. Buenos Aires.
- TAPIA, A., 1939. Chacharramendi y alrededores. Phycis, 19: 221-224. Buenos Aires.
- TICKYJ, H. y E. J. LLAMBÍAS, 1994. El gneis milonítico del Cerro de los Viejos (38°28' S - 64°26' O), provincia de La Pampa, Argentina. ¿Evidencia de un corrimiento en el Carbonífero inferior?. 7° Congreso Geológico Chileno, 2:1239-1243. Concepción.
- TULLIO, J.O., 1975. Informe sobre el "ripio" Puelches (provincia de La Pampa). Dirección de Minas de la provincia de La Pampa. Informe inédito, F. 368 :1-6, cuadros y mapa. Santa Rosa. La Pampa.
- ULIANA, M.A., 1979. Geología de la región comprendida entre los ríos Colorado y Negro, provincias de Neuquén y Río Negro. Universidad Nacional de La Plata. Tesis doctoral inédita: 1:117, 17 figuras. La Plata.
- ULIANA, M.A. y H.H. CAMACHO, 1975. Estratigrafía y paleontología de la Formación Vaca Mahuida (provincia de Río Negro). Primer Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. Ópera Lilloana, 2: 357-376. San Miguel de Tucumán.
- ULIANA, M.A. y D. DELLAPÉ, 1981. Estratigrafía y evolución paleoambiental de la sucesión Maastrichtiano-Eoterciaria del engolfamiento neuquino (Patagonia septentrional). 8° Congreso Geológico Argentino, 3: 673-711. Buenos Aires.
- VILELA, C.R. y J.C. RIGGI, 1953. Descripción geológica de las Hojas 33h, Sierra de Lihuel Calel, y 33i, Sierra Chica, provincia de La Pampa. Dirección Nacional de Geología y Minería. Carpeta N°353, inédita. Buenos Aires. Biblioteca de la Dirección de Minas de la provincia de La Pampa. F.42: 1-61. Santa Rosa. La Pampa.
- VILELA, C.R. y J.C. RIGGI, 1956. Rasgos geológicos y petrográficos de la Sierra de Lihuel Calel. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 11:217-272. Buenos Aires.
- VISCONTI, G, C. MONTALVO y S. GIAI, 1993. Depósitos de la Formación Río Negro (Mioceno Superior), en el sector sudoeste de la Laguna La Amariga, Provincia de La Pampa. 5<sup>as</sup> Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales, 2: 102-108. Santa Rosa. La Pampa.
- WEAVER, C., 1927. The Roca Formation in Argentina. American Journal of Science, 5(13): 417-434. Nueva York.
- WEBER, E., 1964. Estudio geológico de General Roca, provincia de Río Negro. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Tesis doctoral inédita. Buenos Aires.
- WEBER, E., 1972. Descripción geológica de la Hoja 35f, Jagüel de los Milicos, provincia de Río Negro. Servicio Geológico Nacional. Trabajo inédito: 1-118. Buenos Aires.
- WICHMANN, R., 1916. Las Capas con Dinosaurios de la costa sur del río Negro frente a General Roca. Phycis, 2(11): 258-262. Buenos Aires.
- WICHMANN, R., 1919. Contribución a la geología de la región comprendida entre el río Negro y el arroyo Valcheta. Anales Ministerio de Agricultura de la Nación. Sección Geología, Mineralogía y Minería, 13(4): 1-45. Buenos Aires.
- WICHMANN, R., 1924. Nuevas observaciones geológicas en la parte oriental del Neuquén y en el territorio de Río Negro. Ministerio de Agricultura de la Nación. Sección Geología, 2: 3-22. Buenos Aires.
- WICHMANN, R., 1928. Contribución a la geología de los departamentos Chical C6 y Puelén, de la parte occidental de la Pampa Central. Ministerio de Agricultura. Dirección General de Minas, Geología e Hidrogeología. Publicación 40: 1-33. Buenos Aires.
- WINDHAUSEN, A., 1912. El yacimiento de rafaélita de Auca Mahuida. Dirección General de Minería, Geología e Hidrogeología. Informe preliminar. Buenos Aires.
- WINDHAUSEN, A., 1914. Contribución al conocimiento geológico de los territorios de Río Negro y Neuquén, con un estudio de la región petrolífera de la parte central del Neuquén (cerro Lotena y Covunco). Anales Ministerio de Agricultura de la Nación. Sección Geología, Mineralogía y Minería, 10(1): 1-60. Buenos Aires.
- WINDHAUSEN, A., 1918. The problem of Cretaceous-Tertiary Boundary in South America and the stratigraphic position of the San Jorge Formation in Patagonia. American Journal of Science, 44(265): 1-53.

- WINDHAUSEN, A., 1922. Estudios geológicos en el valle superior del río Negro. Boletín Ministerio de Agricultura. Dirección General de Minas, Geología e Hidrología. Publicación 29, Serie B:1-89. Buenos Aires.
- WINDLEY, B.F., 1977. The evolving continents. John Willey & Sons:1-385. Bristol.
- YRIGOYEN, M.R., 1979. Cordillera Principal. En: Turner, J.C.M. (Ed.), Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias. Segundo Simposio, 1: 651-694. Córdoba.
- ZAMBRANO, J.J., 1973. Influencia de la deflación en la formación de los bajos sin salida de la Patagonia extraandina. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 28 (4): 92-94. Buenos Aires.
- ZEIL, W., 1981. Volcanism and geodynamics at the turn of the Paleozoic to the Mesozoic in the Central And Southern Andes. Zentralblatt für Geologie und Paläontologie. Teil I-1981(3/4): 298-318. Stuttgart.
- ZLATAR ALÉ, Y., 1977. Estudio geológico-minero de la laguna La Amarga. Dirección de Minas de la provincia de La Pampa. Informe inédito, F. 313:1-3, perfiles y mapa. Santa Rosa. La Pampa.

Entregado: octubre de 2002

Validado: junio de 2004