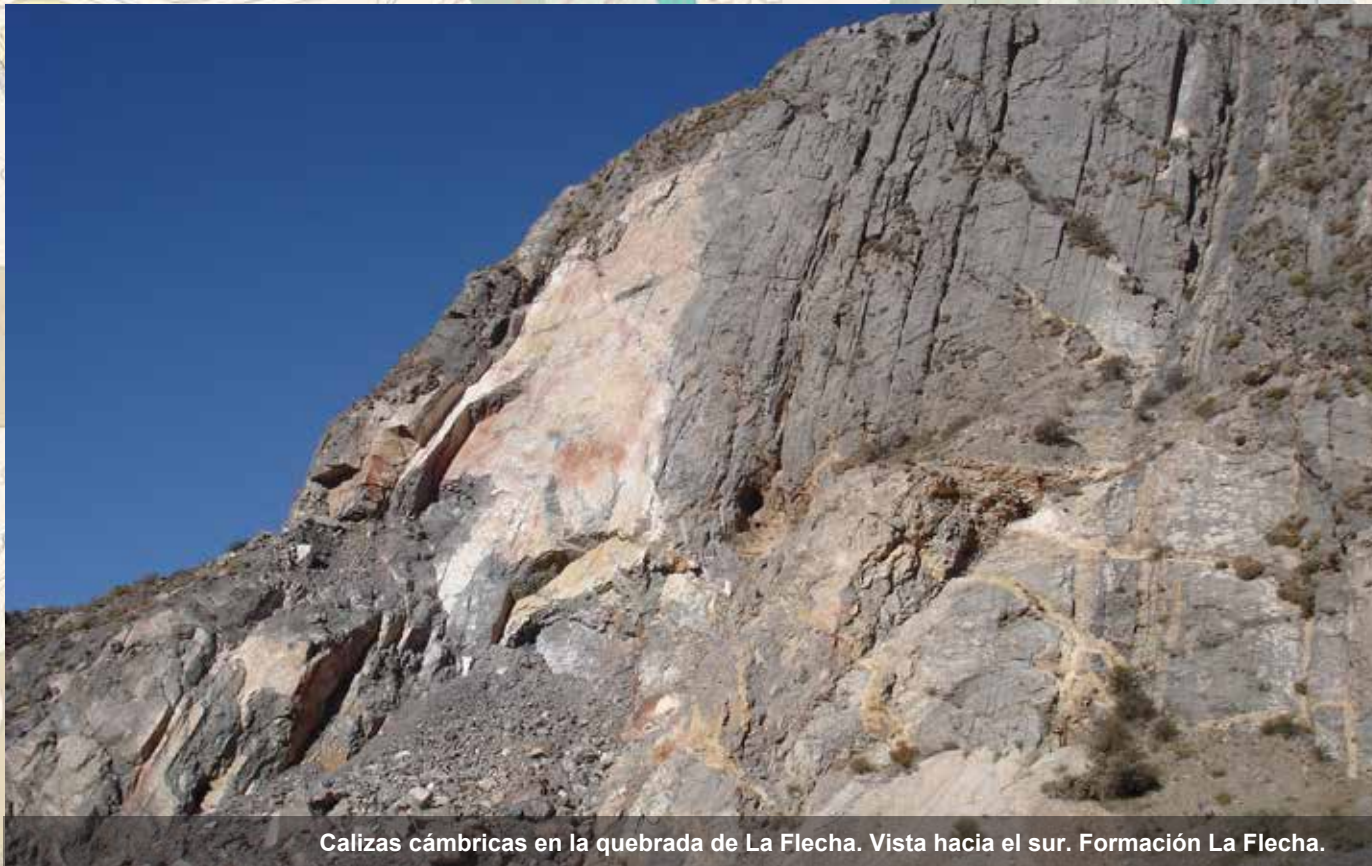


Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina

1:100.000

Hoja Geológica 3169-34 **Los Berros**



Calizas cámbricas en la quebrada de La Flecha. Vista hacia el sur. Formación La Flecha.

Provincia de San Juan

Raúl Cardó, Iris Díaz, Osvaldo Bordonaro y Aldo Cardinali

Supervisión: Luis Fauqué



**INSTITUTO DE
GEOLOGÍA Y
RECURSOS
MINERALES**



**Programa Nacional de Cartas Geológicas
de la República Argentina
1:100.000**

Hoja Geológica 3169-34

Los Berros

Provincia de San Juan

Raúl Cardó¹, Iris Díaz¹, Osvaldo Bordonaro² y Aldo Cardinali³

Supervisión: Luis Fauqué⁴

¹ SEGEMAR-San Juan

² Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales, CONICET, Mendoza

³ Departamento de Minería de la provincia de San Juan

⁴ SEGEMAR-Buenos Aires

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

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

Boletín N° 397
Buenos Aires - 2020

SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO

Presidente: Dr. Eduardo O. Zappettini
Secretario Ejecutivo: Lic. Silvia Chavez

INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES

Director: Dr. Martín Gozalvez

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA REGIONAL

Directora: Dra. Graciela Vujovich

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Esta publicación debe citarse como:

Cardó, R., Díaz, I., Bordonaro, O., Cardinali, A., 2020.
Hoja Geológica 3169-34, Los Berros. Provincia de San Juan.
Instituto de Geología y Recursos Minerales.
Servicio Geológico Minero Argentino.
Boletín N° 397, 36 pp. Buenos Aires.

ISSN 0328-2333

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



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

Edificios 14 y 25 | (11) 5670-0100

www.segemar.gov.ar

CONTENIDO

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN	3
Ubicación de la Hoja y área que abarca	3
Naturaleza del trabajo	3
Investigaciones anteriores	4
2. ESTRATIGRAFÍA	4
2.1. PROTEROZOICO	4
Complejo Pie de Palo (1a, 1b)	4
2.2. PALEOZOICO	7
2.2.1. CÁMBRICO - ORDOVÍCICO MEDIO	7
Grupo Marquesado	7
Formación La Laja (2)	7
Formación Zonda (3)	8
Formación La Flecha (4)	8
Formación La Silla (5)	9
Formación San Juan (6)	9
2.2.2. SILÚRICO- DEVÓNICO	10
Formación Rinconada (7)	10
Formación Corralitos (8)	11
2.2.3. DEVÓNICO	12
Formación Punta Negra (9)	12
2.2.4. CARBONÍFERO	12
Formación Jejenes (10)	12
Formación La Deheza (11)	13
2.2.5. PÉRMICO	14
Formación Andapaico (12)	14
2.3. PALEOZOICO - MESOZOICO	15
2.3.1. PÉRMICO - TRIÁSICO	15
Traquita La Flecha (13)	15
2.4. CENOZOICO	16
2.4.1. NEÓGENO	16
2.4.1.1. Mioceno	16
Formación Albarracín (14)	16
Formación El Corral (15)	17
Formación Lomas de Las Tapias (16)	18
2.4.2. CUATERNARIO	19
Depósitos aluviales antiguos (17a)	19
Depósitos de piedemonte (17b)	19
Depósitos aluviales con modificaciones antrópicas (17c)	19
Depósitos de ciénagas y barreales (17d)	19
Depósitos eólicos (17e)	20
Depósitos fluviales (17f)	20
Depósitos de torrentes de barro (17g)	20
3. ESTRUCTURA	20
3.1. Evolución tectónica	21
3.1.1. Ciclo Grenvilliano	21
3.1.2. Ciclo Famatiniano	21
3.1.3. Ciclo Gondwánico	21
3.1.4. Ciclo Ándico	23

4. GEOMORFOLOGÍA	23
5. HISTORIA GEOLÓGICA	25
6. RECURSOS MINERALES	25
Calizas y dolomías	26
Calcita	26
Granate	27
7. SITIOS DE INTERÉS GEOLÓGICO	27
TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO	31

RESUMEN

La Hoja Geológica 3169-34, Los Berros, está situada al sur de la provincia de San Juan y lleva el nombre de una importante localidad calera. Comprende parte de dos provincias geológicas: las Sierras Pampeanas Occidentales y la Precordillera (Oriental y Central).

Las Sierras Pampeanas están representadas, en el cerro Valdivia, por un basamento de edad proterozoica media, el Complejo Pie de Palo, compuesto por rocas máficas y ultramáficas, anfíbolitas y esquistos anfibólicos, micáceos y cuarzo-feldespáticos, afectados por metamorfismo regional y dinámico.

La Precordillera comprende secuencias carbonáticas de plataforma del Cámbrico-Ordovícico con abundante fauna fósil (formaciones La Laja, Zonda, La Flecha, La Silla y San Juan) y depósitos siliciclásticos del Silúrico, Devónico, Carbonífero y Terciario.

Los depósitos silúricos (Formación Rinconada) corresponden a una melange sedimentaria de bloques alóctonos clásticos y carbonáticos ubicados en el sector oriental de la Hoja, en el ámbito de la Precordillera Oriental.

Las sedimentitas silúrico-devónicas (Formación Corralitos) que afloran en la Precordillera Central están constituidas por lutitas, areniscas, brechas carbonáticas y olistolitos de calizas en el sector noroeste de la Hoja.

El Devónico (Formación Punta Negra) consiste en una potente secuencia clástica de abanicos detríticos submarinos generados por corrientes de turbidez provenientes del este.

Los depósitos carboníferos comprenden secuencias de conglomerados, areniscas, limolitas y lutitas carbonosas, que indican ambientes fluviales y lacustres con episodios periglaciales, bien representados en el sector austral de la Hoja por las formaciones Jejenes, La Deheza y Andapaico.

En el período extensivo del Pérmico-Triásico se emplazó una unidad volcánica, Traquita La Flecha, compuesta por traquitas que podría representar manifestaciones del Grupo Choyoi o posteriores.

Durante el Neógeno se depositaron areniscas, limolitas y piroclastitas, en discordancia sobre unidades carboníferas y más antiguas, representadas por las formaciones Albarracín, El Corral y Lomas de Las Tapias.

El Cuaternario está integrado por depósitos aluviales, de piedemonte, eólicos y de barreales.

La Precordillera Oriental está formada por corrimientos norte-sur que ocasionaron la imbricación y repetición de secuencias del Paleozoico mediante fallas inversas. Estos corrimientos están limitados por fallas normales o de desplazamiento de rumbo. La estructura es de tipo "piel gruesa" con vergencia al oeste, donde se involucran depósitos del Paleozoico inferior, Carbonífero y Terciario.

La Precordillera Central está controlada por corrimientos frontales de un sistema de imbricación del tipo "piel delgada", con una vergencia al este.

La interacción de vergencias opuestas en la Precordillera genera una zona triangular denominada Corredor Acequiación-Maradona-Zonda, con la presencia de complicaciones estructurales, magmatismo y fallamiento neotectónico.

En esta Hoja se destaca la importancia de la actividad minera, ya que la mayoría de la producción de cales de la provincia se extrae de yacimientos situados en ella.

Entre los sitios de interés geológico se destacan los relacionados con la presencia de bloques alóctonos en La Rinconada y en la quebrada del Telégrafo, la secuencia cámbrica completa de la quebrada de La Flecha, los yacimientos mineros del cerro Pedernal de Los Berros y los depósitos sinorogénicos terciarios del cordón del Infiernillo.

Palabras clave: Sierras Pampeanas Occidentales, Precordillera, Complejo Pie de Palo, Grupo Marquesado, Corredor Acequiación-Maradona-Zonda, caliza, dolomía, calcita

ABSTRACT

The Geological Sheet 3169-34, Los Berros, is located in the south of the province of San Juan and it is named after an important limestone productive area. It includes a part of two geological provinces: the Western Sierras Pampeanas and the Precordillera (Eastern and Central).

The Sierras Pampeanas are represented in the Valdivia hill by a middle proterozoic basement, known as the Pie de Palo Complex, which consists of mafic and ultramafic rocks, amphibolites and amphibolic, micaceous and quartz-feldspatic schists, affected by regional and dynamic metamorphism.

The Precordillera comprises Cambrian-Ordovician carbonate platform sequences with abundant fossil fauna (La Laja, Zonda, La Flecha, La Silla and San Juan formations) and Silurian, Devonian, Carboniferous and Tertiary siliciclastic deposits.

The Silurian deposits (Rinconada Formation) correspond to a sedimentary melange of allochthonous clastic and carbonate blocks located in the eastern sector of the Sheet, in the area of the Eastern Precordillera.

The Silurian-Devonian sedimentary rocks (Corralitos Formation) that outcrop in the Central Precordillera consist of shales, sandstones, carbonate breccias and limestone olistolites in the northwestern area of the Sheet.

The Devonian (Punta Negra Formation) consists in a thick clastic sequence of submarine detrital fans generated by turbidity currents from the east.

The carboniferous deposits comprise conglomerate, sandstones, siltstones and coal shales sequences that indicate fluvial and lacustrine environments with periglacial episodes, and which are well-represented in the southern area of the Sheet by the Jejenos, La Deheza and Andapaico formations.

In the extensive period of the Permian-Triassic, a volcanic unit known as Traquita La Flecha was emplaced. It consists of trachytes and it might correspond to some manifestations of the Choiyoi Group or later ones.

During the Neogene some sandstones, siltstones and pyroclastites were unconformably deposited on carboniferous and older units, represented by the Albarracín, El Corral and Lomas de Las Tapias formations.

The Quaternary is formed by alluvial, piedmont, eolian and mud flat deposits.

The Eastern Precordillera is formed by north-south thrusts that led to the imbrication and repetition of Paleozoic sequences through inverted faults. These thrusts are limited by normal or strike slip faults. It is a "thick-skin" structure with a westward vergence, where some deposits of the lower Paleozoic, Carboniferous and Tertiary are involved.

The Central Precordillera is controlled by frontal thrusts of a "thin skin" imbrication system, with an eastward vergence.

The interaction of opposite vergences in the Precordillera generates a triangular area known as Acequión-Maradona-Zonda Corridor, with the presence of structural complications, magmatism and neotectonic faulting.

Mining is the most important activity in this Sheet because most of the limestone production of San Juan province is obtained from the deposits located in it.

The most outstanding sites of geological interest are related to the presence of olistolites in La Rinconada and in the Telégrafo creek, the complete Cambrian sequence of La Flecha creek, the mineral deposits of Pedernal de Los Berros hill and the Tertiary synorogenic deposits of the Infiernillo ridge.

Keywords: *Sierras Pampeanas Occidentales, Precordillera, Pie de Palo Complex, Marquesado Group, Acequión-Maradona-Zonda Corridor, limestone, dolomite, calcite*

1. INTRODUCCIÓN

NATURALEZA DEL TRABAJO

UBICACIÓN DE LA HOJA Y ÁREA QUE ABARCA

La Hoja 3169-34, Los Berros, limitada por los paralelos 31° 40' y 32° de latitud sur y los meridianos 68° 30' y 69° de longitud oeste, está localizada al sur de la capital de la provincia de San Juan y abarca parte de los departamentos Zonda, Sarmiento, Pocito, Rivadavia y Rawson (Fig. 1). Lleva el nombre de la población de Los Berros, importante distrito calero de la provincia. Comprende parte del extremo austral de la Precordillera, que se prolonga al sur, en la provincia de Mendoza. La superficie es de 1763 km² y está circunscripta en la Hoja 3169-IV, San Juan, a escala 1:250.000, relevada por Ramos y Vujovich (2000) y en parte de la Hoja 21c-San Juan, a escala 1:200.000 realizada por Cuerda *et al.* (1988).

Para la ejecución de la Hoja se siguieron las normativas del Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina y se contó, además de los profesionales de la Delegación San Juan del SEGEMAR, con la participación de personal del Departamento de Minería de la provincia de San Juan y del Dr. Bordonaro (CONICET).

Los trabajos consistieron en relevamiento de campo de las zonas con escasa y a veces nula información, una actualización de la información existente (impresa e inédita) y estudios de gabinete.

Durante las tareas de campo se utilizaron fotografías aéreas a escala 1:25.000, con mapas a escala 1:100.000 y de detalle y con imágenes satelitales con diferentes combinaciones de bandas, con el objeto de resaltar las distintas rocas carbonáticas presentes en la Precordillera, las que han sido analizadas con

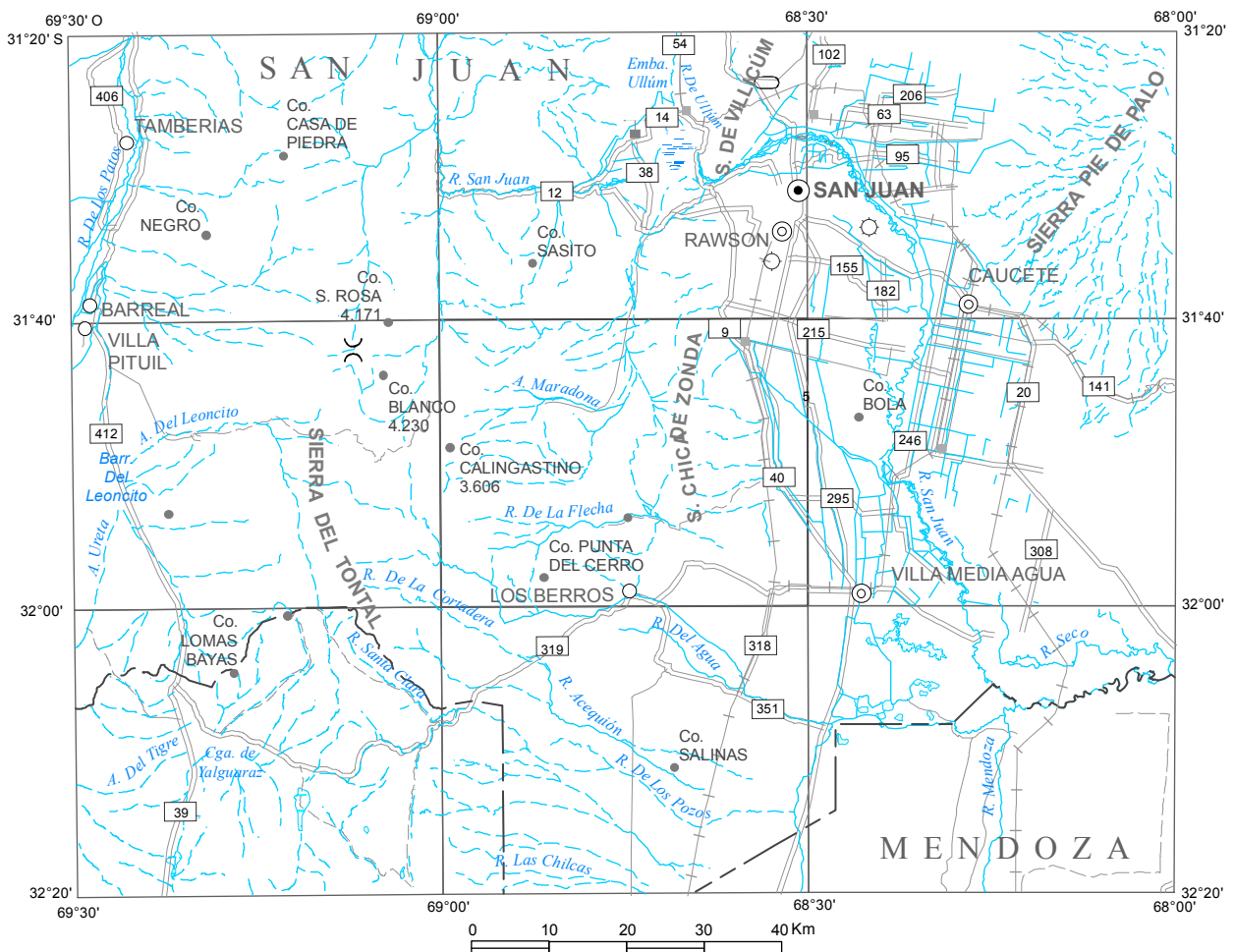


Figura 1. Ubicación de la Hoja Geológica 3169-34, Los Berros.

atención ya que son las portadoras de las cales de la zona de Los Berros. En algunos sectores, se efectuaron perfiles de detalle y muestreo sistemático de rocas de distintas unidades. El recorrido se hizo en vehículo 4x4 y cuando ello no fue posible, a lomo de mula.

INVESTIGACIONES ANTERIORES

Desde fines del siglo XIX en adelante son numerosas las investigaciones que se han realizado en la Precordillera y en las Sierras Pampeanas Occidentales.

Stelzner (1871, 1872, 1873) fue quien reconoció a la Precordillera como una Provincia Geológica. Posteriormente, Stappenbeck (1910, 1911) hizo el primer mapa geológico donde reveló la estratigrafía de la región cordillerana y le asignó a las rocas aflorantes en la sierra de Pie de Palo una edad precámbrica.

Schiller (1912) confeccionó un perfil estructural de las unidades de la Precordillera y de la sierra de Pie de Palo e ilustró las relaciones tectónicas entre el basamento metamórfico y las sedimentitas de la Precordillera.

Estudios en los que se hace referencia al conocimiento estratigráfico y tectónico de la Precordillera fueron hechos por Bordonaro (1980, 1983, 1990, 1993), Baldis *et al.* (1982), Bercowski (1985, 1987), Cuerda *et al.* (1988), Vujovich (1994), Ramos y Vujovich (2000), entre otros.

Trabajos finales de licenciatura y de doctorado efectuados por la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de San Juan en el sector de la Hoja son los de Sotarello (1988), Glenisson (1989), Giudici (1992), Peralta (1993 a), Coca (1994), Martos (1995) y Banchig (1995), entre otros.

2. ESTRATIGRAFÍA

La Hoja Los Berros comprende parte de dos unidades morfoestructurales, las Sierras Pampeanas Occidentales, con pequeños asomos ubicados en el centro-sur de la Hoja, y la Precordillera, con notable desarrollo de sus afloramientos en el resto de la zona estudiada, tanto de la Precordillera Oriental como de la Central (Cuadros 1 y 2).

Las rocas más antiguas, aflorantes en el cerro Valdivia, correspondientes al Complejo Pie de Palo, están constituidas por esquistos talcosos y cloríticos,

anfíbolitas, esquistos cuarzosos y cuarzo feldespáticos, referidos al Proterozoico medio.

Por encima de este basamento se apoyan en discordancia depósitos de una plataforma carbonática del Paleozoico inferior representados por las formaciones La Laja, Zonda, La Flecha, La Silla y San Juan, integrantes de una secuencia concordante.

En concordancia sobre la Formación San Juan se hallan rocas silúricas de la Formación Rinconada en la Precordillera Oriental y silúrico-devónicas de la Formación Corralitos en la Precordillera Central. Ambas unidades son depósitos de talud, con olistolitos de calizas. A estos siguen las sedimentitas de la Formación Punta Negra, típicas de conos submarinos, que se apoyan en forma concordante sobre los más antiguos.

Durante el Carbonífero se depositaron sedimentitas glaciáricas y continentales de las formaciones La Deheza y Andapaico, en la Precordillera Central, y de la Formación Jejenes en la Precordillera Oriental, esta última se apoya en discordancia sobre el Complejo Pie de Palo en el cerro Valdivia.

En el Pérmico-Triásico se produjo un régimen extensional en virtud del cual se emplazó la Tráquica La Flecha.

Durante el Neógeno se acumularon depósitos sinorogénicos de las formaciones Albarracín, El Corral y Lomas de Las Tapias, separados entre sí por discordancias angulares.

En el Cuaternario se produjeron sedimentos aluviales que forman terrazas y conos y depósitos lacustres y eólicos.

2.1. PROTEROZOICO

Complejo Pie de Palo (1a, 1b)

Serpentinitas, anfíbolitas con y sin granate, metagabros, hornblenditas, piroxenitas y esquistos talcosos, cloríticos, anfibólicos, cuarzo micáceos y cuarzo feldespáticos

El nombre Complejo Pie de Palo fue dado por Dalla Salda y Varela (1984) para agrupar a las Metamorfitas Caucete, a los Esquistos del Centro y a los Granitoides de las Sierras Pampeanas Sudoccidentales de San Juan, en parte equivalente al Complejo de Alto Grado Metamórfico de Minera Tea (1967). Ramos y Vujovich (2000) redefinieron al Complejo Pie de Palo y reconocieron rocas gnéissicas, esquistosas y anfibólicas que afloran en la sierra de Pie de Palo y en los cerros Barbosa y Valdivia.

ERA	SISTEMA	SERIE/PISO		UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	LITOLOGÍA
CENOZOICO	Cuaternario	Holoceno		Depósitos fluviales	grava, arenas y limos
		Pleistoceno Superior-Holoceno		Depósitos eólicos	arenas y limos
				Depósitos de ciénagas y barreales	limos y arcillas
				Depósitos aluviales con modificaciones antrópicas	grava, arenas y limos
				Depósitos de piedemonte	gravas y arenas
		Pleistoceno	Medio	Depósitos aluviales antiguos	gravas, arenas y limos
	inferior				
	NEÓGENO	Mioceno	superior	Formación Lomas de Las Tapias	areniscas, pelitas y conglomerados
Formación El Corral				conglomerados con predominio de clastos de grauvacas	
MZ	Triásico		Traquita La Flecha	traquitas	
Pérmico					
PALEOZOICO	Carbonífero	superior	Formación Jejenes	conglomerados, paraconglomerados, areniscas, limolitas y lutitas carbonosas	
	Devónico	Inferior	Formación La Rinconada	pelitas, areniscas, conglomerados y bloques de calizas y de rocas clásticas	
	Silúrico				
	Ordovícico	Medio	Formación San Juan	calizas, margas y calizas con chert	
		Inferior	Formación La Silla	Calizas y dolomías.	
	Cámbrico	superior	Formación La Flecha	calizas, dolomías y chert	
			Formación Zonda	calizas dolomíticas y dolomías	
			Formación La Laja	Calizas, calizas dolomíticas, margosas a arenosas, oolitas, limolitas y areniscas cuarzosas	
PC	Proterozoico	medio	Complejo Pie de Palo	Serpentinitas, anfíbolitas con y sin granate, metagabros, hornblenditas, piroxenitas y esquistos talcosos, cloríticos, anfíbólicos, cuarzo micáceos y cuarzo feldespáticos.	

Cuadro 1. Resumen de las unidades estratigráficas en la Precordillera Oriental.

ERA	SISTEMA	SERIE/PISO		UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	LITOLOGÍA	
CENOZOICO	Cuaternario	Holoceno		Depósitos de torrentes de barro	bloques, gravas, arenas y limos	
				Depósitos fluviales	grava, arenas y limos	
		Pleistoceno	Pleistoceno Superior-Holoceno	Depósitos de ciénagas y barreales	limos y arcillas	
				Depósitos de piedemonte	gravas y arenas	
			Medio inferior	Depósitos aluviales antiguos	gravas, arenas y limos	
		NEÓGENO	Mioceno	superior	Formación Lomas de Las Tapias	areniscas, pelitas y conglomerados
	Formación El Corral			conglomerados con predominio de clastos de gravuvas		
			medio	Formación Albarracín	areniscas, limolitas, conglomerados, depósitos piroclásticos y paraconglomerados	
	PALEOZOICO	Pérmico		inferior	Formación Andapaico	areniscas guijarrosas y areniscas medias a finas
		Carbonífero		superior	Formación La Deheza	conglomerados, areniscas, limolitas y lutitas carbonosas
Devónico				Superior	Formación Punta Negra	grauvacas, lutitas y paraconglomerados
				Medio		
				Inferior	Formación Corralitos	lutitas, areniscas finas y gruesas, brechas carbonáticas y bloques de calizas
Silúrico						

Cuadro 2. Resumen de las unidades estratigráficas de la Precordillera Central.

La localidad tipo está fuera de la zona de trabajo, en el área central y oriental de la sierra de Pie de Palo. En la hoja San Juan (Ramos y Vujovich, 2000) se describen con mayor detalle las litologías correspondientes a esta unidad.

El único afloramiento de esta unidad en el ámbito de la hoja Los Berros se encuentra en su sector oriental, en el cerro Valdivia. En ese sitio, Kilmurray y Dalla Salda (1971) y Sotarello (1988) hallaron rocas máficas y ultramáficas metamorizadas tales como serpentinitas, esquistos talcosos y cloríticos, anfíbolitas, metagabros y hornblenditas. También hay anfíbolitas y esquistos anfibólicos de colores verde oscuro a verde claro, esquistos cuarzo-micáceos y cuarzo-feldespáticos.

Vujovich (1994) definió un cuerpo (de 1 km de longitud x 200 m de potencia) de piroxenita bandeda uralitizada que aflora en el norte del cerro Valdivia. Estas rocas están asociadas con esquistos verdes y esquistos cloríticos serpentínicos. Poseen alto contenido de cromo y níquel y su comportamiento geoquímico sugiere un origen en ambiente de arco magmático. La mayor parte del cerro Valdivia está compuesto por esquistos cuarzo micáceos y anfíbolitas con y sin granate. La relación de estas unidades con las cuarcitas del sector sur es tectónico (Vujovich, 1994).

En la sierra de Pie de Palo, afloramientos con esta litología se interpretan como una faja de rocas máficas y ultramáficas metamorizadas con rumbo

N-NE (Factor y Milán, 1949; Kittl, 1949; Fernández Lima, 1962; Villar, 1975 y 1985; Llano y Escalante, 1979; Castro de Machuca, 1981; Dalla Salda y Varela, 1984; Castro de Machuca *et al.*, 1995). Los asomos de estas rocas en el cerro Valdivia formarían parte de la misma faja (Dalla Salda y Rapela 1972; Llano, 1981; Sotarello, 1988; Vujovich, 1994).

Las metamorfitas que integran esta unidad corresponden a la facies de esquistos verdes, aunque hay también rocas de facies de grado medio, como las anfibolitas (Kilmurray y Dalla Salda, 1971).

Vujovich y Kay (1996 y 1998) postularon distintos ambientes para las anfibolitas del Complejo Pie de Palo de la sierra homónima, sobre la base de la caracterización geoquímica y asociaciones mineralógicas. Para las anfibolitas de la quebrada del Molle sugirieron un ambiente de arco magmático, en tanto que las de la quebrada de Guayampa se habrían originado en ambiente oceánico, a partir de una fuente agotada o de una apertura con formación de fondo oceánico detrás del arco.

En el sector sur-suroccidental del cerro Valdivia, depósitos sedimentarios carboníferos de la Formación Jejenes se apoyan en discordancia sobre las metamorfitas del Complejo Pie de Palo.

Dataciones $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, en hornblendas, realizadas por Ramos *et al.* (1996, 1998) en el cerro Valdivia permiten interpretar un evento magmático en el Proterozoico medio, aproximadamente a los 1050 millones de años. El otro grupo de edades a partir de hornblendas, utilizando este mismo método, es de 360 a 423,7 Ma que representan el último evento de la exhumación del basamento.

2.2. PALEOZOICO

2.2.1. CÁMBRICO - ORDOVÍCICO MEDIO

GRUPO MARQUESADO

Las unidades del Cámbrico al Ordovícico medio constituyen una serie continua. Se han diferenciado las siguientes unidades: Formación La Laja, Formación Zonda, Formación La Flecha, Formación La Silla y Formación San Juan.

Bordonaro (1980) definió el Grupo Marquesado para integrar a las formaciones La Laja y Zonda. Estas dos unidades pertenecen a un ciclo sedimentario continuo con tendencia regresiva hacia la parte superior. La localidad tipo se encuentra en la quebrada de Zonda, en las proximidades de la población de Marquesado.

Ramos y Vujovich (2000) incorporaron en este Grupo a las formaciones La Flecha y La Silla. Las cuatro unidades mencionadas afloran en la sierra Chica de Zonda. Un perfil completo se puede apreciar a lo largo de la quebrada de La Flecha.

En la carta se han mapeado las distintas unidades que integran el Grupo Marquesado, las cuales se describen a continuación.

Formación La Laja (2)

Calizas, calizas dolomíticas, margosas a arenosas, oolitas, limolitas y areniscas cuarzosas

Esta unidad fue definida por Borrello (1962). Según Bordonaro (1980) y Baldi y Bordonaro (1981) está integrada por cuatro miembros denominados: El Estero, Soldano, Rivadavia y Juan Pobre, que se diferencian entre sí por sus características litológicas, topográficas y coloración. El Miembro El Estero posee 100 m de margas amarillo-rojizas, areniscas y calizas pardo grisáceas, Soldano contiene unos 300 m de margas y calizas multicolores, Rivadavia consta de 150 m de calizas negras y Juan Pobre tiene 250 m de calizas oolíticas grises y margas amarillentas.

Se halla distribuida en el flanco occidental de las sierras de Villicum y Chica de Zonda y en el cerro Pederal, en la Precordillera Oriental de San Juan. Dentro de la Hoja Los Berros aflora en el flanco oeste de la sierra Chica de Zonda, desde la quebrada de La Laja hasta la Loma Redonda.

La localidad tipo se reconoce en el margen sur de la quebrada de Zonda, en la sierra Chica de Zonda.

Litológicamente está definida como una sucesión regular de bancos de calizas grises, calizas dolomíticas y calizas margosas hasta arenosas, y limolitas de color amarillento-grisáceo hasta amarillento-castaño, con estratificación en bancos delgados de 3 a 5 cm hasta 1 a 2 metros. También es muy común la presencia de calizas micríticas oscuras bioturbadas, calizas oolíticas y esporádicos bancos de areniscas cuarzosas.

Bercowski *et al.* (1990) señalaron litofacies de *mudstones*, *wackestones* y *packstones*, *grainstones*, margas y limolitas, asociadas en secuencias somerizantes cíclicas.

Estas rocas se han depositado en una plataforma carbonática somera y restringida con respecto al mar abierto. Se reconocieron ambientes de lagoon y de barras costeras arenosas y carbonáticas.

Estas sedimentitas contienen una abundante fauna de trilobites poliméridos que han permitido establecer una muy completa zonación bioestrati-

gráfica. Los géneros más comunes son *Olenellus* y *Fremontella* en la base, *Ehmaniella*, *Glyphasis*, *Kootenia*, *Asaphicus* y *Alokistocare* en el tramo medio y superior, pertenecientes a la Zona de *Olenellus*, *Ehmaniella* y *Bolaspidella*. También poseen braquiópodos, espículas de poríferos y *Hyolites*.

El miembro basal, El Estero, pertenece al Cámbrico inferior tardío y los miembros Soldano, Rivadavia y Juan Pobre se incluyen en el Cámbrico medio tardío. Bordonaro (1999) detectó un hiato faunístico entre los miembros El Estero y Soldano.

En forma integrada, en la sierra Chica de Zonda la unidad totaliza un espesor de casi 1.000 m, pero en la quebrada de La Flecha se ha medido un espesor de sólo 400 metros.

Formación Zonda (3)

Calizas dolomíticas y dolomías

Esta unidad fue definida originalmente por Bordonaro (1980) en la quebrada de Zonda. Luego fue reconocida por Baldis y Bordonaro (1981) en toda la Precordillera Oriental de San Juan. Se halla distribuida en los cerros Pedernal y Bayo y en las sierras Chica de Zonda y de Villicum, en la Precordillera Oriental. Dentro de la Hoja Los Berros aflora en el flanco oeste de la sierra Chica de Zonda y en la Loma Redonda. El perfil tipo se encuentra en el flanco sur de la quebrada de Zonda, en la sierra Chica de Zonda.

Constituye una sucesión de 350 m de calizas dolomíticas y dolomías con indicadores sedimentarios de poca profundidad (grietas de desecación, *birds eyes*, conglomerados de clastos planos, cristales pseudomorfos de yeso, estratificación entrecruzada); laminación criptoalgal y estromatolitos aislados. En la Loma Redonda se ha reconocido una secuencia que no supera los 300 m de dolomías esparíticas macizas claras hacia la base y de dolomías micríticas laminadas hacia el techo.

Arroqui Langer y Bordonaro (1996) registraron facies de dolomicritas, dolomicroesparitas y doloesparitas de clima cálido, agrupadas en ciclos somerizantes originados en un ambiente hipersalino intertidal medio a superior en una plataforma marginal, somera y restringida con características de sabkha costero, con episodios temporarios de exposición subaérea (Armella, 1985).

Los únicos elementos paleontológicos que se hallaron en esta unidad son estromatolitos laminados y del tipo SH que no permiten precisar su edad. Por

su ubicación estratigráfica, sobrepuesta en contacto transicional a los miembros superiores de la Formación La Laja del Cámbrico medio tardío, se la asigna al Cámbrico superior temprano.

Formación La Flecha (4)

Calizas, dolomías y chert

Definida originalmente por Baldis *et al.* (1981) para el sector sur de la Precordillera de San Juan, fue luego extendida por Keller *et al.* (1994 a y b) para toda la Precordillera de San Juan y La Rioja.

Se la ha reconocido en los cerros Pedernal, La Chilca, Cumillango, San Roque, La Silla y Potrerillos y en las sierras Chica de Zonda, Villicum y de La Batea, como también en las sierras de Yanso y Alaya y en el cerro Urcuschum en La Rioja. Dentro de la Hoja Los Berros aflora en el sector central de la sierra Chica de Zonda, en la Loma Redonda y en los cerros Pedernal de Los Berros y del Medio. La localidad tipo se halla en la quebrada de La Flecha, en la sierra Chica de Zonda, donde se ha medido una potencia de 700 metros.

La unidad está compuesta por una alternancia cíclica de calizas y dolomías con chert, con abundantes estructuras algales estromatolíticas y trombolíticas con formas muy diversas. Potentes bancos de hasta 5 m de calizas grises y dolomías claras generalmente recristalizadas se intercalan entre paquetes de chert negro de hasta 1 m de potencia. Las facies registradas son de *mudstones*, *grainstones* y *boundstones* microbiolíticos (Fig. 2).

Estas acumulaciones se originaron en una plataforma peritidal extensa y parcialmente restringida con característica oscilante en pulsos biocíclicos (Armella, 1988). Keller *et al.* (1989) interpretaron que estos ciclos son somerizantes hacia arriba y representan un sistema de sabkha y llanuras tidales desarrollados en una plataforma estable y restringida con respecto al mar abierto.

En la quebrada de La Flecha se hallaron ejemplares de trilobites de la especie *Stenopilus convergens* de la Zona de *Saukia*.

Baldis *et al.* (1981) asignaron originalmente esta formación al límite Cámbrico - Ordovícico, por la ausencia de fósiles diagnósticos. Keller *et al.* (1994 a y b) encontraron trilobites del Cámbrico superior, tales como *Plethopeltis* cf. *P. saratogensis* del Franconiano tardío, *Madarocephalus laetus*, *Komaspidella laevis* y *Crepicephalus* sp. que indican la Zona de *Crepicephalus* del Drensbachiano, *Dytremacephalus strictus* que señala la Zona de

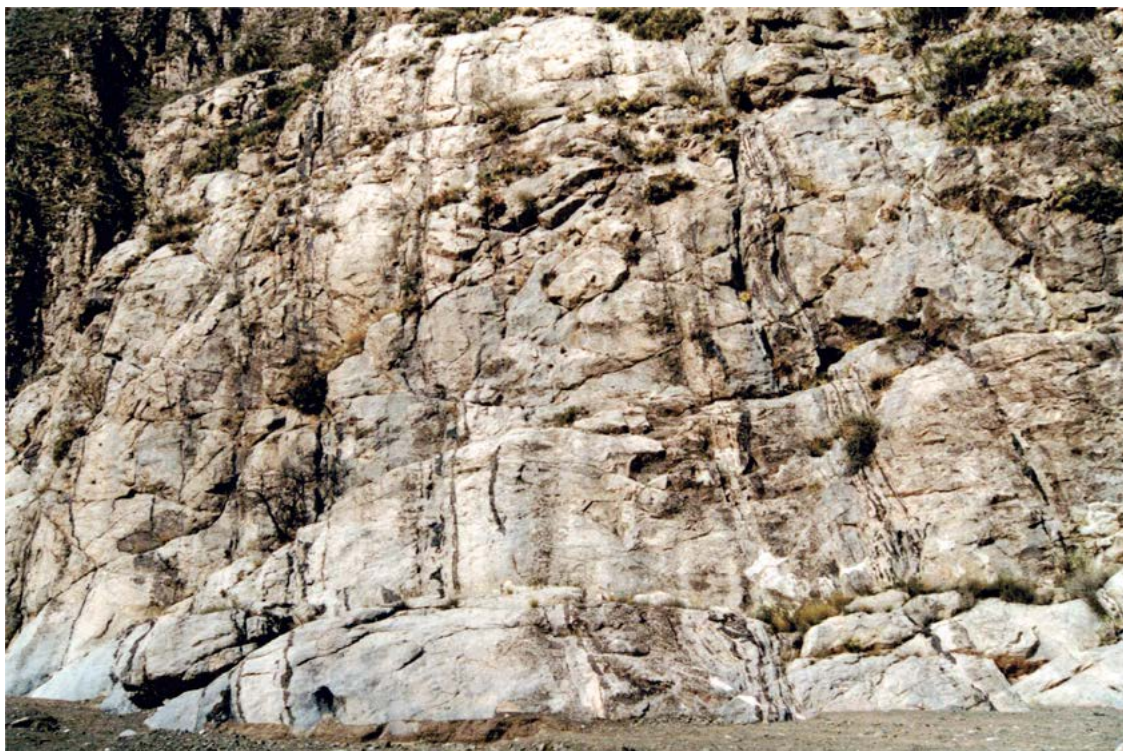


Figura 2. Típica alternancia cíclica de calizas y dolomías con chert, con abundantes estructuras algales estromatolíticas y trombolíticas. Margen sur de la quebrada de La Flecha en la localidad de Los Berros.

Aphelapsis y *Plethopeltis* cf. *P. Armatus* y *Stenopilus* convergens que indican la Zona de *Saukia*, todas del Cámbrico superior.

Formación La Silla (5)

Calizas y dolomías

Keller *et al.* (1994 a y b) definieron a esta unidad aunando parte de los miembros superiores de las formaciones La Flecha y San Roque (Baldis *et al.*, 1981) y parte del miembro macizo basal de la Formación San Juan.

Se distribuye en gran parte de la Precordillera de San Juan y La Rioja, desde Guandacol hasta el cerro Pedernal. En el cerro La Silla de Jáchal se encuentra su estrato tipo. En la Hoja Los Berros aflora en el sector oriental de la sierra Chica de Zonda y de la Loma Redonda, como también en el flanco este de los cerros Pedernal de Los Berros y del Medio y en el flanco norte del cerro Bayo.

La litología es de calizas micríticas y microesparitas gris oscuro y gris claro, con delgadas intercalaciones de dolomías blanquecinas y laminadas (Fig. 3). No se reconocen ciclos sedimentarios. Se identificó un conjunto de facies de *grainstones* peloidales y oolíticos, *wackestones*, *boundstones* microbial y *mudstones* con bioturbación.

Cañas (1995) interpretó que esta formación se depositó en una plataforma carbonática con margen distal, con subambientes de *lagoon* y llanuras tidales someras, aunque también Keller *et al.* (1994 a y b) consideraron una posible rampa carbonática.

En la localidad tipo, la base de la formación contiene trilobites *Plethopeltis obtusus* (Rasetti) pertenecientes a la Zona de *Saukia* del Cámbrico superior tardío. El resto de la unidad posee una conodontofauna de la Zona de *Cordilodus intermedius* del Tremadociano inferior, hasta la Zona de *Paltodus deltifier* del Tremadociano superior (Keller *et al.*, 1994 a y b).

El espesor alcanza 300 m en el cerro Pedernal de Los Berros. Se correlaciona con el miembro macizo de la base de la Formación San Juan, en la definición clásica de ésta.

Formación San Juan (6)

Calizas, margas y calizas con chert

Esta clásica unidad carbonática de la Precordillera argentina, ya fue mencionada por Stelzner (1873) y Bodenbender (1902). Luego, Kobayashi (1937) estudió sus fósiles, asignándolos al Ordovícico, y le dio el nombre del epígrafe. Harrington y Leanza (1957) la denominaron Calizas San Juan. Amos (1954) investigó esta secuencia en La Rinconada e



Figura 3. Calizas micríticas en la margen sur de la quebrada de La Flecha.

identificó calizas macizas y gruesas en la base y calizas estratificadas en láminas delgadas hacia la parte superior. Beresi y Bordonaro (1984) reconocieron en la quebrada de Las Lajas cuatro miembros. Keller *et al.* (1994 a y b) redefinieron a esta unidad, afirmando que está integrada solamente por calizas lajosas.

Se distribuye en toda la Precordillera Oriental y Central, desde Guandacol en la provincia de La Rioja, hasta el cerro de La Cal en la provincia de Mendoza. Dentro de la Hoja Los Berros aflora en el borde oriental de la sierra Chica de Zonda y de los cerros Pedernal de Los Berros y del Medio y en los cerros La Chilca y Bayo. La localidad tipo se halla en la quebrada de Las Lajas, en el flanco oriental de la sierra Chica de Zonda.

Está integrada por calizas macizas de color gris claro, calizas con chert, calizas lajosas y margas varicolores. Las facies están representadas por *mudstones*, *wackestones*, *packstones* y un complejo arrecifal de estromatopóridos. El espesor promedio es de 400 metros, aunque en el cerro del Medio alcanza sólo 300 metros.

El ambiente se vincula con una plataforma carbonática abierta con aporte terrígeno (Beresi y

Bordonaro, 1984) o bien con una rampa carbonática (Keller *et al.*, 1994 a y b).

La fauna está integrada por trilobites (*Annamitella tellecheai* y *Annamitella fortley*), braquiópodos (*Orthis*), gastrópodos (*Maclurites* sp.), crinoideos (*Monticulipora*), esponjas (*Archaeocyphia*), conodontes (*Oepikodus evae* y *Paltodus deltifier*) y estromatopóridos (*Zondarella*).

La base de la unidad es concordante con los depósitos de la Formación La Silla, mientras que la superponen en discordancia las sedimentitas de la Formación Rinconada.

La edad abarca desde el Tremadociano superior, con la Zona de *Paltodus deltifier*, hasta el Arenigiano inferior, con la Zona de *Oepikodus evae*, aunque en la localidad de Villicum llega hasta el Llanvirniano inferior. Estas edades evidencian una superficie diacrónica para el tope de la unidad, principalmente en sentido norte-sur (Hünicken, 1982; Beresi, 1988).

2.2.2. SILÚRICO - DEVÓNICO

Formación Rinconada (7)

Pelitas, areniscas, conglomerados y bloques de calizas y de rocas clásticas

En el sector oriental de la sierra Chica de Zonda fue reconocida una secuencia siliciclástica gris verdosa con bloques de calizas (Keidel, 1921; Braccacini, 1946; Heim, 1948). Amos (1954) la denominó Formación Rinconada. Constituye afloramientos aislados en el flanco oriental de la sierra Chica de Zonda, cerro Pedernal de Los Berros y cerro Pedernal (fuera del ámbito de la Hoja).

Otros autores que han aportado al estudio de esta unidad son: Borrello (1969), González Bonorino (1975), Peralta y Medina (1986), Peralta (1990, 1993 a y b) y von Gosen *et al.* (1995).

La localidad tipo se ubica en la quebrada Grande de la Rinconada, en la sierra Chica de Zonda (Amos, 1954). Se correlaciona con la Formación Mogotes Negros (Borrello, 1962) que aflora en el margen oriental de la sierra de Villicum. Peralta (1993 a y b) sugirió utilizar el nombre de Formación Rinconada también para los asomos situados al este de Villicum y definir como localidad tipo de la unidad el perfil situado en la quebrada Don Braulio.

La litología comprende una *melange* sedimentaria de bloques alóctonos clásticos y carbonáticos (de tamaños variables desde la decena de centímetros hasta 3 km de longitud) inmersos en una fina matriz pelítica y areniscosa de coloración verdosa,

con conglomerados canalizados, constituyendo una facies heterolítica (Fig. 4). Amos (1954) asignó tentativamente un espesor de 2500 m a esta unidad, mientras que Peralta y Uliarte (1986) señalaron 600 m en la localidad de Villicum. Es un olistostroma típico de talud interno con depósitos de clinoforma transportados por flujos de gravedad (Peralta, 1993 a y b).

Cuerda (1982) descubrió graptolites *Monograptus argentinus* del Silúrico superior en lutitas verdes y moradas en el área de Rinconada. Peralta (1986) encontró en la misma localidad graptolites del Ordovícico inferior que pertenecen a bloques alóctonos redepositados. Además, Amos y Boucot (1963) mencionaron braquiópodos *Leptocoelia nuñezi* del Devónico Inferior en la localidad del cerro Bola. El resto de los fósiles encontrados, y fundamentalmente los graptolites, son correlacionables con los de las formaciones Los Espejos y Tambolar (para la Precordillera Central) que son típicos del Silúrico superior. Es por ello que Peralta (1993 a y b) asignó una edad silúrica a esta formación, más precisamente ludloviana (Silúrico superior).

La Formación Rinconada yace en discordancia erosiva sobre las calizas ordovícicas de la Formación San Juan y está cubierta mediante discordancia angular por depósitos carboníferos.

Formación Corralitos (8)

Lutitas, areniscas finas y gruesas, brechas carbonáticas y bloques de calizas

Furque (1983), incluyó a estos depósitos como parte de la Formación Talacasto (Padula *et al.*, 1967). Posteriormente, Furque *et al.* (1990) la reconocieron como una unidad independiente y la denominaron Formación Corralitos, asignándola al Ordovícico. Banchig (1995) describió el primer hallazgo de fósiles de edad silúrico-devónica para esta formación.

Los afloramientos se distribuyen en el flanco oriental de la sierra de La Invernada, hacia el norte del cordón del Peñón. En el ámbito de la Hoja se han reconocido asomos en el flanco oriental de los cordones de Osamentas y del Espinacito dentro de la Precordillera Central, en las inmediaciones del puesto de Agua de Pinto.

La litología consiste en lutitas, areniscas finas a gruesas, brechas carbonáticas y calizas. Particularmente se destaca la presencia de bloques carbonáticos de dimensiones variadas (olistolitos) constituidos por calizas de la Formación San Juan, con abundante fauna fósil. El espesor aproximado es de 500 metros.

Pittaluga *et al.* (1996), en su trabajo realizado en la quebrada Vallecito (sierra de La Invernada)



Figura 4. Olistolitos carbonáticos en la Formación Rinconada.

describieron 6 litofacies correspondientes a un paleoambiente de plataforma y talud: flujos turbidíticos distales, depósitos turbidíticos distales y depósitos más gruesos de canales distributarios, litofacies de brechas carbonáticas compuestas de bloques carbonáticos angulosos inmersos en una matriz siliciclástica, facies de olistolitos y depósitos de desmoronamiento? y litofacies de *grainstones*.

Los fósiles encontrados durante el levantamiento de esta Hoja corresponden a *Favosites* sp que indican una edad devónica inferior

En la Hoja, la base no aflora y el contacto es por falla con la Formación Punta Negra. Por el momento no ha sido correlacionarla temporalmente con la Formación Rinconada hasta tanto no se precise mejor el rango de edad de la Formación Corralitos.

2.2.3. DEVÓNICO

Formación Punta Negra (9)

Grauvacas, lutitas y paraconglomerados

Braccini (1950) llamó a esta unidad Complejo de Punta Negra, posteriormente Padula *et al.* (1967) la llevaron a la categoría de Formación.

Es la unidad de mayor distribución areal en la Precordillera de San Juan, ya que aflora en toda la Precordillera Central. La localidad tipo se ubica en el dique de Punta Negra, en ambas márgenes del río San Juan, Precordillera Central.

Los afloramientos se distribuyen en el Paramillos del Tontal en el límite oeste de la Hoja y también en los cerros Bachongo, Punta del Cerro, Córdova, Tres Mogotes y Los Potrerillos, en el cordón del Infiernillo y en la parte austral de la sierra Alta de Zonda, todos ellos dentro de la Precordillera Central.

Esta unidad está constituida por grauvacas de color verde oliva oscuro que alternan con lutitas de tonalidad gris oscura y ocasionalmente paraconglomerados verde oliva a gris oscuro, con matriz arenosa maciza (González Bonorino, 1975). La facies corresponde a una típica secuencia turbidítica de Bouma de abanico submarino, con un espesor superior a los 1.000 metros (González Bonorino, 1975). El ambiente se interpreta como abanicos detríticos submarinos profundos generados por corrientes de turbidez provenientes del este (González Bonorino, 1975).

Posee escaso contenido paleontológico, limitado a restos de briznas vegetales retransportados,

asignados a *Haplostigma furquei*, *Cyclostigma* sp. y *Sporongites* sp. (Baldis, 1973), cuya edad es señalada para el Devónico Medio a Superior por el citado autor. Durante el levantamiento geológico de la Hoja se encontraron restos de briznas y *Haplostigma*. Por el contenido florístico se le asigna una edad devónica media a superior.

Se apoya sobre el Terciario mediante un contacto tectónico y subyace a las formaciones La Deheza y Andapaico, ambas carboníferas, mediante discordancia (Fig. 5).

2.2.4. CARBONÍFERO

Formación Jejenes (10)

Conglomerados, paraconglomerados, areniscas, limolitas y lutitas carbonosas

Esta unidad fue descrita por Keidel (1922) como Estratos de Jejenes y por Heim (1948) como Serie de Jejenes. Posteriormente, Amos (1954) la llamó Formación Jejenes. Ruzicki y Bercowski (1988) estimaron que la Formación Jejenes es litológicamente homologable con la Formación Retamito en el río del Agua.

La localidad tipo se encuentra en la quebrada Grande de la Rinconada, flanco oriental de la sierra Chica de Zonda y desde donde continúa hasta el río del Agua de manera discontinua a lo largo de la sierra. Se destacan los afloramientos en el cerro Valdivia en donde aflora una secuencia clástica con predominio de areniscas pardo rojizo, discordantes sobre las rocas metamórfica y con un espesor de 450 – 500 m (Alascio, 1941). En la quebrada de La Flecha afloran 150 m de areniscas pardo rojizo intruidas por traquitas.

La Formación Jejenes comienza con un conglomerado polimíctico con intercalaciones de areniscas y lutitas carbonosas, luego le siguen areniscas de color verde oliva con gradación normal; en la parte media del perfil se intercalan areniscas y limolitas verdes con estratificación granodecreciente, seguidas por un paraconglomerado y un conglomerado oligomíctico con clastos de rocas metamórficas; en la parte superior se ve una alternancia de areniscas y limolitas y culmina con un paraconglomerado polimíctico.

En la localidad tipo, Amos (1954) obtuvo un espesor de 575 metros. En la quebrada de Las Lajas, Bercowski (1987) midió 220 m, en tanto que en la quebrada Grande se reconocieron 400 metros.

Contiene restos plantíferos clasificados como *Nothorhacopteris ovata*, *Rhacopteris szajnochai*,



Figura 5. Vista del contacto de la Formación Punta Negra con los depósitos carboníferos de la Formación La Deheza, en el río Ancho.

Botrychiopsis weissiana (Archangelsky y Arrondo, 1971 a y b; Arrondo, 1971).

El ambiente de depositación es continental, con depósitos de corrientes de turbidez de alta y baja densidad en una cuenca tipo hemigraben (Bercowski, 1987), con depósitos glaciogénicos.

Se le asigna una edad carbonífera superior, por la Zona de *Nothorhacopteris-Botrychiopsis-Gingophyllum*.

Se puede hacer una correlación temporal de la Formación Jejenos con las formaciones Andapaico y La Deheza distribuidas en la Precordillera Central. Por semejanzas litológicas también se la puede comparar con las unidades que integran el Grupo Paganzo aflorante en el norte de San Juan y en Villa Unión y Guandacol provincia de La Rioja.

Formación La Deheza (11)

Conglomerados, areniscas, limolitas y lutitas carbonosas

Los afloramientos de la sierra de La Deheza, al norte del río San Juan, fueron diferenciados como Formación La Deheza por Cuerda y Furque (1984). Ramos y Vujovich (2000) aplicaron esta nomenclatura también a los depósitos que se hallan al sur del río San Juan en el ámbito de la Hoja San Juan. Milana *et al.* (1987) reconocieron esta unidad en el río San Juan. Su distribución

areal comprende la Precordillera Central al norte y sur del río San Juan, al norte de la pampa de Bachongo.

La localidad tipo se describe en la quebrada de La Deheza, en la sierra homónima, Precordillera Central de San Juan, donde afloran areniscas finas, cuarzosas y micáceas, intercaladas con limolitas de color gris verdoso; en la parte media y superior contiene conglomerados, areniscas sabulíticas y pelitas carbonosas y *dropstones*.

En la Hoja, sus afloramientos se distribuyen en los huaicos del Colorado y de La Potranca, en el flanco occidental del cerro Los Potrerillos (Fig. 6) y cordón de las Osamentas. La unidad comienza con un conglomerado con clastos de grauvacas, calizas, cuarzo bien redondeado y rocas metamórficas; por encima se apoyan areniscas cuarzo-feldespáticas en ciclos granodecrecientes, limolitas y lutitas carbonosas en la parte media del perfil. En la parte superior presenta areniscas sabulíticas cuarzosas con intercalaciones de limolitas oscuras y culmina con un conglomerado.

En la localidad tipo posee 557 m de espesor (Cuerda y Furque, 1984). Los afloramientos en la Hoja tienen espesores similares.

Los restos plantíferos hallados son de *Paracalamites* sp. (Cuerda y Furque, 1984). Durante el levantamiento de la Hoja se encontraron niveles carbonosos con restos de Equisetales.



Figura 6. Vista de los afloramientos carboníferos de la Formación La Deheza frente al puesto Córdova.

En rocas similares a esta unidad, designadas como Paganzo I, fueron descubiertas faunas marinas de edad carbonífero-pérmica, en el kilómetro 65 en el río San Juan (Milana *et al.*, 1987). El ambiente es de tipo fluvial con episodios lacustres en un medio periglacial.

Los restos fósiles no permiten asignar edad, pero por correlación de sus litofacies se estima que la Formación La Deheza es carbonífera superior a pérmica inferior.

Si bien esta unidad posee algunas características litológicas similares a las de la Formación Andapaico, la descripción de campo (color, sucesión de facies, diamictitas en la base, ciclicidad y menor predominio de areniscas y niveles carbonosos) la hace diferente y puede ser reconocida como una unidad independiente.

2.2.5. PÉRMICO

Formación Andapaico (12)

Areniscas guijarrosas y areniscas medias a finas

Harrington (1971) definió esta unidad en la región de Ramblón; luego fue reconocida en las lomas de Bachongo por Arrondo *et al.* (1986) y también por Coca y Bercowski (1994). Aflora en el sector austral de la Precordillera Central de San Juan. La localidad tipo se encuentra en las Lomas de Andapaico, Precordillera Central donde está integrada por areniscas

cuarcíticas finas y claras con intercalaciones de areniscas micáceas y arcillosas hacia la parte inferior y por *wackes* oscuros y macizos que se intercalan con lutitas oscuras en el tramo superior.

En la Hoja se halla en los flancos este, oeste y sur del cerro Bachongo. En la base de esta formación hay areniscas moradas y amarillentas intercaladas con pelitas moradas, la parte media está compuesta por una alternancia de areniscas guijarrosas moradas y amarillentas, areniscas medianas a finas de color gris a verdoso y en la parte superior se halla un banco muy potente de areniscas de grano medio, de color rosado a gris verdoso (Fig. 7).

En las lomas de Andapaico se midieron 700 a 800 m de espesor (Coca y Bercowski, 1994), en cambio en Bachongo sólo se registraron 400 m (Arrondo *et al.*, 1986). En esta última localidad fueron hallados restos plantíferos como *Cordaites*, *Paracalamites*, *Cordaicarpus*, entre otros, del Carbonífero superior (Arrondo *et al.*, 1986).

Los ambientes reconocidos corresponden a medios fluviales y lacustres (Arrondo *et al.*, 1986). Además, Coca y Bercowski (1994) reconocieron facies eólicas. Correa *et al.* (2012) identificaron depósitos de frente de playa inferior (asociaciones de facies I), ríos anastomosados con planicie (II), ríos de alta sinuosidad (III), playa (IV), sistema eólico (V), isla barrera (VI) y laguna de llanura costera (VII).



Figura 7. Areniscas de la Formación Andapaico con inclinación al oeste, en el arroyo Bachongo.

Se apoya en discordancia sobre el Devónico de la Formación Punta Negra. Se correlaciona temporalmente con la Formación Jejenes y litológicamente con la Formación La Deheza y con el Grupo Paganzo.

Arrondo *et al.* (1986), le asignaron una edad carbonífera superior (Trampeaderense) en base a restos plantíferos. Según Correa *et al.* (2012) las asociaciones de facies I (sector inferior de la unidad) y VII (sector superior) brindaron microfloras, que permiten referirlas al Cisuraliano temprano (I) y al Cisuraliano tardío-Guadalupiano temprano (VII, Biozona *Lueckisporites-Weylandites*). De la facies I, además, se obtuvo una asociación de plantas fósiles referida a la Superzona de *Ferugliocladus* del Pérmico temprano de la Cuenca Tepuel-Genoa, lo que reforzaría la hipótesis de esta edad para la sección inferior de la Formación Andapaico.

2.3. PALEOZOICO - MESOZOICO

2.3.1. PÉRMICO - TRIÁSICO

Traquita La Flecha (13)

Traquitas

Estas rocas volcánicas fueron mencionadas por Stappenbeck (1910) quien las asignó al Grupo Pa-

ganzo. La denominación de Traquita La Flecha se debe a Rossa *et al.* (1986).

Los escasos afloramientos de esta unidad se localizan en las inmediaciones de la quebrada de La Flecha y en el cerro La Chilca, en la Precordillera Oriental. El único afloramiento mapeable de esta unidad es el que está localizado en la quebrada de La Flecha. La localidad tipo está en la margen sur de la quebrada de La Flecha, en el extremo austral de la sierra Chica de Zonda.

Esta unidad volcánica está compuesta por traquitas de color rojo ladrillo, de textura porfírica, con fenocristales de sanidina en una pasta formada por minerales félsicos fuertemente teñidos por limonitas (Rossa *et al.*, 1986). Se emplazan como filones y diques con orientación este-oeste, intruyendo a las psamitas de la Formación Jejenes (Fig. 8) y a las calizas de la Formación San Juan, mientras que la Formación Albarracín (Mioceno) las cubre mediante discordancia.

No hay dataciones radimétricas que permitan precisar su edad, aunque por su emplazamiento se estima que son post carboníferas. Podrían representar manifestaciones del Grupo Choyoi o posteriores. La orientación este-oeste de los diques estaría estar relacionada con la extensión producida durante el Pérmico-Triásico.

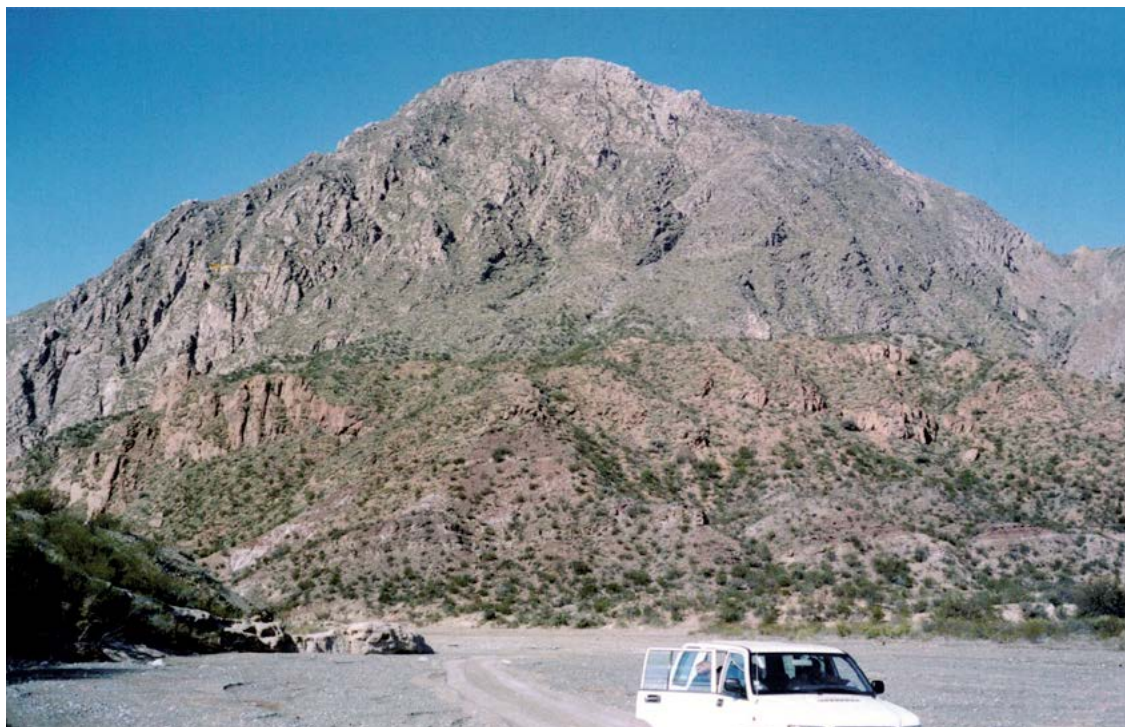


Figura 8. Intrusión de la Traquita La Flecha en los depósitos carboníferos de la Formación Jejenes, en el flanco sur de la quebrada de La Flecha.

2.4. CENOZOICO

2.4.1. NEÓGENO

Los depósitos neógenos de la region de la hoja Los Berros fueron mapeados por Cuerda *et al.* (1988) dentro de las formaciones Albarracín y Mogotes, mientras que Ramos y Vujovich (2000) los incluyeron en las Formaciones Albarracín y Mogna. Berkowski *et al.*, (1993) realizaron un perfil de detalle en la Formación Albarracín en la localidad de La Chilca y elaboraron un modelo paleogeográfico de la cuenca neógena. Ramos (1997) los consideraron como depósitos sinorogénicos proximales e intermedios del terciario. Bordonaro *et al.* (2002) actualizaron el ordenamiento estratigráfico de la región y aportaron una nueva interpretación sobre la evolución tectosedimentaria del Neógeno austral de la Precordillera Central.

2.4.1.1. Mioceno

Formación Albarracín (14)

Areniscas, limolitas, conglomerados, depósitos piroclásticos y paraconglomerados

Esta unidad fue definida inicialmente como Estratos Calchaqueños por Stappenbeck (1910) y Groeber y Tapia (1926). Bercowski y Figueroa (1989) realizaron en ella numerosos estudios.

El perfil tipo fue levantado en la quebrada homónima al este de la sierra del Tontal por Leveratto (1968), quien es el que le dio nombre formal a la unidad. En el ámbito de la Hoja aflora en la depresión intermontana que separa la Precordillera Oriental de la Precordillera Central, en el flanco oeste del cerro Bayo y en las quebradas de los ríos de La Flecha y del Agua.

La Formación Albarracín fue investigada por Bercowski *et al.* (1993) en la localidad de La Chilca, en el perfil del río de La Flecha, donde reconocieron tres miembros: el basal, de 160 m de espesor, discordante con la Formación Punta Negra, constituido por areniscas, limolitas y conglomerados finos algo tobáceos; el Miembro tobáceo, definido como producto de oleadas piroclásticas, brechas de explosión, ignimbritas y flujo de bloques que alcanza 700 m (Bercowski y Figueroa, 1989) y finalmente el Miembro conglomerádico, que es un paraconglomerado polimíctico de rocas graníticas y volcánicas de 700 a 800 m de potencia. El espesor total es de 1560 m (Bercowski *et al.*, 1993).

Durante los trabajos realizados en la presente Hoja, en el perfil del río de La Flecha, se midieron aproximadamente un poco mas de 1000 m, que corresponderían los miembros basal y tobáceo, mientras que el Miembro conglomerádico ha sido erosionado.

El ambiente es continental, de planicie distal con ríos entrelazados, *playa lake*, abanico aluvial medio, con aportes volcánicoclásticos.

Los 300 m cuspidales presentan un incremento paulatino de conglomerado grano y estrato creciente, cuyos clastos son predominantemente de rocas volcánicas meso ácidas.

Sobreyace en discordancia a distintas unidades carboníferas (formaciones Jejenes, La Deheza, Andapaico) y a otras más antiguas. El techo está cubierto en discordancia por la Formación El Corral (Fig. 9) y depósitos cuaternarios.

La edad de esta formación es de $12,8 \pm 1,4$ Ma, de acuerdo con la datación de una toba ubicada en la base de la unidad (trazas de fisión en circones) según datos de Tabbut *et al.* (1987) y de Bercowski *et al.* (1993).

Formación El Corral (15)

Conglomerados con predominio de clastos de grauvacas

El nombre de esta unidad proviene de Furque (1963), quien así llamó a sedimentitas conglomerádicas que se distribuyen en la margen oriental de la Precordillera Central, en valles con rumbo norte-sur, controlados estructuralmente. Afloramientos de esta unidad fueron asignados a la Formación Mogotes (Trümpy, Lhez, 1937) por Cuerda *et al.* (1988) y correlacionados con la Formación Mogna (Kelly, 1962) por Ramos y Vujovich (2000), y con el Miembro

conglomerádico de la Formación Albarracín (Leve-ratto, 1968). Bercowski *et al.* (1993) incluyeron a estos depósitos en el tramo conglomerádico superior de la Formación Albarracín.

Siguiendo el concepto de Contreras *et al.* (1990), los depósitos que se asignen a la Formación El Corral deben estar compuestos predominantemente por clastos de grauvacas y sus relaciones de base y techo deben ser discordantes.

La Formación El Corral no tiene las mismas características litológicas que la Formación Mogna o que el Miembro conglomerádico El Chilote de la Formación Lomas de Las Tapias (Serafini *et al.*, 1986) o que la Formación Mogotes, ya que todas ellas están integradas predominantemente por clastos de rocas volcánicas ácidas del Grupo Choiyoi. También es diferente al Miembro conglomerádico superior de la Formación Albarracín, por que este último es un conglomerado polimíctico con clastos de volcanitas y sedimentitas que se halla en contacto transicional sobre el Miembro tobáceo de la misma formación.

La unidad comprende dos miembros: Miembro limolitas y lutitas y Miembro conglomerádico. La localidad tipo es Agua del Corral, al norte de Guandacol. Tiene amplia distribución en la franja oriental de la Precordillera Central, pero nunca ha sido citada en el sector austral de la franja mencionada.



Figura 9. Depósitos terciarios de la Formación Albarracín en contacto discordante con la Formación El Corral, en la quebrada de La Flecha.

En la hoja Los Berros sólo aflora el Miembro conglomerádico, que se distribuye en el flanco oriental del cordón del Infiernillo, en el margen oriental y sur del cerro de La Chilca, en la loma de los Papagallos, en el margen oriental del cerro Punta del Cerro, en el cerro Hediondo, en la estancia La Ciénaga y en el cerro de la Cuchilla. También se reconocieron afloramientos al sur del puesto de Maradona, donde yace en discordancia sobre el Miembro conglomerádico de la Formación Albarracín.

En la Precordillera Oriental los depósitos de la Formación Corral afloran en la zona de Cienaguita, al sur de la hoja Los Berros.

Está compuesta por un conglomerado de color gris verdoso, con clastos de grauvacas (90 %), angulosos, cuyos tamaños van de pocos milímetros hasta 0,5 m y escasos clastos de cuarzo, de areniscas feldespáticas y de calizas. Es un conglomerado monogénico, clasto sostén, estrato y granocreciente.

Su ambiente de sedimentación corresponde a un abanico aluvial medio a proximal cuya área de aporte sería la sierra del Tontal y el Paramillo del Tontal. El espesor medido en la quebrada de La Flecha es de 450 metros.

En la base es discordante con la Formación Albarracín y está cubierto mediante discordancia angular por la Formación Lomas de Las Tapias (Fig. 10).

La edad de esta unidad fue acotada entre 11 y 8,5 Ma, que corresponde al Mioceno superior, en la localidad del río Azul por la datación de tobas (Jordan y Damanti, 1990).

Formación Lomas de Las Tapias (16)

Areniscas, pelitas y conglomerados

Esta unidad fue denominada primeramente como Formación Ullum por Contreras (1981) y estudiada por Bercowski *et al.* (1987). El nombre de Formación Lomas de Las Tapias fue dado por Serafini *et al.* (1986), quienes reconocieron tres miembros en la localidad tipo de Lomas de Las Tapias: el inferior, denominado Limolita La Colmena, constituido por un conglomerado basal seguido por limolitas finas y medianas de color pardo rojizo, con 263 m de espesor; el intermedio, la Arenisca Albardón, formado por areniscas conglomerádicas tobáceas con intercalaciones de limolitas, con una potencia de 1.350 m y el superior, el Conglomerado El Chilote, compuesto por conglomerados con clastos de volcanitas, de rocas carbonáticas y de grauvacas, con intercalaciones de areniscas, que totaliza 570 metros. El espesor total es de 2.183 m (Serafini *et al.*, 1986).

En la Hoja, los afloramientos se distribuyen en una angosta faja que se extiende en el borde oriental



Figura 10. Conglomerados de la Formación El Corral en contacto con la Formación Albarracín en proximidades del cerro de La Chilca de Arriba, localidad de Los Berros.

de los cordones Punta del Cerro y del Infiernillo y en la estancia La Ciénaga. En dichas localidades esta unidad está integrada por areniscas de color rosado rojizo que se intercalan con pelitas rojizas y castañas y con algunos conglomerados clasto sostén de 2 a 5 m de potencia, cuyo componente principal son clastos de rocas volcánicas. Por el tipo de litología, estos estratos corresponderían al Miembro Arenisca Albardón de la sección tipo. El espesor es de 120 m, y su techo está truncado por una falla inversa que lo pone en contacto con la Formación Punta Negra, en tanto que la base sobreyace en discordancia a la Formación El Corral.

En el piedemonte oriental de la sierra Chica de Zonda, loma Redonda y cerro Pedernal de Los Berros afloran depósitos continentales fluviales de color rojo pálido, compuestos por areniscas y pelitas, que fueron asignados a la Formación Lomas de Las Tapias (Serafini *et al.*, 1986) por Ramos y Vujovich (2000).

Bercowski *et al.* (1986) sugirieron un ambiente de abanico aluvial sobre una planicie fluvial anastomosada para los afloramientos de la localidad tipo. Para esas rocas, Bercowski *et al.* (1987), mediante trazas de fisión, determinaron una edad de $7 \pm 0,8$ Ma, que corresponde al Mioceno superior.

Los asomos situados en la Hoja se pueden correlacionar con la Formación Río Jáchal de la región de Mogna (Ramos y Vujovich, 2000).

2.4.2. CUATERNARIO

Depósitos aluviales antiguos (17a)

Gravas, arenas y limos

En esta unidad se han agrupado los depósitos aluviales cuaternarios más antiguos. Los afloramientos constituyen aislados relictos e integran las terrazas de mayor altitud que se distribuyen en la bajada pedemontana oriental de la sierra Chica de Zonda, y en algunos cerros en la bajada occidental (cerro Divisadero y otros). Están constituidos por un conglomerado de color gris verdoso, con clastos de calizas subredondeados a subangulosos y de areniscas y matriz es limoarenosa. Martos (1995) lo diferenció como el primer nivel de terrazas. Esta unidad está en contacto discordante sobre depósitos del Terciario o más antiguos.

Estos sedimentos están inclinados (hasta 30°) y plegados por efecto de neotectónica. La composición y algunas otras características del depósito varían

localmente en función del área de aporte. El espesor de esta unidad es de 15 m según Martos (1995).

Depósitos de piedemonte (17b)

Gravas y arenas

Constituyen las bajadas de los diferentes cordones montañosos de la Precordillera. Están compuestos por fanglomerados, gravas, arenas y limos. En esta unidad se han incluido depósitos fluviales que componen algunos niveles de terraza, depósitos de conos aluviales y de cauces de quebradas menores. En el margen oriental del Paramillos del Tontal, en la quebrada de Los Caballos, se midieron espesores de 7 metros. Martos (1995) diferenció cuatro niveles principales de bajadas aluviales cuaternarias, e incluso distinguió hasta un quinto nivel, aún más antiguo (Pleistoceno inferior). La zona de aporte fuentes del material detrítico aluvial son la Precordillera Oriental y la Precordillera Central y Occidental.

En el flanco oriental de la sierra Chica de Zonda han sido descritos en forma detallada (escala 1:25.000) por Martos (1986 y 1995). Diferencia los depósitos aluviales de piedemonte antiguos preservados en los bloques elevados por fracturas modernas y los depósitos aluviales modernos en bloques hundidos. Los espesores varían de pocos centímetros en el borde de los cordones montañosos hasta 20 m. en la sección oriental. Están compuestos por rodados de calizas, subangulosos a planares, de 2 a 10 cm de tamaños promedios hasta 20 centímetros.

En el abanico aluvial actual se desarrolla la actividad agropecuaria de la región.

Depósitos aluviales con modificaciones antrópicas (17c)

Grava, arenas y limos

Los depósitos aluviales, integrados por gravas, arenas y limos, constituyen parte de la planicie aluvial del río San Juan, donde se desarrolla gran parte de la actividad agropecuaria de la región. Se distribuyen en el sector nordeste de la Hoja.

Depósitos de ciénagas y barreales (17d)

Limos y arcillas

Los depósitos que componen esta unidad son de material fino, limos, arcillas y limos arenosos. Representan la parte terminal local de los de los sedimentos aportados por los ríos de la Precordillera. Se hallan en el barreal de Las Barrancas, donde tienen

un espesor de 5 m, en la estancia La Ciénaga y en el puesto Papagayos. También hay algunos niveles de tipo lacustre en Pedernal, próximos al dique de Los Loros.

Depósitos eólicos (17e)

Arenas y limos

En el sureste de la Hoja, en la región del cerro Valdivia, existen depósitos eólicos constituidos por sedimentos arenosos que forman médanos, en tanto que en las depresiones entre éstos se depositan limos. Zambrano y Suvires (1987) destacaron que en general las zonas de médanos se localizan en las proximidades de los bloques de basamento elevados.

Depósitos fluviales (17f)

Gravas, arenas y limos

Esta unidad se distribuye a lo largo de los cauces de los principales arroyos y quebradas. Está integrada por gravas, arenas y limos y su composición varía según el área de aporte. Los espesores van desde los 0,60 m hasta 3 metros.

Depósitos de torrentes de barro (17g)

Bloques, gravas, arenas y limos

Se han incluido en esta unidad a los depósitos producidos por flujos de detritos saturados que se localizan en el piedemonte del Paramillos del Tontal. Poseen una forma alargada y rellenan cauces con longitudes de 8 km y un ancho de 500 metros. El material que constituye el torrente de barro tiene una estructura de brecha cuyos clastos son de grauvacas, de formas angulosas entre 1 cm y 5 cm de tamaño, muy cementados, con ocasionales bloques dispersos de hasta 0,50 metros.

3. ESTRUCTURA

La región abarcada por la Hoja comprende tres unidades con estructura y evolución tectónica diferentes: Sierras Pampeanas Occidentales, Precordillera Oriental y Precordillera Central.

Las Sierras Pampeanas Occidentales (Caminos, 1979) están representadas por un único afloramiento, el cerro Valdivia, constituido por un bloque de rocas de basamento precámbrico afectado por metamorfismo regional y cataclasis.

La Precordillera Oriental (Ortiz y Zambrano, 1981) se caracteriza por un conjunto de corrimientos con orientación norte-sur que generaron la imbricación y repetición de bloques formados por secuencias sedimentarias paleozoicas, elevados por fallas inversas que buzaban en alto ángulo hacia el este y están limitados transversalmente por fallas normales o de desplazamiento de rumbo.

La estructura deformacional en la Precordillera Oriental es del tipo "piel gruesa" que involucra basamento, con vergencia occidental. Comprende sedimentitas del Paleozoico inferior, predominantemente calizas, del Carbonífero y del Terciario. El nivel de despegue en el basamento proterozoico fue planteado por diversos autores, como Baldis *et al.* (1979), entre otros.

La región oriental de la Precordillera Central (Baldis y Chebli, 1970) presenta una estructura que está controlada por corrimientos frontales de un sistema de imbricación. Es una geometría propia del tipo "piel delgada" a la que se asocian plegamiento y fallamiento. La vergencia es oriental y afecta a sedimentitas del Paleozoico inferior y medio y del Terciario. El nivel de despegue se asume en las calizas del Paleozoico inferior, ubicado a una profundidad de 2.500 m b.n.m. según von Gosen y Buggish (1992) ó a 6000 m b.n.m. para la longitud de 69° oeste (Ramos y Vujovich, 2000).

La interacción de vergencias opuestas entre la Precordillera Oriental y la Precordillera Central genera una zona triangular entre ellas, denominada Corredor Acequiación - Maradona - Zonda, donde se advierten complicaciones estructurales, magmatismo y fallamiento neotectónico. Esta zona triangular fue interpretada por Gardini (1993). Ramos *et al.* (1986) sostuvieron que el basamento está involucrado en la estructura del valle de Zonda, dada la intensa actividad sísmica registrada a 15 y 20 km de profundidad.

Los cordones del Espinacito y Osamentas (Paramillos del Tontal) constituyen una lámina, de sedimentitas devónicas con plegamiento interno, cabalgada sobre sedimentitas terciarias, específicamente sobre la Formación Albarracín en toda su longitud, tal como se observa en el mapa y en los perfiles.

En la porción central de la Hoja, la alineación montañosa Córdova - Infiernillo - Bachongo está estructurada como pliegues de propagación de falla, con núcleos de sedimentitas devónicas cubiertas por areniscas carboníferas y terciarias. Los pliegues que afectan a los núcleos devónicos y carboníferos están volcados, con sus planos axiales buzando con

bajo ángulo hacia el oeste, mientras que los pliegues en las sedimentitas terciarias son asimétricos y de mayor amplitud. En ambos casos la vergencia es oriental.

Las culminaciones en pliegues por propagación de falla de algunos sobrecorrimientos se encuentran en el cerro Bayo para los cabalgamientos occidentales y entre las quebradas Grande y La Lechuza para los orientales. En las proximidades de la quebrada de La Lechuza la escama imbricada que constituye el borde oriental de la sierra, culmina con un pliegue por propagación de falla cuyo plano axial es oblicuo al plano de falla. Esta geometría de pares anticlinales - sinclinales se repite hacia el noroeste, absorbiendo el desplazamiento de la falla, que muy probablemente hacia el norte se ramifica por debajo de los pliegues.

La quebrada de La Flecha se ha elaborado como respuesta a una falla sinistral con rumbo E-O, cuyo rechazo horizontal es de uno a dos km según Cuerda *et al.* (1988).

Internamente, los afloramientos devónicos están plegados en anticlinales y sinclinales asimétricos a escala mesoscópica, con predominio de planos axiales buzantes al este y con vergencia occidental. También existen pliegues con características similares a las descritas pero con vergencia oriental. Cuerda *et al.* (1988) señalaron que en la mitad oriental del cordón Paramillos del Tontal predominan los planos axiales buzantes al este, mientras que en la mitad occidental buzan al oeste. En general los planos axiales poseen rumbos NNO-NNE y buzamientos variables que van de 10° a 80° al este y al oeste.

Zambrano y Suvires (1987) interpretaron, sobre la base de datos geofísicos y pozos, que en el subsuelo del valle de Tulum existe un estilo estructural de bloques de basamento, en parte rotados paralelamente a sus ejes, limitados por fallas inversas de alto ángulo y fallas con desplazamiento de rumbo.

Rasgos geomorfológicos que evidencian la actividad tectónica en el Cuaternario (neotectónica) se observan en los piedemontes oriental y occidental de la sierra Chica de Zonda. Este fallamiento ha sido descrito por Bastías *et al.* (1990) como perteneciente al Sistema de Fallamiento de Precordillera Oriental. Las fallas afectan a distintos niveles de sedimentos, de terrazas y abanicos aluviales cuaternarios y en ocasiones se ven sedimentitas terciarias sobre este tipo de depósitos. Son de carácter inverso, con el labio hundido al oeste. El rumbo es N-S y buzan al E con un rechazo de hasta 25 metros.

En el piedemonte occidental de la sierra Chica de Zonda (arroyo de la Ciénaga) se ha distinguido una sola escarpa discontinua; mientras que en el piedemonte oriental se diferencian varias escarpas subparalelas y con un mayor grado de preservación. A la falla principal se la conoce con el nombre de Falla La Rinconada.

Martos (1995) realizó un estudio detallado de la neotectónica que afecta al flanco oriental de la sierra Chica de Zonda. Destacó la presencia de fracturas principales y numerosas fallas asociadas (3 a 5 rupturas subparalelas). Otras de las evidencias reconocidas es el cambio de recorrido de los cursos aluviales que se orientan localmente en forma paralela al rumbo de la falla. Existen numerosas surgencias naturales asociadas a las fallas cuaternarias.

En la bajada oriental del cordón Paramillos del Tontal se han observado rasgos geomorfológicos que evidencian la acción de fallas inversas recientes, con el labio oriental hundido.

3.1. EVOLUCIÓN TECTÓNICA

3.1.1. CICLO GRENVILLIANO

En el cerro Valdivia afloran rocas metamórficas que han sido integradas en el denominado Complejo Pie de Palo. Esta unidad ha sido afectada por deformaciones correspondientes al ciclo Grenvilliano reconocido por Ramos *et al.* (1993), en el basamento de la sierra de Pie de Palo.

3.1.2. CICLO FAMATINIANO

Los esfuerzos que plegaron las calizas cámbricas y ordovícicas han sido atribuidos a las diversas fases de los movimientos Oclóyicos (Baldís *et al.*, 1982).

La Formación Jejenes (Carbonífero superior) sobreyace en discordancia sobre la Formación Rinconada (Silúrico) que está inclinada con alto ángulo en forma homoclinal hacia el este.

La Formación Punta Negra está deformada por pliegues mesoscópicos con vergencia hacia el este y oeste (Fig. 11).

Las estructuras descritas, así como la discordancia en la base del Carbonífero han sido atribuidas a la Fase Chánica (Ramos *et al.*, 1984, 1986).

3.1.3. CICLO GONDWÁNICO

Las sedimentitas que componen las distintas unidades del Carbonífero superior y las otras más



Figura 11. Detalle de un pliegue en pelitas devónicas de la Formación Punta Negra en los Huaicos del Otro Mundo.

antiguas han sido deformadas durante la Fase Sanrafaélica del ciclo Gondwánico. Esta deformación se observa en los afloramientos de sedimentitas marinas y continentales carboníferas en los cerros Bachongo y Punta del Cerro, Paramillos del Tontal, huaicos de la Potranca, huaicos del Colorado, sierra Alta de Zonda, quebrada de La Flecha, cerrito La Chilca, afloramientos carboníferos del faldeo oriental de la sierra Chica de Zonda (cerro La Rinconada y quebrada Grande) y en el sector del dique de Pedernal. La deformación consiste en pliegues anticlinales y sinclinales asimétricos de rumbo N-O. Generalmente su vergencia es oriental. En los lugares mencionados, la deformación se ha preservado y fosilizado por la extensión pérmico-triásica, mediante fallas directas de alto ángulo y rumbo E-O a E-NE y O-NO que cortan las estructuras antes mencionadas. Las estructuras descriptas consisten en relictos de la deformación gondwánica.

En otros sectores, el ciclo Ándico ha afectado a las unidades carboníferas y devónicas resultando una deformación más compleja. En el cordón Paramillos del Tontal se advierten algunas estructuras gondwánicas que han sido reactivadas y han determinado la orientación N-O de pliegues volcados y fallas inversas ándicas, concretamente en el cordón del Espinacito y en el flanco occidental del cordón de las Osamentas.

En la quebrada Grande (faldeo oriental de la sierra Chica de Zonda) se observan pliegues anticlinales y sinclinales asimétricos de orientación N-O, levantados luego por el corrimiento terciario.

En los huaicos de La Potranca y del Colorado hay anticlinales y sinclinales apretados y cortados por fallas directas que afectan a la Formación La Deheza y también a las sedimentitas devónicas.

En la quebrada de La Flecha y en el cerrito de La Chilca los depósitos carboníferos (Formación Jenejes) están deformados por pliegues decamétricos. También hay evidencias de deformación gondwánica en el río Ancho, en los afloramientos devónicos y carboníferos.

Extensión pérmico-triásica

La extensión pérmico-triásica está materializada por fallas directas de alto ángulo, con rumbos E-O, E-NE y O-NO, con el labio norte o sur hundidos. Afecta a los afloramientos de las unidades carboníferas y más antiguas.

Se han observado fallas directas con las características antes mencionadas en la parte sur del cerro Bachongo y en el río Santa Rosa; en los huaicos de la Potranca y del Colorado; en la sierra Chica de Zonda (quebrada de La Flecha), cerrito de la Chilca y en el río del Agua. En los últimos tres lugares se ve el

contacto de sedimentitas carboníferas con depósitos de calizas cámbricas y ordovícicas mediante falla directa de alto ángulo.

La unidad volcánica Traquita La Flecha (Rossa *et al.*, 1986) también está asociada con la extensión pérmico-triásica. Estas rocas consisten en diques y filones capa que intruyen a las formaciones Jejenes y San Juan. La discordancia en la base de la Formación Albarracín (Leveratto, 1968), de edad miocena media, corta a las rocas mencionadas.

Fallas directas pérmico-triásicas han sido reactivadas en el Terciario y Cuaternario como rampas laterales de las fajas plegadas. En el río Ancho, extremo sur de la sierra Alta de Zonda hay una falla de rumbo E-O que corta el anticlinal, con el labio sur hundido, que a su vez presenta un desplazamiento de rumbo sinistral. Otra falla importante con estas características es la de la quebrada de La Flecha. Su actividad se extiende al menos hasta el Terciario.

Algunas fallas directas de rumbo E-O han sido rellenadas con calcita; estas vetas constituyen los principales yacimientos de ese mineral que se explotan en la zona, tales como las minas Jagüel, Tello, Buena Esperanza, entre otras.

3.1.4. CICLO ÁNDICO

La configuración actual de la Precordillera se debe a la deformación producida durante el ciclo Ándico que generó plegamientos con rumbo general N-S, asimétricos y volcados, y también fallamiento inverso de igual rumbo. Estas estructuras han afectado a la secuencia continental terciaria integrada por las formaciones Albarracín, El Corral y Lomas de Las Tapias. Asimismo ha acentuado las deformaciones más antiguas, transformando anticlinales y sinclinales en pliegues volcados y fracturación en escamas.

Localmente, el rumbo de las estructuras ándicas ha sido determinado por las anisotropías de las estructuras preexistentes. Particularmente estas estructuras tienen una orientación N-O, que es la misma que la de los pliegues gondwánicos.

La deformación de la Precordillera ha sido descrita como faja corrida y plegada (Baldis y Chebli, 1970; von Gosen, 1992; Buggish *et al.*, 1993; Ramos y Vujovich, 2000, entre otros). La estructura de la Precordillera Oriental es de “piel gruesa”, es decir que las estructuras involucran al basamento; la vergencia es hacia el oeste. Hay fracturas directas reactivadas como inversas (inversión de la tectónica) y estructuras antiguas que se han preservado. A su

vez, la estructura de la Precordillera Central se ha definido como de “piel fina” (sin participación del basamento) con vergencia al este. Entre ambas se extiende la zona triangular del Corredor Acequión - Maradona - Zonda en donde la vergencia no está bien definida, particularmente en el cerro Bayo y en el cerrito La Chilca.

La falla de la quebrada de La Flecha, de rumbo aproximado E-O, es de desplazamiento de rumbo, posiblemente sea de tipo directo, reactivada, de carácter sinistral, evidenciado por el desplazamiento de los afloramientos de las rocas calcáreas del Paleozoico e inflexiones en los de la secuencia terciaria. La falla de la sierra Alta de Zonda y otras menores que afectan al cerro Bayo, tienen rumbos E-O y constituyen rampas laterales de menor importancia.

La secuencia de depósitos terciarios es sinorogénica. La Formación Albarracín contiene niveles conglomerádicos (Miembro superior) con clastos de vulcanitas ácidas provenientes de la Cordillera Frontal (Stappenbeck, 1910). La Formación El Corral está constituida por un depósito conglomerádico grano y estratocreciente con clastos de grauvacas provenientes de la Precordillera. La Formación Lomas de Las Tapias contiene un miembro conglomerádico superior que no aflora en la región de la Hoja Los Berros. En el primer caso, los depósitos coinciden con el levantamiento de la Cordillera Frontal, mientras que en el segundo caso se debe al levantamiento de la Precordillera.

La actividad tectónica del ciclo Ándico continúa en el Cuaternario. Corresponden a esta edad las fallas inversas con rumbo casi norte-sur y vergencia occidental que se localizan en ambos flancos de la sierra Chica de Zonda y fallas subparalelas a los cordones montañosos en las bajadas orientales de las sierras Alta de Zonda y Paramillos del Tontal.

4. GEOMORFOLOGÍA

La Hoja Los Berros comprende parte de dos unidades geomorfológicas: la Precordillera y la llanura intermedia. Más del 60 % de su relieve corresponde a la Precordillera. Al este, se extiende parte de la planicie aluvial del río San Juan. Estos terrenos están cultivados en el sector nordeste de la Hoja. Se destaca en esta llanura el único afloramiento del basamento precámbrico: el cerro Valdivia.

En la zona de la Precordillera existe una correspondencia entre el relieve y la tectónica y allí, los rasgos estructurales han controlado la evolución del

paisaje. Está constituida por varios lineamientos de cordones principales con orientación N-S. La sierra Chica de Zonda y los cerros de La Flecha y Loma Redonda se localizan al este mientras que el cordón Paramillos del Tontal se extiende en el borde oeste de la Hoja. En la parte central, las elevaciones montañosas son los siguientes: Loma de los Papagallos (1.661 m), cerro Tres Mogotes (1.867 m), cerro Córdova (1.927 m), cordón del Infiernillo (1.844 m), cerro de Las Cuchillas (1.701 m), cerro Punta del Cerro (2.050 m) y cerro Bachongo (2.285 m).

La sierra Chica de Zonda está integrada por los cordones de las Lajas y de La Flecha y por los cerros de La Rinconada y Jagüel. Las cotas de estos cordones superan los 2.200 m s.n.m. y en general tienen orientación N-S. Son cordones de calizas cámbricas y ordovícicas. Al oeste de la sierra Chica de Zonda está el cerro Bayo (1.867 m) y el cerrito de La Chilca (1.856 m), compuestos también por calizas.

La sierra Chica de Zonda presenta un perfil asimétrico, el flanco occidental es de mayor pendiente que el oriental. Asimismo, son asimétricos los piedemontes de ambas márgenes. El occidental tiene una pendiente de 20° a 25° y una extensión de 4 km mientras que el oriental tiene hasta 10 km de largo, con pendiente de 5° a 7°. Ambos piedemontes están afectados por la tectónica cuaternaria lo que les confiere rasgos particulares, que fueron descritos por Bastías *et al.* (1990) y Martos (1995).

En la cumbre de la sierra Chica de Zonda existen relictos de superficies planizadas (Martos, 1995).

El cordón Paramillos del Tontal se extiende en sentido N-S y alcanza altitudes de más de 3.500 m s.n.m. (cerro Calingastino, 3.606 m). Está conformado por los cordones del Espinacito y de las Osamentas. Las rocas predominantes son clásticas y pertenecen al Devónico. Presenta un perfil con flancos abruptos y simétricos.

Entre los cordones detallados se extienden bajadas de piedemonte, valles, ciénagas y cerros testigo. En la parte norte se destaca la sierra Alta de Zonda con alturas de más de 3.000 metros (cerro Los Potrerillos, 3.318 metros).

La bajada principal se denomina Pampa de Bachongo y está compuesta por un nivel de agradación cortado por los cauces actuales. Los afloramientos de areniscas carboníferas y terciarias, tienen formas de relieve características que localmente se denominan huaicos. Son formas irregulares en gran parte determinadas por pliegues apretados y volcados y fallas inversas. Se los conoce como huaicos de La Potranca, del Otro Mundo y del Colorado.

Se han observado fenómenos de remoción en masa (reptación, deslizamientos de detritos y coladas de barro) que se producen por la saturación de agua de los detritos de las laderas y por la acción de los movimientos sísmicos. Una colada de barro importante se extiende en el piedemonte oriental del cordón de las Osamentas, en puesto del Molle. En el Paramillos del Tontal (Fig. 12) se advierten cicatrices



Figura 12. Aspecto de un torrente de barro en la quebrada El Molle, Paramillos del Tontal.

producidas por la remoción en masa. También hay coladas de barro más al sur, en las quebradas El Águila, Los Leones y Los Caballos.

La acción del clima desértico y las lluvias torrenciales estacionales determinan piedemontes con importantes superficies de pedimentación, pavimento y barniz del desierto. También se han observado fenómenos de crioclastismo en los clastos de las calizas.

La red de drenaje en la Precordillera en general es subsecuente, definida por las estructuras ándicas. No obstante, en la región comprendida en la Hoja el único curso con estas características es el río de la Ciénaga. Predominan cursos de agua que cortan las estructuras mencionadas. Se destacan los ríos Ancho, Papagallos, La Flecha y del Agua. Algunos de estos cursos están localizados siguiendo los lineamientos de las rampas laterales.

El barreal de las Barrancas está compuesto por depósitos finos de lagunas temporarias debido al cierre de la cuenca, producto de la tectónica moderna.

5. HISTORIA GEOLÓGICA

En el Cámbrico y en el Ordovícico se desarrolló una plataforma carbonática sobre rocas del basamento metamórfico grenvilliano correspondiente al terreno de Cuyania (Ramos *et al.*, 1996 y Astini *et al.*, 1996) que se separó del continente de Laurentia durante el Cámbrico inferior (Thomas y Astini, 1996). De acuerdo con evidencias en la evolución estratigráfica de la Precordillera Oriental, dicho terreno colisionó con el Pampia durante el Silúrico (Astini *et al.*, 1996).

Durante el Paleozoico inferior se depositaron en una serie continua las formaciones La Laja, Zonda, La Flecha, La Silla y San Juan, que fueron plegadas y dislocadas por los movimientos Oclóyicos del ciclo orogénico Famatiniano.

En el Silúrico y en el Devónico se depositaron las formaciones Rinconada en la Precordillera Oriental y Corralitos en la Precordillera Central. Estas unidades se desarrollaron en ambientes de talud turbidíticos y olistostrómicos.

Posteriormente, se acumularon grauvacas y pelitas de la Formación Punta Negra en la Precordillera Central. Las unidades mencionadas han sido deformadas por los movimientos Chánicos, que a su vez determinaron la fuerte discordancia angular con los depósitos del Carbonífero.

Durante el Carbonífero superior se depositaron unidades marinas (glacimarinas) y continentales, formaciones La Deheza y Andapaico en la Precordillera Central, y Formación Jejenes en la Precordillera Oriental. Las unidades mencionadas forman parte de la cuenca de antepaís (retroarco) denominada Paganzo (Azcuy y Morelli, 1970; Salfity y Gorusovich, 1983) que se extendía hasta la provincia de La Rioja. Fueron plegadas por la Fase Sanrafaélica del ciclo Gondwánico.

A partir del Triásico diversas áreas del basamento andino y sectores adyacentes (Precordillera) fueron sometidas a un régimen extensional (Charrier, 1979). En el área de la Hoja se produjo el emplazamiento de la Traquita La Flecha y el desarrollo de fallas directas que afectaron a las sedimentitas paleozoicas.

En el Neógeno se acumularon los depósitos sinorogénicos diferenciados como formaciones Albarracín, El Corral y Lomas de Las Tapias, separados entre sí por discordancias angulares, que se formaron a partir de la migración del arco volcánico y el correspondiente desplazamiento del frente orogénico desde el oeste al este (Ramos, 1999 a y b).

Durante el Cuaternario continúa la sedimentación aluvial en terrazas, conos y abanicos aluviales como el río San Juan y otros menores, depósitos de llanuras, lacustres y eólicos.

6. RECURSOS MINERALES

La región más importante respecto a los recursos minerales de la Hoja se sitúa en la localidad de Los Berros, departamento Sarmiento (ver cuadro 4 al final del capítulo). A la fecha se encuentran en explotación varias canteras ubicadas en el faldeo oriental del cerro Pedernal de Los Berros y el cerro del Medio. De estas canteras se extraen calizas, dolomías y calcita. Los yacimientos de calcita están ubicados en la quebrada de La Flecha (cerro La Flecha) y el cerro Pedernal de Los Berros. Se han detectado en la zona escasas evidencias de hidrotermalismo. Sólo en el extremo sur del cerrito La Chilca se ha observado una veta de baritina. También hay jasperoides en las calizas. En el cerro Valdivia se menciona granate, en tanto que en el cerrito de La Chilca hay yeso en la Formación Albarracín.

Diversos autores han estudiado los yacimientos de calizas, dolomías y calcita. Se pueden citar, entre otros, a Angelelli *et al.* (1980), Baraldo (1983), Baraldo y Treo (1983), Cuerda *et al.* (1988), Simon y Cardinali (1990), Baraldo *et al.* (1996), De Los

Ríos *et al.* (1997), Lapidus *et al.* (1998), Herrmann y Menoyo (1999) y Ramos y Vujovich (2000).

Calizas y dolomías

Las calizas y dolomías de alta calidad de la provincia de San Juan constituyen las mayores reservas del país y se utilizan para la construcción, siderurgia, industria química, cristalería, rocas ornamentales, mármoles, carburo de calcio e industria plástica, entre otros destinos. Su explotación abarca la mayor parte de la producción minera de San Juan, de la que el distrito Los Berros comprende uno de los cuatro sectores principales.

Los yacimientos en explotación se localizan principalmente al sur de la quebrada de La Flecha, en los cerros Pedernal de Los Berros y del Medio, y hacia el sur hasta el flanco oriental del cerro Pedernal. Las canteras más importantes han sido desarrolladas en el faldeo oriental de las alineaciones calcáreas, en una extensión de 15 km desde Los Berros hasta Cieneguita.

La zona de las canteras está situada a 80 km al sur de la ciudad de San Juan y se accede desde esa ciudad o desde Mendoza por la ruta nacional 40. A partir de la localidad de Media Agua se empalma con la ruta provincial 319 en dirección al oeste.

Los yacimientos señalados están ubicados en la Precordillera Oriental. Se trata de calizas y dolomías de plataforma. Presentan color gris, con texturas micríticas y esparíticas, tipo *grainstones*, *packstones* y *mudstones*. Integran las formaciones La Flecha (Cámbrico superior), La Silla (Cámbrico superior a Ordovícico inferior) y San Juan (Ordovícico inferior).

En los frentes de explotación las capas poseen rumbo N 30° E e inclinaciones de 60° a 80° al E; incluso son verticales en algunos sectores. Los bancos, de potencias entre 1 y 3 m, están afectados por numerosas diaclasas de dirección E-O, rellenas por calcita. Están intercalados con capas de hasta 0,50 m de pedernal (ftanita). Estos depósitos están teñidos por pátinas de limonitas que le dan una coloración roja y ocre en algunos casos. Son depósitos sedimentarios clasificados como 9k, depósitos asociados a sedimentos (Zappettini, 1999).

Los análisis realizados a diferentes muestras de calizas dieron los siguientes resultados: RI+R₂O₃: 1,5%; CaO: 53,978%; MgO: 0,976%; P: 0,06%; pérdida a 1000 °C: 43,1%; pérdida a 100 °C: 0,01%.

Los análisis químicos efectuados en dolomías revelaron los siguientes valores: RI+R₂O₃: 2,69%; CaO: 32,778%; MgO: 18,54%; S: 0,02 a 0,06%; pérdida por calcinación: 45 a 46%.

También las distintas cales fueron analizadas, con los siguientes resultados:

- *Cal Viva*: CaO: 76 %; apagado 36° en 10'; retenido: 1,80; expansión: 0,18.
- *Cal Hidratada*: CaO: 58%; # 100: 1,60; # 200: 5,60; plasticidad: 208-209; humedad: 0,43 a 0,46 déficit.

El análisis químico de ripio calizo dio el siguiente resultado:

- *Granulometría*: 10/40 mm:
- *Humedad*: 0,55%; PPC: 42,71; SiO₂: 0,83%; R₂O₃: 0,84%; CaCO₃: 96,75%; MgCO₃: 1,19%.
- *Análisis granulométrico*: Ref # 38 mm: 3,63%; Ref # 19 mm: 90,78%;, Pas # 19 mm: 5,60%.

Las reservas aseguradas son de 5,2 millones de toneladas. Las reservas geológicas alcanzan magnitudes suficientes para abastecer los mercados durante muchas décadas.

Las explotaciones son canteras a cielo abierto, trabajándose los bancos subverticales mediante perforaciones y voladuras llevadas a cabo con martillos manuales o bien hasta con equipos de perforación montados sobre orugas.

La industrialización se hace a través de hornos de lecho mixto que queman la caliza con carbón residual y, los que tienen tecnología más avanzada, con gas natural y FGH con su horno tipo Sinproyecti.

Los yacimientos principales son, de norte a sur: FGH, Ruarte, La Buena Esperanza, Albors, CEFAS y Ozan, entre otros.

Calcita

Los depósitos de calcita están estrechamente relacionados con los de calizas y dolomías. Muchas empresas realizan la explotación en forma conjunta.

En el distrito Los Berros, las minas de calcita más importantes se distribuyen en el flanco oriental del cerro Pedernal de Los Berros (Zingale- MASA y La Buena Esperanza) y en la quebrada de La Flecha (Mina Tello y Jagüel-Maza).

Las rocas de caja corresponden a las formaciones Zonda, La Flecha y San Juan, de edad cámbrico-ordovícica.

La forma de los cuerpos es vetiforme y constituyen bolsones irregulares asociados a fracturas, pliegues y cavernas kársticas.

La calcita se presenta en agregados espáticos gruesos, de color blanco, opaco hasta ligeramente translúcido; en ocasiones tiene pátinas rosadas a rojizas de hidróxido de hierro.

En cuanto al tamaño de los yacimientos, los más grandes son los vetiformes que generalmente

se localizan en fracturas este-oeste; poseen espesores que van desde 1,5 a 6 metros (ocasionalmente llegan hasta 25 m en los bolsones) y 200 a 400 m de longitud. La mina La Buena Esperanza cuenta con 3 Mt de reserva según datos aportados por la empresa que la trabaja.

Según Angelelli (1950), los yacimientos de calcita se produjeron por la disolución del carbonato de calcio de las calizas por aguas bicarbonatadas ascendentes y su posterior depositación en fracturas y espacios abiertos en las rocas de caja.

Baraldo y Treo (1983) consideraron que los yacimientos de calcita son de edad pre-terciaria, dado que observaron al conglomerado basal del Terciario discordante sobre las calizas del Paleozoico inferior que contienen vetas de calcita.

El modelo del yacimiento corresponde a 141, vetas y brechas (de asignación genética diversa) (Zappettini, 1999).

Según análisis realizados por el Instituto de Investigaciones Mineras, en el cuadro 3 se resumen los resultados de calcitas en el distrito Los Berros.

SiO₂	0,53 %
Al₂O₃	0,41 %
Fe₂O₃	0,06 %
CaO	55,5 %
MgO	0,38 %
PO₅	0,0 %
PPC	42,7 %
Na	111 ppm
K	89 ppm

Cuadro 3. Análisis químico de calcitas del distrito Los Berros, Instituto de Investigaciones Mineras.

En general estos yacimientos se explotan mediante galerías subterráneas. La calcita se utiliza en la fabricación de plásticos dado el bajo contenido de sílice y el alto índice de blancura, y también en la fabricación de papel y de pintura.

Granate

En el cerro Valdivia existen pertenencias con signos de explotación de granate en los esquistos micáceos granatíferos del Complejo Pie de Palo (quebrada del Granate).

7. SITIOS DE INTERÉS GEOLÓGICO

En la Hoja Los Berros se han seleccionado numerosos sitios representativos tanto por su contenido paleontológico como tectónico y estratigráfico y por su utilización sea ésta turística, científica, didáctica y/o económica.

Cordón del Infiernillo

El cordón del Infiernillo está ubicado en la parte central de la Hoja y el sitio de interés se halla en su extremo sudeste. Se accede desde la localidad de Los Berros, por la quebrada de La Flecha, hacia la estancia Bachongo, recorriendo unos 12 kilómetros. Allí se observa el desarrollo de dos secuencias terciarias, las formaciones El Corral y Albarracín en relación discordante entre sí. La primera unidad está constituida por un conglomerado de color gris verdoso con clastos angulosos de grauvacas, en tanto que la segunda está compuesta por un conglomerado arcilloso de color rojo con clastos de vulcanitas.

La importancia de este sitio radica en aspectos tectónicos y estratigráficos ya que ambas unidades son depósitos sinorogénicos correspondientes al levantamiento de la Cordillera Frontal (Formación Albarracín) y de la Precordillera (Formación El Corral).

Depósitos de melange en La Rinconada

Este sitio está situado en el flanco oriental de la Sierra Chica de Zonda en la localidad de La Rinconada, tiene relevancia estratigráfica y tectónica debido a la presencia de bloques alóctonos clásticos y carbonáticos inmersos en la Formación La Rinconada que es una *melange* sedimentaria de pelitas y areniscas con conglomerados canalizados. Según Peralta (1993 a y b) se trata de un olistostroma típico de talud interno.

Cerro Valdivia

Situado en el centro sur de la Hoja y al sur de la localidad de Carpintería, el cerro Valdivia reviste importancia petrológica, geotectónica y didáctica ya que es el afloramiento más occidental de las Sierras Pampeanas.

Traquita La Flecha

Este sitio está ubicado en el extremo sur del cerro La Flecha en la quebrada homónima. La Traquita La Flecha posee valor petrológico y didáctico ya que se trata de un filón capa asociado a la extensión pérmico-triásica durante la Fase Sanrafaélica del ciclo Gondwánico.

Cerro Pedernal de Los Berros

Yacimientos mineros de alto contenido económico están ubicados en el flanco oriental del cerro Pedernal de Los Berros y en el cerro del Medio, en el departamento Sarmiento, distrito Los Berros. Estos yacimientos aportan la mayor producción de calizas y cales, que se destinan para diferentes industrias, metalúrgica, química, construcción, agrícola y alimenticia, para el mercado local, nacional e internacional.

Secuencia cámbrica de la quebrada de La Flecha

Este sitio tiene un alto valor estratigráfico, científico y didáctico ya que se puede observar la secuencia completa del Cámbrico en la Precordillera Oriental. Afloran allí las formaciones La Laja, Zonda, La Flecha y La Silla. Se trata de rocas carbonáticas que van desde *mudstones* a *packstones*.

Se visualizan estructuras algales de trombolitos y estromatolitos.

Formación Corralitos en la quebrada Agua Pinto

El sitio está ubicado en el flanco oriental del cordón Paramillos del Tontal y se extiende hasta el puesto el Molle por el arroyo Maradona. En ese lugar la Formación Corralitos tienen abundantes fósiles del género *Favosites* lo que le confiere un alto valor científico y didáctico.

Estancia de Bachongo

Este sitio, emplazado en el flanco noroeste del cerro Bachongo, reviste importancia estratigráfica, científica y didáctica, pues se observan los depósitos glacimarininos y continentales del Carbonífero que representarían la cuenca de antepaís denominada Paganzo que se extendía hasta la provincia de La Rioja.

N° Indicio	Sustancia	Nombre	Localidad	Coordenadas		Hoja 1:250.000	Litología	Unidad Cartográfica	Edad	Mineralogía	Labores Mineras
				X	Y						
1	Calcita	Jagüel	Los Berros	S 31° 54' 03,45"	O 68° 41' 35,75"	3169 - IV	Calcita	Formación Zonda	Cámbrico	Ca	Galerías
2	Calcita	Tello	Los Berros	S 31° 54' 04"	O 68° 41' 43"	3169 - IV	Calcita	Formación Zonda	Cámbrico	Ca	Galerías
3	Dolomías	Don Armando	Quebrada La Flecha	S 31° 54' 52"	O 68° 40' 48"	3169 - IV	Calizas	Formación La Silla	Cámbrico - Ordovícico		Canteras a cielo abierto; 175.375 t
4	Baritina	Luisa	Los Berros	S 31° 55' 61"	O 68° 44' 30"	3169 - IV	Baritina	Formación San Juan	Ordovícico	Ba	Galerías
5	Calizas	Irene	Los Berros - Cerro del Medio	S 31° 56' 33"	O 68° 41' 06"	3169 - IV	Calizas	Formación La Silla	Cámbrico - Ordovícico		Canteras a cielo abierto; 25 Mt
6	Calizas	FGH	Los Berros	S 31° 56' 36"	O 68° 39' 53"	3169 - IV	Calizas	Formación San Juan	Ordovícico		Canteras a cielo abierto; 10 Mm3, 150.000 t anuales
7	Calizas	El Águila	Los Berros	S 31° 57' 02"	O 68° 40' 10"	3169 - IV	Calizas	Formación San Juan	Ordovícico		Canteras a cielo abierto
8	Calcita	El Golfo Oeste	Los Berros	S 31° 57' 33"	O 68° 43' 33"	3169 - IV	Calizas	Formación La Flecha	Cámbrico	Ca	Galerías
9	Calizas	Ex ZIFAR	Los Berros	S 31° 57' 23"	O 68° 40' 54"	3169 - IV	Calizas	Formación La Silla	Cámbrico - Ordovícico		Canteras a cielo abierto
10	Calizas	MASA	Los Berros	S 31° 57' 17"	O 68° 40' 21"	3169 - IV	Calizas	Formación San Juan	Ordovícico		Canteras a cielo abierto; 810.000 t
11	Calcita	MASA	Los Berros	S 31° 57' 17"	O 68° 40' 21"	3169 - IV	Calizas	Formación San Juan	Ordovícico	Ca	Galerías; 90.000 t
12	Calizas	Ruarte	Los Berros	S 31° 57' 17"	O 68° 40' 18"	3169 - IV	Calizas	Formación San Juan	Ordovícico		Canteras a cielo abierto

N° Indicio	Sustancia	Nombre	Localidad	Coordenadas		Hoja 1:250.000	Litología	Unidad Cartográfica	Edad	Mineralogía	Labores Mineras
				X	Y						
13	Calizas, Dolomías	La Buena, Esperanza	Los Berros	S 31° 57' 32"	O 68° 40' 12"	3169 - IV	Calizas	Formación San Juan	Ordovícico		Canteras a cielo abierto
14	Calcita	La Buena, Esperanza	Los Berros	S 31° 57' 32"	O 68° 40' 12"	3169 - IV	Calizas	Formación San Juan	Ordovícico	Ca	Galerías
15	Calizas	Korical	Los Berros	S 31° 57' 41"	O 68° 40' 24"	3169 - IV	Calizas	Formación San Juan	Ordovícico		Galerías
16	Calizas	El Triunfo	Los Berros	S 31° 57' 51"	O 68° 40' 24"	3169 - IV	Calizas	Formación San Juan	Ordovícico		Galerías
17	Calizas	Carmona	Los Berros	S 31° 57' 44"	O 68° 40' 26"	3169 - IV	Calizas	Formación San Juan	Ordovícico		Galerías
18	Calizas	Porvenir	Los Berros	S 31° 57' 53"	O 68° 40' 34"	3169 - IV	Calizas	Formación San Juan	Ordovícico		Galerías
19	Calizas	Albors	Los Berros	S 31° 58' 07"	O 68° 40' 50"	3169 - IV	Calizas	Formación San Juan	Ordovícico		Canteras a cielo abierto; 5.471.000 t, Ley 98,5 %
20	Calizas	Mazut	Los Berros	S 31° 58' 07"	O 68° 40' 50"	3169 - IV	Calizas	Formación San Juan	Ordovícico		Canteras a cielo abierto
21	Calizas	Los Potrerillos	Los Berros	S 31° 58' 19,3"	O 68° 40' 56"	3169 - IV	Calizas	Formación San Juan	Ordovícico		Canteras a cielo abierto
22	Calizas	Decavó	Los Berros	S 31° 58' 32"	O 68° 41' 10"	3169 - IV	Calizas	Formación San Juan	Ordovícico		Canteras a cielo abierto; 3,2 Mt
23	Calizas	El Dique	Los Berros	S 31° 57' 57"	O 68° 42' 44"	3169 - IV	Calizas	Formación La Silla	Cámbrico - Ordovícico		Canteras a cielo abierto

Abreviaturas: Ba: barritina; Ca: calcita

Cuadro 4. Resumen de indicios y ocurrencias minerales de la Hoja Geológica 3169-34 Los Berros.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Alascio, B.G., 1941. Observaciones geológicas en el Cerro Valdivia. Revista Centro de Estudiantes. Doctorado Ciencias Naturales. Buenos Aires. Apéndice N° 5: 1-52.
- Amos, A.J., 1954. Estructura de las formaciones paleozoicas de La Rinconada, pie oriental de la sierra Chica de Zonda, San Juan. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 9 (1): 5-38.
- Amos, A.J., Boucot, E.O., 1963. A revision of the brachiopod family Leptocoeliidae. Paleontology, 6 (3): 440-457. Londres.
- Angelelli, V., 1950. Recursos minerales de la República Argentina I. Yacimientos Metalíferos. Instituto Nacional de Investigaciones. Ciencias Naturales. Museo Bernardino Rivadavia. Ciencias Geológicas, 2: 29-37.
- Angelelli, V., Schalamuk, I., Fernández, R., 1980. Los yacimientos de minerales no metalíferos y rocas de aplicación de la Región Centro Cuyo. Anales Secretaría de Estado de Minería, 19: 1-261.
- Archangelsky, S., Arrondo, O.G., 1971 a. Palaeophytologia Kurtziana III. 1. Notas sobre los vegetales carbónicos y pérmicos de la colección Kurtz. Ameghiniana, 8 (3-4): 181-188.
- Archangelsky, S., Arrondo, O.G., 1971 b. Paleophytologia Kurtziana III. 2. Estudio sobre el género Botrychiopsis Kurtz del Carbónico y Pérmico Gondwánico. Ameghiniana, 8 (3-4): 189-230.
- Armella, C., 1986. Estructuras sedimentarias de baja profundidad en la plataforma cámbrica de la Precordillera. Primeras Jornadas sobre Geología de Precordillera (San Juan, 1985). Asociación Geológica Argentina, Serie A, Monografías y Reuniones, 2: 247-252.
- Armella, C., 1988. Microfacies trombolíticas de un biociclo ideal de la Formación La Flecha, Precordillera Oriental Argentina. En: Toselli, A., F.G. Aceñolaza y R.R. Lech (Eds.), Eventos del Paleozoico Inferior en Latinoamérica. Serie de Correlación Geológica, 45-52. Tucumán.
- Arrondo, O.G., 1971. Palaeophytologia Kurtziana III. 3. Rhacopteris zjajnochai Kurtz de la Formación Jejeñes (Carbónico superior), San Juan. Ameghiniana, 8 (3-4): 228-230.
- Arrondo, O.G., Morel, E., Cuerda, A., Ganuza, D., 1986. Los estratos plantíferos del Carbónico de Bachongo, Precordillera de San Juan. 4° Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, 1: 237-247. Mendoza.
- Arroqui Langer, A., Bordonaro, O., 1996. Estratigrafía de la Formación Zonda (Cámbrico superior) en la sierra de Villicum-Zonda, Precordillera Oriental, San Juan. 6^{da} Reunión Argentina de Sedimentología, 1: 67-72. Bahía Blanca.
- Astini, R.A., Ramos, V.A., Benedetto, J.L., Vaccari, N.E., Cañas, F.L., 1996. La Precordillera: Un terreno exótico al Gondwana. 13° Congreso Geológico Argentino y 3^{er} Congreso de Exploración de Hidrocarburos, 5: 293-324. Buenos Aires.
- Azcuy, C., Morelli, J.R., 1970. Geología de la comarca Paganzo - Amaná. El Grupo Paganzo, formaciones que lo componen y sus relaciones. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 25 (4): 405-429.
- Baldis, B.A., 1973. Variaciones de facies en la Formación Punta Negra (Devónico) de la Precordillera Sanjuanina. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 28 (2): 147-155.
- Baldis, B.A., Chebli, G., 1970. Estructura profunda del área central de la Precordillera sanjuanina. 4^{as} Jornadas Geológicas Argentinas (Mendoza, 1969), 1: 47-65.
- Baldis, B.A., Bordonaro, O., 1981. Evolución de facies carbonáticas en la cuenca cámbrica de la Precordillera de San Juan. 8° Congreso Geológico Argentino, 2: 385-397.
- Baldis, B.A., Uliarte, E., Vaca, A., 1979. Análisis de la comarca sísmica de San Juan. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 34 (4): 294-310.
- Baldis, B.A., Bordonaro, O., Beresi, M.S., Uliarte, E., 1981. Zona de dispersión estromatolítica en la secuencia calcáreo-dolomítica el Paleozoico inferior de San Juan. 8° Congreso Geológico Argentino, 2: 419-434.
- Baldis, B.A., Beresi, M., Bordonaro, O., Vaca, A., 1982. Síntesis evolutiva de la Precordillera Argentina. 5° Congreso Latinoamericano de Geología, 4: 399-445. Buenos Aires.
- Banchig, A., 1995. Evolución del margen continental cámbrico de la Sierra del Tontal entre el Río San Juan y Los Sombreros. Tesis doctoral, 202 pp., inédita. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de San Juan.
- Baraldo, J.A., 1983. Calcita. 2° Congreso Nacional de Geología Económica. Universidad Nacional de San Juan. Relatorio, 66-67.
- Baraldo, J.A., Treo, C.H., 1983. Calizas y dolomías. 2° Congreso Nacional de Geología Económica. Universidad Nacional de San Juan. Relatorio: 42-50.
- Baraldo, J., Cardinali, A.L., Weidmann, R.O., 1996. Análisis de la fracturación presente en el extremo sur de la Precordillera Oriental Sanjuanina. 13° Congreso Geológico Argentino y 3^{er} Congreso de Exploración de Hidrocarburos, 2: 195-208. Buenos Aires.

- Bastías, H.E., Uliarte, E., Paredes, J., Sánchez, A., Bastías, J.A., Ruzycki, L., Perucca, P., 1990. Neotectónica de la provincia de San Juan. En: Bordonaro, O. (Ed.), *Relatorio de Geología y Recursos Naturales de la Provincia de San Juan*: 228-244. San Juan.
- Bercowski, F., 1986. Texturas y estructuras sedimentarias del Carbonífero en la quebrada de Las Lajas, Sierra Chica de Zonda, provincia de San Juan. *Primeras Jornadas sobre Geología de Precordillera* (San Juan, 1985). Asociación Geológica Argentina, Serie A, Monografías y Reuniones, 2: 247-252.
- Bercowski, F., 1987. Depósitos de flujos gravitacionales en el Carbonífero de la quebrada de Las Lajas, Sierra Chica de Zonda, provincia de San Juan. *10° Congreso Geológico Argentino*, 2: 75-78. San Miguel de Tucumán.
- Bercowski, F., Figueroa, G.J., 1989. Depósitos piroclásticos en la Formación Albarracín, Terciario, Precordillera, San Juan. *10° Congreso Geológico Argentino*, 4: 225-227. San Miguel de Tucumán.
- Bercowski, F., Ruzycki, L.R., Jhonson, N.M., Naeser, C., 1986. Sedimentología, magnetoestratigrafía y edad isotópica del Terciario en Lomas de Las Tapias, Ullum, provincia de San Juan. *Primeras Jornadas Argentinas de Sedimentología*, 1: 169-172. La Plata.
- Bercowski, F., Berenstein, L.R., Jhonson, N.M., 1987. Litofacies y paleoambiente del Terciario en Lomas de Las Tapias, Ullum, provincia de San Juan. *10° Congreso Geológico Argentino*, 2: 101-104. San Miguel de Tucumán.
- Bercowski, F., Keller, M., Bordonaro, O., 1990. Litofacies de la Formación La Laja (Cámbrico) en la Sierra Chica de Zonda, Precordillera Sanjuanina, Argentina. *3ª Reunión Argentina de Sedimentología*, 1: 31-36. San Juan.
- Bercowski, F., Ruzycki, L., Jordan, T., Zeitler, P., Caballero, M., Pérez, E.I., 1993. Litofacies y edades isotópicas de la secuencia La Chilca y su significado paleogeográfico para el Neógeno de la Precordillera. *12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, 1: 212- 217. Mendoza.
- Beresi, M., 1988. Sincronismo, diacronismo y cronología de la depositación calcárea ordovícica de la Precordillera Argentina en base a biozonas de conodontes. *5° Congreso Geológico Chileno*, 2: 27-36. Santiago.
- Beresi, M.S., Bordonaro, O., 1984. La Formación San Juan en la quebrada de Las Lajas, sierra Chica de Zonda, San Juan. *9° Congreso Geológico Argentino*, 1: 95-107.
- Bodenbender, G., 1902. Contribución al conocimiento de la Precordillera de San Juan, de Mendoza y de las Sierras Centrales de la República Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias*, 17: 203-261. Córdoba.
- Bordonaro, O., 1980. El Cámbrico en la quebrada de Zonda, Provincia de San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 35 (1): 26-40.
- Bordonaro, O., 1983. El factor estratigráfico como control en la prospección de calizas y dolomías de la Sierra Chica de Zonda, San Juan. *2° Congreso Nacional de Geología Económica*, 2: 193-203. San Juan.
- Bordonaro, O., 1990. El sistema Cámbrico de la Provincia de San Juan. *Relatorio de Geología y Recursos Naturales de la Provincia de San Juan*, 1: 18-30. San Juan.
- Bordonaro, O., 1993. Utilidad de los carbonatos cámbrico-ordovícicos de la Precordillera Argentina como rocas de aplicación industrial. *Revista Ciencias*, 2 (3): 1-8. UNSJ. San Juan.
- Bordonaro, O., 1999. Cámbrico y Ordovícico de la Precordillera y Bloque de San Rafael. En: Caminos, R. (Ed.), *Geología Argentina*. SEGEMAR. Anales 29 (8): 189-204. Buenos Aires.
- Bordonaro, O., Cardinali, A., Cardó, R., Díaz, I., 2002. El Neógeno comprendido entre el río Ancho y el río del Agua, Precordillera Central de San Juan. *Nueva interpretación estratigráfica y tectonosedimentaria*. *15° Congreso Geológico Argentino*. Actas I: 728-733. El Calafate. Santa Cruz. Argentina.
- Borrello, A.V., 1962. Caliza La Laja (Cámbrico medio de San Juan). *Notas Comisión Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires*, 2: 3-8. La Plata.
- Borrello, A.V., 1969. Embriotectónica y tectónica tensional. Su importancia en la evolución estructural de la Precordillera. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 24 (1): 5-13.
- Bracaccini, O.I., 1946. Contribución al conocimiento geológico de la Precordillera sanjuanino-mendocina. *Boletín de Informaciones Petroleras*, 258: 81-105; 260: 259-274; 261: 361-384; 262: 455-473; 263: 22-35; 264: 103-125; 265: 171-192. Buenos Aires.
- Bracaccini, O.I., 1950. Observaciones estratigráficas en la Precordillera sanjuanina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 5 (1): 5-14.
- Buggish, W., Bachtadse, V., Von Gosen, W., 1993. The middle carboniferous glaciation of the Argentine precordillera (San Juan - Mendoza) - new data to basin evolution and paleomagnetism. *Zbl. Geol. Palaont. Teil I, H (112)*: 287-307.
- Caminos, R., 1979. Sierras Pampeanas Noroccidentales, Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja y San Juan. En: Turner, J.C. (Ed.), *2° Simposio de Geología Regional Argentina*, Academia Nacional de Ciencias, 1: 225-291. Córdoba.

- Cañas, F., 1995. Early ordovician carbonate platform facies of the Argentine Precordillera: restricted shelf to open platform evolution. En: Cooper, J.D., Droser, M.L. y S.C. Finney (Eds.), *Ordovician odyssey (Seventh International Symposium of the Ordovician System)*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Pacific section, 77: 221-224. Las Vegas.
- Castro de Machuca, B., 1981. Génesis de la mina de talco Don León, sierra de Pie de Palo, provincia de San Juan. 8° Congreso Geológico Argentino, 4: 535-555. Buenos Aires.
- Castro de Machuca, B., Meissl, E., Conte-Grand, A., 1995. Las serpentinitas de la sierra de Pie de Palo y su mineralización, provincia de San Juan, Argentina. 5° Congreso Nacional de Geología Económica, 1: 1-11. San Juan.
- Charrier, R., 1979. El Triásico de Chile y regiones adyacentes de Argentina: una reconstrucción paleogeográfica y paleoclimática. *Comunicaciones*. 26: 1-37. Santiago. Chile.
- Coca, M.A., 1994. Descripción litoestratigráfica y paleoambiental del Neopaleozoico en Lomas de Andapaico (Puesto Bachongo) Precordillera Central, Provincia de San Juan. Trabajo final de licenciatura, 86 pp., inédito. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan.
- Coca, M.A., Bercowski, F., 1994. Facies eólicas en el Neopaleozoico de Bachongo, Precordillera Central, San Juan. 5ª Reunión Argentina de Sedimentología, 5: 71-76. San Miguel de Tucumán.
- Contreras, V.H., 1981. Características bioestratigráficas del Terciario de Lomas de Las Tapias, Departamento Ullum, provincia de San Juan. 8° Congreso Geológico Argentino, 4: 813-822.
- Contreras, V.H., Damiani, O., Milana, J.P., Bracco, A., Barrera, O., 1990. Paleógeno y Neógeno de San Juan. En: Bordonaro, O. (Ed.), *Relatorio de Geología y Recursos Naturales de la Provincia de San Juan*, 154-185. San Juan.
- Correa, G.A., Carvedo, M.L., Gutiérrez, P.R., 2012. Paleambiente y paleontología de la Formación Andapaico (Paleozoico superior, Precordillera Central, Argentina). *Andean Geology* 39 (1): 22-52. Anteriormente *Revista Geológica de Chile*.
- Cuerda, A.J., 1982. Graptolitos del Silúrico inferior en la Formación Rinconada, Precordillera de San Juan, Argentina. *Ameghiniana*, 18(3-4): 241-247.
- Cuerda, A.J., Furque, G., 1984. Depósitos carbónicos de la Precordillera de San Juan, parte II: Quebrada La Deheza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 38(3-4): 381-391.
- Cuerda, A.J., Cingolani, C.A., Schauer, O.C., 1988. Descripción Geológica de la Hoja 21c-San Juan. Dirección Nacional de Geología y Minería: 1-240. trabajo inédito.
- Dalla Salda, L., Rapela, C., 1972. El origen de las anfíbolitas del cerro Valdivia. 5° Congreso Geológico Argentino, 1: 111-121. Buenos Aires.
- Dalla Salda, L., Varela, R., 1984. El metamorfismo en el tercio sur de la sierra de Pie de Palo, San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 39 (1-2): 68-93.
- De los Ríos, V., Lapidus, E., Cardó, R., 1997. Calcita. Diagnóstico Minero de San Juan, Delegación San Juan SEGEMAR, Informe N° 191, 33 pp., inédito. San Juan.
- Factor, A., Milán, J., 1949. Geología de los yacimientos minerales de la Quebrada del Gato, sierra de Pie de Palo, provincia de San Juan. *Revista Minera*, 20: 3-35. Buenos Aires.
- Fernández Lima, J.C., 1962. Informe sobre la mina de talco de la Quebrada Agua del Gato, Departamento Angaco, provincia de San Juan. Dirección Nacional de Geología y Minería. Informe técnico 14, inédito. Buenos Aires.
- Furque, G., 1963. Descripción Geológica de la Hoja 17b, Guandacol. Boletín N° 92, 104 pp. Servicio Geológico Nacional.
- Furque, G., 1983. Descripción Geológica de la Hoja 19c, Ciénaga de Gualilán. Boletín 193. 111 pp. Servicio Geológico Nacional.
- Furque, G., Cuerda, A., Alfaro, M., 1990. El Ordovícico de la Sierra de la Invernada y su fauna de graptolitos. San Juan. *Revista Museo de La Plata (n.s)*, 9 (56): 159-181.
- Gardini, M., 1993. Estructura superficial y profunda del Valle de Zonda, Precordillera de San Juan. 12o Congreso Geológico Argentino y 2o Congreso de Exploración de Hidrocarburos, 3: 93-99. Mendoza.
- Giudici, J.E.D., 1992. Estudio geológico estructural del cerro Bayo, Precordillera Oriental, San Juan, Argentina. Trabajo final de licenciatura, 67 pp., inédito. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan.
- Glenisson, F.R., 1989. Análisis litofacial y paleoambiental del Carbonífero de Quebrada Grande. Trabajo final de licenciatura, 71 pp., inédito. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan.
- González Bonorino, G., 1975. Sedimentología de la Formación Punta Negra y algunas consideraciones sobre la geología regional de la Precordillera de San Juan y Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 30 (3): 223-246.

- Groeber, P., Tapia, A., 1926. Sobre las condiciones geológicas reinantes en la región del proyectado dique de la quebrada de Ullum (provincia de San Juan). Dirección General de Minería, Geología e Hidrogeología, Publicación 25/26.
- Harrington, H.J., 1971. Descripción geológica de la Hoja 22c Ramblón, provincias de Mendoza y San Juan, Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín 114: 1-81.
- Harrington, H.J., Leanza, A.F., 1957. Ordovician trilobites of Argentina. Universidad de Kansas, Special publication, I, 1-276, Kansas.
- Heim, A., 1948. Observaciones tectónicas en la Rinconada, Precordillera de San Juan. Boletín de la Dirección Nacional de Geología y Minería, 64: 5-38.
- Herrmann, C.J., Menoyo, E., 1999. Yacimientos de calizas y dolomías de la Precordillera, San Juan y Mendoza. En: Zappettini E.O. (Ed.), Recursos Minerales de la República Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR. Anales 35: 697-712.
- Hünicken, M.A., 1982. La Zona de *Oepikodus evae* (Conodonto, Arenigiano inferior) en la Formación San Juan, Quebrada de Talacasto San Juan, Argentina. 5º Congreso Geológico Latinoamericano, 1: 797-802. Buenos Aires.
- Jordan, T., Damanti, J., 1990. Estudios paleogeográficos de cuencas neogénicas, San Juan, Argentina. 11º Congreso Geológico Argentino, 2: 247-250. San Juan.
- Keidel, J., 1921. Observaciones geológicas en la precordillera de San Juan y Mendoza. Anales del Ministerio de Agricultura de La Nación, Sección Geología, Mineralogía y Minería, 15 (2): 7-102.
- Keidel, J., 1922. Sobre la distribución de los depósitos glaciares del Pérmico conocidos en la Argentina y su significación para la estratigrafía de la Serie de Gondwana y la Paleogeografía del hemisferio Austral. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias, 25: 239-368. Córdoba.
- Keller, M., Bordonaro, O., Cañas, F., 1993. Some plate-tectonic aspects of early ordovician reefs Western Argentine Precordillera. 12º Congreso Geológico Argentino y 2º Congreso de Exploración de hidrocarburos, 1:235-240. Mendoza.
- Keller, M., Buggisch, W., Lehnert, O., 1994 a. The stratigraphical record of the Argentine Precordillera and its plate-tectonics background. Special publications-Geological Society, 142: 35 - 56. Londres.
- Keller, M., Cañas, F., Lehnert, O., Vaccari, N.E., 1994 b. The Upper Cambrian and Lower Ordovician of the Precordillera (Western Argentine): some stratigraphic reconsideration. Newsletters in Stratigraphy, 31: 115-132.
- Kelly, J.G., 1962. Geología de las Sierras de Moquina y perspectivas petrolíferas, departamento de Jachal, provincia de San Juan. Yacimientos Petrolíferos Fiscales, Gerencia de Exploración. Trabajo inédito. Buenos Aires.
- Kilmurray, J.O., Dalla Salda, L., 1971. Las fases de deformación y metamorfismo en el área del cerro Valdivia, provincia de San Juan, República Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 26 (1): 25-39.
- Kittl, E., 1949. Un nuevo yacimiento de níquel en la sierra de Pie de Palo, provincia de San Juan. Revista Minera, 18: 41-54. Buenos Aires.
- Kobayashi, T., 1937. The Cambro-Ordovician shelly faunas of South America. Journal of Faculty of Science, Imperial University of Tokyo, 2(5): 369-522. Tokio.
- Lapidus, E., Cardó, R., Díaz, I., 1998. Calizas y dolomías. Diagnóstico Minero de la Provincia de San Juan. Delegación San Juan SEGEMAR, 41 pp., inédito.
- Leveratto, M.A., 1968. Geología de la zona al oeste de Ullum-Zonda, borde oriental de la Precordillera de San Juan, eruptividad subvolcánica y estructura. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 23(2): 129-157.
- Llano, J., 1981. Geoquímica de las rocas metamórficas del cerro Barbosa, San Juan, Argentina. 8º Congreso Geológico Argentino, 4: 311-323.
- Llano J., Escalante, A., 1979. Petrología de las anfibolitas de la Quebrada del Gato, sierra de Pie de Palo, San Juan. 2º Congreso Geológico Chileno, 3: E39-E58.
- Martos, L.M., 1986. Estudio de la fracturación moderna del área de La Rinconada?. Trabajo Final de Licenciatura. Universidad Nacional de San Juan. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Inédita. 127 pp.
- Martos, L.M., 1995. Análisis morfoestructural de la faja pedemontana oriental de las sierras de Marquesado, Chica de Zonda y Pedernal. Su aplicación para prevenir riesgos geológicos. Provincia de San Juan, República Argentina. Tesis doctoral, 500 pp., inédita. Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan.
- Milana, J.P., Bercowski, F., Lech, R.R., 1987. Análisis de una secuencia marino-continental neopaleozoica, en la región del río San Juan, Precordillera Central Argentina. 10º Congreso Geológico Argentino, 3: 113-116. San Miguel de Tucumán.
- Minera Tea, 1967. Geología de las Sierras Pampeanas de San Juan. Su prospección y áreas con posibilidades mineras. Departamento Minería San Juan, 275 pp., trabajo inédito. San Juan.

- Ortiz, A., Zambrano, J., 1981. La provincia geológica Precordillera Oriental. 8° Congreso Geológico Argentino, 3: 59-74.
- Padula, E.L., Roller, E.O., Mingramm, A.R., Criado Roque, P., Flores, M.A., Baldis, B.A., 1967. Devonian of Argentina. Proceeding of the International Symposium on the Devonian System, 2: 165-199.
- Peralta, S., 1986. Graptofaunas del Llanvirniano inferior (Ordovícico) y Ludloviano inferior (Silúrico) en la Formación Rinconada, Precordillera Oriental de San Juan. 4° Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, 1: 59-66. Mendoza
- Peralta, S., 1990. Silúrico de la Precordillera de San Juan. Relatorio de Geología y Recursos Naturales de la Provincia de San Juan, 1: 48-64. San Juan.
- Peralta, S., 1993a. Estratigrafía del Paleozoico inferior clástico de la Precordillera Oriental sanjuanina. Tesis doctoral, 311 pp., inédita. Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan.
- Peralta, S., 1993b. Estratigrafía y consideraciones paleoambientales de los depósitos marinoclásticos eopaleozoicos de la Precordillera oriental de San Juan. 12o Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, 1: 128-137. Mendoza.
- Peralta, S., Medina, E., 1986. Estratigrafía de la Formación Rinconada en el borde oriental del cerro Pedernal, Precordillera Oriental de San Juan. Primeras Jornadas sobre Geología de Precordillera (San Juan, 1985). Asociación Geológica Argentina, Serie A, Monografías y Reuniones, 2: 247-252.
- Peralta, S., Uliarte, E.R., 1986. Estructura de la Formación Rinconada (Eopaleozoico) en su localidad tipo, Precordillera de San Juan. Primeras Jornadas sobre Geología de Precordillera (San Juan, 1985). Asociación Geológica Argentina, Serie A, Monografías y Reuniones, 2: 247-252.
- Pittaluga, M., Banchig, A., Bordonaro, O., 1996. Descripción y análisis de los depósitos olistolíticos del borde oriental de la Sierra de La Invernada, Precordillera Central, San Juan. 6ª Reunión Argentina de Sedimentología. 1° Simposio de Arcilla, 1: 17-22. Bahía Blanca.
- Ramos, V.A., 1999 a. Las Provincias Geológicas del Territorio Argentino. En: Caminos, R. (Ed.), Geología Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR. Anales 29 (3): 41-96.
- Ramos, V.A., 1999 b. Ciclos Orogénicos y Evolución Tectónica, En: Zappettini E.O. (Ed), Recursos Minerales de la República Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR. Anales 35: 29-49.
- Ramos, V.A., Vujovich, G., 2000. Geología. En: Hoja Geológica 3169-IV. San Juan. Secretaría de Energía y Minería. Servicio Geológico Minero Argentino. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Boletín 243, 1:59.
- Ramos, V.A., Jordan, T.E., Allmendinger, R.W., Kay, S.M., Cortés, J.M., Palma, M.A., 1984. Chileña: un terreno alóctono en la evolución paleozoica de los Andes Centrales. 9° Congreso Geológico Argentino, 2: 84-106.
- Ramos, V.A., Jordan, T.E., Allmendinger, R.W., Kay, S.M., Cortés, J.M., Palma, M.A., 1986. Paleozoic terranes of the Central Argentine-Chilean Andes. Tectonics 5: 855-880. Washington.
- Ramos, V.A., Vujovich, G.I., Kay, S., Macdonough, M.R., 1993. La orogénesis de Grenville en las Sierras Pampeanas Occidentales: Pie de Palo, un sistema de acreción de arcos islándicos. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, 3: 343-357. Mendoza.
- Ramos, V.A., Dallmeyer, D., Vujovich, G.I., 1996. The Laurentia derived Precordillera terrane of Argentina: constraints on the amalgamation. Geological Society of America South-Central Section, Annual Meeting, 28(1): 59. Austin.
- Ramos, V., Cegarra, M., Loforte, G., Cominguez, A., 1997. El frente orogénico de la sierra de Pedernal (San Juan): su migración a través de los depósitos orogénicos. 8° Congreso Geológico Chileno. Actas 3: 1709-1713. Antofagasta.
- Ramos, V.A., Dallmeyer, D., Vujovich, G.I., 1998. Time constraints on the Early Palaeozoic docking of the Precordillera, central Argentina. En: Pankhurst, R.J. y C.W. Rapela (Eds.), The Proto-Andean Margin of Gondwana. The Geological Society, Special Publications, 142: 143-158. Londres.
- Rossa, N., Uliarte, E., Vaca, A., 1986. Magmatismo traquítico en la Precordillera Oriental. Primeras Jornadas sobre Geología de Precordillera (San Juan, 1985). Asociación Geológica Argentina, Serie A, Monografías y Reuniones, 2: 247-252.
- Ruzycki, L., Bercowski, F., 1988. Variaciones composicionales en psamitas neopaleozoicas en la quebrada de Río del Agua (Precordillera sanjuanina) y sus implicancias paleoclimáticas. 2ª Reunión Argentina de Sedimentología, 1: 232-235. Buenos Aires.
- Salfity, J.A., Gorustovich, S.A., 1983. Paleogeografía de la cuenca del Grupo Paganzo (Paleozoico superior). Revista de la Asociación Geológica Argentina, 38 (3-4): 437-453.
- Schiller, W., 1912. La Alta Cordillera de San Juan y Mendoza y parte de la provincia de San Juan. Ministerio

- de Agricultura de La Nación, Sección Geología, Mineralogía y Minería. Anales 7(5):168. Buenos Aires.
- Serafini, R.L., Bustos, N.R., Contreras, V.H., 1986. Geología de la Formación Lomas de Las Tapias (*nom. nov.*). Primeras Jornadas sobre Geología de Precordillera (San Juan, 1985). Asociación Geológica Argentina, Serie A, Monografías y Reuniones, 2: 247-252.
- Simon, W.O., Cardinali, A., 1990. Mapa mineralogénico de la Provincia de San Juan, Argentina. En: Bordonaro, O. (Ed), Relatorio de Geología y Recursos Naturales de la Provincia de San Juan, 11° Congreso Geológico Argentino, 1: 266-289. San Juan.
- Sotarello, G., 1988. Geología del sector norte del cerro Valdivia, Departamento Sarmiento, San Juan. Trabajo final de licenciatura, 81 pp., inédito. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan.
- Stappenbeck, R., 1910. La Precordillera de San Juan y Mendoza. Ministerio de Agricultura de La Nación, Sección Geología, Mineralogía y Minería, Anales 4 (3): 1-187.
- Stappenbeck, R., 1911. Umrise des geologischen Aufbaus der Vorkordillere zwischen des Fluseen Mendoza und Jachal. Geologische und Paläontologische Abhandlungen Neue Folge, Band 9(5):275-415.
- Stelzner, A., 1871, 1872 y 1873. Comunicaciones al Profesor H.B. Geinitz. Publicadas en Neues Jahrbuch fur Mineralogie, Geologie und Palaeontologie. Jahrgang 1872: 193-198 y 630-636, Stuttgart 1872, e Ibidem 1873: 726-746. Traducido por R. Kittl, 1966. En: Boletín Academia Nacional de Ciencias, 45: 115-150. Buenos Aires.
- Tabbut, K., Neaser, C.W., Jordan, T.E., Cervený, P., 1987. Edades nuevas por método de trazas de fisión de tobas mio-pliocenas en las Sierras Pampeanas y la Precordillera Argentina. 10° Congreso Geológico Argentino, 4: 222 - 224. San Miguel de Tucumán.
- Thomas, W., Astini, R., 1996. The Argentine Precordillera: a traveler from the Ouachita embayment of North American Laurentia. Science. 273: 752- 757.
- Trümpy, E., Lehz, R., 1937. División estratigráfica en los terrenos aflorantes en la región comprendida entre Luján de Cuyo, Potrerillos y Tupungato. Boletín de Informaciones Petroleras, 14(152): 39-56. Buenos Aires.
- Villar, L.M., 1975. Las fajas y otras manifestaciones ultrabásicas de la República Argentina y su significado metalogénico. 2° Congreso Iberoamericano de Geología Económica, 3: 135-156. Buenos Aires.
- Villar, L.M., 1985. Las fajas ultrabásicas, tipos de ultramáficas. Metalogenia. 4° Congreso Geológico Chileno, 3: 610-633. Antofagasta.
- Von Gosen, W., 1992. Structural evolution of the Argentine Precordillera: the rio San Juan section. Journal of Structural Geology, 14 (6): 643 - 667.
- Von Gosen, W., Buggisch, W., 1992. A west-east transect across the Precordillera (Argentina). Zentralblatt für Geologie und Paläontologie, Teil I (6): 1597-1614. Stuttgart.
- Von Gosen, W., Buggisch, W., Lehnert, O., 1995. Evolution of the Early Paleozoic mélange at the eastern margin of the Argentine Precordillera, Journal of America Earth Sciences, 8 (3/4): 405-424. Exeter.
- Vujovich, G.I., 1994. Cerro Valdivia: meta-piroxenitas y anfíbolitas, su comportamiento geoquímico. 2^{as} Jornadas de Mineralogía Petrología y Metalogénesis de Rocas Ultrabásicas, Universidad Nacional de La Plata, Instituto de Recursos Minerales, 3: 653-662.
- Vujovich, G., Kay, S.M., 1996. Evidencias geoquímicas del origen y ambiente geológico de las rocas metamórficas de composición máfica a intermedia de las Sierras Pampeanas Occidentales. 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, 5: 273-291. Buenos Aires.
- Vujovich, G., Kay, S.M., 1998. A Laurentian? Grenville-age oceanic arc/back-arc terrane in the Sierra de Pie de Palo, western Sierras Pampeanas, Argentina. En: Pankhurst, R.J. y C.W. Rapela (Eds.), The proto-Andean margin of Gondwana. Geological Society, Special Publications, 142: 159- 180. Londres.
- Zambrano, J.J., Suvires, G.M., 1987. La estratigrafía superficial y profunda en el valle de Tulum, Provincia de San Juan, Argentina. 10° Congreso Geológico Argentino, 1: 267-270. San Miguel de Tucumán.
- Zappettini, E.O., 1999. Clasificación de depósitos minerales de Argentina. En: Zappettini, E.O. (Ed.), Recursos Minerales de la República Argentina, Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR. Anales 35: 75-103.