

Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina

1:250.000

Hoja Geológica 3766-IV General Acha



Cordón de dunas que ocupan la parte central del valle Argentino.

Provincia de La Pampa

Diego G. Silva Nieto, Patricia M. Espejo, Carlos J. Chernicoff
y Eduardo O. Zappettini

Supervisión: Mario Franchi



**INSTITUTO DE
GEOLOGÍA Y
RECURSOS
MINERALES**

SegemAR
Servicio Geológico Minero Argentino

Boletín N° 427
Buenos Aires - 2017

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

Hoja Geológica 3766-IV

General Acha

Provincia de La Pampa

Diego G. Silva Nieto, Patricia M. Espejo, Carlos J. Chernicoff y Eduardo O. Zappettini

Supervisión: Mario Franchi

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

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

Boletín N° 427
Buenos Aires - 2017

SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO

Presidente: Geól. Julio Ríos Gómez
Secretario Ejecutivo: Lic. Carlos G. Cuburu

INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES

Director: Dr. Eduardo O. Zappettini

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA REGIONAL

Director: Lic. José E. Mendía

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Esta publicación debe citarse como:

SILVA NIETO, D., P. M. ESPEJO, C. J. CHERNICOFF y E. O. ZAPPETTINI, 2017. Hoja Geológica 3766-IV, General Acha. Provincia de La Pampa. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 427, 52pp., 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

BUENOS AIRES - 2017

CONTENIDO

RESUMEN	1
ABSTRACT	1
1.INTRODUCCIÓN	2
UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS	2
NATURALEZA DEL TRABAJO	3
INVESTIGACIONES ANTERIORES	3
2.ESTRATIGRAFÍA	4
RELACIONES GENERALES	4
BASAMENTO PREMESOZOICO EN LA PROVINCIA DE LA PAMPA	6
2.1.NEOPROTEROZOICO-CÁMBRICO INFERIOR	6
2.1.1.EDIACÁRICO-CÁMBRICO INFERIOR	6
Esquistos Santa Helena (1)	6
Formación Las Piedras (2)	8
2.2.PALEOZOICO	8
2.2.1.CÁMBRICO INFERIOR	8
Complejo Ígneo El Carancho (3)	8
2.2.2.ORDOVÍCICO	9
Formación Paso del Bote (4)	9
Formación Valle Daza (5)	10
2.2.3.ORDOVÍCICO SUPERIOR-DEVÓNICO	12
Formación La Horqueta (6)	12
2.2.4.DEVÓNICO	13
Formación Curacó (7)	13
2.2.5.PÉRMICO	14
Formación Arizona (8)	14
2.3.PALEOZOICO-MESOZOICO	15
2.3.1.PÉRMICO -TRIÁSICO	15
GRUPO LIHUÉ CALEL	15
Formación El Centinela (9)	15
Formación Choique Mahuida (10)	16
Formación Zúñiga (11)	17
2.4.MESOZOICO	19
2.4.1.¿CRETÁCICO?	19
Basaltos cretácicos (?) (12)	19
2.5.CENOZOICO	21
2.5.1.NEÓGENO	21
2.5.1.1.MIOCENO SUPERIOR	21
Formación Cerro Azul (13)	21
2.5.2.NEÓGENO-CUATERNARIO	24
2.5.2.1.PLIOCENO INFERIOR - PLEISTOCENO	24
Calcretes con cobertura eólica (14I, 14II)	24

2.5.3.CUATERNARIO	29
2.5.3.1.PLEISTOCENO – HOLOCENO	29
Sedimentos fluviolacustres del río Chadileuvú (15).....	29
Formación Meaucó (16)	30
Depósitos aluviales sobre superficies pedimentadas (17)	32
2.5.3.2.HOLOCENO	32
Depósitos coluviales indiferenciados (18)	32
Depósitos aluviales (19)	32
Depósitos finos de bajos y lagunas (20).....	32
3.ESTRUCTURA	33
Estructura del basamento	33
4.GEOMORFOLOGÍA	36
Planicie estructural disectada	36
Planicie arenosa eólica	37
Serranías	37
Valle del Chadileuvú	38
5.HISTORIA GEOLÓGICA	39
6.RECURSOS MINERALES	40
6.1.DEPÓSITOS DE MINERALES METALÍFEROS	40
Níquel – Platino diseminado	40
6.2.DEPÓSITOS DE MINERALES INDUSTRIALES.....	40
Cuarzo	40
Sulfato de sodio	40
6.3.DEPÓSITOS DE ROCAS DE APLICACIÓN	41
Andesitas	41
Cantera Lihué Calel	41
Pegmatitas	42
Granito	42
Tosca	42
7.RECURSOS HÍDRICOS	43
Agua subterránea	43
8.SITIOS DE INTERÉS GEOLÓGICO	45
Valle Argentino	45
Sierra de Lihué Calel	45
BIBLIOGRAFÍA	46

RESUMEN

La Hoja 3766-IV, General Acha, está situada en el centro de la provincia de La Pampa, se destacan en ella, en el sector sudoeste, las serranías de Lihué Calel, Chica y Chata y el valle del río Chadileuvú. En el sector oriental el paisaje es mayoritariamente mesetiforme y está disectado profundamente por los denominados valles transversales pampeanos que en general tienen una orientación E-O y NE-SO. El resto de la comarca presenta un relieve suavemente ondulado cubierto con importantes acumulaciones de sedimentos arenosos.

Desde el punto de vista geológico gran parte de la superficie de la Hoja está conformada por sedimentos neógenos y cuaternarios, entre los que se destacan limolitas arcillosas, areniscas limosas y areniscas muy finas de la Formación Cerro Azul y el calcrete que las cubre, así como las arenas eólicas de la Formación Meaucó, diseminadas sobre la mayor parte de la comarca. Entre estos depósitos asoman, en forma aislada, una gran diversidad de rocas que conforman el basamento ígneo-metamórfico de La Pampa, en el que se han identificado rocas con edades pampeanas y famatinianas pertenecientes a las porciones meridionales de los terrenos Cuyania y Pampia, amalgamados al margen occidental de Gondwana durante el Paleozoico, y al sector sudoccidental del Cratón del Río de la Plata. En este ambiente también se han reconocido sedimentitas de edad ordovícica superior-devónica inferior y granitoides de edad devónica de composición similar a los reconocidos en el ámbito de las Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis. Hay también indicios de sedimentitas rojizas similares a las de la cuenca de Paganzo, de edad pérmica. El ciclo magmático Choiyoi, del Pérmico-Triásico, tiene amplia distribución en este sector de La Pampa, su mayor expresión se da en las sierras de Lihué Calel, Chica y Chata y en forma aislada en el sector occidental de la Hoja. En el sector oriental se halló un pequeño afloramiento de basalto subalcalino, que estaría relacionado con el sistema extensional cretácico que dio origen a la apertura del rift de Quehué. Por último, se han diferenciado depósitos sedimentarios pleistocenos y holocenos de distinto origen, como sedimentos fluviolacustres, depósitos de cobertura de pedimentos, aluviales, coluviales y salinos.

Las perspectivas mineras se orientan principalmente hacia los minerales industriales y no metalíferos, como sulfato de sodio y rocas de aplicación como arenas, gravas, piedra partida y tosca para uso vial.

En el ámbito de la Hoja se destacan, como Sitios de Interés Geológico, el Valle Argentino, el mayor de los valles transversales de La Pampa, y la sierra de Lihué Calel, declarada Parque Nacional por su valor geológico y su particular flora y fauna autóctonas.

ABSTRACT

The area of study covered by the Geological Sheet 3766-IV, General Acha, is located in the center of La Pampa province. In the southwestern sector, the Lihué Calel, Chica and Chata ranges and the Chadileuvú River valley can be identified. In the eastern sector, the landscape is mainly dominated by plateaus and it is deeply dissected by transverse valleys which are generally oriented to the EW and NE-SW. The rest of the area presents a gently undulated relief covered with significant accumulations of sandy sediments.

From the geological point of view, Neogene and Quaternary sediments were recognised in most part of the surface of the studied region. Clay siltstones, silty sandstones and very fine sandstones from the Cerro Azul Formation (and the calcrete that covers them), and also eolic sands from the Meaucó Formation are the most important sediments that can be observed. These sands are disseminated along most part of the area, and a great variety of rocks presents in isolation, forming the igneous-metamorphic basement of La Pampa. In this basement, Pampean and Famatinian rocks that belong to the southern portions of Cuyania and Pampia (which were amalgamated in the west bank of Gondwana during the Paleozoic and in the southwestern sector of the Cratón del Río de la Plata) have been identified. Moreover, Upper Ordovician–Low Devonian sedimentary rocks and Devonian granitoids (of similar composition to the ones found in the Sierras Pampeanas of Córdoba and San Luis) have been recognized in this area of study. There is also evidence of red sediments similar to the ones found in the Permian Paganzo Basin. The Choiyoi magmatic cycle, of a Permian- Triassic age, has a wide distribution in this sector of La Pampa province, being highly noticeable in the ranges of Lihué Calel and Chica y Chata, as well as in the western sector of the study area, though in an isolated manner. In the eastern sector, a small outcrop of subalkaline basalts has been found and it could be related to the Cretaceous extensional system that led to the Quehué rift opening. Furthermore, Pleistocene and Holocene sedimentary deposits of different sources have been classified as fluvio-lacustrine sediments, alluvial and colluvial sediments, saline sediments, and pediment cover deposits.

In relation to mining prospects, they are mainly focused on industrial and nonmetallic minerals such as sodium sulfate, and stones such as sands, gravels, ballast stones and «tosca» for road use.

Two main Sites of Geological Interest can be identified within the area studied in this Geological Sheet. One of them is the Valle Argentino, considered the biggest transverse valley in La Pampa, and the second one is the Lihué Calel range, which was declared a National Park due to its geological value and characteristic autochthonous flora and fauna.

1. INTRODUCCIÓN

UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS

La Hoja Geológica 3766-IV General Acha está ubicada en el centro-sur de la provincia de La Pampa, entre los paralelos de 37°00' y 38°00' de latitud sur y los meridianos de 64°30' y 66°00' de longitud oeste (Figura 1). Incluye parcialmente los departamentos de Utracán, Lihuel Calel y Curacó, cubriendo un área aproximada de 14.437,25 km².

En el extremo sudoccidental, las sierras de Lihué Calel y Chica constituyen las mayores alturas alcanzando una cota máxima de 600m, mientras que el resto de la Hoja consiste en una planicie ondulada y de suave gradiente hacia el este en la que surgen, como cerros testigo, asomos rocosos aislados y de poca altura. En el sector oriental se abren en forma de abanico depresiones de dirección aproximada SSO-NNE, conocidos como valles transversales.

El río Chadileuvú, denominado Salado en este tramo de su recorrido y que cruza el ángulo sudoeste de la Hoja, representa el único curso de agua permanente. En tanto, en el resto de la zona no existe una red de drenaje moderna definida, sino que el agua de las lluvias, generalmente torrenciales, se descarga por los cañadones o cárcavas hacia los valles y depresiones en cuyo interior constituyen lagunas, permanentes o temporarias.

La Hoja General Acha se ubica íntegramente en una región semiárida, caracterizada porque en ella las posibilidades climáticas desde el punto de vista hídrico, permiten solamente realizar una explotación racional del campo natural y efectuar siembras de forrajeras resistentes a la sequía o adaptadas a estas zonas, sin mayores pretensiones de llevar a cabo una agricultura de cosecha.

Los tipos fisonómicos de vegetación que dominan la región son pastizal, bosque y arbustal. Dentro del pastizal se distinguen dos subtipos: el pastizal de gramíneas intermedias sammófilo y el pastizal de

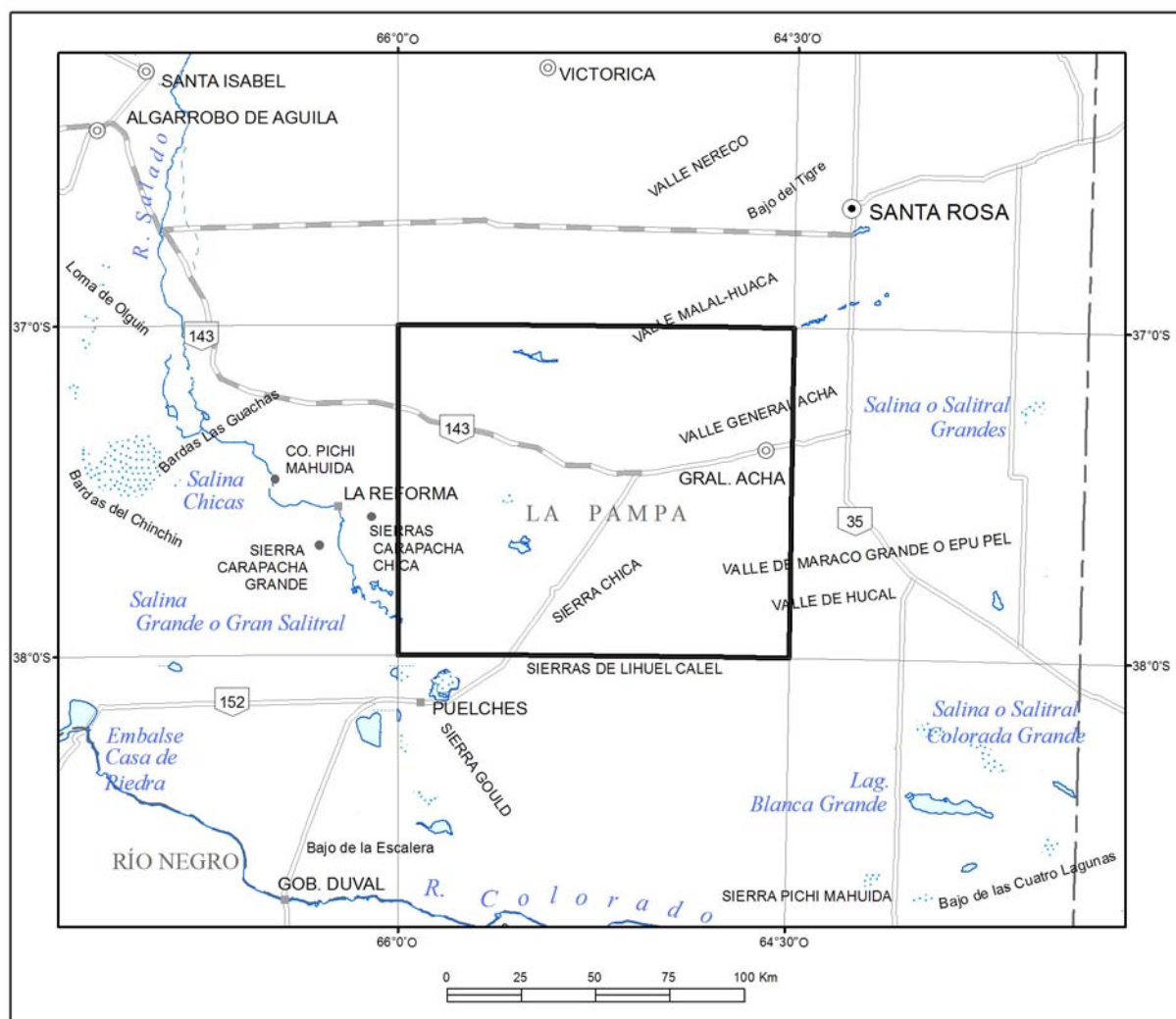


Figura 1. Mapa de ubicación de la Hoja General Acha

gramíneas bajas con arbustos aislados. El primero, dominante en una amplia zona de suelos arenosos, está presente en los valles transversales de dirección SO-NE (Daza, Chillén-Chapalcó, Quehué, Utracán y Acha). El pastizal de gramíneas bajas (*Stipa tenuis* y *Piptochaetium napostaense*) con arbustos aislados constituye uno de los tipos fisonómicos de vegetación más característicos de las planicies de La Pampa. En la porción oriental de las planicies que se extienden entre los valles transversales, los cultivos de cereales y de forrajeras han reemplazado casi totalmente la vegetación natural y se han introducido algunas malezas y especies bajas rizomatosas. El bosque abierto caducifolio prefiere los bajos o depresiones, con suelos fácilmente disgregables, con árboles dominantes como caldén (*Prosopis caldenia*), algarrobo (*Prosopis flexuosa*), chañar (*Geoffroea decorticans*), molle negro (*Schinus fasciculatus*) y sombra de toro (*Jodina rhombifolia*). El tipo del arbustal incluye el arbustal abierto perennifolio y el arbustal de arbustos y matorrales halófilos. El primero cubre toda el área de planicies disectadas por los sucesivos cambios de curso del río Salado, con *Larrea divaricata* (jarilla) como especie característica. Por su parte, los arbustales y matorrales halófilos están integrados por diferentes comunidades sobre suelos con distinto contenido de sales, con zampa (*Atriplex lampa*) y matorro (*Cyclolepis genistoides*).

En cuanto a la fauna presente en la Hoja General Acha, abundan mamíferos como ciervo colorado, liebre europea, jabalí, guanaco, mara, puma, gato montés, hurón, zorrino chico, zorro gris pampeano, peludo, piche de planicie, ratón colilargo y laucha sedosa. Entre las aves se observan ñandú, martineta, bandurria boreal, flamenco austral, cisne cuello negro, pato maicero, jote cabeza colorada, jote cabeza negra, águila mora, carancho, chimango, halconcito, tero común, torcaza, loro barranquero, lechuza de campanario, hornero, tordo y gorrión. En tanto, entre los reptiles se distinguen lagarto verde, falsa coral de anillos y yarará ñata, además de anfibios como sapo común.

NATURALEZA DEL TRABAJO

La memoria y mapa de estahoja geológica han sido confeccionados de acuerdo con las normas del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) para el Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina.

El estudio se llevó a cabo en varias etapas que incluyeron la recopilación de antecedentes como

instancia inicial, posteriormente se llevaron a cabo tres comisiones de campo en las que se usó como base la carta topográfica a escala 1:250000 IGN 3766-IV, e imágenes satelitales LANDSAT-7 TM a escala 1:100.000, que fueron previamente interpretadas y confrontadas en el terreno, cuyo recorrido se hizo en vehículo aprovechando las numerosas huellas existentes. Asimismo, mediante la aplicación de métodos geofísicos se pudieron interpretar las características del basamento ígneo-metamórfico, mayormente cubierto, que conforma el subsuelo del área abarcada por la Hoja.

INVESTIGACIONES ANTERIORES

Muchas fueron las investigaciones de índole geológica, tanto expeditivas como de detalle, efectuadas en la comarca y regiones vecinas que contribuyeron a su conocimiento. Las principales se detallan a continuación:

Las primeras investigaciones registradas en la zona de estudio fueron hechas por Ambrosetti (1893) quien recorrió varias localidades de la denominada «Pampa Central», entre ellas General Acha y Lihué Calel.

Posteriormente Stappenbeck (1913, 1926) hizo un importante aporte al conocimiento de la zona con el estudio hidrogeológico de gran parte del área cubierta por la Hoja, que incluye a los valles pampeanos de Daza, Utracán y Quehué y sus altiplanicies circundantes, señalando asimismo la presencia de un eje de rocas antiguas, en su mayor parte subterráneas, como continuidad meridional de las Sierras de Córdoba.

Tapia (1931, 1937, 1940) trató extensamente la geología del norte de la provincia de La Pampa, con énfasis en lo referido a las llanuras de la Pampa central, su estructura, estratigrafía y aptitud hidrogeológica.

Sobral (1942) llevó a cabo un completo estudio regional del territorio de La Pampa citando, para el paraje El Carancho, un afloramiento de basamento compuesto por gneises sobrepuesto por conglomerados calcáreos y atravesado por filones de pegmatitas.

Groeber (1949) trató el origen y edad de los niveles de piedemonte y los calcretes de La Pampa y Patagonia, a los que consideró producto de la glaciación cuaternaria cuyo frente septentrional habría afectado los valles pampeanos. Groeber (1952) destacó la importancia del englazamiento pedemontano en el norte de la Patagonia septentrional durante el Pleistoceno, indicando que una gran glaciación habría afectado todos los valles de La Pampa.

Importantes estudios hidrogeológicos fueron hechos por Cannelle (1950) en el valle de los ríos Atuel - Salado - Chadileuvú, con especial énfasis en las unidades más modernas.

Vilela y Riggi (1953,1956) efectuaron el levantamiento geológico regional de la Hoja 33 h, Sierra de Lihué Calel, a escala 1:200.000.

Fueron Llambias (1972) y Llambías y Leveratto (1975) quienes hicieron notables aportes al conocimiento de las ignimbritas de Lihué Calel y sectores aledaños, ampliados más tarde por Sruoga y Llambías (1992).

Una completa descripción geológica de la provincia de La Pampa, que incluye una geocronología de sus rocas metamórficas y eruptivas hicieron Linares *et al.* (1980), basados en el trabajo previo de Llambías (1975) sobre la geología de la provincia.

Posteriormente, Llambías *et al.* (1996) describieron las características geológicas del Bloque de Chadileuvú, en parte abarcado por esta Hoja.

Relevantes estudios y determinaciones paleontológicas que permitieron acotar la edad de las unidades neógenas presentes en el área, fueron llevadas a cabo principalmente por Montalvo y Casadío (1988), Montalvo *et al.* (1995, 1996, 1998), Montalvo y Szelagowski (1999) y Cione *et al.* (2000).

Relevamientos gravimétricos y magnetométricos hechos por Kostadinoff *et al.* (2001, 2004, 2006), de Elorriaga (2009) y de Elorriaga *et al.* (2013) permitieron precisar la estructura del basamento de la provincia de La Pampa permitiendo definir nuevas cuencas, entre ellas el rift de Quehué. A su vez, Chernicoff y Zappettini (2003a, 2003b, 2004 y 2005), Chernicoff *et al.* (2005), Zappettini *et al.* (2005), y Chernicoff *et al.* (2007) interpretaron mediante mapas magnetométricos la geología del subsuelo de La Pampa, lo que permitió ampliar sustancialmente su conocimiento. Un detallado estudio sedimentológico de los depósitos miocenos de la provincia de La Pampa fue llevado a cabo por Visconti (2006, 2007). En ese sentido, Folguera Telichevsky (2011) realizó un importante aporte al conocimiento del registro neógeno de la Pampa central y su evolución en relación con la tectónica andina.

2. ESTRATIGRAFÍA

RELACIONES GENERALES

La mayor parte de la superficie cubierta por la Hoja está conformada por afloramientos de sedi-

mentos neógenos y cuaternarios, entre los que asoman, en forma aislada, rocas que conforman el basamento ígneo-metamórfico de La Pampa, las más antiguas de la comarca con edades pampeanas y famatinianas. Es por ello que mediante la aplicación de métodos geofísicos y a partir del estudio de los limitados afloramientos existentes, Chernicoff y Zappettini (2003a, 2003b; 2004) pudieron delimitar en forma precisa que el subsuelo del área cubierta por la Hoja General Acha comprende las porciones meridionales de los terrenos Cuyania y Pampia, amalgamados al margen occidental de Gondwana durante el Paleozoico, y un sector del occidente del Cratón del Río de la Plata (Fig. 2).

De acuerdo con las diferencias litológicas, genéticas, estructurales y geocronológicas existentes entre las metamorfitas que asoman aisladamente en el sector suroriental de La Pampa, y aquéllas que lo hacen en el sector central de esta provincia, Chernicoff y Zappettini (2003a) sugirieron que el Cratón del Río de la Plata ocupa el subsuelo del sector suroriental y central de la provincia.

El terreno Pampia comprende metasedimentitas neoproterozoicas y cámbrico-ordovícicas, aflorantes y subaflorantes, que conforman la caja del sistema arco-retroarco famatiniano en la provincia de La Pampa, en las que se diferenciaron los Esquistos Santa Helena, que comprenden metasedimentitas neoproterozoicas con una edad máxima de depositación de 556 Ma y mínima de 461 Ma (Zappettini *et al.*, 2010), y la Formación Las Piedras, metasedimentitas cámbricas con edades máximas de depositación de 500 Ma a 558±8 Ma (Chernicoff *et al.* 2010). El magmatismo cámbrico (Tickyj *et al.*, 1999) está representado por el Complejo Ígneo El Carancho que constituye los afloramientos más australes del arco desarrollado en el margen activo de Pampia, entre 530 y 520 Ma.

Del lado oriental de la sutura Cuyania-Pampia (sector SO de la Hoja) ha sido reconocida una faja de dirección aproximadamente norte-sur de rocas metaígneas ordovícicas (ca 476 Ma; metacuarzodioritas, metatonalitas, metagranodioritas y metagabros), cuyas características geoquímicas, edad y petrología de sus protolitos ígneos permitieron interpretarlas como el segmento austral del arco magmático famatiniano (Villar *et al.*, 2005; Chernicoff *et al.*, 2008d, 2009a), siendo formalmente designadas como Formación Paso del Bote.

Unas pocas decenas de kilómetros hacia el este del arco famatiniano, también yaciendo en el terreno Pampia, ha sido identificada una faja casi norte-

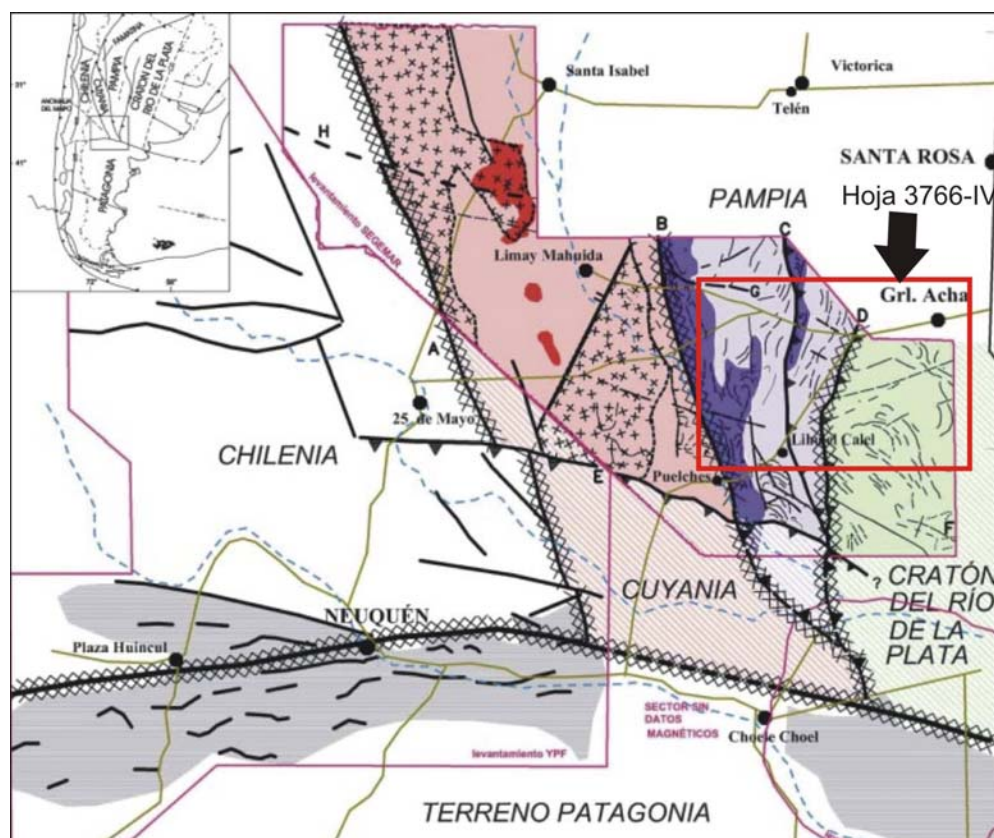


Figura 2: Mapa del subsuelo de la región central de la Argentina sobre la base de datos aeromagnéticos de alta densidad (Modificada de Chernicoff y Zappettini, 2003b)

sur de metagabros ordovícicos (edad ca. 450 Ma) metamorizados en facies anfibolita y esquistos verdes, designados como Formación Valle Daza e interpretados como parte del retroarco magmático famatiniano, de incipiente actividad en esta región (Chernicoff *et al.*, 2005, 2008a, 2009; Zappettini *et al.*, 2005). El desarrollo del Orógeno Famatiniano a lo largo de la sutura Cuyania-Pampia dio lugar, en la región centro austral argentina, al depósito de sedimentos de antepaís de edad ordovícica superior-devónica inferior representados por la Formación La Horqueta (Chernicoff *et al.*, 2008f).

Con la acreción de Chileña al margen occidental de Gondwana con los movimientos chánicos, se asocia un magmatismo de tipo postorogénico representado por granitoides que constituyen la Formación Curacó. Estos movimientos asimismo reactivaron fallas preexistentes y condujeron a la formación de depocentros más o menos aislados, de los que el principal en la región de estudio es el identificado como depocentro Arizona y sería parte de la cuenca de Paganzo, que fue ocupado por la formación homónima, de la que solo hay evidencias por el hallazgo de un regolito en la zona de Valle Daza.

El ciclo magmático del Pérmico-Triásico está representado por el Grupo Lihué Calel, que inclu-

ye sus tres términos litológicos, las formaciones Choique Mahuida (riolitas, riodacitas e ignimbritas), El Centinela (andesitas y brechas andesíticas) y Zúñiga (leucogranitos). Su mayor expresión se da al SO de la Hoja en las sierras de Lihué Calel, Chica y Chata y en forma aislada en el sector occidental de la Hoja.

Se ha reconocido un pequeño afloramiento de un basalto subalcalino al sudeste de la Hoja, el que posiblemente tenga relación con la apertura del rift de Quehué de edad cretácica, sistema extensional que estuvo estrechamente ligado a la apertura del océano Atlántico Sur.

El Neógeno está representado por la Formación Cerro Azul compuesta por limolitas, limolitas-arenosas y areniscas muy finas limosas, de color castaño rojizo, muy homogéneas. Es común la presencia de nódulos carbonáticos y niveles con evidencias de paleosuelos. Estas sedimentitas tienen amplia distribución principalmente al oriente de la Hoja y son portadoras de una profusa fauna de vertebrados fósiles que permitió asignarles una edad miocena tardía. Sobre estas sedimentitas y en discordancia se han desarrollado dos niveles de calcrete cuyas edades máximas de formación serían Mioceno tardío y Plioceno superior, respectivamente.

Por último, se disponen sobre las unidades más antiguas depósitos sedimentarios pleistocenos y holocenos de distinto origen, como sedimentos fluvio-lacustres, depósitos de cobertura de pedimentos, espesos bancos de arenas y limos de origen eólico que cubren la mayor parte de la superficie de la Hoja y sedimentos aluviales, coluviales y salinos.

Una síntesis de las unidades reconocidas en la Hoja se presenta en el Cuadro 1.

BASAMENTO PREMESOZOICO EN LA PROVINCIA DE LA PAMPA

2.1. NEOPROTEROZOICO-PALEOZOICO

2.1.1. EDIACÁRICO-CÁMBRICO INFERIOR

Esquistos Santa Helena (1)

Esquistos biotítico-granatíferos

Antecedentes, distribución areal y litología

Esta unidad fue establecida por Chernicoff *et al.* (2009a) y Zappettini *et al.* (2010) para denominar esquistos subaflorantes en la estancia homónima, situada en el norte de la Hoja, también la integrarían rocas semejantes del área de Paso del Bote y de la salina de Valle Daza

Linares *et al.* (1980) estudiaron esquistos provenientes del centro del salital que se encuentra unos 3 km al sur del casco de la estancia Malal C6, ubicada unos 10 km al SE de Valle Daza. Se trata

de un afloramiento de reducidas dimensiones compuesto por esquistos cuarzo-micáceos, algo migmatíticos y gneissoides, con esquistosidad de rumbo N-S. Unos 8 km al norte de la intersección de las rutas 24 y 152 se encontraron fragmentos de esquistos y gneisses inyectados, migmatíticos.

Esta unidad comprende metamorfitas de color gris oscuro de textura porfiroblástica y matriz de grano medio, con esquistosidad y formación de lajas de entre 5 y 10 cm de espesor. Localmente se observan bandas claras integradas por minerales félsicos.

El estudio microscópico reveló que predominan los esquistos biotítico-granatíferos, en los que el granate se presenta como porfiroblastos de hasta 1 cm de diámetro, de color rojo, en una matriz constituida por cuarzo, biotita, plagioclasa y feldespato potásico. Se observan circón y apatita como minerales accesorios. El cuarzo se presenta en xenoblastos con inclusiones fluidas, constituyendo localmente agregados poligonales. La biotita es idioblástica a subidioblástica, presenta color castaño rojizo y localmente tiene desarrollo de *kink-bands*; son raras las inclusiones de circón, con halos metamícticos y exsolución de opacos. La plagioclasa es una andesina cálcica que constituye idioblastos con maclado polisintético, comúnmente deformado, con muy escasa alteración argílica. La ortosa constituye xenoblastos que tienden a concentrarse en bandas leucocráticas, en asociación con cuarzo y sillimanita. El granate integra porfiroblastos que en parte son poikiloblásticos, con inclusiones de cuarzo y plagioclasa que se localizan sugiriendo una zonación

Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Depósitos coluviales (18) - aluviales (19) - finos de bajos y lagunas (20)
		Pleistoceno	Sedimentos fluvio lacustres del río Chadileuvú (15) Formación Meaucó (16) Formación Valle Maracó (17)
	Neógeno	Plioceno	Calcretes con cobertura eólica (14)
		Mioceno Sup.	Formación Cerro Azul (13)
Mesozoico	Cretácico		Basaltos Cretácicos ? (12)
	Triásico		Grupo Lihué Calel Formación Zúñiga (11) Formación Choique Mahuida (10) Formación El Centinela (9)
Paleozoico	Pérmico		Formación Arizona (8)
	Devónico		Formación Cura C6 (7)
	Silúrico		Formación La Horqueta (6)
	Ordovícico		Formación Paso del Bote (4) Formación Valle Daza (5)
	Cámbrico		Complejo Ígneo El Carancho (3)
	Neo-proterozoico		Esquistos Santa Helena (1) Formación Las Piedras (2)

CUADRO 1 Cuadro estratigráfico de la Hoja General Acha

del granate. La sillimanita se presenta con textura fibrosa (fibrolita) asociada al feldespato potásico y al granate. En parte está formada a expensas de biotita. Las bandas de sillimanita son muy delgadas, de menos de 1 mm de espesor, y los cristales individuales tienen diámetros inferiores a 0,1 milímetro. Son frecuentes los granos detríticos de circón de formas redondeadas. Hay escasos cristales idiomórficos de apatita, que localmente se observan en venillas tardías, con un distintivo pleocroísmo en los cristales mayores, de distribución irregular, del morado al azul.

Se han observado lentes gneissoides constituidas por una asociación similar a la anterior pero sin biotita, que presentan textura granoblástica inequigranular y son interpretadas como segregaciones de leucosoma. En esta variedad la sillimanita está mucho más desarrollada y ha cristalizado luego de la segregación del leucosoma; es común su asociación con fluorapatita, lo que indica una alta actividad de flúor. El granate alcanza hasta 7 mm de diámetro y muestra evidencias de rotación, observable en las inclusiones de cristales aciculares de sillimanita. La ortosa está asimismo más desarrollada que en la variedad biotítico-granatífera y constituye porfiroblastos milimétricos a centimétricos. Hay escasa plagioclasa mirmequítica originada por reacción sinantética de plagioclasas con feldespato potásico de neoformación (Fig.3 A). En zonas de microcizallas se observan localmente cristales aciculares de sillimanita en parte transformados a material illítico y, más raramente, cloritas (fig. 3 B).

La deformación que afecta a estas rocas dio origen a una foliación ya identificada por Tickyj (1999) quien indicó un plano de N16°O/78°E, junto a una lineación mineral con valor promedio de N1°O/40°N. Las biotitas muestran rotación de cristales y desarrollo de *kink-bands*. Se observa una foliación secundaria superpuesta a la anterior e indicada por una lineación de biotita e ilmenita formando un ángulo de 30° respecto de la anterior

(Fig. 3B) y también desarrollo de estructuras sigmoidales (Fig. 3C).

Las asociaciones minerales observadas son cuarzo-plagioclasa-biotita-granate-feldespato potásico, cuarzo-biotita-granate-feldespato potásico-sillimanita y cuarzo-feldespato potásico-granate-sillimanita.

El crecimiento de sillimanita a expensas de la biotita es interpretada como indicadora de la descomposición de la estauroлита en el campo de estabilidad de la sillimanita (Barboza y Bergantz, 2000), lo que sugiere que los esquistos habrían alcanzado las condiciones de facies de anfibolita alta y localmente las de granulita. La ausencia de cianita en las diversas muestras estudiadas sugiere un metamorfismo de baja presión y alta temperatura propio de la serie tipo Buchan.

Las asociaciones tardías relacionadas a microcizallas indican un metamorfismo de retrogrado en condiciones de P-T inferiores a 600° C y 4 kb, en facies de anfibolita. En ellas se observa una asociación de sillimanita ± cuarzo formado por disolución incongruente de feldespato potásico.

En Valle Daza, a una profundidad de 502,6 m se identificaron mediante perforaciones calizas y dolomías metamórficas, que se adscriben a esta unidad.

Ambiente de formación

Los Esquistos Santa Helena se interpretan como pertenecientes a una secuencia supracortical depositada entre los 556 y 530-520 Ma en el borde oriental de Pampia, en una cuenca de antepaís equivalente a la etapa tardía de la cuenca Puncoviscana (Zappettini *et al.*, 2010).

Edad

Los análisis U-Pb SHRIMP sobre 38 circones detríticos indican que la edad del circón detrítico más joven de los Esquistos Santa Helena es 556 Ma, lo cual corresponde a la edad máxima de depositación,

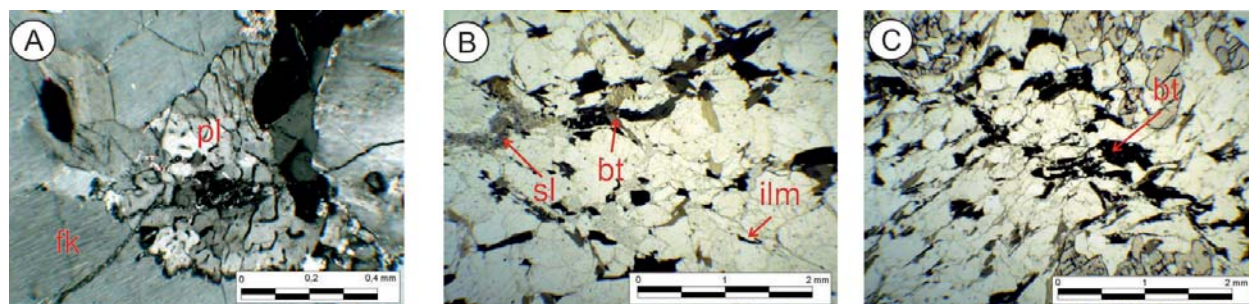


Figura 3 A; Plagioclasa mirmequítica (pl) asociada a feldespato potásico de neoformación (fk). B; Lineación de biotita (bt) e ilmenita (ilm) intersectando a la lineación principal de biotita y sillimanita (sl). C; Estructuras sigmoidales delineadas por biotita (bt)

indicando que la sedimentación pudo haberse iniciado hacia el final del Neoproterozoico.

En el área de Valle Daza Tickyj (1999) obtuvo una edad Ar/Ar de 461 ± 2 Ma en biotita, que interpretó como una edad mínima de metamorfismo.

Formación Las Piedras (2)

Metasedimentitas (psamitas, pelitas) de bajo grado

Antecedentes, distribución areal y litología

En superficie, la región asignable al Cratón del Río de la Plata comprende afloramientos de metasedimentitas de bajo grado, localizados al sur, en la vecina Hoja Puelches, en los alrededores de Cuchillo Có. En la Hoja que se describe, los afloramientos de esta unidad se reducen a pequeños asomos en la estancia La Magdalena. Asimismo estas rocas se reconocen indirectamente a través de jagüeles y molinos como subaflorantes en el sector SE de la Hoja.

Tickyj *et al.* (1999) agruparon estos afloramientos con las metamorfitas del sector central de La Pampa, en el Complejo Metamórfico Las Piedras. Chernicoff y Zappettini (2003a) propusieron restringir ese nombre a los afloramientos de las metasedimentitas de bajo grado de la región de Cuchillo Có, por lo que se utiliza en este trabajo el término Formación Las Piedras, de acuerdo a la propuesta de Zappettini *et al.* (2010) reservando las denominaciones Formación Paso del Bote y Formación Valle Daza para unidades del basamento del sector occidental de la Hoja. La Formación Las Piedras comprende areniscas, pelitas e intercalaciones locales de calizas, con metamorfismo de bajo grado.

En el borde sureste de la Hoja se presentan escasos afloramientos de la Formación Las Piedras, que también ha sido identificada en perforaciones en la misma área. Corresponden a metasedimentitas de muy bajo a bajo grado metamórfico, formadas por capas alternantes milimétricas a centimétricas de composición psamítica y pelítica, con una foliación definida por escasas folias micáceas. Están compuestas por cuarzo, biotita, muscovita, cloritas, plagioclasa, feldespato potásico, opacos, apatita y circón. En sectores hay abundantes micas, que determinan un clivaje que corta la estratificación. El cuarzo se presenta como granos poligonales, con borde de grano recto a ondulado. La biotita es subidiomorfa, de grano fino y está bien orientada. Se encuentra asociada a muscovita o dispersa en los agregados de cuarzo. En parte está alterada a clorita. La muscovita es también subidio-

morfa. Hay escasa plagioclasa y feldespato asociados a cuarzo. El metamorfismo es de facies de esquistos verdes grado biotita.

Ambiente de formación

Se interpreta que la Formación Las Piedras se desarrolló en el margen pasivo del Cratón del Río de la Plata constituyendo una secuencia de plataforma, metamorfizada durante la orogenia Pampeana.

Edad

Tickyj *et al.* (1999) obtuvieron una edad de metamorfismo Ar/Ar de 523 ± 3 Ma sobre esquistos asignables a esta unidad, aflorantes en la estancia Antimán, fuera del ámbito de la Hoja General Acha.

El análisis de las edades de los circones detríticos indica una edad máxima de depositación de 555 ± 8 Ma, con predominio de circones ediacarianos y cantidades subordinadas de circones paleoproterozoicos y neoarqueanos (Chernicoff *et al.*, 2010).

2.2. PALEOZOICO

2.2.1. CÁMBRICO INFERIOR

Complejo Ígneo El Carancho (3)

Anfibolitas, metadioritas, metapiroxenitas, ortogneises, pegmatitas

Antecedentes, distribución areal y litología

En las cercanías de El Carancho, ubicado 48 km al oeste de General Acha, y en el borde de la laguna Trarú Lauquén situada a unos 200 m al sur del almacén del paraje citado (en el camino de General Acha a Chacharramendi), afloran anfibolitas en dos sectores distantes 600 metros entre sí; en inmediaciones de la ruta nacional 152 se observan relictos de metadioritas y metapiroxenitas.

Asimismo, se asignan al Complejo Ígneo El Carancho, establecido por Chernicoff y Zappettini (2003a) y Chernicoff *et al.* (2008a), ortogneises y anfibolitas identificadas a profundidades someras hacia el este de la estancia El Carancho, en el sector central de la Hoja, en el ámbito del Cratón del Río de la Plata, i.e. en el valle de Utracán (ortogneises entre -18 y -70 m), en el kilómetro 62,7 de la ruta de General Acha a Puelches (ortogneises entre -6 y -20 m), y cerca del kilómetro 33,8 de la ruta General Acha-El Carancho (ortogneises de grano fino a grueso, a menos de 2 m de profundidad).

Finalmente, se adscriben a esta unidad pegmatitas con textura gráfica con grandes cristales de cuarzo, feldespato potásico y turmalina que afloran en la ruta nacional 152, en las cercanías de las estancias El Huguito y Los Tajamares.

Las principales rocas aflorantes del Complejo Ígneo El Carancho son metadioritas y metapiroxe-nitas. Las metadioritas tienen una textura grano-sa gruesa y están constituidas por hornblenda, plagioclase, titanita y cuarzo. Como minerales accesorios hay allanita, circón, apatita y turmalina. La hornblenda se formó a expensas de piroxeno y muestra una textura poikilitica, englobando cristales de plagioclase. Esta última corresponde a andesina cálcica con maclado polisintético infrecuente. La allanita y el circón tienen halos metamórficos, siendo este último de origen metamórfico.

Las metapiroxe-nitas también presentan textura granosa gruesa y están integradas por diópsido, clinozoisita y titanita. La clinozoisita se formó a expensas del diópsido. La titanita es magmática.

El conjunto alcanzó un metamorfismo de grado anfibolita, representado por la asociación hornblenda (diópsido-plagioclase), con desarrollo de texturas granoblásticas y foliación. Hay evidencias de deformación dúctil en facies de esquistos verdes, con neoformación de clinozoisita y luego, en condiciones frágiles, desarrollo de microfracturas rellenas por cuarzo y calcita.

Contexto geotectónico de emplazamiento

Se identificaron de este Complejo exiguas exposiciones ubicadas en la proximidad de una megaestructura, identificada a partir de datos aeromagnéticos, que se interpreta como el límite entre el Cratón del Río de la Plata y el terreno Pampia (Chernicoff y Zappettini, 2004; Chernicoff *et al.*, 2009a).

Las metadioritas tienen signatura química de arco y se interpretan como relictos de un arco de edad cámbrica inferior, en tanto que las metapiroxe-nitas, con signatura química MORB, corresponderían a corteza oceánica de ca. 528,2 $\pm$ 5 Ma, subductada o alternativamente generada por extensión incipiente en el retroarco, obductada durante la colisión pampeana, aquí datada en 520 $\pm$ 1,4 Ma. Las determinaciones isotópicas de Hf en los circones metamórficos cámbrios de la metadiorita, muestran valores epsilon positivos y edades modelo que indican una componente juvenil dominante mesoproterozoica. Estos resultados sugieren la existencia de rocas magmáticas posible-

mente pertenecientes a un arco mesoproterozoico juvenil subyacentes en la región.

Se propone un modelo geotectónico caracterizado por una sutura entre el terreno Pampia y el cratón del Río de la Plata con polaridad oeste, en el que las rocas de arco se habrían desarrollado en el terreno Pampia (upper plate). Asociados con este segmento de la sutura, se encontrarían imbricados septos del arco y corteza oceánica obductada, constituyendo el conjunto el Complejo Ígneo El Carancho (Chernicoff *et al.*, 2009a).

Edad

Las pegmatitas del kilómetro 88,5 de la ruta nacional 152 (Los Tajamares) fueron datadas (K/Ar) en 520 $\pm$ 15 Ma, lo que las ubica en el Paleozoico inferior (Cámbrico medio-superior) (Linares *et al.*, 1980).

Las metadioritas tienen una edad de metamorfismo U-Pb SHRIMP en circones de 520 $\pm$ 1,4 Ma, y las metapiroxe-nitas una edad U-Pb SHRIMP obtenida en titanitas magmáticas de 528,2 $\pm$ 5 Ma (Chernicoff *et al.*, 2012).

2.2.2.ORDOVÍCICO

Se distinguen dos unidades metaígneas ordovícicas, las formaciones Paso del Bote y Valle Daza, representantes, respectivamente, del arco y retroarco famatinianos.

Formación Paso del Bote (4)

Metacuarzo diorita, metatonalita, metagranodiorita y metagabro.

Antecedentes, distribución areal y litología

Las rocas asignadas a esta unidad en la provincia de La Pampa presentan exposiciones limitadas a pequeños afloramientos en Paso del Bote y zona aledaña en la vecina Hoja Puelches, pero su completa extensión se infiere a partir de datos geofísicos (véase p.e. Fig. 10 en Chernicoff *et al.*, 2008a y Fig. 2 en Chernicoff *et al.*, 2009b). En la Hoja General Acha están subaflorantes en el sector sudoccidental. Rocas pertenecientes a esta unidad fueron inicialmente incorporadas al Complejo Las Piedras de Tickyj *et al.* (1999). Su discriminación de otras rocas del basamento fue propuesta por Villar *et al.* (2005) y Chernicoff *et al.* (2008a; 2008b; 2009b; 2009c).

Las rocas metaígneas de la Formación Paso del Bote definen una conspicua anomalía aeromagnética

y gravimétrica de alta intensidad y orientación NNO (Chernicoff *et al.*, 2008a, 2008b) cuya localización coincide con la zona de sutura entre los terrenos Pampia y Cuyania propuesta por Ramos y Vujovich (1999), ubicándose en el lado oriental (upper plate / Pampia) de la misma. Esta anomalía, y las rocas que la originan, termina abruptamente en el margen septentrional del terreno Patagonia (Chernicoff y Zappettini, 2003b; 2004).

Los tipos rocosos de la Formación Paso del Bote son metacuarzo-diorita, metatonalita, metagranodiorita y metagabro. El protolito magmático de la metacuarzo-diorita, tipo litológico principal, fue primeramente afectado por metamorfismo regional en facies anfibolita representada por la asociación hornblenda-plagioclasa-biotita. Seguidamente, tuvo lugar deformación dúctil (milonitización concentrada en fajas angostas de orientación norte-sur) en facies de esquistos verdes, con la neoformación de clorita, albita, epidoto, tremolita y titanita. Finalmente, bajo condiciones de deformación frágil, tuvo lugar un microfracturamiento y alteración hidrotermal.

Contexto geotectónico de emplazamiento

Los análisis químicos han permitido identificar una tendencia calcoalcalina para el conjunto rocoso, indicativa de arco magmático. Los diagramas de tierras raras normalizados a condrito muestran un enriquecimiento en tierras raras livianas, que refleja la presencia de contaminación cortical típica de este tipo de rocas. La presencia de una anomalía negativa de Eu es consistente con un proceso de fraccionamiento magmático en la fuente. El diagrama de elementos incompatibles es también consistente con su adscripción a un arco magmático continental. La presencia de anomalías negativas de Sr se interpreta como asociada al fraccionamiento de plagioclasa. Los diagramas de discriminación tectónica indican un arco magmático precolisional.

Edad

La datación por el método U-Pb SHRIMP en circones de las metacuarzo-dioritas ha dado como resultado una edad de cristalización de $475,7 \pm 2,3$ Ma (Chernicoff *et al.*, 2008d 2009c); no se detectó la presencia de núcleos más antiguos en los circones, lo que indica su formación en un arco juvenil. Asimismo, en estas rocas, el metamorfismo regional no fue suficiente para recrystalizar el circón. Por otra parte, la datación U-Pb SHRIMP en circones del metagabro permitió identificar una edad de cristalización de $465,6 \pm 3,9$ Ma, y estimar una edad de

metamorfismo de $453,9 \pm 2,1$ Ma a partir de áreas metamórficas en circones magmáticos. Por lo tanto, en la provincia de La Pampa la actividad magmática en el arco famatiniano tuvo lugar entre ca. 476 Ma y 466 Ma.

Formación Valle Daza (5)

Metagabros

Antecedentes, distribución areal y litología

Los afloramientos en el paraje Valle Daza fueron indicados por Stappenbeck (1913) y las rocas brevemente descritas por Linares *et al.* (1980) como granoblastitas piroxénicas. Kostadinoff *et al.* (2001) identificaron la existencia de un complejo de rocas máficas y ultramáficas dispuestas como una faja de dirección norte en la región central de La Pampa, a partir de la detección de anomalías gravimétricas y magnéticas terrestres, y cuyos valores máximos se detectaron en las localidades de El Durazno, Victorica, El Coya y, dentro de la zona de estudio, en Valle Daza.

Por su parte, Chernicoff y Zappettini (2003b), a partir de información aeromagnética, confirmaron la anomalía magnética y precisaron su delimitación a escala regional, considerando que correspondía a la presencia de rocas máficas, distribuidas en una faja de orientación casi norte sur, con vergencia oeste, limitada por un fallamiento que en su prolongación hacia el norte coincidiría con la falla identificada por Stappenbeck (1913) entre Telén y Victorica.

Delpino *et al.* (2005) realizaron estudios sobre granoblastitas derivadas de gabros y granitos leucocráticos de las márgenes de la salina Valle Daza, determinando correlaciones estructurales, petrológicas y geofísicas consistentes con la continuidad del ambiente de Sierras Pampeanas en el centro de la provincia de La Pampa.

Una modelización de los datos aeromagnéticos indica que el ancho de la faja máfica es de aproximadamente 5km. Se ha detectado que está integrada por niveles de alta susceptibilidad magnética con variaciones compatibles, o bien con los distintos tipos litológicos del protolito, o con las modificaciones generadas por el metamorfismo sobreimpuesto; también cabe interpretar la ocurrencia de escamas tectónicas, como quedó sugerido en la interpretación geológica de la modelización (Chernicoff *et al.*, 2005).

Las rocas que se describen en este apartado fueron nominadas como Formación Valle Daza por Chernicoff *et al.* (2009a) y afloran 4km al sur de la estancia Valle Daza, en los bordes de la salina ho-

mónima, donde constituyen relieves inferiores a un metro de altura sobre el nivel de la salina, y con una continuidad de más de 5km en sentido este-oeste. Asimismo, integran esta unidad afloramientos de metagabros identificados en la sierra de Lonco Vaca, en la cantera homónima, localizada al norte de la Hoja General Acha. En ambos casos, los afloramientos presentan un arrumbamiento aproximadamente norte-sur y las rocas máficas y ultramáficas contienen intercalaciones de esquistos y están intruidas por granitos y pegmatitas.

Se ha identificado además un afloramiento situado al borde de la ruta provincial 18, al oeste de la estancia antes citada, donde un leve resalto topográfico revela el lugar de la falla indicada en el mapa en esta localidad. Aquí se han identificado metagabros y núcleos de gabros preservados no afectados por el metamorfismo.

Los gabros son de color gris verdoso, sumamente compactos. Constituyen el protolito magmático de los metagabros, metamorfizados en facies anfibolita y esquistos verdes. Presentan una textura granosa de grano mediano. Están constituidos por clinopiroxeno diopsídico y plagioclasa labradorítica subhedrales, con minerales opacos intersticiales y titanita como accesorios. El diópsido se encuentra esporádica y muy ligeramente reemplazado por anfíbol en un tipo de textura «sieve» o en los bordes. Se observa muy escasa hornblenda en láminas asociada al diópsido. La labradorita es muy fresca y no muestra evidencias de deformación. Al microscopio se observa una estratificación composicional muy fina consistente en bandas de clinopiroxeno que se alternan con otras de labradorita. Esta estratificación se conservó en los metagabros durante el metamorfismo posterior.

Los metagabros que alcanzaron un metamorfismo en facies anfibolita están formados por diópsido, hornblenda y labradorita con titanita accesorias y minerales opacos. Tienen texturas metamórficas granoblásticas bandeadas y fuerte fábrica metamórfica que puede llegar a ser granonematoblástica. Su composición mineralógica puede fluctuar desde un metagabro formado por diópsido, hornblenda y labradorita a una ortoanfibolita escasamente clinopiroxénica.

Los metagabros más comunes, de tipo granoblástico, están constituidos por un diópsido incoloro que pasa a hornblenda con textura «sieve» local, asociados o absorbidos por individuos o grupos de individuos de hornblenda subhedral y labradorita deformada con maclas curvadas y hornblenda ver-

de producto de metamorfismo, titanita y minerales opacos. En la plagioclasa se observa recristalización puesta en evidencia por los contactos poligonales entre los granos y zonas de granulización marginal en las áreas intersticiales a ellos. Algunas de estas rocas presentan plagioclasas con zonación débil.

En los metagabros microbandeados o «foliados», en los que se ha preservado la estratificación composicional magmática del protolito, se observan bandas de diópsido pasando a, o asociado a hornblenda subidioblástica, con plagioclasa intersticial, intercaladas con otras de plagioclasa predominantemente granoblástica.

En los metagabros muy ricos en hornblenda, en las bandas plagioclásticas la labradorita está elongada según la orientación de la foliación producto del metamorfismo; en otros casos la labradorita forma individuos cortos con maclados perpendiculares a la foliación. Además del microbandeado, los metagabros están caracterizados por un macrobandeado en el que las zonas de gabros microbandeados alternan con plagioclasitas andesínicas formadas por agregados granoblásticos de plagioclasa con abundante apatita. En estas zonas suele observarse un metamorfismo de bajo grado consistente en la formación de grandes individuos de epidoto a partir de la plagioclasa. Todas estas rocas muestran venas de prehnita transgresiva, hay acidificación de las plagioclasas y formación de actinolita y calcita.

En los metagabros se evidencian dos eventos metamórficos: uno de facies anfibolita, puesto de manifiesto esencialmente por la transformación del diópsido en hornblenda, y otro de facies esquistos verdes caracterizado por la asociación epidoto, feldespato alcalino y clorita. Asociada a esta última facies hay formación de prehnita y prehnitización generalizada. Hay otras que se encuentran en estudio mediante microsonda electrónica.

Presentan de manera inhomogénea que el pasaje de facies anfibolita a esquistos verdes que han soportado, ha producido cristalización de tremolita, clorita, biotita y zoicita a expensas de la hornblenda, así como sodificación de la plagioclasa con cristalización de cuarzo.

Las características alcalinas de estos gabros están dadas por la presencia de feldespato alcalino formado a expensas de la plagioclasa.

La existencia de esta faja de gabros de orientación norte-sur en el sector centro-norte de La Pampa ha sido interpretada como asociada a la extensión ocurrida detrás del arco ordovícico (Chernicoff *et al.*, 2005, 2008a, 2009b; Zappettini *et al.*, 2005).

Zappettini *et al.* (2005) dieron detalles del quimismo de esta unidad, consistente con el ambiente de retroarco propuesto.

Contexto geotectónico de emplazamiento

Esta faja está limitada por el oeste por la faja de cizalla de Valle Daza, que sería equivalente a aquella localizada en el borde occidental de la faja máfica de Las Águilas (San Luis), presentando al igual que esta última un enriquecimiento en Ni, lo que amerita un análisis de su potencialidad metalogénica de mayor detalle. Este cizallamiento fue originado contemporáneamente con la colisión de Cuyania, reactivado inicialmente en el Devónico en relación con la acreción de Chilenia, y finalmente reactivado como corrimiento con vergencia al oeste durante el Cenozoico, tanto en San Luis (corrimiento Las Águilas) como en La Pampa (corrimiento Valle Daza). Las deflexiones que desvían al corrimiento Valle Daza de su orientación norte-sur, tal como se observa al norte de la latitud 36° S, habrían dado origen a movimientos de transcurrancia durante el Cenozoico a lo largo de la dirección ONO.

Edad

Se considera que la edad de cristalización magmática (ca. 450 Ma; U-Pb SHRIMP en circones; Chernicoff *et al.*, 2008a) obtenida en esta unidad, coincide aproximadamente con el tiempo de cristalización del diópsido y la labradorita (y pequeñas cantidades de ortopiroxeno) representativos de la facies metamórfica de granulita que alcanzaron estas rocas. La ubicación en el tiempo de este evento de alta temperatura coincide con el identificado por Hauzenberger *et al.* (2001) en el basamento de la sierra de San Luis. La edad de ca. 450 Ma de los metagabros famatinianos de La Pampa indica que, al menos en estas latitudes, el desarrollo del retroarco magmático famatiniano fue activo durante el Ordovícico Superior, aproximadamente unos 25Ma posterior al comienzo de la actividad magmática en la región del arco (Formación Paso del Bote).

2.2.3.ORDOVÍCICO SUPERIOR-DEVÓNICO

Formación La Horqueta (6)

Grauvacas y pelitas

Antecedentes, distribución areal y litología

En la provincia de La Pampa, la Formación La Horqueta aflora principalmente en el ámbito de la

Hoja Puelches, en el curso del río Curacó y hacia el sur, hasta la estancia La Luz y afloramientos menores en la sierra Gould. Comprende grauvacas y pelitas que fueron discriminadas de la Formación Carapacha por Chernicoff y Zappettini (2005) y Chernicoff *et al.*, (2008), esta última de edad pérmica y ambiente depositacional continental, que se habría formado en un contexto diferente, interpretada como depósitos de antepaís (Chernicoff *et al.*, 2008f), en relación con la colisión del terreno Patagonia, que se habría iniciado hacia el Carbonífero superior, con máximo desarrollo (colisión, deformación y levantamiento) hacia el Pérmico inferior (Ramos, 2008).

En el área de la Hoja General Acha, a 1km del tajamar situado 4km al sur de la estancia Santa Clementina, se identificaron sedimentitas de grano muy fino de color verdoso amarillento, posibles grauvacas, semejantes a las que se hallan en la Hoja Puelches, no observándose relación con los esquistos y rocas pegmatíticas aflorantes en el área. El conjunto está muy alterado, formando una gran cobertura de regolito y arena de aproximadamente 2m de espesor.

En Valle Daza se identificó un depocentro con escasos afloramientos asignados también a esta unidad (Chernicoff y Zappettini, 2005; Chernicoff *et al.*, 2008-GR), que conforman una secuencia monótona de areniscas y pelitas verde grisáceas. La fracción clástica de arenisca comprende granos de cuarzo y feldespato así como granos líticos, angulosos y con dimensiones entre 0,054 a 0,75mm, la matriz alcanza a un 10%, correspondiente al límite arenita-wacke; se encuentra parcialmente recrystalizada a epidoto-clorita y biotita-albita-titanita subordinadas, correspondiendo esta asociación metamórfica a la facies de esquistos verdes. Se observa lineación de la biotita, indicativa de una incipiente esquistosidad. Las pelitas contienen escasos granos líticos angulosos de rocas volcánicas, en parte reemplazados por calcita, granos monominerales de cuarzo, con dimensiones entre 0,053–0,25 mm; hay escasos granos de microclino, circón y moscovita deformada, la matriz es arcillosa y en gran parte recrystalizada a illita. Se ha identificado la presencia de illita de amonio, chamosita y sheridanita. La primera es indicativa de la presencia de materia orgánica, en tanto la chamosita es característica de ambientes marinos someros. La sheridanita, por su parte, es un indicador de ambientes marinos euxínicos, lo que está de acuerdo con la presencia local de piritita autigénica.

Los afloramientos en Valle Daza están afectados por metamorfismo térmico debido a la intrusión de granitoides devónicos.

Ambiente de formación

Los sedimentos asignados a la Formación La Horqueta son interpretados como depósitos de cuenca de antepaís localizados en corteza continental, correspondiente al terreno Cuyania, hacia el oeste del terreno Pampia, sobre el que se han identificado depocentros menores, tales como el localizado al oeste de Valle Daza.

Los datos geoquímicos de las areniscas asignadas a la Formación La Horqueta indican que los sedimentos de la cuenca provienen de rocas ígneas félsicas, implantadas en un margen continental activo.

Edad

Chernicoff *et al.* (2008f) realizaron dataciones por el método U-Pb SHRIMP en 36 circones detríticos, con el fin de identificar las principales fuentes de los depósitos de la cuenca. La mayoría de los granos son cámbricos ($n=17$) o neoproterozoicos ($n=8$), seguidos de escasos circones ordovícicos ($n=4$) y silúrico-eodevónicos ($n=5$). En su mayoría los granos son magmáticos y una tercera parte de ellos presenta zonación originada por crecimientos metamórficos. La curva de probabilidad acumulada muestra cuatro poblaciones de edad principales, de 425 Ma ($n=3$), 467 Ma ($n=4$), 536 Ma ($n=13$), y 570 Ma ($n=2$). Las dos poblaciones principales paleozoicas corresponden a una edad concordia con intersección inferior de $533,3 \pm 3,8$ Ma ($n=12$) y una edad media ponderada de $465,9 \pm 2,3$ Ma ($n=4$). Es decir que las fuentes principales en la subcuenca de Valle Daza están predominantemente representadas por circones neoproterozoico-cámbricos derivados del Arco Pampeano (reciclados o no en la secuencia sedimentaria metamorfizada hacia los 466 Ma y expuesta en Paso del Bote, fuera del área de la Hoja General Acha). Todos los circones ordovícicos analizados, así como los rebordes, son metamórficos, lo que sugiere una importante contribución de rocas metamórficas exhumadas (466 Ma). El transporte de estos granos fue posiblemente corto.

La edad media $206\text{Pb}/238\text{U}$ de la principal población de circones metamórficos corresponde a la edad máxima de la sedimentación, indicando que esta comenzó probablemente hacia el Ordovícico superior. Esta edad concuerda con el evento colisional entre los terrenos Cuyania y Pampia (Astini

et al., 1996), y es compatible con la edad U-Pb determinada en circones completamente recrystallizados obtenidos en paraesquistos granatíferos de Paso del Bote. El rango de edades 405–442 Ma se interpreta como un reseteo de bordes de circones por metamorfismo térmico debido a la intrusión de granitoides devónicos presentes en el área.

Los circones ordovícicos analizados presentan relaciones $176\text{Hf}/177\text{Hf}$ correspondientes a valores $\epsilon\text{Hf}(T)$ entre $\ll 2,05$ y $\ll 4,39$. Los valores $\epsilon\text{Hf}(T)$ de los circones cámbricos varían entre $\ll 5,16$ y $+1,20$ y aquellos neoproterozoicos entre $\ll 8,28$ y $\ll 1,34$. Estos valores sugieren que la fuente primaria contenía una gran cantidad de corteza antigua reciclada. Se interpreta que rocas corticales de entre 1,4–1,95 Ga, que forman parte del sustrato de Pampia, no habrían estado expuestas durante el período de depositación de los sedimentos representados por la Formación La Horqueta (Ordovícico superior – Devónico) debido a la ausencia de circones detríticos de esa edad.

2.2.4.DEVÓNICO

Formación Curacó (7)

Granitos muscovítico-biotíticos, parcialmente pegmatoides

Antecedentes, distribución areal y litología

Esta unidad fue discriminada informalmente como Granito Curacó por Linares *et al.* (1980). El rango formacional fue otorgado por Espejo y Siva Nieto (1996).

Los afloramientos graníticos asignados a la Formación Curacó se localizan en el sector sudoriental de la Hoja General Acha y se emplazan tanto en metamorfitas de la Formación Las Piedras como en los Esquistos Santa Helena.

La extensión subaflorante de estos cuerpos fue determinada mediante datos aeromagnéticos (Chernicoff y Zappettini, 2003b; 2004).

En las cercanías de El Carancho, ubicado 48 km al oeste de General Acha, y en el borde de la laguna Trarú Lauquén situada a unos 200m al sur del almacén del paraje citado (en el camino de General Acha a Chacharramendi), afloran pegmatitas constituidas por feldespato y cuarzo, de grano grueso y con textura gráfica, observándose también granitos botítico-muscovíticos de grano mediano muy alterados, y gran cantidad de brechas cementadas por calcedonia y cuarzo que engloban feldespato blanco.

En la estancia San Miguel se hallan granitos muscovítico-biotíticos, parcialmente pegmatoideos, observados a partir de muestras de pozos, a los que se asocian gneises de ojos. En los alrededores, abundante regolito de un granito de grano grueso, de hasta 1cm, con preeminencia de clastos, es indicativo de que el granito se encuentra a una profundidad de pocos metros.

En un tajamar situado 4km al sur de la estancia Santa Clementina se observó regolito de rocas graníticas de grano medio a pegmatítico de color rosado y grisáceo.

En otro tajamar situado aproximadamente 4km al sudoeste de la misma estancia, se halló muy abundante regolito con fragmentos de grandes dimensiones de pegmatitas formadas por cuarzo, feldespato potásico, nidos de muscovita y turmalina.

En los alrededores de la estancia San Antonio, 1km al sudeste del casco, se halló un destape de rocas graníticas rosadas de grano medio, muy alteradas.

Un afloramiento de pegmatitas de reducidas dimensiones se encuentra en el cruce de la ruta provincial 24 y la huella que se dirige al norte hacia la estancia El Destino, sector en el que se desarrolla un ambiente de sedimentos eólicos y bloques de granitos pegmatoideos con textura gráfica y muscovita, indicio de basamento subaflorante y que se extiende hasta las cercanías de la ruta nacional 152, donde se ha abierto una cantera. En la misma ruta, unos 2km al norte del cruce con la ruta provincial 24, se observa una tonalita leucocrática subaflorante, de color gris rosado, de grano fino a mediano. Microscópicamente presenta textura granular hipidiomórfica, y está compuesta por cuarzo y oligoclasa (An 24%) como componentes principales y turmalina (¿schorlita?) como accesorio. La plagioclasa posee maclas muy finas, en parte algo flexuradas formando *kinks* muy pequeñas. La turmalina es muy abundante indicando fuerte turmalinización o pneumatólisis.

Contexto geotectónico de emplazamiento y edad

Son intrusiones post-orogénicas correlacionables con granitoides de similar composición y asignados al Ciclo Achaliano en el ámbito de las Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis.

Granitos de la Formación Curacó que afloran en la confluencia de los ríos Cura Cú y Colorado, en la vecina Hoja Puelches, fueron datados por el método Rb/Sr en 397 ± 25 Ma (Sato *et al.*, 1996).

2.2.5. PÉRMICO

Formación Arizona (8)

Conglomerados y areniscas

Antecedentes, distribución areal y litología

Una potente secuencia de conglomerados y areniscas neopaleozoicas, cuya distribución está controlada por la geometría del Corrimiento Valle Daza-Lonco Vaca (Chernicoff *et al.*, 2005) se distribuye en tres depocentros localizados en el área de Arizona, en el sur de la provincia de San Luis (Chernicoff y Zappettini, 2005a, 2005b, 2007), fuera del ámbito de la Hoja, que están asociados con bajos gravimétricos. En la provincia de La Pampa, los depocentros están situados al oeste de Telén y al oeste de Valle Daza (Chernicoff y Zappettini, 2005a). Los tres depocentros, a su vez, se encuentran alineados en la dirección norte-sur con otros ubicados más al norte, en las Sierras Pampeanas Orientales (Tasa Cuna y Chancaní, en la provincia de Córdoba, y Bajo de Véliz en la provincia de San Luis). Estos últimos también están vinculados con bajos gravimétricos.

Los asomos de sedimentitas neopaleozoicas localizados inmediatamente al norte de la localidad de Arizona conforman una lomada de más de 30km de extensión en sentido norte-sur y 10km en sentido este-oeste (Loma Alta), comprendiendo estratos de conglomerados y areniscas con textura granodecreciente que incluyen clastos de metamorfitas e intrusivos del basamento pampeano.

El pequeño bajo gravimétrico de Telén (depocentro Telén) es consistente con la presencia de areniscas continentales rojas asignadas al Pérmico, localizadas entre los -300 y -624m en esta localidad (Dirección Nacional de Geología y Minería 1958).

En el ámbito de la Hoja General Acha, al oeste de la salina de Valle Daza, se han identificado clastos de areniscas rojas como constituyentes del regolito que por su localización coinciden con el depocentro Valle Daza y por ende se asimilan a las secuencias neopaleozoicas de la región. Debido a su pobre exposición a la escala de trabajo se ha omitido su representación en el mapa geológico.

Ambiente de formación y edad

El mecanismo de formación de las cuencas neopaleozoicas de Arizona, Telén y Daza, así como el proceso de sedimentación, habrían estado controlados por los movimientos Chánicos que reactivaron lineamientos y suturas más antiguas, de

manera análoga a lo ocurrido en el noroeste argentino (véase Fernández Seveso y Tankard, 1995). En el área de estudio, la falla que controló por el este la depositación de los sedimentos neopaleozoicos (falla Lonco Vaca-Valle Daza) corresponde a un lineamiento estructural de probable edad paleozoica inferior, originado por extensión en el retroarco famatiniano, luego reactivado como estructura compresiva durante la colisión de Cuyania contra Pampia (Chernicoff *et al.* 2005; Zappettini *et al.*, 2005; Chernicoff *et al.*, 2007). Los movimientos chánicos reactivaron nuevamente esta falla y condujeron a la formación de depocentros más o menos aislados, alineados en la dirección norte-sur, que forman parte de la cuenca de Paganzo.

En el esquema de Fernández Seveso y Tankard (1995), la sutura entre Cuyania y Pampia, y también otras grandes estructuras norte-sur de edad originalmente paleozoica inferior presentes en ambos terrenos, fueron reactivadas como fallas transtensionales durante los movimientos Chánicos, generando una serie de cuencas transtensionales o de *pull apart*; la convergencia oblicua del terreno Chilenia habría otorgado el carácter dextrógiro al desplazamiento transcurrente ocurrido a lo largo de dichas megaestructuras (Ramos, 1988). En este contexto, Chernicoff y Zappettini (2007) han propuesto un mecanismo de formación equivalente para los depocentros considerados, en relación con el movimiento dextrógiro a lo largo de la falla Lonco Vaca-Valle Daza.

Por su correlación con los depósitos del sur de San Luis, las areniscas que están subaflorando en Valle Daza se asignan al Pérmico.

2.3.PALZOICO-MESOZOICO

2.3.1.PÉRMICO -TRIÁSICO

GRUPO LIHUÉ CALEL

Antecedentes

Una de las primeras consideraciones acerca de la presencia de pórfiros y pórfiros graníticos en la provincia de La Pampa se debe a Wichmann (1928), quien consideró que los pórfiros que afloran en el curso inferior del río Salado o Chadileuvú son una prolongación hacia el sudeste del ciclo eruptivo que afectó el área de la Precordillera de San Juan y Mendoza.

Sobral (1942) también hizo mención de la presencia de «pórfiros oscuros» a lo largo del Chadileuvú desde Cura C6 (Puelches) hasta Pichi Mahuida.

Criado Roqué (1972a) creó el Grupo Sierra Pintada para la secuencia volcánica del Bloque de San Rafael que sería homologable a la Serie Porfírica o Formación Choiyoi de otros autores; posteriormente, el mismo autor (Criado Roqué, 1972b) extendió esa nominación a los pórfiros que afloran en La Pampa.

Sobre la base de los trabajos de Llambías y Leverato (1975) y Llambías (1975), Linares *et al.* (1980) señalaron algunas modificaciones a la definición original de Criado Roqué (1972b), agruparon con el mismo nombre todas las facies volcánicas y plutónicas del magmatismo en la provincia de La Pampa y definieron tres unidades, las formaciones Zúñiga (leucogranitos rosados), El Centinela (andesitas) y Choique Mahuida (riolitas).

Posteriormente, Espejo y Silva Nieto (1996) propusieron nominar al magmatismo gondwánico de La Pampa como Grupo Lihué Calel, argumentando que los componentes del Grupo Sierra Pintada definido para el Bloque de San Rafael no se hallan totalmente representados en el Bloque de Chadileuvú, pero mantuvieron las tres formaciones definidas por Llambías (1975).

Formación El Centinela (9)

Andesitas, traquiandesitas

Antecedentes

Esta entidad fue definida por Llambías (1975), en referencia a la facies mesosilícica del evento magmático gondwánico íntimamente asociada a las riolitas de la Formación Choique Mahuida y cuya localidad tipo la constituyen los extensos afloramientos del cerro El Centinela y de las Lomas de Olguín, en el departamento Chical C6 (La Pampa). El perfil tipo está integrado por andesitas, pórfiros andesíticos y filones capa de microdioritas.

Distribución areal

Esta formación está muy poco desarrollada en esta Hoja, solo reconocida en la cantera ubicada en el kilómetro 130 de la ruta nacional 152 y en sus alrededores e inmediatamente al norte del salitral de La Asturiana, en el km 120, a ambos lados de la ruta citada.

Litología

La unidad está compuesta por rocas de textura porfírica, con pasta afanítica y fenocristales alterados de feldespato potásico, plagioclasa, clinopiroxeno, biotita y anfíbol. El color predominante es verde

oscuro, variando al verde claro, gris oscuro o morado, dependiendo del grado de alteración, ya sea por epidotización o cloritización. Estas rocas han sido clasificadas como traquiandesitas por Quenardelle y Llambías (1997), quienes reconocieron en ellas abundantes xenolitos de esquistos biotíticos.

Edad y correlaciones

En forma indirecta, Quenardelle y Llambías (1997), por el hallazgo de clastos de composición traquiandesítica similares a las rocas que afloran en La Asturiana en los flujos brechosos de la sección inferior de las riolitas de la sierra Chica, en la ruta nacional 152, infirieron que posiblemente las traquiandesitas sean más antiguas que las riolitas. Sin embargo, Rapela *et al.* (1996) las incluyeron en la misma isócrona de las riolitas de Lihué Calel ($240,6 \pm 2,0$ Ma), por lo que podrían ser contemporáneas si esa alineación no fuera circunstancial (Quenardelle y Llambías, 1997)

Para las rocas de esta unidad que afloran en la Hoja que se describe no se dispone de dataciones directas; sí las hay de rocas similares que asoman en localidades vecinas. En la Hoja Puelches, un dique de melanoandesita que intruye a un leucogránito gondwánico al suroeste de la laguna La Amarga, fue datado en 262 ± 10 Ma, según el método K/Ar; asimismo, las andesitas que afloran en La Represa fueron datadas con el mismo método en 242 ± 10 Ma (Linares *et al.*, 1980).

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

Formación Choique Mahuida (10)

Ignimbritas riolíticas, dacitas, riolitas, brechas riolíticas

Antecedentes y distribución areal

Vilela y Riggi (1956) describieron las características de estas rocas, en particular las que afloran en el sector sudoeste de la Hoja General Acha, definiendo como riolitas los afloramientos de las sierras de Lihué Calel y Chica y de las estancias Dos Naciones y La Asturiana, a las que consideraron como integrantes de la Serie Porfirítica. La

denominación formal del epígrafe fue propuesta por Llambías (1975) para describir el plateau de rocas extrusivas ácidas, ampliamente extendido en el centro y oeste de la provincia de La Pampa (Llambías y Leverato, 1975) de variadas tonalidades y texturas, reconociendo por primera vez el carácter piroclástico de las mismas. Linares *et al.* (1980), sobre la base del trabajo de Llambías (1975), describieron muchos de los afloramientos de estas rocas que están en el área cubierta por la Hoja y aportaron dataciones radimétricas que permitieron definir con mayor precisión su edad. Se destacan los aportes de Sruga y Llambías (1992) y de Quenardelle y Llambías (1997), que se enfocaron en las características petrográficas, geoquímicas y tectónicas de las vulcanitas de las sierras de Lihué Calel y Chica, respectivamente.

Dentro de la Hoja General Acha, esta unidad aflora en las sierras de Lihué Calel y Chica, además de otros asomos dispersos de menor extensión, ubicados casi todos ellos en el sector sudoeste.

Litología

Las rocas aflorantes en Lihué Calel fueron consideradas por Linares *et al.* (1980) como una espesa sucesión de riolitas estratificadas que en su base presentan un banco tobas pisolíticas e ignimbritas vítreas, a las que le siguen 1840m de ignimbritas cristalizadas.

Estudios petrográficos realizados por los autores sobre una roca aflorante a unos 3 km al norte de la estancia El Porvenir, al sudeste del paraje El Carancho, fue clasificada como una felsoriolita o leucoriorolita felsítica, de aspecto macroscópico denso, color gris violáceo y fractura concooidal. Microscópicamente tiene una textura microgranítica porfiroidea, compuesta esencialmente por cuarzo, feldespato y moscovita. Se observan algunos fenocristales de cuarzo y feldespato, y en parte glomérulos de cuarzo-plagioclasa, en una base sacaroide cuarzo-feldespático-moscovítica. La plagioclasa es oligoclasa (An24%).

Una muestra extraída del cuerpo principal de la sierra de Lihué Calel fue clasificada como una ignimbrita cristaloclástica. Macroscópicamente es una roca densa, de color gris rosado-rojizo, con cierto aspecto brechoso debido a los cristaloclastos. Al microscopio se observa una textura porfiroclástica-cristaloclástica, compuesta por fenoclastos de cuarzo, feldespato potásico perítico, biotita, clorita y opacos, en una pasta de cuarzo, feldespato y moscovita, con epidoto y hematita? en calidad de acce-

sorios. La pasta inicial ha sufrido una silicificación intensa y contiene mica recrystalizada. Los cristalo-clastos tienen sus bordes reabsorbidos; algunos cristales de cuarzo están partidos y penetrados por la pasta. En esa misma sierra Vilela y Riggi (1956) describieron riolitas de color gris violáceo claro, con abundantes fenocristales feldespáticos translúcidos y cuarzo subordinado. Microscópicamente tienen una textura porfírica y están compuestas por 61% de pasta microgranular, 22% de sanidina, 15% de cuarzo y 2% de plagioclasa, biotita y epidoto. Por su parte, al sur de la sierra Chica mencionaron una dacita parda de textura porfírica, con fenocristales idiomorfos blanquecinos de plagioclasa (de unos 4 mm) y fémicos alterados más pequeños, en una pasta afanítica ligeramente fluidal, constituida por 89% de pasta, 10% de oligoclasa-andesina y 1% de biotita y óxido de hierro. En el ámbito de esta última sierra definieron una riolita de color gris verdoso oscuro, en parte parda, con abundantes fenocristales feldespáticos blanquecinos de 1 a 2 mm de largo y menor proporción de cuarzo, con una textura porfírica con pasta criptocrystalina fluidal, compuesta por 82% de pasta, 8% de ortosa, 4% de andesina, 4% de cuarzo y 2% de biotita, epidoto, titanita y óxido de hierro.

En el cerro Negro, y en menor medida en la Loma Negra, aflora una roca vítrea, oscura constituida por pequeños fenocristales menores de 1mm de cuarzo y feldespato en una proporción del 30% del total, en una pasta afanítica raramente vítrea. Poseen alta fluidalidad marcada con filetes de flujo continuos muy delgados de 1 a 2mm de espesor, producto de la extrusión del magma como lavas. Tienen un intenso diaclasamiento, de rumbos predominantes N-S y E-O, y en menor medida N10°O y N60°O.

En la huella de entrada a la estancia Los Ranqueles afloran riolitas de color morado y gris negruzco, muy silicificadas, conjuntamente con otras rocas que parecen ser de composición andesítica.

Al sudeste del salitral que se encuentra en las cercanías de la estancia La Asturiana (unos 1500m al este del puesto) afloran dacitas de color rojizo con feldespato, biotita y escaso cuarzo. Unos 12km al noroeste de la misma estancia existe un afloramiento de grandes dimensiones de vulcanitas rojizas pertenecientes a esta unidad.

Desde el punto de vista geoquímico, Sruoga y Llambías (1992) consideraron que las riolitas de Lihué Calel tienen alto contenido en sílice y potasio y son ligeramente peraluminosas. Asimismo, Quenardelle y Llambías (1997) definieron geoquímicamente las

rocas de la sierra Chica como una secuencia calcoalcalina de alto contenido de potasio, metaaluminosa, y concluyeron que ambas sierras constituyen centros volcánicos diferentes, aunque probablemente contemporáneos.

Edad y correlaciones

Numerosas dataciones radimétricas realizadas por Linares *et al.* (1980) en afloramientos de esta formación ubicados en la sierra de Lihué Calel, aplicando los métodos Rb/Sr y K/Ar, dieron como promedio una edad de 236 ± 5 Ma, ubicándose en el período Triásico medio a superior, tomando el límite Pérmico-Triásico en 252 ± 2 Ma, según la Carta Estratigráfica Internacional de la IUGS (2015). Un estudio paleomagnético realizado por Conti y Rapalini (1990) en uno de los miembros (Ojo de Agua) en que subdividieron la unidad, permitió establecer una edad de 270-250 Ma, comprendida entre el Pérmico inferior tardío y el Pérmico superior tardío. Rapela *et al.* (1996) establecieron una edad Rb-Sr de las riolitas de Lihué Calel de $240,6 \pm 2,0$ Ma.

Formación Zúñiga (11)

Leucogranitos rosados a grises de grano medio a fino

Antecedentes

Esta unidad fue reconocida por Llambías (1975) y descrita formalmente por Linares *et al.* (1980) para designar la facies plutónica del volcanismo riolítico de la Formación Choique Mahuida, lo que se verifica, según indicaron estos autores, por las variaciones gradacionales de las texturas que van desde porfíricas a microgranosas. La localidad tipo se encuentra en el puesto Zúñiga, ubicado al noroeste de la provincia de La Pampa.

Distribución areal y litología

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

El principal afloramiento corresponde al cuerpo granítico que aflora en las inmediaciones de Chacharramendi, donde constituye la Loma Redonda. Allí hay un afloramiento de grandes dimensiones de granitos de color morado, de grano medio, con cuarzo y muscovita. Unos 300m al sur el tamaño de grano aumenta, constituyendo reventones de cuarzo.

Se asignan también a esta unidad exposiciones escasas, pequeñas y discontinuas y regolitos graníticos localizados en la ruta provincial 15, en las adyacencias de la estancia La Verde, constituidas por rocas de textura granosa, panalotriomorfa, de grano medio a grueso, color gris rosado.

En la ruta provincial 24, hacia el oeste de la intersección con la ruta nacional 152, un área de lomas evidencia el sustrato subaflorante. Se trata de granitos de grano grueso hasta pegmatoide, rosados, compuestos por cuarzo y feldespato potásico, con turmalina y moscovita como subordinados. En la zona es muy abundante el regolito de tamaño medio hasta en bloques más o menos pequeños, que se ponen en evidencia por el trabajo de las máquinas viales. En los bordes de la depresión de la estancia La Justina y en el salitral del 20 se encontraron las mismas rocas; en la margen norte de este salitral se observan dos filones pegmatíticos de rumbo 60-70°E, con esquistos cuarzo micáceos como roca de caja.

Sobre la ruta provincial 13, unos 5km al norte del cruce con la ruta provincial 24 y en las cercanías de la estancia El Eucalipto, aflora un granito leucocrático de textura granosa, color gris rosado y textura fina con motas brillantes de mica blanca. Microscópicamente presenta textura granular alotriomórfica, con cuarzo, microclino, biotita, ortoclasa y oligoclasa (An 20%), como componentes principales y apatita, circón y hematita como accesorios. El cuarzo presenta deformación en franjas paralelas al eje C. La moscovita tiene flexiones muy suaves, mientras que la plagioclasa tiene una muy leve alteración argílica. En los alrededores se observó abundante regolito de la facies pegmatoidea, con predominio de cristales de feldespato potásico, además de cuarzo y moscovita.

Otras localidades en donde aflora o subaflora esta unidad son la Loma Alta y sus alrededores, la sierra Chata, en las cercanías de la estancia El Porvenir y en las estancias La Magdalena y El Huitrú. En la estancia El Porvenir aflora un granito leucocrático porfiroideo, de color gris, grano fino y con cierto aspecto porfiroideo y moscovita en granos pequeños. Microscópicamente presenta textura granular alotriomórfica, con cuarzo, oligoclasa (An20%), ortoclasa y microclino como componentes principales y apatita, circón y rutilo como accesorios. Tiene una alteración muy suave en los feldespatos, quizás argílica. La plagioclasa puede estar cribada por moscovita. Los espacios intergranulares están ocupados por una base fina de cuarzo, moscovita y escasa biotita.

Por su parte, una muestra extraída en la ruta provincial 15, 3 km al norte de la intersección con la ruta provincial 20, al oeste de Chacharramendi, fue clasificada como granito porfiroide. Macroscópicamente es una roca de grano fino y color rojizo con algunos megacristales que determinan su carácter porfiroide. Al microscopio la textura se aprecia como granular porfiroide. Sus componentes principales son cuarzo, feldespato potásico peritítico, biotita y moscovita, con apatita como accesorio. La roca tiene una cristalización (¿por acción de contacto?) de moscovita en dos generaciones, a juzgar por su tamaño. Además, los fenocristales de mica han sido desflecados con lentecillas de opacos a lo largo del clivaje.

Un poco más al norte, en el cruce de la ruta provincial 15 con la ruta nacional 143, un afloramiento de gran tamaño nominado como Loma Alta y desarrollado como cantera (fig. 23), corresponde a un granito de color gris rosado, con motas gris oscuras y textura granular de tamaño mediano. Microscópicamente muestra una textura granular alotriomórfica con cuarzo, feldespato potásico, oligoclasa (An12-26%), biotita, moscovita y opacos como componentes principales, y apatita y circón como accesorios. La plagioclasa puede estar cribada por minúsculas agujas de moscovita. El feldespato potásico puede ser peritítico, viéndose además una textura en tablero de ajedrez con plagioclasa en el feldespato. El afloramiento se encuentra intensamente diaclasado, presentando juegos principales de rumbo e inclinación E-O (50°S) y N40°O, N60°O y N40°E, subverticales.

Apenas aflorando en la ruta provincial 15, a unos 2 km al norte de la ruta provincial 20, se observan bloques de un granito aplítico, color gris rosado, de grano fino, equigranular y aspecto sacaroide. Microscópicamente tiene una textura granular en parte hipidiomórfica. Sus componentes principales son plagioclasa (An29%), oligoclasa, cuarzo, biotita, mineral opaco, moscovita y feldespato potásico, mientras que los accesorios son apatita y circón. Los feldespatos están cribados por microscópicos cristales de un mineral acicular no reconocido. En el cruce de las mismas rutas, Sotorres y Tullio (1995) citaron la existencia de granitos rosados alterados tipo «gneiss», intruidos por filones pegmatíticos.

La sierra Chata, ubicada en el ángulo sudoeste de la Hoja, está compuesta por plutonitas ácidas. El estudio petrográfico clasificó a la roca como un granito de grano fino a mediano, color gris a rosado, con motas de biotita. Microscópicamente es una roca

de textura granular alotriomórfica compuesta por cuarzo, microclino, oligoclasa (An 25%), epidoto y biotita. Se observan algunas pertitas microclínicas así como áreas con hematitas aisladas o en forma de venillas discontinuas.

Linares *et al.* (1980) citaron la existencia, en un molino y a unos 30 m de profundidad, de un granito gris rosado, de grano mediano, que consideraron el asomo más oriental de los granitos del Pérmico superior. Los autores del presente trabajo observaron bloques de granito de grano fino, de color rojizo, en la ruta 12, unos 8 km al noroeste de la estancia La Magdalena y al sur de la Hoja, algo más al este aún.

Edad y correlaciones

Las determinaciones radimétricas realizadas por Linares *et al.* (1977) indican para esta unidad una edad Pérmico superior-Triásico inferior. Particularmente, dataciones realizadas en los leucogranitos de Loma Alta, determinaron una edad K/Ar de 207 ± 10 Ma, concordante con la hallada por Rb/Sr, de 213 ± 10 Ma (Linares *et al.* (1980). Por otra parte, dataron los leucogranitos de la estancia El Huitrú y de sierra Chata en 259 ± 10 y 227 ± 10 Ma (Pérmico medio a superior y Triásico, respectivamente).

2.4.MESOZOICO

2.4.1.¿CRETÁCICO?

Basaltos ¿cretácicos? (12)

Basaltos vesiculares

No hay citas previas sobre la presencia de basaltos en esta región de La Pampa. Durante las tareas de campo correspondientes al levantamiento

de esta Hoja se encontraron basaltos subaflorantes a unos 5km al oeste de la estancia La Magdalena, evidenciados a partir de la construcción de un jagüel, y aflorando con reducidas dimensiones en proximidades del tajamar situado 1000m al este de dicho establecimiento, donde aparentemente yacen sobre metamorfitas de la Formación Las Piedras. Manifestaciones semejantes fueron reconocidas al sur de esta localidad, en la vecina Hoja Geológica Puelches, en un molino de la estancia La Sara.

Son basaltos de color predominante pardo rojizo, aunque algunos de ellos son gris oscuro y negro, con numerosas vesículas rellenas por sílice, celadonita y/o carbonato. El estudio de las muestras (Fig. 4) revela una roca con textura microporfírica a seriada con pasta intersertal. Los microfenocristales son exclusivamente de plagioclasa de hasta 1mm de longitud, presentan frecuente fracturación y alteración sericítica leve a moderada. La pasta está integrada por microlitos de plagioclasa, prismas de clinopiroxeno, abundante vidrio que contiene pequeños gránulos de minerales opacos y escaso cuarzo intersticial. El vidrio se encuentra parcialmente reemplazado por filosilicatos del grupo de las esmectitas. Las rocas clasifican por su mineralogía y textura como basaltos, que presentan carácter subalcalino.

En la zona estudiada confluyen, en la Cuenca del Colorado, los sistemas de rift pampeano central y occidental, desarrollados durante la etapa distensiva del Cretácico temprano (Ramos, 1999; Chebli *et al.*, 1999). Por su ubicación geográfica (Figura 5) los basaltos podrían estar vinculados con la apertura de la cuenca de rift de Quehué, de posible edad cretácica de acuerdo con los esquemas propuestos por Kostadinoff y Llambías (2002) y de Elorriaga *et al.* (2013). De todos modos, los basaltos están muy

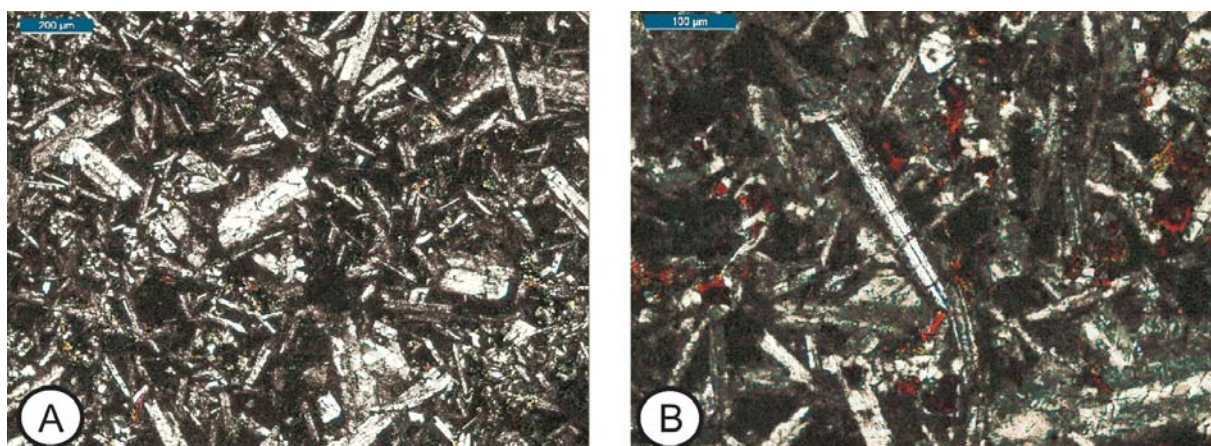


Figura 4: Textura general de las rocas. A) Se observan microfenocristales de plagioclasa en pasta intergranular afieltrada. Con analizador, 4x.; B) Detalle de la mesostasis, exhibiendo sección de pigeonita. Con analizador, 10x.

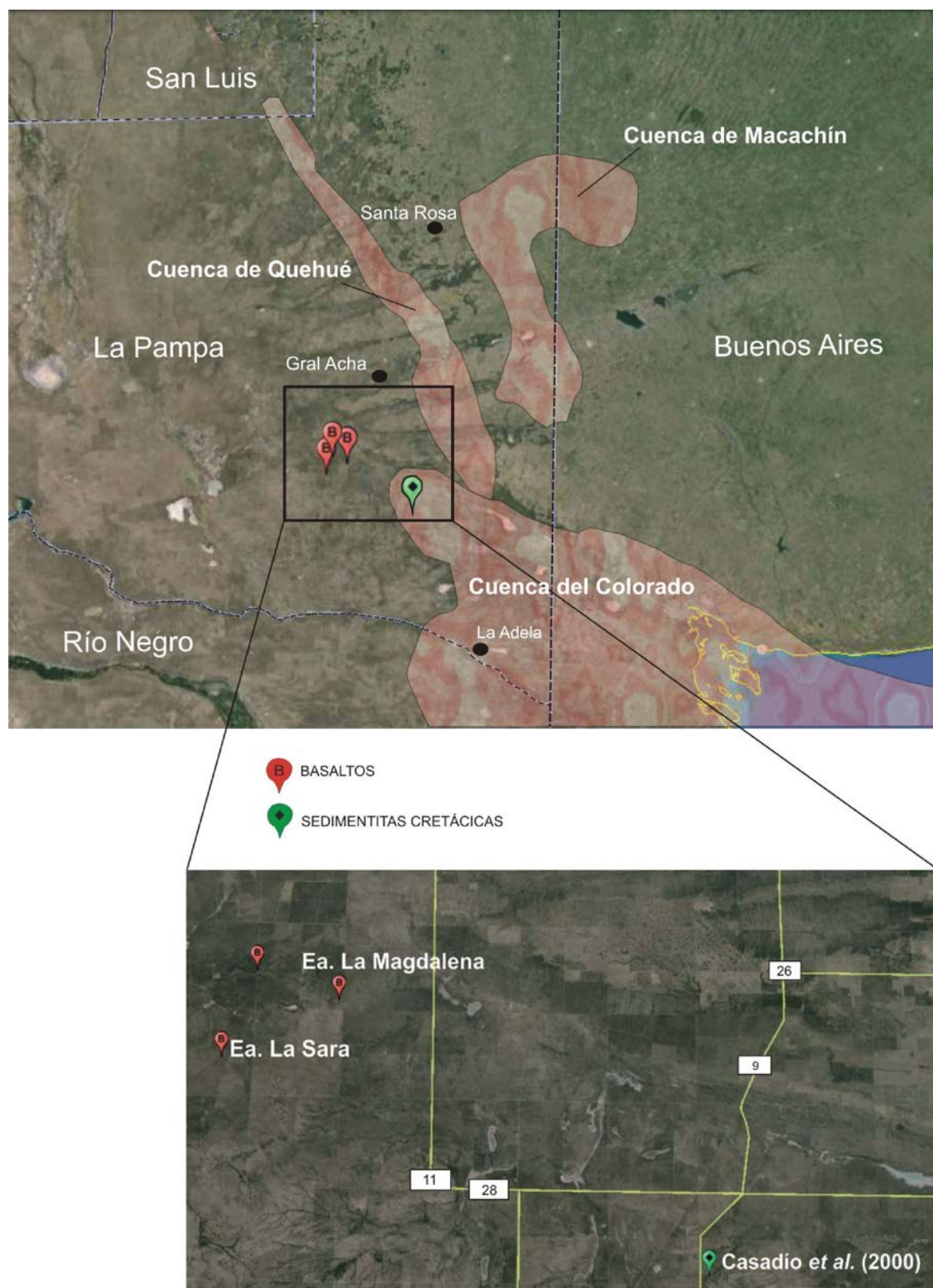


Figura 5: Plano de ubicación de los basaltos

próximos a los afloramientos de sedimentitas rojizas cretácicas asignadas por Casadio *et al.* (2000) a la Cuenca del Colorado. En general los basaltos vinculados a los rifts central y occidental de la Argentina son de naturaleza alcalina (Lagorio, 2008). En

cambio, los que aquí se describen son subalcalinos y con abundante presencia de celadonita, por lo que tendrían más afinidad con los derrames toleíticos de Serra Geral, si bien no está demostrado el alcance de ese volcanismo en el ámbito de la provincia de

La Pampa. Futuras investigaciones en curso permitirán tipificar con mayor precisión estas rocas y su ambiente tectónico. Por lo expuesto, y a falta de otros datos, en forma provisoria se asigna a estos basaltos una edad cretácica.

2.5.CENOZOICO

2.5.1.NEÓGENO

2.5.1.1.Mioceno Superior

Formación Cerro Azul (13)

Limolitas arcillosas, areniscas limosas y areniscas muy finas

Antecedentes

Bajo esta denominación, Linares *et al.* (1980), sobre la base de un trabajo inédito de Llambías (1975), agruparon un conjunto de sedimentitas loesoides que afloran en casi todo el ámbito de la provincia de La Pampa y que históricamente fueron reconocidas bajo distintas denominaciones, como Formación Araucana (Döering, 1882), Araucano (Ameghino, 1889), Pampeano (Stappenbeck, 1926; Salso, 1966) y Formación La Pampa (Zambrano, 1974). Más recientemente, numerosas investigaciones contribuyeron a la caracterización sedimentológica, mineralógica, ambiental y paleontológica de esta

unidad, entre las que se destacan los trabajos de Visconti *et al.* (1996), Goin *et al.* (2000), Visconti (2007), Folguera y Zárate (2009) y Visconti *et al.* (2010).

Distribución areal

Dentro de los límites de la Hoja, la Formación Cerro Azul aflora fundamentalmente en el sector oriental, donde conforma planicies estructurales disectadas por los llamados valles pampeanos, destacándose los valles de Quehué, Argentino, Maracó Grande y Chico, Hucal y Daza. Hacia el occidente, donde la planicie estructural ha sido mayoritariamente destruida por la erosión, se reconoce aisladamente en cerros testigo como los cerros La Bota, Patagua, Baguales y adosada a la sierra Chata.

Litología

Litológicamente la Formación Cerro Azul está compuesta por limolitas arcillosas, areniscas limosas y areniscas muy finas de color castaño rojizo que suelen contener nódulos carbonáticos, de arena muy fina y arcillosos. En general se presenta en bancos tabulares, homogéneos y friables, aunque en los niveles superiores se reconocen desdibujadamente estructuras tractivas como estratificación cruzada en artesas. Es notable la presencia de bioturbación así como la intercalación de niveles de paleosuelos (Fig.6).



Figura 6: Nivel superior de la Formación Cerro Azul en el valle Maracó Grande. Nótese la estratificación cruzada en artesas.

El cerro Azul, que le da nombre a esta formación, se encuentra en el sector NO de la Hoja, sin embargo no representa la localidad tipo debido a la gran cobertura por derrubio y vegetación que impide una buena exposición del material que lo compone. Es por ello que Visconti *et al.* (2010) propusieron como localidad tipo los afloramientos situados al oeste de Algarrobo del Águila, en la ruta provincial 10 (36°20'S y 67°15'O), localidad que se encuentra al norte, fuera de los límites del área abarcada en este trabajo.

Sobre la base del análisis estratigráfico e integral de esta unidad en varias localidades de la provincia de La Pampa, Goin *et al.* (2000) reconocieron tres asociaciones de facies sedimentarias (Fig. 7), que de base a techo presentan las siguientes características:

- Asociación de facies A: Constituída por arcilitas y limolitas dispuestas en finas capas con laminación paralela y areniscas finas con estructuras tractivas unidireccionales, presenta evidencias de bioturbación. Se interpretó como un ambiente lacustre somero con alternancia de exposiciones subaéreas, sobre el que actuaron procesos pedogénicos.
- Asociación de facies B: Compuesta por una sucesión de limolitas areno arcillosas, en las que se intercalan areniscas arcillo limosas tipo loess, con una difusa estratificación y evidencias de paleosuelos hacia el techo. Abundante presencia de concreciones calcáreas. Se interpretó como una asociación propia de un ambiente eólico sobre la que actuaron procesos diagenéticos y pedogenéticos.
- Asociación de facies C: Conformada por conglomerados en la base, seguidos por areniscas con estratificación cruzada en artesa que pasa a tabular planar. El ambiente de esta asociación se interpretó como fluvial de escasa magnitud.

Las exposiciones de esta unidad dentro de los límites de la Hoja son pobres y de poco espesor, al estar cubierta por calcretes, arenas eólicas y/o vegetación. Las mejores están en los cortes naturales de los valles a expensas de planicies estructurales y en los artificiales de los caminos que las atraviezan. La mayoría de los perfiles observados durante el levantamiento de la Hoja pueden asimilarse con la asociación de facies B de Goin *et al.* (2000).

Los sedimentos loésicos que constituyen la Formación Cerro Azul fueron caracterizados por Visconti (2007) como desarrollados en un ambiente mayoritariamente eólico con intercalación de paleosuelos, infiriendo que el aporte provendría mayori-

tariamente de los Andes por el reconocimiento de abundantes partículas de vidrio volcánico y fragmentos líticos en más de un 50%. La presencia minoritaria de fragmentos líticos metamórficos sería evidencia de un aporte subordinado del bloque de la Pampa Central, sobre el que yace esta formación en este sector de La Pampa.

En el cerro Patagua, en el corte de la ruta provincial 15 se exponen 4m de limolitas arenosas color castaño, donde se aprecia una difusa estratificación canalizada en artesa con una magnitud del orden de los 30 a 40cm, aunque en algunos casos llega a 3 o 4m, presenta también abundantes concreciones de arena muy fina, muy compactas, cementadas con carbonato, muchas elongadas en sentido vertical, otras arriñonadas e irregulares. Todo remata en un calcrete de aproximadamente 2m de potencia. Una exposición semejante se presenta algo más al norte, en el corte de la ruta 13 en el cerro El 5 o Los Baguales (Fig. 8).

En el cerro Bayo, en una cantera de vialidad, se observa un corte de 3m de características muy semejantes a lo observado en el cerro Patagua, donde se aprecian limolitas arenosas color castaño, groseramente estratificadas, que engloban abundantes muñecos o concreciones de arena fina muy compactas, cementadas por carbonato, de formas y tamaños variados, que suelen alcanzar hasta 40cm, comúnmente elongados en sentido vertical, en tanto que otros tienen forma arriñonada.

En el cerro El Tigre, situado próximo a la sierra Chata, 2000m al este del establecimiento Las Casillas, afloran 10m de limolitas castañas que presentan abundantes nódulos arriñonados de areniscas tobáceas color grisáceo, más friables que las observadas en otras localidades, como el cerro Patagua. Hay evidencias de paleosuelos, el conjunto está groseramente estratificado y se insinúan estructuras canalizadas de hasta 2m de ancho. Remata el perfil con un calcrete de aproximadamente 1m de potencia.

En el sector SE de la Hoja, en un corte de la Formación Cerro Azul en la ruta provincial 11, se aprecian 3m de limolitas arenosas color castaño, muy friables, con indicios de bioturbación y una difusa estratificación canalizada; hay presencia de nódulos o concreciones de arena fina, de forma muy irregular y de tamaños variables no mayores de 30cm, algunos muy compactos cementados por carbonato, otros muy friables que parecieran ser el relleno de madrigueras o pequeñas cuevas. Al igual que en otros perfiles, la unidad está cubierta por un calcrete de 1,5m de potencia.

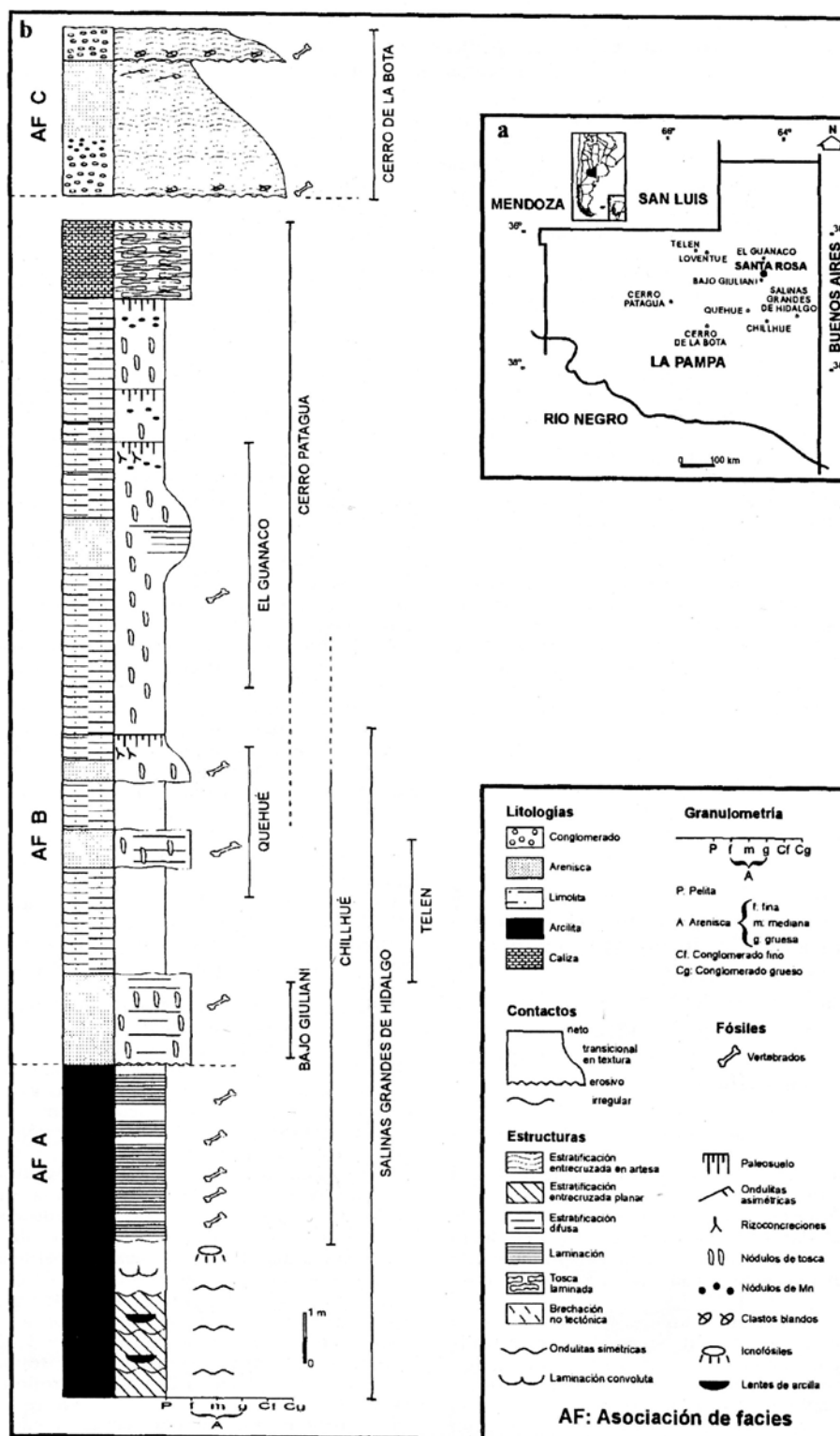


Figura 7: Perfil integrado de las asociaciones de facies de la Formación Cerro Azul (tomado de Goin *et al.* 2000)

Hacia el centro oeste de la Hoja los asomos de esta formación van disminuyendo gradualmente, conformando una planicie levemente ondulada bajo una cobertura de arenas eólicas de variable espesor, y solo se hace evidente su presencia en pequeños y superficiales asomos en los cortes de caminos y en tajamares.

Edad

Inicialmente, la Formación Cerro Azul fue asignada por Linares *et al.* (1980) al Plioceno, aunque estos autores aclararon que hasta ese momento, conforme al nivel de conocimiento que se tenía de la misma, no era posible definir con mayor detalle su ubicación cronológica.



Figura 8: Aspecto de los niveles superiores de la Formación Cerro Azul en la ruta provincial 15

Estudios posteriores, entre los que se destacan los de Montalvo y Casadío (1988), Montalvo y Szelagowski (1999), Verzi *et al.* (1999), Montalvo *et al.* (1995, 1996, 1998) y Goin *et al.* (2000), permitieron asignar a esta unidad una edad mamífero Huayqueriense, sobre la base del hallazgo de abundantes restos paleontológicos pertenecientes a diferentes grupos de vertebrados, como anfibios, reptiles, marsupiales, xenartros, notounugulados, litopternos, roedores y carnívoros provenientes de varias localidades, muchas de las cuales se encuentran dentro de los límites de la Hoja, como las del valle de Quehué, de los cerros Patagua, la Bota y Azul y General Acha. Estudios complementarios de estas asociaciones faunísticas permitieron asignar los términos inferiores de la Formación Cerro Azul a la edad mamífero Chasiquense (Verzi *et al.* 2008)

En consecuencia, se acepta para esta unidad una edad mamífero Chasiquense-Huayqueriense (Mioceno tardío), que comprende el lapso cronoestratigráfico entre 10 y 6,8Ma (Cione *et al.*, 2007).

2.5.2.NEÓGENO-CUATERNARIO

2.5.2.1.Plioceno inferior-Pleistoceno

Calcretes con cobertura eólica (14I, 14II) *Calcarenitas*

Antecedentes y génesis

Los calcretes constituyen esencialmente acumulaciones de carbonato cálcico. Su estudio y re-

conocimiento en la provincia de La Pampa se remontan a trabajos como los de Tapia (1939, 1940) y Vilela y Riggi (1956), quienes ya los diferenciaron en la descripción de un amplio sector del centro de la provincia en el que se encuentra el área de la Hoja que se describe. Más recientemente se destacan, entre otros, los trabajos de Vogt *et al.* (1999 y 2005), quienes esbozaron una posible explicación sobre la génesis de los calcretes del este pampeano, planteando que se habrían desarrollado en un ambiente palustre en donde el carbonato habría sido fijado por la actividad de cianobacterias. Lorenz y Sotorres (2001) hicieron un amplio estudio de los calcretes del centro este de La Pampa y sus implicancias climáticas. Lanzillotta (2006) caracterizó los calcretes de Valle Daza, al NE de la Hoja, asignándoles un origen pedogenético; igual conclusión tuvieron Etcheverría y Folguera (2014), quienes describieron y caracterizaron genéticamente los calcretes del SE de la provincia de La Pampa.

Existen diferentes posturas en cuanto a la génesis de este tipo de depósitos calcáreos, cuyos mecanismos más aceptados son esencialmente dos:

- a) Per ascensum
- b) Per descensum

En el primer caso el carbonato sería aportado por las aguas freáticas, al contrario, el *per descensum* implica que el agua se infiltra hacia abajo en el perfil edáfico, el carbonato y el calcio van en disolución, siendo el origen de estas sales muy variado (agua de lluvia, escorrentía, polvo eólico, restos de vegetación, etc.)

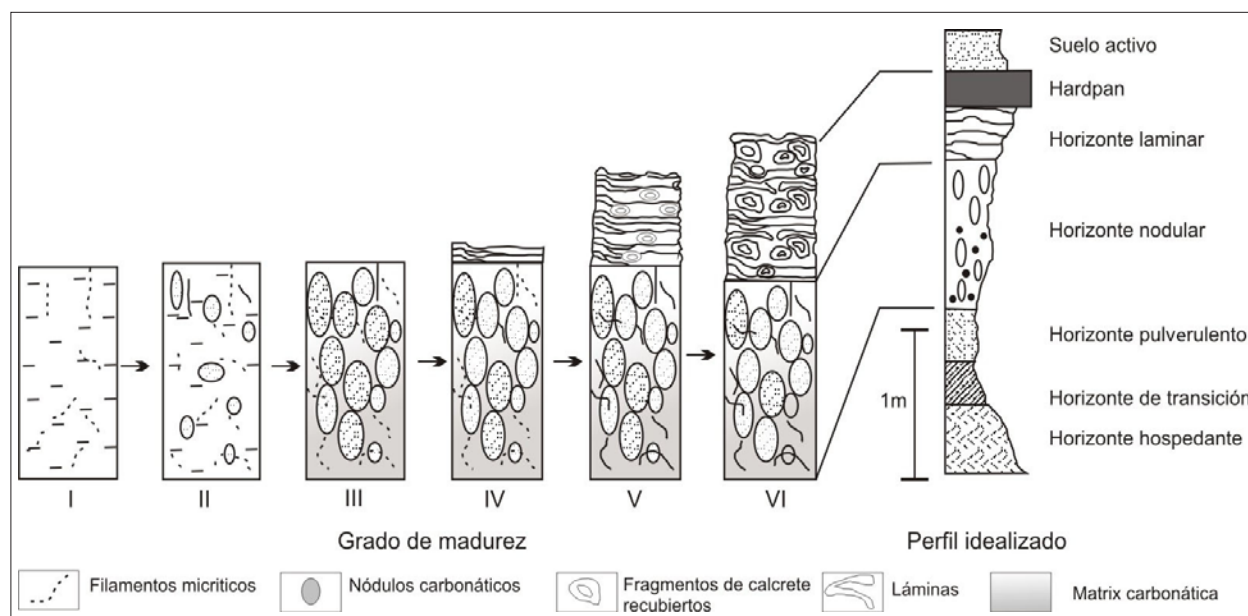


Figura 9: Perfil idealizado de un calcrete pedogénico y estadios de madurez (modificado de Esteban y Klappa (1983) y Machette (1985))

En concordancia con Lorenz y Sotorres (2001), Lanzillotta (2006) y Etcheverría y Folguera (2014), los calcretes de este sector de La Pampa son de origen pedogenético, desarrollados sobre sedimentos bien drenados por encima de la freática.

Sobre la base de numerosas observaciones, Esteban y Klappa (1983) definieron un perfil idealizado para un calcrete pedogenético, compuesto esencialmente por horizontes morfológicamente diferentes, con un grado de madurez que varía con la edad relativa de las geoformas. Machette (1985) describió seis estados o grados de madurez para este tipo de calcretes (Fig. 9).

En el perfil idealizado, el horizonte hospedante es aquel que no presenta rasgos que indiquen que ha sufrido procesos edáficos, el de transición se generaría por desagregación del sustrato original por infiltración del agua durante los estadios iniciales de la formación de un suelo, el sector pulverulento correspondería a una etapa más avanzada en la que el carbonato se acumula en forma discontinua con un tamaño fino sin consolidar, asociado a la presencia de raíces y microorganismos, en tanto que el horizonte nodular lo componen nódulos de carbonato cálcico endurecido que se disponen dentro de una matriz menos carbonática. Finalmente, mientras que progresa la evolución del perfil, la continua precipitación de carbonatos disminuye la porosidad del medio impidiendo la infiltración de agua hacia los niveles inferiores, obligando a las raíces de las plantas a extenderse lateralmente. La posterior calcifi-

cación bajo estas condiciones da lugar al horizonte laminar, culminando con un horizonte macizo o hardpan.

Distribución areal y litología

Dentro de los límites de la Hoja la distribución de los calcretes es muy amplia. Se han reconocido dos niveles, I y II, ambos coronando a diferentes cotas a la Formación Cerro Azul.

El calcrete del nivel I se reconoce principalmente en el sector oriental de la Hoja, formando la parte superior de planicies estructurales disectadas, a una cota promedio de 350m, bajo una cobertura eólica de espesor variable que en algunos casos puede llegar al metro. Las mejores exposiciones están en el perímetro de dichas planicies y en los cortes de caminos a lo largo de los valles Argentino, Maracó Grande, Maracó Chico, Hucal y Daza y cerros testigo de ese nivel como Patagua y Bagual situados más al occidente.

El calcrete del nivel II cubre una superficie labrada a una cota menor que el nivel I, por efecto de la erosión retrocedente hacia el NE de la escarpa producida por la incisión del río Chadileuvú, que atraviesa el territorio de la provincia en sentido NO-SE. Tiene una cota promedio de 270m y las mejores exposiciones se vieron en los cerros Bayo y La Bota.

En el área estudiada los calcretes más desarrollados son los del nivel I y presentan en general un perfil constituido por un horizonte basal hospedador areno-limoso, grisáceo rosado, con presencia de

carbonato pulverulento, al que le sigue un horizonte prismático transicional que contiene nódulos arenosos, calcificados, elongados principalmente en sentido vertical de hasta 40cm de longitud y 1 a 5cm de diámetro, que hacia arriba pasan a tener forma irregular, intercalándose lentes o láminas subhorizontales de carbonato de calcio de 1 a 10cm de potencia, culminando con un horizonte macizo de caliza impura (hardpan) que puede llegar a 1m de espesor. En general, las exposiciones de este nivel son parciales y lateralmente presenta variaciones, su estado de maduración correspondería al IV o V del esquema de Machete (1985).

Las láminas y la duricostra superior (hardpan) se pueden clasificar como calizas impuras que engloban clastos de arena fina a mediana, limos y arcillas. Ocasionalmente pueden observarse clastos mayores de tamaño arena gruesa a grava fina. Presentan en general textura bandeada, pisolítica y oolítica. Las pisolitas, con un diámetro de 0,2 a 1cm, poseen un núcleo lítico tamaño arena fina a mediana. Mineralógicamente, en las capas más compactas se observa al microscopio la presencia de calcita, plagioclasas, piroxenos, cuarzo, sílice amorfa, vidrio volcánico, líti-

cos y arcillas, también moldes de tejido radicular calcificado (Etcheverría y Folguera, 2014).

A continuación (Figs. 10, 11, 12, 13) se describen los principales afloramientos correspondientes a los calcretes del nivel I y su comparación con el perfil idealizado de Esteban y Klappa (1983).

Los calcretes del nivel II (Fig. 14) son similares a los del nivel I, aunque carecen en general del horizonte cuspidal duro o hardpan y del horizonte laminar, con espesores en general menores, y corresponderían al grado II o III de maduración de Machette (1985).

Los calcretes atestiguan condiciones de cierta estabilidad tectónica y climática en lapsos relativamente prolongados en el tiempo. Sin embargo, como consecuencia de las variaciones ambientales a lo largo del mismo no es fácil reconstruir las condiciones en las que se desarrollaron, pues la preservación de las propiedades del suelo han sido eliminadas en parte por diagénesis o erosión, lo que dificulta definir el tiempo absoluto de su formación y las condiciones climáticas imperantes (Alonzo-Zarza, 2003).

Se ha estimado que el límite superior de la media anual de precipitaciones para la formación de un

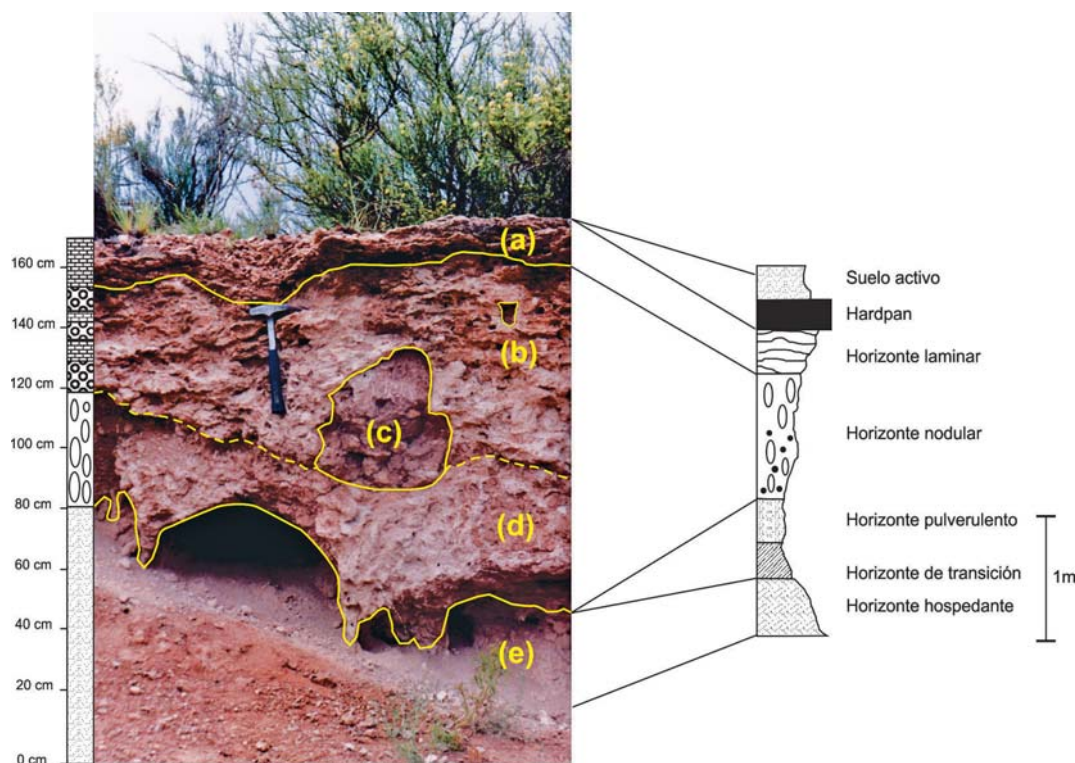


Figura 10: Perfil en el cerro Patagua. a) Horizonte laminar, láminas carbonatadas discontinuas con espesores de 2 a 5cm. b) Horizonte de transición nodular-laminar, alta bioturbación, compuesto por concreciones arenosas mayoritariamente irregulares y láminas onduladas cementadas por carbonato. (c) Sectores con presencia de material parental y menor bioturbación y carbonatización. (d) Horizonte de transición nodular, alta bioturbación, incluye concreciones arenosas mayoritariamente elongadas en sentido vertical. (e) Formación Cerro Azul, horizonte de material parental, la erosión diferencial de esas sedimentitas favorece el desarrollo de cavidades.

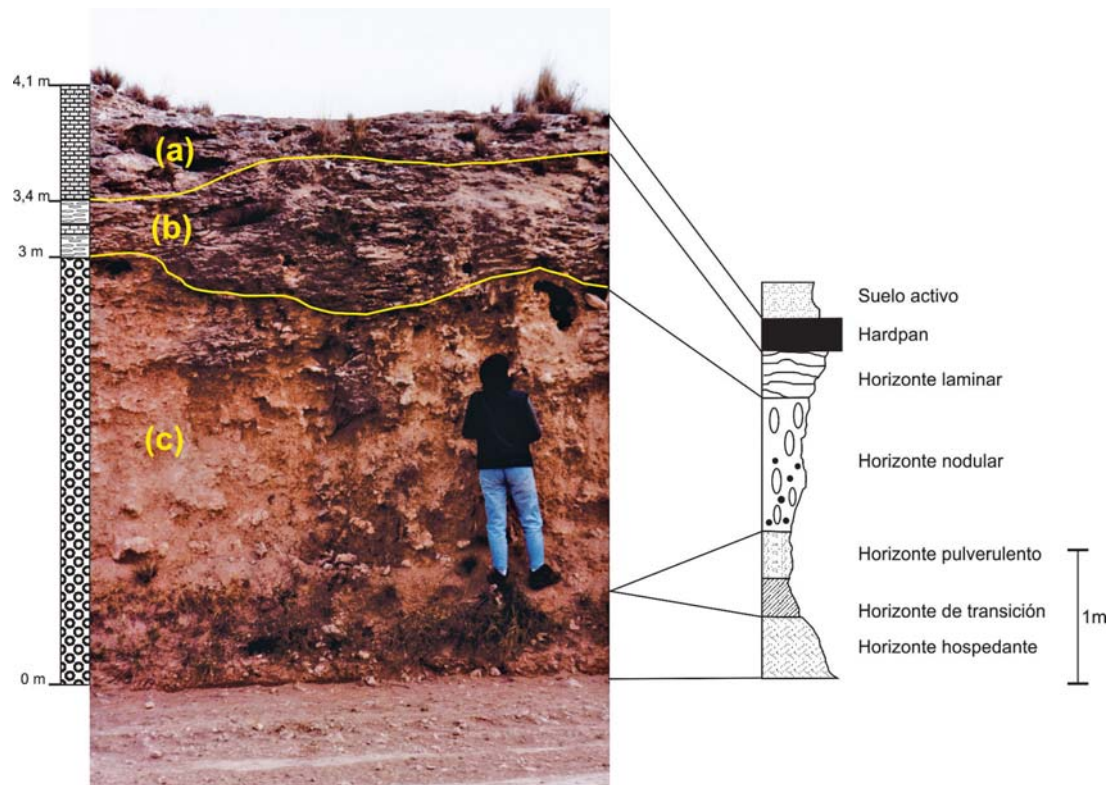


Figura 11: Perfil en el valle Maracó Grande. (a) Horizonte duripan o hardpan, compuesto por planchas calcáreas muy compactas de 5 a 10cm de potencia, en parte amalgamadas. El espesor varía entre 30 y 70cm. (b) Horizonte laminar, compuesto por delgadas láminas carbonáticas de 1 a 5 cm de espesor. (c) Horizonte de transición nodular, alta bioturbación, compuesto por concreciones arenosas mayoritariamente irregulares y en menor grado elongadas verticalmente cementadas por carbonato. Por sectores presenta material parental con menor bioturbación y carbonatización, que por erosión diferencial forma cavidades.

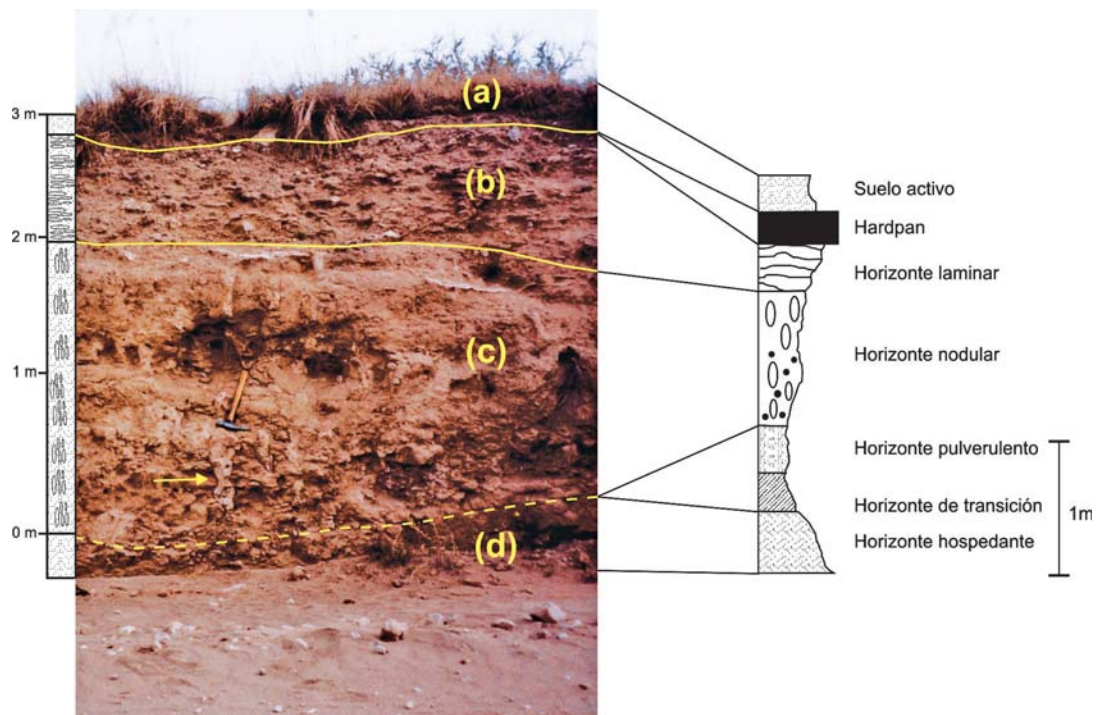


Figura 12: Perfil en el valle Maracó Chico. (a) Cobertura de arenas eólicas. (b) Horizonte laminar, compuesto por delgadas láminas carbonáticas de 5 a 10 cm de espesor. (c) Horizonte de transición nodular, alta bioturbación, compuesto por concreciones areno-limosas mayoritariamente elongadas verticalmente e irregulares en menor grado, cementadas por carbonato. Por sectores presenta material parental con menor bioturbación y carbonatización, que aún preservan estructuras canalizadas, que por erosión diferencial forma cavidades. (d) Formación Cerro Azul, horizonte de material parental.

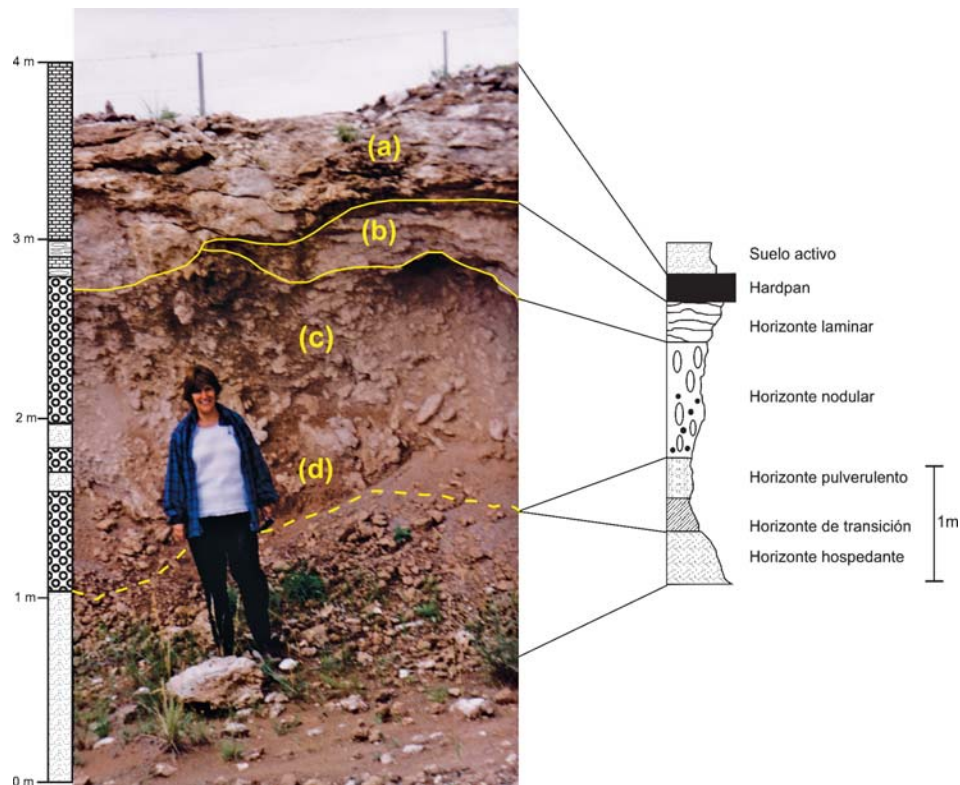


Figura 13: Perfil en el cerro El 5 o Baguales. (a) Horizonte duripan o hardpan compuesto por cuerpos tabulares, de base ondulada, calcáreos muy compactos, de 20 a 40cm de potencia. (b) Horizonte de transición laminar-nodular, láminas horizontales compactas carbonatadas discontinuas con espesores de 5 a 7cm. (c) Horizonte de transición nodular, con alta bioturbación, compuesto por concreciones calcáreo arenosas de 1 a 20cm mayoritariamente irregulares, en menor grado elongados verticales. (d) Hacia la base, por sectores presenta material parental con menor bioturbación y carbonatización.

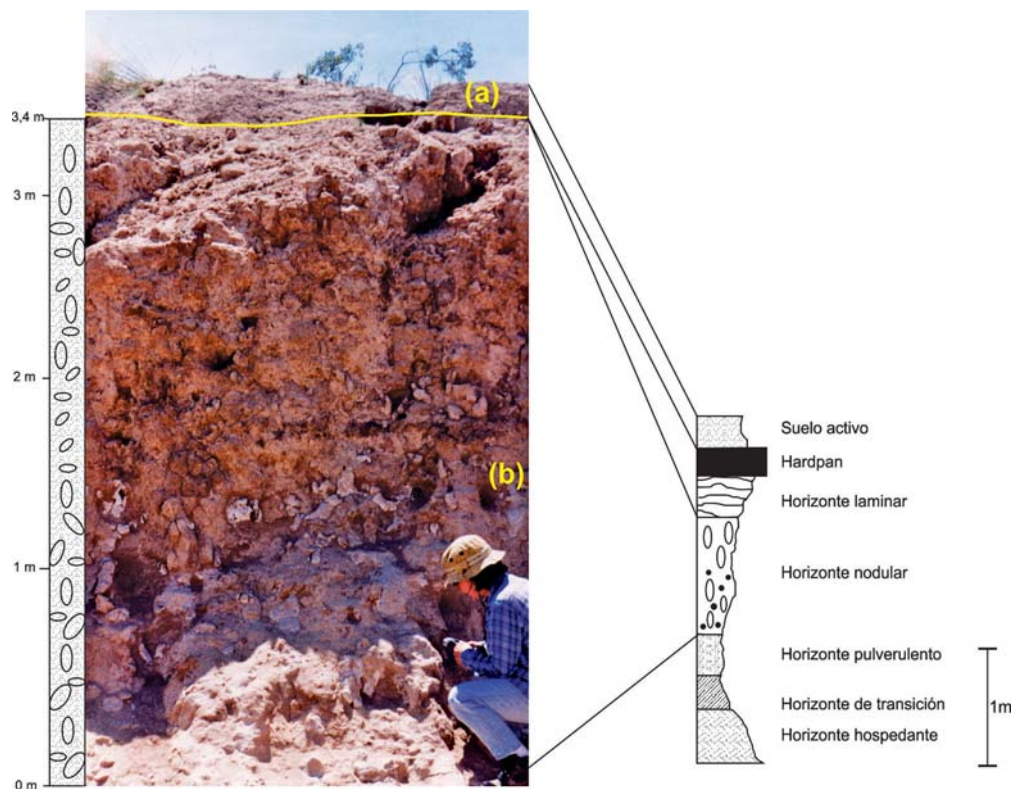


Figura 14: Perfil en el cerro Bayo. (a) Cobertura de arenas eólicas (b) Horizonte nodular, con alta bioturbación, compuesto por concreciones arenosas mayoritariamente irregulares, en menor grado elongadas verticalmente y cementadas por carbonato.

calcrete se ubica entre 600 y 1000mm/año (Mack y James, 1994), y el inferior para climas semiáridos en suelos que contienen óxidos de hierro, montmorillonita e illita, entre 100 y 500mm/año, características que se observan en los calcretes aquí reconocidos, por lo que se infiere que se habrían formado bajo un clima semiárido a frío.

Edad

Los calcretes de las provincias de Buenos Aires y La Pampa fueron asignados por Lorenz (2002) al Pleistoceno tardío, con una edad de 20.000 años. Sin embargo, Vogt *et al.* (2002 y 2003) no acordaron con esa datación, consignando que la edad de los calcretes de La Pampa se puede situar después del final del Mioceno, ya que presentan una discordancia sobre la Formación Cerro Azul, y antes del Pleistoceno superior cuando se formó el piso de los valles, señalando además que la presencia de formas criogénicas refuerza la hipótesis de una edad plioceno-pleistocena. Últimamente, Folguera y Zárate (2011) asignaron a los tres niveles de calcretes que reconocieron en el sector sudeste de La Pampa una edad miocena tardía-pliocena.

En este trabajo no se dispone de mayores elementos que pudieran datar con certeza la edad de los calcretes reconocidos en el ámbito de la Hoja. Tanto los del nivel I como los del nivel II yacen en discordancia sobre la Formación Cerro Azul, esto es un indicio de que esta región ha sido afectada por variaciones del nivel de base ya sea por cambios climáticos y/o tectónicos, lo que permitió la alternancia de períodos de estabilidad con el consecuente desarrollo de suelos y calcretes. Estos elementos solo permiten asignar al calcrete del nivel I una edad máxima miocena tardía y al del nivel II una edad máxima pliocena superior, estimándose como probable que ambos se desarrollaron en el Plioceno inferior-Pleistoceno.

2.5.3. CUATERNARIO

2.5.3.1. Pleistoceno-Holoceno

Sedimentos fluviolacustres del río Chadileuvú (15)

Limos arenosos, limos arcillosos, arenas limosas, arcillas

Antecedentes

La existencia de estos sedimentos fue citada por primera vez por Cannelle (1950) al describir las

condiciones hidrogeológicas de la cuenca del río Atuel - Salado o Chadileuvú como Formación Fluvio Palustre Lacustre. Años después, Vilela y Riggi (1956) describieron estos mismos sedimentos a lo largo de las márgenes del río Chadileuvú entre Santa Isabel y Puelches, asignándolos al piso Platense por considerar que presentan características similares al denominado Platense lacustre o Platense inferior o Post Pampeano Lacustre de Ameghino que fuera descripto en la provincia de Buenos Aires. En la vecina Hoja La Reforma, Melchor *et al.* (2000) los reconocieron bajo el nombre de Depósitos aluviales del río Chadileuvú y de los arroyos Puelén y Potrol. En este trabajo se optó por denominarlos informalmente con el nombre del epígrafe.

Distribución areal y litología

Esencialmente esta unidad está constituida por limos arenosos, limos arcillosos, arenas limosas y arcillas, también fueron descriptos clastos redondeados de pumita (Melchor *et al.*, 2000)

Estos sedimentos afloran en el sector sudoeste de la Hoja, a lo largo de ambas márgenes del valle aluvial del río Chadileuvú y de los bañados y lagunas integradas al mismo, como las lagunas La Leona y Brava.

Al sudoeste de la Hoja, unos 5km al norte del cerrito del 4, en la barranca derecha del río Salado, Vilela y Riggi (1956) describieron un perfil que de arriba hacia abajo consiste en un limo arenoso pardo claro, con tenues impregnaciones de óxido de hierro, levemente consolidado y sin estratificación, con restos de *Littorinida*, *Planorbis* y *Limnaea*; continúa un limo arcilloso pardo claro, con tenues impregnaciones de hidróxido de hierro, con un espesor de 5cm; luego 0,30 a 0,40m de arena limosa parda, disgregable; 0,20 a 0,30m de limo arcilloso gris verdoso muy claro, friable y con gran cantidad de *Littorinida* y *Planorbis*; 0,25 a 0,35 m de limo arenoso pardo claro friable muy sulfatado (20%), culminando con arena pardo grisácea algo sulfatada de base no visible.

Sobre la margen derecha del río Chadileuvú, en las coordenadas 37°57'48"S y 65°54'24"O, esta unidad presenta de abajo hacia arriba: 0,25m de arenas medianas a finas de color pardo (base no visible), 0,30m de arcillas de color pardo verdoso claro con abundantes restos de gasterópodos de *Biomphalaria* sp de menos de 1cm y 0,35m de limos arcillosos pardo claro con eflorescencias salinas y con desarrollo de suelos salinos.

Hay una amplia coincidencia en todos los investigadores que trabajaron en la zona, en considerar

que las condiciones ambientales en las que se depositaron estos sedimentos corresponden a esteros fluviales o lagunas de aguas poco profundas.

Contenido paleontológico

Vilela y Riggi (1953, 1956) reconocieron varios géneros de diatomeas (*Hyalodiscus*, *Campylodiscus*, *Epithemia*, *Denticula*, *Navicula*, *Surirella*, *Nitzschia*, *Caloucis* y *Cyclotella*), silicoflagelados, espículas de esponjas y células de gramíneas. Recientemente, Melchor *et al.*, (2000) reportaron el hallazgo de restos vegetales posiblemente de gramíneas e icnofacies como *Skolithos* isp., excavaciones de vertebrados y rizolitos. En los perfiles levantados en este trabajo se ha reconocido la presencia de gasterópodos del género *Biomphalaria* sp.

Edad

Inicialmente, Vilela y Riggi (1956) asignaron esta unidad al Holoceno. Igual criterio tuvieron Melchor *et al.*, (2000). En este trabajo consideramos que la edad de estos sedimentos podría ser coincidente con el inicio del último interglacial es decir, Pleistoceno superior-Holoceno inferior.

Formación Meaucó (16)

Arenas

Antecedentes

Fue Giai (1975) quien designó informalmente como Formación Meaucó a los extensos mantos de arena que cubren gran parte del sector central y oriental de la Hoja y a los cordones arenosos encauzados en la mayoría de los valles.

Anteriormente, Groeber y Tapia (1933) y Tapia (1935, 1937) designaron bajo la denominación de

Médano invasor al manto prácticamente continuo de sedimentos eólicos que cubren gran parte de la llanura pampeana.

Cannelle (1950) describió estos mantos entre Telén y el valle del río Salado-Chadileuvú, denominándolos Médanos fluvio-eólicos. Posteriormente, Vilela y Riggi (1953) los reconocieron y describieron granulométrica y composicionalmente en la descripción geológica de las Hojas 31h, Sierra de Lihué Calel y 31i, Sierra Chica, del primitivo programa de levantamiento de hojas del Servicio Geológico.

Tullio (1981) mantuvo la denominación original de Giai (1975) y definió como área tipo las acumulaciones del valle de Meaucó; Melchor y Llambías (2000) usaron igual denominación para referirse a los extensos mantos de arena modernos de la Hoja Santa Isabel, mientras que Melchor *et al.*, (2000), en la vecina Hoja La Reforma, los nominaron informalmente como Depósitos eólicos.

Distribución areal

En el ámbito de la Hoja General Acha la unidad tiene su mayor desarrollo al este del valle aluvial del río Salado o Chadileuvú, donde grandes cantidades de arena sin una morfología determinada, se extienden formando un manto que fueron definidos en el mapa como depósitos de *montones de arena* (16a en el mapa) cubriendo formaciones rocosas del basamento y de la Formación Cerro Azul, las que ocasionalmente asoman como cerros testigo. Hacia el norte y oriente de la Hoja estos sedimentos cambian su morfología por dunas tipo barjanes, longitudinales y parabólicas y se extienden constituyendo los depósitos de dunas en *dedos de guante* (16b en el mapa) por la parte central de los valles pampeanos transversales, donde se acu-



Figura 15a: «Montones de arena» en el oeste de la Hoja



Figura 15b: Dunas tipo barjanoides en el NO de la Hoja

mulan alcanzando una potencia que oscila entre 3 y 10 metros sobre el nivel topográfico (Figs. 15a y 15b)

Es evidente la presencia de mayor cantidad de arena en el flanco sur de los valles la que, por la dirección predominante de los vientos (SO-NE), constituye la cara de acumulación. Muchos de estos depósitos están fijos por vegetación, observándose también varios activos.

Al SO de la Hoja, en el valle del río Chadileuvú, también se reconoció su presencia conformando potentes acumulaciones que cubren sedimentos aluviales y fluvio-lacustres.

Litología

Mineralógicamente, la composición de la arena eólica, según Visconti (1986), incluye plagioclasa cálcica (31%), ortosa (22%), vidrio volcánico (15%) y cuarzo de origen volcánico (8%), además de minerales pesados de rocas eruptivas básicas. Los granos están poco o medianamente redondeados, destacándose la fuerte alteración de la ortosa, en tanto que las plagioclasas están sanas.

Szelagowski (2003) realizó estudios de tres sectores medanosos de la provincia de La Pampa con el fin de establecer la procedencia de los depósitos. Al respecto, los análisis mineralógicos permitieron determinar que existiría un aporte mixto de materiales, uno distal correspondiente al sistema fluvial del Bermejo-Desaguadero-Salado-Curacó, y otro local referido a los afloramientos rocosos del basamento ígneo metamórfico de la región.

Según Iriondo y Kröhlhing (1996), quienes denominaron estos depósitos como *Mar de Arena Pam-*

peano, la granometría es muy homogénea, entre arena muy fina y limo. Asimismo, las direcciones de los paleomédanos sugieren que los sedimentos provienen principalmente de la Precordillera y Cordillera cuyana y en forma subordinada de las Sierras Pampeanas, y además de las lluvias de cenizas, fueron transportados por las aguas de deshielo hacia el sur a lo largo del sistema del Desaguadero y luego removidos por el viento desde la planicie aluvial en dirección NNE durante el clima seco. La alternancia de climas cálido-húmedos y frío-secos ha producido varios episodios de remoción parcial de sedimentos, intercalados con fases de pedogénesis. Al respecto, Gai (1975) y Gai y Tullio (1998) reconocieron capas arcillosas discontinuas intercaladas en la sucesión arenosa, que interpretaron como el registro de episodios lagunares ocurridos bajo condiciones climáticas más húmedas. Sobre esta hipótesis trabajaron también Gai *et al.* (2008), quienes propusieron que esta alternancia climática, árido seco - cálido húmedo, estuvo vinculada con épocas glaciales e interglaciales que se dieron a partir del Pleistoceno tardío.

Edad

Cannelle (1950) indicó que la edad de estas arenas es posterior a la sedimentación de las arenas y limos del río Chadileuvú, llegando hasta la actualidad. Por su parte, Melchor y Casadío (2000) consideraron que la unidad incluye depósitos holocenos antiguos *fosilizados* y médanos actuales móviles y parcialmente vegetados. En este trabajo los autores consideran que estos sedimentos tendrían una edad probable Pleistoceno tardío-Holoceno.

Depósitos aluviales sobre superficies pedimentadas (17)

(Formación Valle de Maracó)

Arenas grises, lentes de gravas de tosquillas

Antecedentes

Estos depósitos fueron nominados por Tullio y Martínez (1979) como Formación Valle de Maracó para designar a los sedimentos adosados a los flancos laterales de los valles y a las depresiones labradas sobre la Formación Cerro Azul. Se consideran equivalentes a la Formación Puesto Alí (Espejo y Silva Nieto, 1986) y a los denominados Depósitos que cubren superficies pedimentadas (Espejo y Silva Nieto, 2007), unidades definidas para las hojas Puelches y Gobernador Duval, respectivamente.

Distribución areal

La unidad se encuentra bien representada en los bordes de las planicies estructurales constituidas por la Formación Cerro Azul y los calcretes que la cubren, con especial desarrollo en el sector oriental de la Hoja, adosada a los flancos de los valles de Hucal, Maracó Grande, Maracó Chico, Argentino y Quehué. En la zona de transición entre el valle de Maracó Chico y el Valle Argentino el proceso de pedimentación está más avanzado, escindiéndose el flanco norte del valle de Maracó Chico en una serie de lomadas, lo que se repite entre el Valle Argentino y el valle de Quehué.

Litología

Estos sedimentos cubren superficies pedimentadas y fueron originados por un proceso de erosión retrocedente principalmente de los flancos de los valles. Están compuestos por arenas grises y castañas con lentes de gravas de tosquillas. El material descripto constituye en ocasiones relictos no funcionales, aunque en la mayoría de los casos es material en tránsito. Aquellas superficies pedimentadas que están cubiertas por depósitos no funcionales de esta unidad, se definen como pedimentos encubiertos o cancelados (Fidalgo, 1963).

Son depósitos en general poco potentes e inconsolidados y suelen estar disectados por cañadones, su espesor varía entre 3 a 4m en la porción proximal a la escarpa y escasos centímetros en la parte distal, donde se confunden con sedimentos eólicos o aluviales.

Edad

El desarrollo de los pedimentos y los depósitos que los cubren es posterior a la incisión de los valles

transversales acontecida a posteriori del Mioceno tardío y del desarrollo del calcrete del Nivel I, estimándose que el proceso podría haber comenzado hacia el Plioceno como máximo, alcanzando mayor desarrollo durante el Pleistoceno y extendiéndose hasta el presente, ya que es un proceso activo que continúa hasta la actualidad.

2.5.3.3. Holoceno

Depósitos coluviales indiferenciados (18)

Arenas finas, limos, limoarcillas

Esta unidad está constituida por sedimentos inconsolidados de arenas finas, limos y limo-arcillas; si bien son comunes en todo el ámbito de la Hoja, se desarrollan con rango mapeable en los taludes que circundan los bajos y las mayores alturas situadas en el sudoeste de la Hoja, como las sierras de Lihué Calel, Chata y Chica.

Depósitos aluviales (19)

Arenas gruesas a finas, arenas limosas, limos, arcillas, gravas

Esta unidad incluye los depósitos fluviales producto de la sedimentación actual del río Chadileuvú constituyendo su planicie de inundación, si bien el manejo del río Salado aguas arriba determina que transcurran largos períodos en los cuales se mantiene el cauce seco y sin aporte de materiales. Mayoritariamente son sedimentos de granulometría fina: arenas, limos y arcillas de color pardo, arenas gruesas y también gravas (predominantemente de naturaleza basáltica) aunque netamente subordinadas como barras gravosas laterales de tipo longitudinal, de carácter netamente alóctono.

Al este de la sierra Chata se reconocieron arcillas rojas muy plásticas que acompañan el curso del Chadileuvú y que podrían corresponder a una antigua planicie aluvial o a un área de esteros o lagunas conectadas al río, constituyendo un brazo que se extendía en dirección al salitral Levalle.

Depósitos finos de bajos y lagunas (20)

Arenas finas, limos arenosos, arcillas, evaporitas

Son depósitos de granulometría fina que corresponden a materiales clásticos de fracción arena fina, limo arenosa y arcillosa con alto contenido de carbonatos y cloruros de sodio (halita y yeso), que conforman el piso de las depresiones, como el salitral

Levalle y otras menores que constituyen un rasgo común en la Hoja. Al actuar este material fino como fondo impermeable, el agua de lluvia es retenida originando salinas o cuerpos de agua.

En el salitral Levalle la playa y el piso están constituidos por sedimentos arcillosos negros, fétidos y yesosos. Sobre la playa suelen verse montones de arena muy fina proveniente de las laderas del bajo, que constituyen verdaderas dunas salinas.

3. ESTRUCTURA

Los rasgos estructurales del área cubierta por la Hoja son difíciles de determinar debido a la gran cubierta de sedimentos eólicos y vegetación que los enmascaran, sumado a la falta de relaciones claras entre las diferentes unidades rocosas. Sin embargo, se pueden inferir por observaciones directas de la morfología del paisaje y de los reducidos afloramientos, así como también indirectamente por análisis de fotografías aéreas, imágenes satelitales e interpretación de datos geofísicos.

Estructura del basamento

El área abarcada por la Hoja General Acha forma parte de dos provincias geológicas, el Bloque de Las Mahuidas (Ramos, 1999) y el Bloque de La Pampa Central (Folguera y Zárate, 2009).

El Bloque de Las Mahuidas inicialmente fue definido como Zócalo de las Mahuidas por Ramos y Cortés (1984) y posteriormente Ramos (1999) le dio entidad como provincia geológica, enfatizando el carácter rígido que tuvo la región desde el neopaleozoico. Históricamente se asoció esta región con la provincia geológica de las Sierras Pampeanas, pero que no estuvo sometida con la misma intensidad a los importantes levantamientos andinos que sufrieron aquellas durante el Neógeno y el Cuaternario. Nágera (1939) reconoció la identidad orográfica propia de la región, en tanto que Llambías y Caminos (1987) y Llambías *et al.* (1996) la denominaron Bloque de Chadileuví.

El Bloque de La Pampa Central fue propuesto por Folguera y Zárate (2009), está ubicado al norte del Bloque de Las Mahuidas y separado de éste por un límite transicional en el que está ubicada la Hoja que se describe, extendiéndose hacia el norte hasta aproximadamente la sierra de Lonco Vaca, que corresponde al alto estructural de Rancúl definido por Kostadinoff *et al.* (2001). Los criterios utilizados por

Folguera Telichevsky (2011) para definir este bloque se basaron en rasgos estratigráficos, geomorfológicos y estructurales distintivos que permiten separarlo, por el norte, de la llanura Chaco-Pampeana por la ausencia de registros de la ingresión marina Paranense, y por el sur por la existencia de una importante cubierta de sedimentitas del Mioceno tardío (Formación Cerro Azul) que conforman una planicie estructural que no se observa en el Bloque de Las Mahuidas.

En el ámbito de la Hoja, el basamento de estos bloques se hunde progresivamente hacia el sur hasta la latitud de la sierra Chica. Asimismo, se profundiza hacia el este en la zona del Valle Argentino, favorecido por un escalonamiento poco pronunciado provocado por fallas probablemente tensionales (Terraza *et al.*, 1981; de Elorriaga, 1997), transversales al valle. Por medio de sondeos eléctricos verticales realizados entre el paraje El Carancho y General Acha, se estableció que la profundidad del basamento varía entre 338m al este (General Acha) y 80m en el oeste (El Carancho). Al respecto, Folguera Telichevsky (2011) coincide en que los bloques del basamento están basculados hacia el este con pocos metros de rechazo, señalando que fue por efecto de la subducción subhorizontal definida para el Mioceno tardío en estas latitudes.

Mediante la aplicación de métodos geofísicos aeromagnéticos, Chernicoff y Zappettini (2003a, 2003b, 2004) pudieron identificar megaestructuras, fallas, corrimientos y suturas que separan diferentes terrenos que conforman el basamento de la región centro austral de la Argentina. Sobre la base de esta interpretación, el área cubierta por la Hoja, está surcada en el sector SO por la sutura Cuyania-Pampia, con un rumbo NO-SE, y en el sector centro oriental por la sutura Pampia-Cratón del Río de la Plata, que tiene un rumbo NE-SO. De esta manera, el basamento de la comarca está compuesto por la porción meridional del terreno Pampia, la occidental del Cratón del Río de la Plata y por un pequeño segmento del extremo sur del terreno Cuyania (Fig.16).

El terreno Pampia comprende metasedimentitas neoproterozoicas y cámbrico-ordovícicas, aflorantes y subaflorantes, que constituyen la caja del sistema arco-retroarco famatiniano en la provincia de La Pampa. Los Esquistos Santa Helena conforman las metasedimentitas neoproterozoicas, en tanto que los Esquistos Green, reconocidos al norte, fuera la Hoja, corresponden a metasedimentitas cámbrico-ordovícicas.

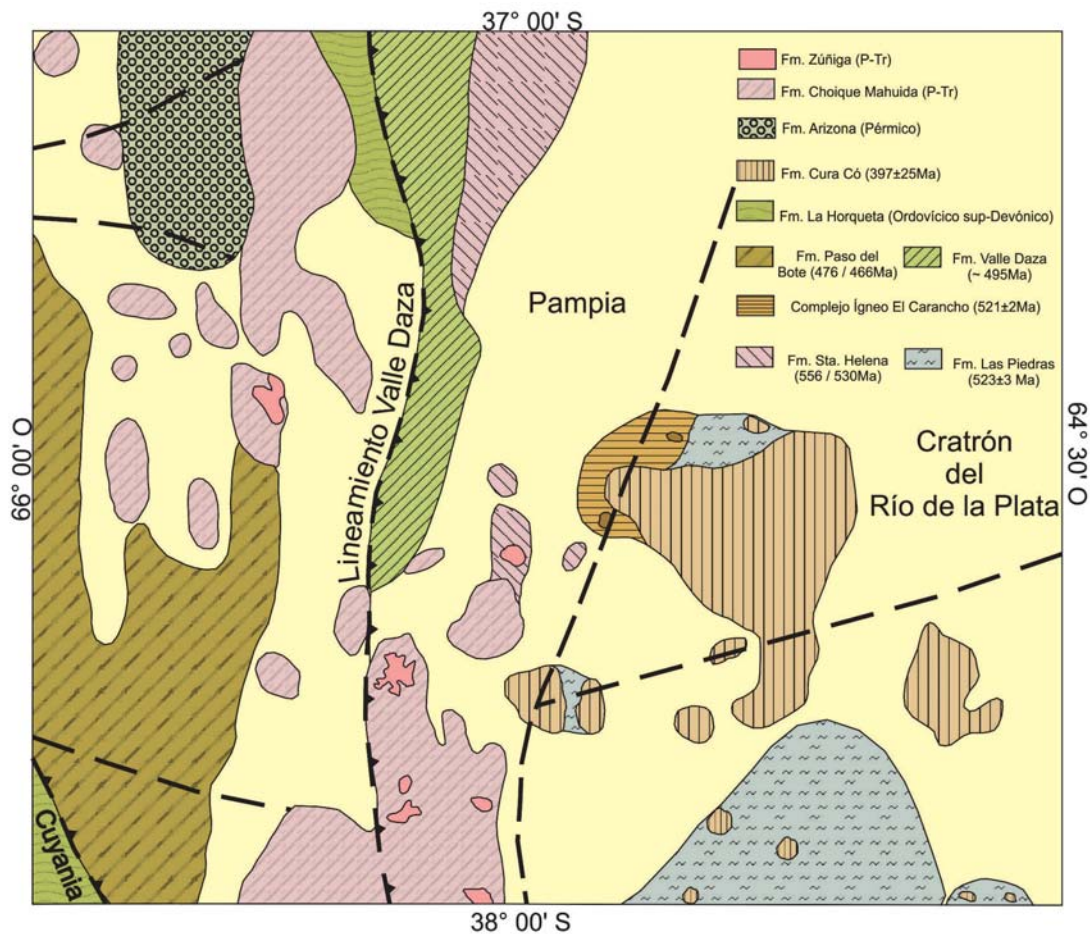


Figura 16: Mapa geológico del basamento premesozoico de la Hoja General Acha

Al norte de la Hoja, también en el terreno Pampa, ha sido identificado un corrimiento de orientación norte-sur y vergencia hacia el oeste, que limita una faja de dirección aproximada norte-sur de metagabros ordovícicos, metamorizados en facies anfibolita y esquistos verdes, designados como Formación Valle Daza e interpretados como parte del retroarco magmático famatiniano, de incipiente desarrollo en esta región (Chernicoff *et al.*, 2005, 2009b; Zappettini *et al.*, 2005), que sería coincidente con la falla descrita por Tapia (1930), que se extiende desde el sur de San Luis hasta Chacharramendi, y con el lineamiento Valle Daza (Folguera Telichevsky, 2011).

En el sector O-SO de la Hoja, del lado oriental de la sutura Cuyania-Pampa ha sido reconocida una faja de dirección casi norte-sur de rocas metaígneas ordovícicas, limitada por un corrimiento con vergencia hacia el oeste, que afloran en Paso del Bote, al norte de la laguna Urre Lauquen en la vecina Hoja Puelches (Espejo y Silva Nieto, 1985 y 1996), pero tienen continuidad en el subsuelo de ese sector de la Hoja (Chernicoff *et al.*, 2008d). Esta estructura se-

ría coincidente con el lineamiento Santa Isabel descrito por Folguera Telichevsky (2011) que se extiende, evidenciado por un gran resalto, por el borde oriental del valle del río Salado-Chadileuvú-Curacó.

El Cratón del Río de la Plata, que se reconoce en el sector oriental de la Hoja, está compuesto por esquistos micáceos y filitas, con una esquistosidad dominante NO-SE, expuestos en afloramientos pequeños y dispersos.

Mediante mínimos gravimétricos, Kostadinoff *et al.* (2001) ubicaron en la zona de Quehué una estructura caracterizada por mínimos gravimétricos y altos gradientes laterales, que indican la presencia de importantes fallas de alto ángulo. Esta estructura se extiende por el este de La Pampa con un rumbo NO-SE (330°), un ancho de aproximadamente 15km y por más de 250km. Con estos elementos definieron la cuenca de Quehué, asimilándola a una cuenca de rift intracratónica rellena con una pila sedimentaria cuyo espesor varía entre 689 y 2910m (de Elorriaga *et al.*, 2013). La edad de esta cuenca sería triásica o cretácica, en función de la vecindad con la cuenca de Macachín ubicada al este, que

posee unidades de esa edad, y debido a la presencia de sedimentitas cretácicas próximas a esta estructura descriptas por Casadío et al. (2000) en el SE de La Pampa. Un dato interesante es el hallazgo, en el NE de la Hoja Puelches y SE de la Hoja General Acha, de basaltos subalcalinos que estarían posiblemente vinculados con la apertura del rift de Quehué en tiempos cretácicos (Silva Nieto *et al.*, 2014). Esta cuenca se habría desarrollado a favor de la sutura entre el terreno Pampa y el Cratón del Río de la Plata (de Elorriaga *et al.*, 2013). Un segmento de esta cuenca se reconoce en el sector oriental de la Hoja, al este de General Acha y de la estancia La Magdalena.

Algunas de las estructuras descriptas para el basamento, si bien están enmascaradas ya sea por las sedimentitas miocenas o por sedimentos eólicos cuaternarios, podrían determinarse en superficie por las diferencias de cota entre los distintos afloramientos de las rocas ígneo-metamórficas por efecto de acomodamiento de los bloques que lo componen y/o por

el reflejo de la estructura en la Formación Cerro Azul como consecuencia de la tectónica neógena. Al respecto, Folguera Telichevsky (2011) hizo un detallado estudio vinculado con esa deformación. Es así que el lineamiento que define la cuenca de Quehué tiene una sutil expresión superficial controlando el drenaje de algunos tributarios de los valles de Quehué, Maracó Chico, Utracán-General Acha (Argentino) de acuerdo con Kostadinoff *et al.* (2001) (Fig.17).

Al oeste de la Hoja, entre el valle del Chadileuvú y el lineamiento Valle Daza, se ha reconocido un lineamiento de orden menor, aproximadamente 30km al oeste del cruce de la ruta nacional 152 con la provincial 24, puesto en evidencia por un importante resalto que limita al este con un bloque alto peneplanizado, conformado principalmente por granitos de textura gruesa, en parte pegmatítica (Formación Curacó) que en sectores puede presentar una delgada cobertura, como remanente de erosión, de sedimentitas de la Formación Cerro Azul. Este

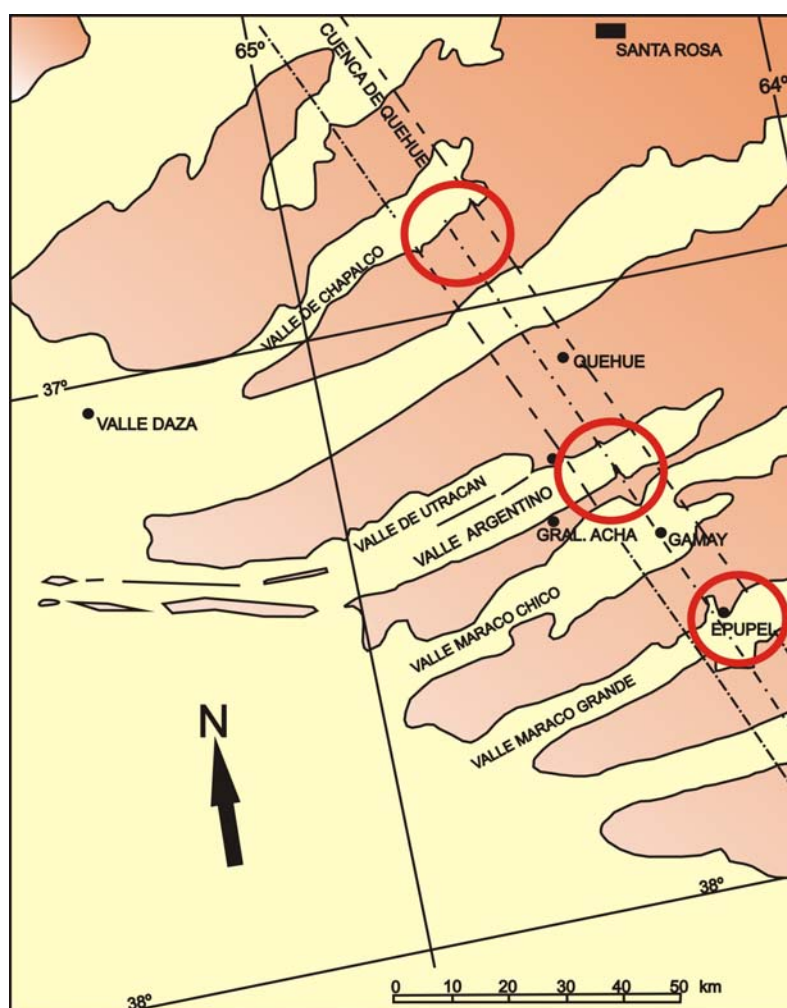


Figura 17: Expresión geomorfológica de la cuenca de Quehué, representada por el control estructural del drenaje de algunos tributarios de los valles pampeanos (modificado de Kostadinoff *et al.*, 2001)

bloque está mayormente cubierto por su propio regolito y/o por sedimentos eólicos. Por el oeste limita con un bloque bajo que presenta zonas deprimidas muy planas con una importante cobertura eólica donde ya no hay indicios de afloramientos de rocas del basamento, las que progresivamente se hunden hacia el valle del río Chadileuvú. Hacia el NNO la traza de este lineamiento es coincidente con los afloramientos que exponen el bloque alto en loma Redonda, loma Alta, cerro Azul y cerro Bayo. Hacia el SSE el bloque se hunde progresivamente y se infiere por el alineamiento de una serie de bajos, como el Bajo del 10, el de La Asturiana y otros menores sin nombre, culminando en la sierra Chica, en un lineamiento de rumbo NE-SO que condiciona el emplazamiento del salitral Levalle y limita por el norte el bloque de Lihué Calel, este último constituido fundamentalmente por bancos de ignimbritas riolíticas de la Formación Choique Mahuida, que tienen un rumbo aproximado NS e inclinan 20° a 25° hacia el oeste, que están intensamente diaclasadas por dos sistemas dominantes: NO-SE y NE-SO, y un sistema menor EO.

4. GEOMORFOLOGÍA

Los rasgos geomorfológicos del área cubierta por la Hoja General Acha son el producto de la acción modeladora hídrica conjuntamente con la acción eólica, condicionados por las características litológicas y estructurales de la región. Es posible distinguir varias áreas con características geomorfológicas distintivas.

Planicie estructural disectada

Este paisaje se reconoce principalmente en las mitades norte y oriental de la Hoja. Su desarrollo se debe a la presencia del calcrete duro y resistente que cubre las sedimentitas de la Formación Cerro Azul, protegiéndolas de la erosión al ser estas últimas más friables. La planicie está levemente inclinada hacia el este, registrando en el borde más occidental cotas cercanas a 380m, que disminuyen gradualmente hacia el este hasta 270/280m en el límite oriental de la Hoja. Una característica distintiva de esta planicie estructural es que está fuertemente disectada por una serie de valles transversales; los más importantes, de norte a sur, son los valles de Quehué, Utracán, Argentino, Maracó Grande, Maracó Chicho y Hucal, que tienen una orienta-

ción NE los septentrionales y EO a SO los australes. Sus longitudes varían entre 80km y 100km, alcanzando profundidades de hasta 100m. Sus cabezas están hacia el este y se ensanchan hacia el oeste; internamente se han reconocido hasta tres resaltos aterrazados, como indicio de un paisaje policíclico.

El origen de los valles pampeanos siempre ha sido motivo de controversia. Muchos autores les atribuyeron un origen tectónico a partir de fallas o grabenes que serían coincidentes con sus trazas (Stappenbeck, 1943; Cordini, 1950; Linares *et al.*, 1980). Otros, por el contrario, les asignaron un origen puramente erosivo (Tapia, 1930; Terraza *et al.*, 1981; Malagnino, 1988). Estudios geofísicos más recientes revelaron que no hay anomalías gravimétricas o magnetométricas coincidentes con la traza de los valles (Kostadinoff *et al.*, 2001). Lo mismo indican los relevamientos magnetométricos llevados a cabo por Chernicoff y Zappettini (2003a y 2003b), que demuestran que las estructuras mayores del basamento que subyace a esos valles son mayoritariamente NS. Silva Nieto *et al.* (2008) adhirieron a la teoría del origen mixto fluvial-eólico, y simplificaron la evolución de los valles pampeanos en tres etapas (Fig. 18), cuyo desarrollo se amplía en este trabajo

Etapla A: A fines del Mioceno superior, con la orogenia Quechua del ciclo Ándico, se produjo hacia el este del territorio una importante acumulación de sedimentos loésicos (Formación Cerro Azul) que conformaron extensas llanuras sobre el basamento cristalino de este sector de La Pampa, compuesto principalmente por unidades del terreno Pampia. Asimismo, se produjo la reactivación de antiguas fallas de rumbo aproximadamente norte-sur que provocaron la dislocación y elevación del basamento, dando lugar a las Sierras Pampeanas orientales de Córdoba y San Luis. En la provincia de La Pampa este proceso fue de mucha menor intensidad y se manifestó como una suave dorsal que controló el drenaje de las aguas superficiales hacia el río Chadileuvú, que a su vez comenzaba a drenar las aguas de los Andes centrales, provocando una importante incisión en la planicie.

Etapla B: Durante el Mioceno-Plioceno, como consecuencia de ese incipiente levantamiento la planicie pampeana central empezó a modificar su morfología; los ríos troncales y sus afluentes comenzaron a labrar sus valles a un nivel inferior como consecuencia de variaciones del nivel de base y se inició el desarrollo, hacia el NE, de

una superficie de pedimentación debido a la erosión retrocedente de las bardas que limitaban el valle del Chadileuvú.

Etapas C: Con la actividad tectónica de la Fase Diaguita del ciclo Ándico, cerca del límite Plioceno-Pleistoceno, continuó el basculamiento de los bloques del basamento hacia el este y así se modificó la pendiente de los valles transversales que drenaban hacia el Chadileuvú, dejando de ese modo de ser funcionales. Posteriormente, con los cambios climáticos acontecidos durante el Pleistoceno y Holoceno (ciclos glaciales e interglaciales), la erosión generada por los vientos dominantes del cuadrante SSO comenzó a tener un papel fundamental y terminó de modelar la incisión de los valles. De la primitiva planicie miocénica, destruida por efecto de la pedimentación, quedaron relictos aislados en el extremo oeste de la Hoja, cerca de Chacharramendi, como los cerros La Bota, Patagua, Azul, Bayo y otros menores adosados al reparo de las sierras de Lihué Calel y Chata, al SO de la Hoja.

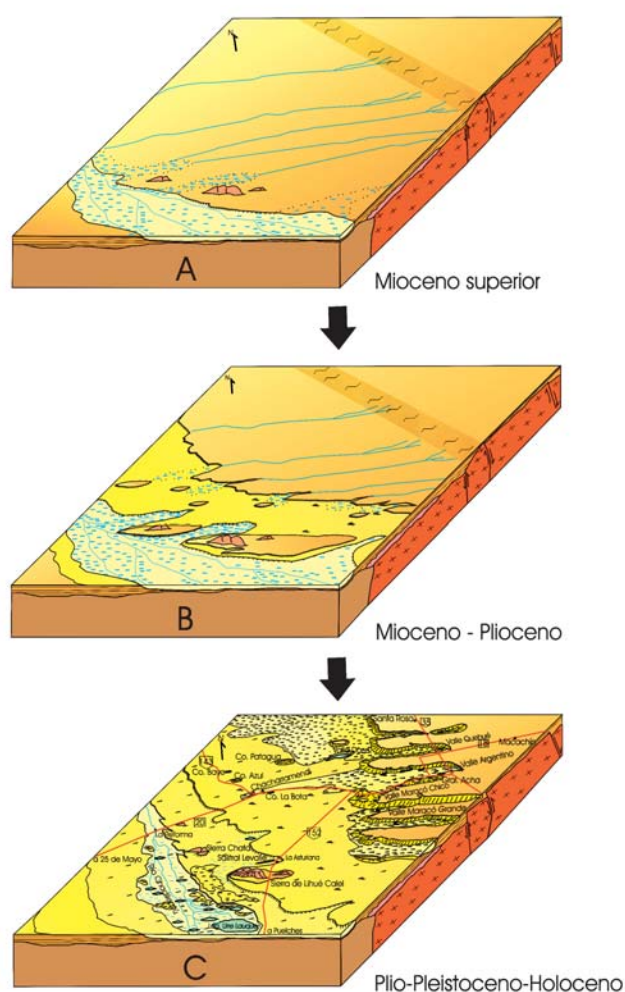


Figura 18: Esquema de evolución de los valles pampeanos

Planicie arenosa eólica

Una cubierta de sedimentos de origen eólico mayormente areno-limosos cubre casi toda la superficie de la Hoja y presenta diferentes morfologías de acuerdo con el sector que se considere.

Sobre la planicie estructural que se encuentra en el sector oriental, se destaca un depósito eólico areno-limoso mantiforme prácticamente uniforme; hacia el oeste, sobre la peniplanicie que se extiende hasta el valle del río Chadileuvú, se reconocieron dos áreas, diferenciadas sobre la base de la morfología que presentan los depósitos eólicos que la cubren: el *área con montones de arena* y el *área de dunas* (Figs. 15a y 15b). La primera se halla en el centro-oeste de la Hoja y su particularidad es que el depósito eólico no tiene forma definida y está mayormente desarrollado al reparo de un obstáculo: vegetación y/o un resalto rocoso. El *área de dunas* se caracteriza porque la acumulación de las arenas eólicas está controlada mayormente por la topografía, en particular por los valles transversales que actúan como corredores que encauzan el viento, ahogándolos o colmatándolos de arena, al punto tal que suelen sobrepasar sus límites; en ellos se reconoce una variedad de dunas, destacándose las longitudinales que tienen varios centenares de metros de longitud. Entre ellas hay extensas áreas de interdunas en las que se suelen formar pequeñas lagunas elongadas. También se reconocen dunas más pequeñas de los tipos parabólico, barjanoide o con forma de estrella, que presentan crestas de direcciones variables (Fig.19). Las dunas en general se han formado por efecto de los vientos provenientes del cuadrante SSO, aunque la morfología de las más pequeñas, que se superimponen a las longitudinales, demuestran que la procedencia de los vientos habría variado al cuadrante O-NO. Hacia el norte y noroeste de Chacharramendi sobresalen en la planicie arenosa cerros testigo de la antigua planicie estructural, como los cerros La Bota, Patagua, Azul y Bayo, que se preservaron de los procesos erosivos de pedimentación que la redujeron.

Serranías

En el sector SO de la Hoja, las sierras de Lihué Calel y Chata representan un accidente orográfico positivo constituido esencialmente por ignimbritas riolíticas que sobresalen abruptamente de la llanura circundante, con una cota cercana a 600 msnm en la de Lihué Calel y a 300 msnm en la sierra Chica.

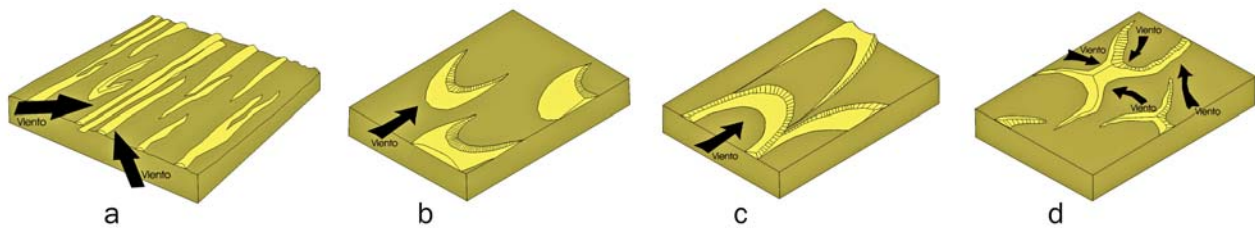


Figura 19: Tipos de dunas. a, longitudinales; b, barjanoides; c, parabólicas; d, en estrella.

Los valles de los arroyos que configuran la red de drenaje de estas elevaciones son subsiguientes, ya que están controlados por las líneas estructurales más importantes, que tienen una orientación NO-SE y NE-SO. Los arroyos se caracterizan por su corta longitud y grandes desniveles, perdiéndose luego en el llano vecino para terminar en algún bajo o colector principal (Fig. 20).

Una particularidad observada en la sierra de Lihué Calel es la presencia de grandes bloques limitados por la intensa fracturación que se da en las direcciones NE-SO, NO-SE y horizontal, que mues-

tran una importante exfoliación catafilar y a favor de las fracturas se produce una importante erosión diferencial que resalta los bloques. El resultado es un paisaje consistente en el amontonamiento en vertical y horizontal de bloques riolíticos, algunos con cierta inestabilidad, que podrían definirse como *tors* (Fig. 21).

Valle del Chadileuvú

El sector SO de la Hoja está atravesado, con rumbo sudoeste, por el río Chadileuvú en un tramo de



Figura 20: Vista panorámica del flanco oriental de la sierra de Lihué Calel



Figura 21: Sierra de Lihué Calel, vista del apilamiento de bloques riolíticos definidos como *Tors*

25km. Discurre con un diseño anastomosado por un amplia planicie de inundación de aproximadamente 15km de ancho en la que se observan marcas y lagunas semilunares, lagunas encadenadas e incluso zonas con esteros parcialmente inundadas. Es un río intermitente cuyo régimen hídrico es estacionario y actualmente está alterado por las represas que se construyeron en su cuenca aguas arriba. Sobre la planicie aluvial, por sectores, hay pequeños campos de dunas formados al reparo de ambas márgenes del valle, que en algunos casos superan sus límites.

5.HISTORIA GEOLÓGICA

La unidad más antigua aflorante en el ámbito de esta Hoja son los Esquistos Santa Helena, que se interpretan como pertenecientes a una secuencia supracortical depositada entre los 556 y 530-520 Ma (Neoproterozoico-Cámbrico inferior) en el borde oriental de Pampia, en una cuenca de antepaís equivalente a la etapa tardía de la cuenca Puncoviscana (Zappettini *et al.*, 2010).

El magmatismo del Cámbrico inferior, representado por el Complejo Ígneo El Carancho, corresponde a los afloramientos más australes de un arco desarrollado en el margen activo de Pampia, entre los 530 y 520 Ma.

En el margen pasivo del Cratón del Río de la Plata se desarrolló concomitantemente una secuencia de plataforma, correspondiente a la Formación Las Piedras, que comprende areniscas, pelitas e intercalaciones locales de calizas, metamorfizadas durante la orogenia Pampeana.

La colisión de Pampia y el Cratón del Río de la Plata hacia los 530-520 Ma (Cámbrico inferior) dio lugar al desarrollo del Orógeno Pampeano evidenciado en la región estudiada por la presencia de circones metamórficos en el Complejo Ígneo El Carancho (Chernicoff *et al.*, 2012) y la edad del metamorfismo de la Formación Las Piedras.

Con el inicio de la subducción en el margen occidental de Pampia, ya re-acrecionada a Gondwana, se desarrolló un magmatismo de arco, cuyo exponente más austral corresponde a la Formación Paso del Bote (Villar *et al.*, 2005; Chernicoff *et al.*, 2008d), al que se asocian gabros tipo MORB relacionados con el desarrollo incipiente de corteza oceánica por rifting en el retroarco (Formación Valle Daza) (Chernicoff *et al.*, 2005; Zappettini *et al.*, 2005; Chernicoff *et al.*, 2009b). Asociada con la orogenia Famatiniana, en relación con la colisión

Cuyania-Pampia hacia los 465 Ma y hasta los 450 Ma, se ha registrado un episodio metamórfico datado en circones metamórficos de esquistos-gneises del área Paso del Bote (Chernicoff *et al.*, 2008a, 2008b) correlacionable con el descripto para los Esquistos Santa Helena.

El desarrollo del Orógeno Famatiniano a lo largo de la sutura Cuyania-Pampia dio lugar en la región centro austral argentina, al depósito de sedimentos de antepaís de edad ordovícica superior-devónica inferior representados por la Formación La Horqueta (Chernicoff *et al.*, 2008f).

Con la acreción de Chilenia al margen occidental de Gondwana se asocian los movimientos Chánicos, con los que se vincula un magmatismo de tipo postorogénico representado por granitoides de la Formación Curacó; estos movimientos asimismo reactivaron fallas preexistentes y condujeron a la formación de depocentros más o menos aislados, de los cuales el principal en la región de estudio es el identificado como depocentro Arizona, cuenca pull-apart vinculada con el movimiento dextrógiro a lo largo de la falla Lonco Vaca-Valle Daza, movimiento concomitante con el observado a lo largo de las suturas occidentales de Pampia y Cuyania (Chernicoff y Zappettini, 2005, 2007).

El extenso magmatismo félsico gondwánico con afinidades de arco está representado en la región por volcanitas mesosilícicas (Formación El Centinela) a ácidas (Formación Choique Mahuida) y granitoides (Formación Zúñiga), habiéndose identificado en el área, al sur de la Hoja, una intrusión sienítica con tendencia alcalina (Stock Estancia El Trabajo; Lagorio *et al.*, 2008), asociada a la etapa final extensional.

Con el desarrollo de los sistemas de rift pampeano central y occidental de la Argentina durante la etapa distensiva del Cretácico temprano (Ramos, 1999; Chebli *et al.*, 1999), se habrían extruido los basaltos subalcalinos hallados en la estancia La Magdalena, los que por su ubicación geográfica podrían estar vinculados con el rift de la cuenca de Quehué (Silva Nieto *et al.*, 2014).

No existen evidencias, dentro del ámbito de la Hoja, de sedimentación hasta fines del Mioceno; en consecuencia, la acción de los agentes morfogenéticos condujeron a la peneplanización de las unidades más antiguas, lo que produjo la casi nivelación del territorio.

A fines del Mioceno superior, con la orogenia Quechua del ciclo Ándico, se produjo la sedimentación de la Formación Cerro Azul, que dio lugar al

desarrollo de extensas llanuras sobre el basamento cristalino de este sector de La Pampa (Bloque de La Pampa Central, Folguera Telichevsky, 2011). Simultáneamente se produjo la reactivación de antiguas fallas del basamento, de rumbo aproximado norte-sur, que elevaron bloques dando lugar al inicio de las sierras Pampeanas orientales de Córdoba y San Luis. Hacia el sur, en la provincia de La Pampa, el movimiento de bloques se manifestó como una suave dorsal que controló el drenaje de las aguas superficiales hacia el río Chadileuvú, modificándose la morfología de la planicie pampeana central al desarrollarse los valles transversales.

Los cambios climáticos acontecidos durante el Cuaternario, caracterizados por una alternancia de periodos glaciales fríos y secos e interglaciales más cálidos, favorecieron la erosión eólica al incrementarse los vientos dominantes del cuadrante SSO, sumándose al modelado de los valles transversales. Contemporáneamente, los sedimentos aportados desde el norte y el oeste por los ríos de la alta cuenca del Desaguadero-Chadileuvú conformaron una importante planicie aluvial que fue intensamente deflacionada por los vientos dominantes, y sus sedimentos redepositados en las peniplanicies situadas al este y en los valles transversales, conformando los enormes depósitos arenosos de la Formación Meaucó.

El proceso de remodelado eólico continúa en la actualidad y es un indicio de un cambio de las condiciones climáticas hacia una mayor aridización.

La estratigrafía de la Hoja se completa con los depósitos coluviales indiferenciados, depósitos aluviales y depósitos finos de bajos y lagunas desarrollados a finales del Holoceno.

6. RECURSOS MINERALES

6.1. DEPÓSITOS DE MINERALES METALÍFEROS

Níquel – Platino diseminado

En el año 1999, la empresa Marifil S.A. inició estudios de prospección en la zona de Valle Daza y Lonco Vaca (fuera del ámbito de la Hoja) en búsqueda de zonas favorables para estos metales básicos y preciosos. Así, en el año 2000 se encontraron evidencias geológicas y geofísicas que confirmaban la potencialidad de estas áreas para alojar concentraciones económicas de estos minerales metalíferos, utilizando métodos gravimétricos y magnetométricos

a escala regional. En el caso del Valle Daza, en el área denominada Rafiki, se realizaron reconocimientos en el campo para verificar su existencia, consistentes en la localización e identificación, tanto de los escasos afloramientos rocosos en lagunas y salitrales, como del regolito detectado en las picadas y caminos. Sin embargo, y según informes de la misma empresa, de los datos gravimétricos y geológicos, así como de los estudios magnetométricos realizados, consistentes en mediciones cada kilómetro, se concluyó que las rocas del lugar (granitos y sedimentitas metamórficas) no son favorables para albergar estos minerales, abandonando el proyecto (Marifil, 2000).

6.2. DEPÓSITOS DE MINERALES INDUSTRIALES

Cuarzo

En las cercanías de Chacharramendi se halla cuarzo que serviría para fabricar vidrio tipo botella ya que contiene hierro.

Sulfato de sodio

La Ernestina

El yacimiento La Ernestina está ubicado en el valle de Utracán, 2 km al sudoeste de la estación del mismo nombre, en la Sección IX, Fracción C, Lote 5, del departamento Utracán.

La geología local está constituida por sedimentitas continentales plio-pleistocenas y cuaternarias.

El valle que ocupa la sulfatera tiene una extensión transversal que varía entre 15 y 20 km, con una profundidad de unos 90 m como máximo.

Intercalada entre las «lagunas» La Manga y Tulio, las aguas pluviales penetran en La Ernestina por el sudoeste, después de haber atravesado una larga serie de lagunas y salitrales de aguas fuertemente salinizadas. Recibe un importante aporte de agua a través de los denominados «lloraderos», vertientes que resultan de aguas freáticas que afloran en el borde de la sulfatera.

La laguna tiene una longitud de alrededor de 1000m y un ancho de unos 500 metros. Según indicaron Angelelli *et al.* (1976), el cuerpo salino está constituido por una capa de unos 2 m de potencia conformada por una costra salina, de 2 a 10cm de espesor, 1 a 2m de fango negro arcilloso y/o arenoso y, por debajo, arena que forma el piso.

El espesor de la costra salina, compuesta por thenardita y mirabilita, es de unos 7cm en el extre-

mo nordeste y 3cm en el extremo sudoeste. La composición de dicha costra, sobre materia seca, expresada en combinaciones probables, correspondiente a dos muestras, se brinda en el Cuadro 2.

Los mismos autores indicaron que los fangos negros arcillosos situados debajo de la costra son muy plásticos, contienen materia orgánica en proceso de fermentación pútrida y registran, en término medio, la siguiente composición que se detalla en el Cuadro 3.

La composición química de las aguas de La Ernestina, según Cordini (1967), se detalla en el Cuadro 4.

La posibilidad de renovación de las sales de La Ernestina podría ser, como todo cuerpo salino, por aporte superficial y por aporte de aguas subterráneas. Dado que La Ernestina forma parte de una serie de cuerpos ligados entre sí, para establecer la calidad de las aguas superficiales se hicieron estudios que determinaron que su aporte de carbonatos y bicarbonatos es insignificante. Por su parte, el aporte subterráneo puede deberse a aguas freáticas

o a sales que ascienden por los planos de falla limitantes del graben.

La mineralización de las aguas freáticas, como así también las pertenecientes a la segunda y tercera napa, no son portadoras de sales, por lo menos en cantidades significativas.

La sulfatera, si bien actualmente no se explota, tiene una reserva de aproximadamente 97.000 t de sulfato de sodio.

6.3. DEPÓSITOS DE ROCAS DE APLICACIÓN

Andesitas

Cantera Lihué Calel

Esta cantera se halla en el kilómetro 130 de la ruta nacional 152, en las coordenadas geográficas 37°52'04"S y 65°26'52"O, siendo su ubicación catastral Sección X-Fracción A- Lote 9. Se accede a ella desde Santa Rosa por la ruta nacional 35 hacia el

	M-235 (%)	M-230 (%)
Bicarbonato de calcio	0,041	0,260
Bicarbonato de magnesio	0,990	1,090
Bicarbonato de sodio	2,981	2,520
Cloruro de sodio	1,292	3,020
Sulfato de sodio	86,220	83,870
Carbonato de sodio	0,760	3,180
Nitrato de sodio	0,032	0,132

Cuadro 2. Composición de la costra salina del yacimiento La Ernestina.

Bicarbonato de calcio y magnesio	1,315 g/l
Cloruro de sodio	6,637 g/l
Sulfato de sodio	5,601 g/l
Carbonato de sodio	4,211 g/l

Cuadro 3. Composición de los fangos del yacimiento La Ernestina.

Residuo seco a 180 °C	182.00 g/l
Alcalinidad total en CO ₃ Ca	33.30 g/l
Bicarbonatos	3.66 g/l
Cloruros	42.55 g/l
Sulfatos	51.35 g/l
Calcio	0 g/l
Magnesio	0 g/l
Sodio	66.66 g/l

Cuadro 4. Composición de las aguas del yacimiento La Ernestina.

sur recorriendo 78km hasta el paraje Padre Buodo, desde allí se intersecta la ruta nacional 152 por la que se transitan 130km hacia el SE. Desde la ruta se observa gran cantidad de material acopiado (Fig. 22).

Los sedimentos superficiales predominantes son arenas finas y limosas que cubren cantos rodados y bloques rocosos. Estos últimos provienen de las formaciones pérmico-triásicas Choique Mahuida y El Centinela, aflorantes en el área. La andesita del yacimiento pertenece a la Formación El Centinela. En la clasificación de depósitos minerales industriales, rocas y gemas de la República Argentina, este yacimiento corresponde al modelo de depósitos asociados a volcanismo subaéreo-Rocas (11g), equivalente al modelo R05 del BCGS.

La cantera, con una reserva de 100.000 t, se explotaba a cielo abierto, extrayendo material sometido a trituración. A partir del año 2000 la planta dejó de estar en actividad a causa de la paralización de las obras viales provinciales, ya que se utilizaba como roca y árido (piedra triturada) para la construcción de la carpeta asfáltica. Posteriormente y debido a una existencia de material acumulado, la empresa despachó esporádicamente algunas toneladas de material, como en el año 2003 con 1.101 t, íntegramente con destino local.

Pegmatitas

La zona comprendida por la Hoja General Acha comprende un área con pegmatitas y posibles minerales asociados, de acuerdo a las áreas prioritarias de prospección de la provincia. En ella el cratógeno presenta áreas de rocas metamórficas y otras de rocas graníticas, debiendo considerarse la relación existente entre los cuerpos pegmatíticos y la roca de caja, en el caso de ser gnéissica por la posible

presencia de tierras raras y en el caso de ser anfibólica por la posibilidad de existencia de berilo, minerales de bismuto, fluorita, galena y fosfatos primarios. Además, en los cuerpos pegmatíticos se deberán determinar las zonaciones y en el caso de presentar feldespatos, será importante establecer su grado de alteración para la posible localización de caolín o gibbsita.

En la zona de El Carancho (en las cercanías de las estancias El Hugo y Los Tajamares) se hallan afloramientos de pegmatitas con cuarzo, feldespato y turmalina. La turmalina es de tipo chorlo y no posee valor económico sino que, por el contrario, cuando aumenta en tamaño y cantidad, es nocivo para el rendimiento del yacimiento. Si bien las áreas observadas no justifican su explotación, sería recomendable explorar la zona.

Granito

Se recomienda estudiar el granito aflorante en sierra Chata para la posible obtención de bloques. Por el contrario, su explotación como piedra partida sería antieconómica por la distancia.

Por otra parte, la cantera ubicada en Loma Alta, si bien está abandonada en la actualidad y se halla alejada de centros poblados, conserva su potencial de proveedora de material, en una buena ubicación relativa dado que se encuentra en el cruce de la ruta provincial 15 y nacional 143 (Fig. 23).

Tosca

A pesar de la abundancia de afloramientos de tosca, sólo en algunas partes puede hablarse de yacimientos que puedan ser aprovechados. Las dificultades para explotar la tosca devienen en su aparición irregular, en su espesor reducido (0,20-0,40m),



Figura 22: Vista panorámica de la cantera de áridos Lihué Calel, en el kilómetro 130 de la ruta nacional 152



Figura23: Cantera de granito para áridos (Fm. Zúñiga) en Loma Alta, en el cruce de las rutas provincial 15 y nacional 143

que a veces llega hasta 1,50m pero sumando capas separadas entre sí por intercalaciones de otros sedimentos. Es un material relativamente blando que sirve para enripiar (macadam al agua) y también tiene utilidad para mejorar los caminos de tierra.

Unos 2 km al sur de General Acha se levanta una loma tendida en dirección E-O cuya altura es de unos 40-50 m sobre el terreno. Allí afloran, cerca de la cumbre, bancos de calcáreos cuya dureza relativa y cuyo alto poder cementante han inducido a usarlo para la pavimentación del pueblo (macadam al agua), resultando muy satisfactoria. El espesor de estos bancos llega a poco más de 1m y el perfil característico está constituido por 0,70m de loess con rodados de calcáreo en su base; 0,20m de banco firme y duro de calcáreo; 0,40m de tosca blanda; 0,40 m de tosca dura y 0,30 m de loess impregnado con calcáreos.

Alrededor de 1,5km al este de General Acha se encuentra una laguna (la más occidental de la serie de lagunas en la cuenca del Valle Argentino) en cuyo borde austral se han formado barrancas con afloramientos de tosca, cuyo perfil es: 0,40 a 3m de loess superior; 1,50 a 2 m de un banco bien formado con tosca esponjosa; 0,80 a 1 m de loess con trozos de tosca; 0,50 m de un banco de tosca irregular y 0,60 m de loess arcilloso con tosca blanda por debajo. Es un yacimiento importante ya que la existencia de tosca es relativamente grande. No obstante, debido a que el destape aumenta conforme al avance de la explotación y a la intercalación de las capas blandas entre los bancos de tosca, puede no resultar económicamente explotable.

En la cantera El Carancho la tosca está reemplazada por calcedonia y cuarzo de grano muy fino en forma de venas o escarapelas, con pequeñas dendritas de manganeso.

En el cerro La Bota, con coordenadas 37°22'16"-65°28'33", se encuentra una cantera abandonada que explotaba la tosca que corona la Formación Cerro Azul, que fue empleada en la pavimentación de la ruta provincial 20 como subrasante y como mejorador para los caminos de tierra. De la misma manera, el material proveniente de la cantera ubicada en el cerro Bayo es utilizado para la reparación de caminos.

Varias canteras de tosca, también empleadas en las obras de asfaltado de la ruta nacional 152 y actualmente abandonadas, se ubican sobre el remanente del Nivel II de calcrete existente en el sector comprendido entre el salitral de La Asturiana y las sierras de Lihué Calel y Chica.

Como indicaron Lorenz y Sotorres (2001), los calcretes de todo tipo (incluso las más macizas), sólo sirven para enripiado y sub-base y base en la construcción de caminos.

7.RECURSOS HÍDRICOS

Agua subterránea

De las relaciones geológicas observadas, en el valle Daza y en la parte occidental de los valles de Quehué y Chapalcó (al NE de la zona de estudio), surge la existencia de un eje, en parte cubierto de

rocas cristalinas que constituyen la prolongación de las sierras de Córdoba y que conforma una divisoria de aguas subterráneas lo que impide una alimentación desde el oeste por esa vía. Además, por el gradiente general de la región y por la constitución geológica, no existe alimentación desde el norte, sur o este, por lo que la única posibilidad de recarga de los acuíferos es a través de las precipitaciones que caen en la zona. En consecuencia, las posibilidades de alumbrar agua subterránea de buena calidad en la provincia de La Pampa, y particularmente en la Hoja General Acha, disminuyen de este a oeste, en función de la disminución de las lluvias.

Los materiales gruesos, como grava y arena, dan como resultado acuíferos de buen rendimiento y de buena calidad, mientras que un relieve positivo compuesto por médanos también da lugar a la presencia de un acuífero de buena calidad.

En los numerosos valles transversales que surcan la zona, el agua se encuentra a escasa profundidad, destacándose los de Chapalcó y Valle Argentino con una cubierta medanosa que asegura una excelente recarga directa, dando como resultado acuíferos de gran importancia local y regional, como el de General Acha (El Carancho-Doblas).

Cuando el agua subterránea se halla en los sedimentos pampeanos, sin influencia de los médanos, si bien está muy cerca en todas partes, tiene un contenido elevado de sales en tal proporción que en algunos casos puede considerarse una salmuera. La presencia de eflorescencias salinas es indicativa de la calidad de estas aguas.

Las condiciones geológico-estructurales de la zona de Lihué Calel determinan condiciones especiales de infiltración y yacencia que posibilitan la acumulación de aguas subterráneas no salinizadas. Las rocas involucradas presentan un intenso diaclasamiento en red, constituyendo el área natural de infiltración y recarga, que también se ve favorecida por la alta permeabilidad de las arenas de los depósitos cuaternarios. Se define de esta manera un área hidrogeológica que se puede subdividir en dos subáreas: Los Ranqueles y La Asturiana. El sub-área Los Ranqueles se ubica entre la sierra y la estancia del mismo nombre, representando los acuíferos de mayor superficie y mejores posibilidades de explotación. El macizo de Lihué Calel y el flanco sur de la sierra Chica constituyen su área de recarga. Por su parte, el sub-área La Asturiana está situada al norte de la anterior y presenta, como límites, los afloramientos de las rocas pérmico-triásicas por fractura junto al salitral Levalle y el flanco norte de la

Sierra Chica, que actúa como área de recarga. Estos acuíferos son pobres en caudal pero constituyen excelentes fuentes de agua para consumo del ganado y eventualmente consumo humano (Rivas Roche, 1969).

Schulz *et al.* (1999) realizaron una evaluación de la calidad del agua subterránea en un sector del Valle Argentino, orientado hacia la determinación de su aptitud para consumo humano y ganadero, así como también para su empleo en sistemas de riego complementario. Determinaron dos áreas bien definidas en cuanto al comportamiento del agua subterránea. Una de ellas corresponde al área de recarga, controlada por el cordón medanoso central, que facilita la infiltración y dirige la distribución del recurso freático, mientras que la otra está formada por el conjunto de lagunas, salitrales y bajos laterales, constituyendo el área de descarga por evaporación.

Las características geológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas determinaron la delimitación de distintos sectores dentro del área estudiada, con rasgos distintivos. Al oeste, en la zona de Chacharramendi, el sector se caracteriza por una buena delimitación de la barranca norte, presencia de médanos y por poseer agua subterránea alojada en la parte superior del basamento alterado o en el loess, al menos hasta la estancia Las Acacias. En este sector el agua tiene un contenido salino variable y en general superior a 2000 mg/l, con un rendimiento escaso.

Hacia el este, en las cercanías de General Acha, se define el sector de la estancia Quiñi Malal, caracterizado por un médano central, continuo, con dos depresiones laterales ocupadas por cuerpos de agua permanentes, semi-permanentes y salitrales. Por debajo del manto arenoso aparecen los limos arenosos de la Formación Cerro Azul o las rocas de basamento. El ancho promedio del valle y su cordón medanoso es de unos 8 km y el contenido salino del agua es inferior a 2000 mg/l. Los rendimientos hidráulicos son muy superiores a los del sector anterior, cercanos a los 100 m³/h.

Finalmente, hacia el este de la estancia Quiñi Malal, el cordón medanoso tiene un ancho variable entre 8 y 11 km, mientras que el basamento aparece en perforaciones de General Acha a profundidades superiores a 150 m, llegando en Padre Buodo, pocos kilómetros fuera de la Hoja, a 250 m de profundidad. La columna litológica se completa con los limos areno arcillosos de la Formación Cerro Azul. La calidad del agua subterránea es buena, hasta una profundidad de 180 metros.

Los autores concluyen que el área relevada posee recursos hídricos subterráneos adecuados para distintos usos en el ámbito rural, especialmente allí donde la cobertura arenosa genera condiciones favorables para la infiltración, a excepción de las zonas de ambiente límnic.

8.SITIOS DE INTERÉS GEOLÓGICO

VALLE ARGENTINO

Es el mayor de los valles transversales de La Pampa, se destaca por sus grandes dimensiones,



Figura 24 : Vista oblicua hacia el oeste del valle Argentino (modificado de Google Earth)

más de 200km de largo y hasta 10km de ancho. Está excavado en depósitos sedimentarios del Mioceno tardío (Formación Cerro Azul) coronados por una potente costra calcárea (calcrete). Su formación habría comenzado hace unos 5-6 Ma, y de los sedimentos miocenos fueron exhumados restos fósiles de vertebrados, principalmente mamíferos y también anfibios, reptiles y aves. El valle está ocupado en su parte central por un potente cordón cuaternario de médanos de formas variadas que se destacan por alcanzar grandes dimensiones y por ser un importante reservorio de agua dulce (Fig. 24).

SIERRA DE LIHUÉ CALEL

Es el principal accidente orográfico de la provincia de La Pampa, se destaca del llano circundante alcanzando una altura de 590 m.s.n.m. Fue declarada Parque Nacional en el año 1977 no solo por su valor geológico, sino también por su particular flora y fauna autóctona. Esta sierra es el producto de una importante actividad volcánica que tuvo lugar entre el Pérmico tardío y el Triásico temprano, hace aproximadamente 240 Ma. Está constituida principalmente por una potente sucesión de ignimbritas riolíticas depositadas por flujos piroclásticos que representan el relleno de una caldera volcánica (Figs. 20, 21 y 25).



Figura 25: Acceso al Parque Nacional Lihué Calel desde la ruta nacional 152.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO-ZARZA, A. M., 2003. Paleoenvironmental significance of palustrine carbonate and calcretes in the geological record. *Earth-Science Reviews* 60: 261-298.
- AMBROSETTI, J. B., 1893. Viaje a La Pampa Central. *Boletín del Instituto Geográfico Argentino* 14:1-126. Buenos Aires.
- AMEGHINO, F., 1889. Contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles de la República Argentina. *Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, Actas* 6: 1-1027. Córdoba.
- ANGELELLI, V., I. SCHALAMUK y A. ARROSPIDE, 1976. Los yacimientos no metalíferos y rocas de aplicación de la región Patagonia-Comahue. *Secretaría de Estado de Minería, Servicio Minero Nacional, Anales* 17: 1-146. Buenos Aires.
- ASTINI, R. A., V. A. RAMOS, J. L. BENEDETTO, N. E. VACCARI y F. L. CAÑAS, 1996. La Precordillera: Un terreno exótico a Gondwana. 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, *Actas* 5: 293-324. Buenos Aires.
- BARBOZA, S. A. y G. W. BERGANTZ, 2000. Metamorphism and anatexis in the Mafic Complex contact aureole, Ivrea Zone, Northern Italy. *Journal of Petrology* 41: 1307-1327.
- CANNELLE, L. E., 1950. Condiciones hidrogeológicas de la zona comprendida entre Telén y Santa Isabel y valle de los ríos Salado-Atuel-Chadileuvú. *Territorio de La Pampa. Ministerio de Industria y Comercio, Dirección de Industria Minera, Carpeta* 954, 35 p., informe inédito. Buenos Aires.
- CASADÍO, S., T. MANERA, A. PARRAS, C. MONTALVO y G. CORNACHIONE, 2000. Primer registro en superficie de sedimentitas continentales del Cretácico superior en la cuenca del Colorado, sureste de La Pampa. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 55: 129-133.
- CHEBLI, G. A., M. E. MOZETIC, E. A. ROSSELLO y M. BÜHLER, 1999. Cuenas sedimentarias de la llanura chacopampeana. En: Caminos, R. (ed.), *Geología Argentina. Subsecretaría de Minería de la Nación, Servicio Geológico Minero Argentino, Instituto de Geología y Recursos Minerales, Anales* 29:627-644. Buenos Aires.
- CHERNICOFF, C. J. y E. ZAPPETTINI, 2003a. Evidencias geofísicas para la delimitación de terrenos pregondwánicos en la región centro-austral argentina. 10° Congreso Geológico Chileno. *Actas en CD*. 6 p., Concepción.
- CHERNICOFF, C. J. y E. ZAPPETTINI, 2003b. Delimitación de los terrenos tectonoestratigráficos de la región centro-austral argentina: evidencias aeromagnéticas. *Revista Geológica de Chile* 30(2): 299-316.
- CHERNICOFF, C. J. y E. ZAPPETTINI, 2004. Geophysical evidence for terrane boundaries in south-central Argentina. *Gondwana Research* 8(4): 1105-1116.
- CHERNICOFF, C. J. y E. ZAPPETTINI, 2005. Paleozoic foreland basin deposits (La Horqueta Formation) in the province of La Pampa, Argentina. 16 Congreso Geológico Argentino, *Actas* 2: 169-176, La Plata.
- CHERNICOFF, C. J. y E. O. ZAPPETTINI, 2005a. Evidencias de una cuenca de pull apart Neopaleozoica en el sudeste de la provincia de San Luis, Argentina: extensión austral de la cuenca de Paganzo. 16 Congreso Geológico Argentino, *Actas* 1: 471-476. La Plata.
- CHERNICOFF, C. J. y E. O. ZAPPETTINI, 2005b. Identification of the southernmost Paganzo basin deposits (Upper Paleozoic red beds) in south-central Argentina. *Gondwana 12 Conference, Actas*: 102. Mendoza.
- CHERNICOFF, C. J. y E. O. ZAPPETTINI, 2007. La cuenca paleozoica de Arizona, sudeste de San Luis, Argentina: extensión austral de la cuenca de Paganzo. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 62 (2): 321-324.
- CHERNICOFF, C. J., E. O. ZAPPETTINI y L. M. VILLAR, 2005. La faja de metagabros del sector centro-norte de la provincia de La Pampa, Argentina: nuevas evidencias geofísicas. 16° Congreso Geológico Argentino, *Actas* 3: 39-44, La Plata.
- CHERNICOFF, C. J., J. O. S. SANTOS, E. O. ZAPPETTINI y N. J. MCNAUGHTON, 2006. Identification and zircon U-Pb SHRIMP dating of the Green quarry schists, southern San Luis province, Argentina. 5th South American Symposium on Isotope Geology, *Actas*: 77-79, Punta del Este.
- CHERNICOFF, C. J., J. O. S. SANTOS, E. O. ZAPPETTINI y N. J. MCNAUGHTON, 2007. Esquistos del Paleozoico Inferior en la cantera Green, sur de San Luis, Argentina: edades U-Pb SHRIMP e implicancias geodinámicas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 62(1): 154-158.
- CHERNICOFF, C. J., J. O. S. SANTOS, E. O. ZAPPETTINI, L. M. VILLAR y N. J. MCNAUGHTON, 2008a. U-Pb SHRIMP dating of the Famatinian (Lower Paleozoic) metamorphism in La Pampa province, Argentina. 6th South American Symposium on Isotope Geology, *Actas en CD*, 5 p., San Carlos de Bariloche.
- CHERNICOFF, C. J., J. O. S. SANTOS, E. O. ZAPPETTINI y N. J. MCNAUGHTON, 2008b. Edad U-Pb SHRIMP

- del metamorfismo famatiniano en la provincia de La Pampa. 17° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 9-10, San Salvador de Jujuy.
- CHERNICOFF, C. J., J. O. S. SANTOS, E. O. ZAPPETTINI, L. M. VILLAR y N. J. MCNAUGHTON, 2008c. Zircon U-Pb SHRIMP dating of the Lower Paleozoic parascists at Sierra de Lonco Vaca, La Pampa province, Argentina. 6th South American Symposium on Isotope Geology, Actas en CD: 4 p., San Carlos de Bariloche.
- CHERNICOFF, C. J., E. O. ZAPPETTINI, J. O. S. SANTOS, L. M. VILLAR y N. J. MCNAUGHTON, 2008d. El arco magmático famatiniano en la provincia de La Pampa. 17° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 11-12, San Salvador de Jujuy.
- CHERNICOFF, C. J., E. O. ZAPPETTINI, J. O. S. SANTOS, E. BEYER y N. J. MCNAUGHTON, 2008f. Foreland basin deposits associated with Cuyania terrane accretion in La Pampa province, Argentina. *Gondwana Research*, 13 (2): 189-203.
- CHERNICOFF, C. J., E. O. ZAPPETTINI y J. O. S. SANTOS, 2009a. Evidencias del orógeno pampeano en la provincia de La Pampa, Argentina. 14° Reunión de Tectónica. Libro de resúmenes: p. 62, Río Cuarto.
- CHERNICOFF, C. J., E. O. ZAPPETTINI, L. M. VILLAR, F. CHEMALE y L. HERNÁNDEZ, 2009b. The belt of metagabbros of La Pampa: Lower Paleozoic back-arc magmatism in south-central Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 28(4): 383-397.
- CHERNICOFF, C. J., E. O. ZAPPETTINI, J. O. S. SANTOS, S. ALLCHURCH y N. J. MCNAUGHTON, 2009c. The southern segment of the Famatinian magmatic arc, La Pampa province, Argentina. *Gondwana Research*, 17 (4): 662-675.
- CHERNICOFF, C. J., E. O. ZAPPETTINI, J. O. S. SANTOS, E. BELUSOVA y N. J. MCNAUGHTON, 2010. SHRIMP U-Pb ages and Hf isotopes composition of Las Piedras Formation (Ediacaran – Lower Cambrian), southern La Pampa Province, Argentina. VII SSAGI, actas en CD. Brasilia.
- CHERNICOFF, C. J., E. O. ZAPPETTINI, J. O. S. SANTOS, M. A. GODEAS, E. BELUSOVA y N. J. MCNAUGHTON, 2012. Identification and isotopic studies of early Cambrian magmatism (El Carancho Igneous Complex) at the boundary between Pampia terrane and the Río de la Plata craton, La Pampa province, Argentina. *Gondwana Research*, 21 (2-3): 378-393.
- CIONE, A., M. AZPELICUETA, M. BOND, A. CARLINI, J. CASCIOTTA, M. COZZUOL, M. de la FUENTE, Z. GASPARINI, F. GOIN, J. NORIEGA, G. SCILLATO YANÉ, L. SOIBELSON, E. TONNI, D. VERZI, y M. VUCETICH, 2000. The Miocene vertebrates from Paraná, eastern Argentina. En Aceñolaza, F. y R. Herbst (Eds.): *El Neógeno de Argentina*. Instituto de Correlación Geológica, Serie nº 14: 121-237.
- CIONE, A., E. TONNI, S. BARGO, M. BOND, A. M. CANDELA, A. CARLINI, C. M. DESCHAMPS, M. T. DOZO, G. ESTEBAN, F. J. GOIN, C. I. MONTALVO, N. NASIF, J. I. NORIEGA, E. ORTIZ JAUREGUIZAR, R. PASCUAL, J. L. PRADO, M. A. REGUERO, G. J. SCILLATO YANÉ, L. SOIBELSON, D. VERZI, C. VIEYTES, S. F. VIZCAÍNO y M. G. VUCETICH, 2007. Mamíferos continentales del Mioceno tardío a la actualidad en la Argentina: cincuenta años de estudios. *Asociación Paleontológica Argentina. Publicación Especial 11. Ameghiniana 50 aniversario*: 257-278. Buenos Aires.
- CORDINI, I. R., 1950. Contribución al conocimiento de los cuerpos salinos de la Argentina: Colorada Grande, Choiqué, cuerpos salinos de Utracán-Acha, salitral y salinas de Pocitos, salinas Chicas y Chasicó. *Dirección Nacional de Minería y Geología, Anales 3*. Buenos Aires.
- CORDINI, I. R., 1967. Reservas salinas de Argentina. *Secretaría de Estado de Energía y Minería. Anales 13*: 1-108. Buenos Aires.
- CRIADO ROQUÉ, P., 1972a. Cinturón Móvil Mendocino-Pampeano. En: Leanza, A. F. (Dir. y Ed.), *Academia Nacional de Ciencias de Córdoba. Primer Simposio de Geología Regional Argentina*: 297-303. Córdoba.
- CRIADO ROQUÉ, P., 1972b. Bloque de San Rafael. En Leanza, A. F. (Dir. y Ed.), *Academia Nacional de Ciencias de Córdoba. Primer Simposio de Geología Regional Argentina*: 287-295. Córdoba.
- De ELORRIAGA, E. E., 1997. Interpretación de Sondeos Eléctricos Verticales realizados en el Valle Argentino (Departamento Utracán, provincia de La Pampa). Informe inédito. Santa Rosa.
- De ELORRIAGA, E. E., 1998. Perfil geológico-geológico en el Valle Argentino (Departamento Utracán, Provincia de La Pampa). 5 Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses: 66-74. Mar del Plata.
- De ELORRIAGA, E. E., 2009. Relación entre lineamientos reconocidos en imágenes satelitales con fallas en la provincia de La Pampa, Argentina. 14° Reunión de Tectónica. Actas: 88-92, Río Cuarto.
- De ELORRIAGA, E. E., J. KOSTADINOFF y L. RANIOLO, 2013. Caracterización geofísica de la cuenca de Quehué, provincia de La Pampa. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 70 (2): 163-172.
- DELPINO, S., G. FERRACUTTI, J. KOSTADINOFF y E. BJERG, 2005. La prolongación austral de las Sierras Pampeanas en la provincia de La Pampa: Eviden-

- cias geológicas y geofísicas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 60(3): 535-551. Buenos Aires.
- DGMG-DIRECCIÓN GENERAL DE MINAS Y GEOLOGÍA, 1934. Perforación N°1 en General Acha. Expediente 102554-33. Obra N° 743. Ministerio de Agricultura. Buenos Aires.
- DOERING, A., 1882. Geología. En: Informe oficial de la Comisión Científica Agregada al Estado Mayor General de la Expedición al Río Negro (Patagonia), realizada en los meses de abril, mayo y junio de 1879, bajo las órdenes del General D. Julio A. Roca. Entrega 3: 295-530. Buenos Aires.
- ESPEJO, P. y D. G. SILVANIETO, 1986. Estratigrafía, litología y geomorfología de la Formación Puesto Alí. 3° Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de La Pampa. Serie Suplementos (3): 65-71. Santa Rosa. La Pampa.
- ESPEJO, P. M. y D. G. SILVANIETO, 1996. Hoja Geológica 3966-II, Puelches (1:250.000), provincias de La Pampa y Río Negro. Dirección Nacional del Servicio Geológico, Boletín 216: 1-35. Buenos Aires.
- ESPEJO, P. M. y D. G. SILVANIETO, 2007. Hoja Geológica 3966-I, Gobernador Duval (1:250.000), provincias de La Pampa y Río Negro. Servicio Geológico Minero Argentino, Instituto de Geología y Recursos Minerales, Boletín 368: 67 pp. Buenos Aires.
- ESTEBAN, M. y C. F. KLAPPA, 1983. Subaerial exposure environments. In.: Scholle, P. A., D. G. Bebout y C. H. Moore (Eds.): Carbonate Depositional Environments. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 33: 1-96. Tulsa.
- ETCHEVERRÍA M. P. y A. FOLGUERA, 2014. Los calcretes del sudeste de la provincia de La Pampa: caracterización y origen. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 71 (1): 92-99. Buenos Aires.
- FERNÁNDEZ SEVESO, F. y A. J. TANKARD, 1995. Tectonics and Stratigraphy of the Late Paleozoic Paganzo Basin of Western Argentina and its regional implications. En Tankard, A. J., R. Suárez S. y J. Welsink (eds.): Petroleum basins of South America. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 62: 285-301, Tulsa.
- FIDALGO, F., 1963. Algunos rasgos tectónicos y geomorfológicos de la sierra de Sañogasta-Vilgo. Provincia de La Rioja. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. 18 (3-4): 139-153. Buenos Aires.
- FOLGUERATELICHEVSKY, A., 2011. La reactivación neógena de la Pampa Central. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Ciencias Geológicas. Universidad de Buenos Aires. Tesis Doctoral. 199 p. Buenos Aires.
- FOLGUERA, A. y M. ZÁRATE, 2009. La sedimentación neógena continental en el sector extrandino de Argentina central. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 64 (4): 692-712.
- FOLGUERA, A. y M. ZÁRATE, 2011. El corrimiento Santa Isabel, posible frente orogénico del bloque de San Rafael. 18° Congreso Geológico Argentino. Simposio S12. Tectónica Andina: 85-86.
- GIAI, S. B., 1975. Plan de investigación de aguas subterráneas (PIAS). Convenio M.O.P.-INCYTH, Dirección de Aguas Subterráneas, Informe preliminar inédito, 56 p., 25 fig. y 6 mapas. Santa Rosa. En: Biblioteca de la Dirección de Minas de La Pampa F. 176.
- GIAI, S. B. y J. O. TULLIO, 1998. Características de los principales acuíferos de la provincia de La Pampa. *Revista de la Asociación de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*, 12: 51-68.
- GIAI, S. B., R. N. MELCHOR y A. M. UMASANO, 2008. Evidencias sedimentológicas de cambios climático-ambientales en el Cuaternario de la provincia de La Pampa. *Revista Huellas* 12: 43-55.
- GOIN, F. y C. I. MONTALVO, 1988. Revisión sistemática y reconocimiento de una nueva especie del género *Thylatheridium* Reig (Marsupialia, Didelphidae). *Ameghiniana*, 25 (2): 161-167. Buenos Aires.
- GOIN, F. J., C. I. MONTALVO y G. VISCONTI, 2000. Los Marsupiales (Mammalia) del Mioceno Superior de la Formación Cerro Azul (provincia de La Pampa, Argentina). *Estudios Geológicos* 56: 101-126.
- GROEBER, P., 1949. Resumen preliminar de las observaciones realizadas en el viaje a la región al sur de Bahía Blanca, en enero de 1947. Notas del Museo de La Plata, 14, *Geología* 57: 239-266. La Plata.
- GROEBER, P., 1952. Englazamiento pedemontano del norte de la Patagonia. *Sociedad Argentina de Estudios Geográficos GAEA*, Boletín 29: 6-10. Buenos Aires.
- GROEBER, P. y A. TAPIA, 1933. Bosquejo geológico de la extremidad oriental de Tandilia. Dirección de Minas y Geología, Informe inédito. Buenos Aires.
- HAUZENBERGER, C., A. MOGESSIE, G. HOINKES, A. FELFERNIG, E. BJERG, J. KOSTADINOFF, S. DELPINO y L. DIMIERI, 2001. Metamorphic evolution of the Sierras de San Luis, Argentina: granulite facies metamorphism related to mafic intrusions. *Mineralogy and Petrology*, 71(1/2): 95-126.
- INTERNATIONAL UNION OF GEOLOGICAL SCIENCES, 2015. International Stratigraphic Chart. International Commission on Stratigraphy. UNESCO.
- IRIONDO, M. y D. M. KRÖHLING, 1996. Los sedimentos eólicos del noreste de la llanura pampeana (Cuaternario Superior). 13 Congreso Geológico Argentino y

- 3 Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 4: 27-48. Buenos Aires.
- KOSTADINOFF, J. y E. LLAMBÍAS, 2002. Cuencas sedimentarias en el subsuelo de la provincia de La Pampa. 5º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Instituto Argentino del Petróleo, archivos electrónicos, Mar del Plata.
- KOSTADINOFF, J., E. LLAMBÍAS, L. RANIOLO y G. ÁLVAREZ, 2001. Interpretación geológica de los datos geofísicos del sector oriental de la provincia de La Pampa. Revista de la Asociación Geológica Argentina 56(4):481-493. Buenos Aires.
- KOSTADINOFF, J., E. BJERG, A. MOGESSIE, L. A. RANIOLO, G. ALVAREZ y E. SANTIAGO, 2004. Métodos geofísicos utilizados en la prospección geofísica del yacimiento de Las Águilas, provincia de San Luis. Revista de la Asociación Geológica Argentina 59(1): 121-128.
- KOSTADINOFF, J., D. GREGORI, L. A. RANIOLO, V. LÓPEZ y L. STRAZZERE, 2006. Configuración geológica - geofísica del sector sur de la provincia de San Luis. Revista de la Asociación Geológica Argentina 61(2): 133-148.
- LAGORIO, S., 2008. Early Cretaceous alkaline volcanism of the Sierra Chica de Córdoba (Argentina): mineralogy, geochemistry and petrogenesis. Journal of South American Earth Sciences, 26: 152-171.
- LAGORIO, S., E. O. ZAPPETTINI y C. J. CHERNICOFF, 2008. Stock Estancia El Trabajo: evidencias de magmatismo alcalino triásico en la provincia de La Pampa. 17 Congreso Geológico Argentino, Actas en CD: 1363-1364. San Salvador de Jujuy.
- LANZILLOTA, R., 2006. Costras calcáreas y geomorfología del área de Valle Daza, Departamentos Loventué y Utracán, Provincia de La Pampa. Universidad Nacional de La Pampa, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Trabajo final de Licenciatura, Inédito, 49pp. Santa Rosa.
- LINARES, E., M. A. MANAVELLA y A. PIÑEIRO, 1979. Geocronología de las rocas efusivas de la zona de los yacimientos «Dr. Baulies» y «Los Reyunos», Sierra Pintada de San Rafael, Mendoza, República Argentina. 7º Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 13-21. Buenos Aires.
- LINARES, E., E. J. LLAMBÍAS y C. O. LATORRE, 1980. Geología de la provincia de La Pampa, República Argentina, y geocronología de sus rocas metamórficas y eruptivas. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 35(1):87-146. Buenos Aires.
- LLAMBÍAS, E. J., 1973. Las ignimbritas de la sierra de Lihuel Calel, provincia de La Pampa. 5º Congreso Geológico Argentino, Actas 4: 55-67. Buenos Aires.
- LLAMBÍAS, E. J., 1975. Geología de la provincia de La Pampa y su aspecto minero. Convenio provincia de La Pampa-Universidad Nacional del Sur, Informe inédito, 38 p. Santa Rosa.
- LLAMBÍAS, E. J., 1999. Las rocas ígneas gondwánicas. El magmatismo gondwánico durante el Paleozoico superior-Triásico. En Caminos, R. (ed.): Geología Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Anales 29 (14): 349-363. Buenos Aires.
- LLAMBÍAS, E. J. y R. CAMINOS, 1987. El magmatismo neopaleozoico de la Argentina. En: Archangelsky, S. (ed.): El Sistema Carbonífero de la República Argentina. Subcomisión Internacional del Carbonífero. Proyecto 211 PICG: 239-264. Buenos Aires.
- LLAMBÍAS, E. J. y M. A. LEVERATTO, 1975. El «Plateau» riolítico de la provincia de La Pampa, República Argentina. 2º Congreso Iberoamericano de Geología Económica, 1: 99-114. Buenos Aires.
- LLAMBÍAS, E. J., R. N. MELCHOR, H. TICKYJ y A. M. SATO, 1996. Geología del Bloque del Chadileuvú. 13º Congreso Geológico Argentino y 3º Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 5: 417-425. Buenos Aires.
- LORENZ, W., 2002. The «Calcrete Principal» («tosca») at the border of the provinces of La Pampa and Buenos Aires. Zeitschrift fuer Angewandte Geologie 1: 44-51.
- LORENZ, W. y E. SOTORRES, 2001. Sobre la distribución de las calcretas mesetiformes en el sureste de la provincia de La Pampa, Argentina. Secretaría de Energía y Minería, Servicio Geológico Minero Argentino, Contribuciones Técnicas Nº 14, 7 p. Buenos Aires.
- MACHETTE, N. M., 1985. Calcic soils of southwestern United States. In: Weide, D. L. (Ed.): Soil and Quaternary Geology of the Southwestern United States. Special paper, Geological Society of America, 203: 1-21.
- MACK, G. H. y W. C. JAMES, 1994. Paleoclimate and the global distribution of paleosols. Journal of Geology 102: 360-366.
- MALAGNINO, E., 1988. Evolución del sistema fluvial de la provincia de Buenos Aires desde el Pleistoceno hasta la actualidad. 2ª Jornadas Geológicas Bonaerenses, Actas: 201-211. Bahía Blanca.
- MARIFIL S.A., 2000. Valle Daza, provincia de La Pampa. Informe interno. Dirección Provincial de Minería. Santa Rosa.
- MELCHOR, R. N., S. CASADÍO, H. TICKYJ y S. QUENARDELLE, 2000. Hoja Geológica 3766-III La Reforma, provincia de La Pampa. Escala 1:250.000. Servicio Geológico Minero Argentino, Instituto de Geología y Recursos Minerales, Boletín 295: 70p. Buenos Aires.

- MELCHOR, R., E. J. LLAMBÍAS, S. B. GIAI, S. QUENARDELLE y A. M. SATO, 2004. Hoja Geológica 3766-I, Santa Isabel, provincia de La Pampa. Escala 1:250.000. Servicio Geológico Minero Argentino, Instituto de Geología y Recursos Minerales, Boletín 344: 42p. Buenos Aires.
- MONTALVO, C. I. y S. CASADÍO, 1988. Presencia del género *Palaeoctodon* (Rodentia, Octodontidae) en el Huayqueriense (Mioceno tardío) de la provincia de La Pampa. *Ameghiniana*, 25 (2): 111-114. Buenos Aires.
- MONTALVO, C. y M. SZELAGOWSKI, 1999. Vertebrados del Mioceno superior en la colección paleontológica de la Universidad Nacional de La Pampa. 7º Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales: 233-242. Santa Rosa.
- MONTALVO, C., G. VISCONTI, L. PUGENER y M. CARDONATTO, 1995. Mamíferos de edad Huayqueriense (Mioceno tardío), Laguna Chillhué, provincia de La Pampa. 4ª Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses, 1: 73-79. Junín.
- MONTALVO, C. I., M. C. CARDONATTO, G. VISCONTI, D. H. VERZI y M. G. VUCETICH, 1996. Vertebrados de la Formación Cerro Azul (Mioceno tardío) del valle de Quehué. Provincia de La Pampa, Argentina. 6ª Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales, Actas: 159-165. Santa Rosa.
- MONTALVO, C. I., G. VISCONTI y L. PUGENER, 1998. Los mamíferos de edad Huayqueriense (Mioceno tardío) de la provincia de La Pampa. *Acta Geológica Lilloana*, 18(1):171. Tucumán.
- NÁGERA, J. J., 1939. Geografía Física de la República Argentina. En: Manito, O. y J. J. Nágera (eds.): *Geografía Física de las Américas y de la República Argentina*. Editorial Kapelusz, 232 p. Buenos Aires.
- QUENARDELLE, S. M. y E. LLAMBÍAS, 1997. Las riolitas de la sierra Chica (37°48'S, 65°26'O): un centro eruptivo gondwánico en el bloque de Chadileuvú, Provincia de La Pampa, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 52 (4): 548-558. Buenos Aires.
- RAMOS, V. A., 1988. Tectonics of the Late Proterozoic-Early Paleozoic: a collisional history of southern South America. *Episodes* 11(3): 168-174. Ottawa.
- RAMOS, V. A., 1999. Las provincias geológicas del territorio argentino. En: Caminos, R. (ed.), *Geología Argentina*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, *Anales* 29(3):41-96. Buenos Aires.
- RAMOS, V. A., 2008. Patagonia: A Paleozoic continent adrift? *Journal of South American Earth Sciences*, (26) 235-251.
- RAMOS, V. A. y J. CORTÉS, 1984. Estructura e interpretación tectónica. En: *Geología y Recursos Naturales de la provincia de Río Negro*. 9º Congreso Geológico Argentino, Relatorio, 1:317-346. Buenos Aires.
- RAMOS, V. A. y G. VUJOVICH, 1999. Mapa geotectónico de la República Argentina a escala 1:2.500.000. Servicio Geológico Minero Argentino. Buenos Aires.
- RAPELA, C. W. y E. J. LLAMBÍAS, 1985. Evolución magmática y relaciones regionales de los complejos eruptivos de La Esperanza, provincia de Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. 40 (1-2): 4-25. Buenos Aires.
- RAPELA, C. W., R. J. PANKHURST, E. J. LLAMBÍAS, C. LABUDÍA y A. ARTABE, 1996. «Gondwana» magmatism of Patagonia: Inner cordilleran calc-alkaline batholiths and bimodal volcanic provinces. *Proceedings Third International Symposium on Andean Geodynamics*: 791-794. Saint Malo.
- RIVAS ROCHE, C., 1969. Observaciones hidrogeológicas en el área de las sierras de Lihué Calel. Provincia de La Pampa. Informe inédito, 11p. Dirección de Minas. Santa Rosa.
- SALSO, J. H., 1966. La cuenca de Macachín, provincia de La Pampa. Nota preliminar. Dirección Nacional de Minería y Geología, Carpeta N° 617, Informe inédito, 13p. Buenos Aires.
- SATO, A. M., H. TICKYJ y E. J. LLAMBÍAS, 1996. Geología de los granitoides aflorantes en el sur de la provincia de La Pampa, Argentina. 13º Congreso Geológico Argentino y 3º Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 5: 429-439, Buenos Aires.
- SCHULZ, C., E. MARIÑO, E. CASTRO, M. DALMASO, A. FERNÁNDEZ y P. DORNES, 1999. Evaluación preliminar de la calidad del agua subterránea en un sector del Valle Argentino, provincia de La Pampa. 7ª Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales: 289-296. Santa Rosa.
- SILVANIETO, D. G., C. MONTALVO, M. ZÁRATE y M. SZELAGOWSKI, 2008. Valle Argentino, un corredor hacia los Andes. En *Sitios de Interés Geológico de la República Argentina*, CSIGA (Ed.) Servicio Geológico Minero Argentino, Instituto de Geología y Recursos Minerales, *Anales* 46, 2: 521-535. Buenos Aires.
- SILVANIETO, D. G., P. M. ESPEJO y S. L. LAGORIO, 2014. Hallazgo de basaltos de probable edad cretácica en el centro este de La Pampa. 19º Congreso Geológico Argentino, Sesiones Temáticas Generales (T1), Estratigrafía y Sedimentología, Actas en CD, Córdoba.
- SOBRAL, J. M., 1942. Geología de la región occidental del Territorio de La Pampa, situada al occidente del Chadileuvú. *Boletín de Informaciones Petroleras*, 19 (212): 33-81. Buenos Aires.
- SOTORRES, E. S. y J. O. TULLIO, 1995. Estudio de los recursos mineros de la provincia de La Pampa. Con-

- venio CFI-Gobierno de La Pampa-Universidad de La Pampa. Inédito. 29 p. Santa Rosa.
- SRUOGA, P. y E. J. LLAMBÍAS, 1992. Permo-Triassic leucorhyolitic ignimbrites at Sierra de Lihué Calel, La Pampa Province, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 5(2): 141-152.
- STAPPENBECK, R., 1913. Investigaciones hidrogeológicas de los valles de Chapalcó y Quehué y sus alrededores (gobernación de La Pampa). Dirección General de Minas, Geología e Hidrología. Boletín 4: 1-55. Buenos Aires.
- STAPPENBECK, R., 1926. *Geologie und Grundwasserkunde der Pampa*. Stuttgart. Traducción oficial de la Dirección de Minas, Geología e Hidrogeología, Boletín 6, Serie B (Geología):1-31. Buenos Aires.
- STAPPENBECK, R., 1943. Geología y aguas subterráneas de La Pampa. Traducción de *Geologie und Grundwasserkunde der Pampa* (1926), efectuada por la Dirección de Minas, Geología e Hidrología. Bs. As. (Existe un resumen, de 20 páginas y un mapa, con la parte referente a La Pampa en: Biblioteca de la Dirección de Minas de La Pampa, F. 29).
- SZELAGOWSKI, M., 2003. Génesis de los depósitos eólicos cuaternarios de las localidades de Santa Isabel, General Acha y Toay, provincia de La Pampa. Universidad Nacional de La Pampa, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Trabajo Final de Geología de Campo, 67 p. Santa Rosa.
- TAPIA, A., 1930. Condiciones hidrogeológicas de los Campos de la «S.A. Estancias y Colonias Trenel», territorio nacional de La Pampa. Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Publicación n° 91, 27p., 4 láminas. Buenos Aires.
- TAPIA, A., 1931. Estudio hidrogeológico de la región oriental del río Chadileuvú. Dirección de Minas y Geología de la Nación, informe inédito y mapa escala 1:200.000. Buenos Aires.
- TAPIA, A., 1935. Pilcomayo. Contribución al conocimiento de las llanuras argentinas. Dirección de Minas y Geología, Boletín 40:1-124. Buenos Aires.
- TAPIA, A., 1937. Datos geológicos. En: *Aguas Minerales de la República Argentina*, II. Provincia de Buenos Aires. Ministerio del Interior, Comisión Nacional de Climatología y Aguas Minerales: 23-90. Buenos Aires.
- TAPIA, A., 1939. Chacharramendi y alrededores. *Physis*, Sección Geología y Paleontología, 19(46): 221-224. Buenos Aires.
- TAPIA, A., 1940. Los sedimentos araucanos de General Acha (territorio de La Pampa). Dirección de Minas, informe inédito 4p. Santa Rosa.
- TERRAZA, J. C., C. E. CRUZ y J. A. SBROCCO, 1981. Geología de los valles de Utracán, Quehué y Chapalcó, provincia de La Pampa. 8° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 183-192.
- TICKYJ, H., 1999. Estructura y petrología del basamento cristalino de la región centro sur de la provincia de La Pampa, Argentina. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Tesis doctoral, 228 p., inédito.
- TICKYJ, H., E. J. LLAMBÍAS y A. SATO, 1999. El basamento cristalino de la región sur-oriental de la provincia de La Pampa: extensión austral del orógeno Famatiniano de Sierras Pampeanas. 14° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 160-163. Salta.
- TULLIO, J. O., 1981. Informe preliminar sobre el Cuaternario de la provincia de La Pampa y características de los acuíferos en la región. Administración Provincial del Agua, informe inédito, 22p. Santa Rosa.
- TULLIO, J. O. y H. M. MARTÍNEZ, 1979. Informe preliminar sobre el levantamiento de la Hoja IGM «Estancia El Lucero», escala 1:100.000. M.O.P. Gobierno de la Provincia de La Pampa. Plan EASSE, APA, informe inédito. Santa Rosa.
- VERZI, D. H., C. I. MONTALVO y M. G. VUCETICH, 1991. Nuevos restos de *Xenodontomys simpsoni* Kraglievich y la sistemática de los más antiguos *Ctenomys* (Rodentia, Octodontidae). *Asociación Paleontológica Argentina*, Ameghiniana 28(3/4): 325-331.
- VERZI, D., M. G. VUCETICH y C. I. MONTALVO, 1995. Un nuevo *Eumysopinae* (Rodentia, Echimyidae) del Mioceno tardío de la provincia de La Pampa y consideraciones sobre la historia de la subfamilia. *Ameghiniana*, 32(2): 191-195. Buenos Aires.
- VERZI, D. H., C. I. MONTALVO y M. G. VUCETICH, 1999. Afinidades y significado evolutivo de *Neophanomys biplicatus* (Rodentia, Octodontidae) del Mioceno tardío-Plioceno temprano de Argentina. *Ameghiniana* 36: 83-90.
- VERZI, D. H., C. I. MONTALVO y C. M. DESCHAMPS, 2008. Biostratigraphy and biochronology of the Late Miocene of central Argentina: evidence from rodents and taphonomy. *Geobios* 41:145-155.
- VILELA, C. R. y J. C. RIGGI, 1953. Descripción geológica de las Hojas 33h «Sierra de Lihué Calel» y 33i «Sierra Chica». Instituto Nacional de Geología y Minería, informe inédito. Carpeta 353, 132 p. Buenos Aires.
- VILELA, C. R. y J. C. RIGGI, 1956. Rasgos geológicos y petrográficos de la Sierra de Lihue-Calel y área circundante. Provincia de La Pampa. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 11 (4): 217-272. Buenos Aires.

- VILLAR, L. M., C. J. CHERNICOFF y E. O. ZAPPETTINI, 2005. Evidence of a Famatinian continental magmatic arc at Paso del Bote, La Pampa province, Argentina. *Gondwana* 12, Abstracts, Mendoza.
- VISCONTI, G., 2007. Sedimentología de la Formación Cerro Azul (Mioceno superior) de la provincia de La Pampa, Argentina. Universidad Nacional de La Pampa, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Tesis Doctoral inédita, 208 p.
- VISCONTI, G., C. I. MONTALVO, M. C. CARDONATTO y L. A. PÚGENER, 1996. Análisis sedimentológico e interpretación paleoambiental de la Formación Cerro Azul (Mioceno tardío) en el Valle Argentino, provincia de La Pampa. 6ª Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales-Comunicaciones: 86-88, COPROCA, Santa Rosa.
- VISCONTI, G., R. MELCHOR, C. MONTALVO, A. UMAZANO y E. de ELORRIAGA, 2010. Análisis litoestratigráfico de la Formación Cerro Azul (Mioceno superior) en la provincia de La Pampa. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 67 (2): 257-265. Buenos Aires.
- VOGT, T., O. CARBALLO y A. P. CALMELS, 1999. Un esbozo de explicación de las toscas de la meseta de La Pampa. 1 Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología. Actas: 195-205. Santa Rosa.
- VOGT, T., A. P. CALMELS y O. CARBALLO, 2002. Discusión sobre la Calcreta Principal, provincia de La Pampa, Argentina. *Hoja Geobiológica Pampeana* XIV (9):142-146. Santa Rosa.
- VOGT, H., T. VOGT y A. CALMELS, 2003. Indicios geomorfológicos de tectónica post-miocena en la meseta de La Pampa. 2º Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología, Actas: 401-408. Tucumán.
- VOGT, T., A. P. CALMELS y O. C. CARBALLO, 2005. Los denominados valles de Quehué y Naicó en la meseta escalonada pampeana, provincia de La Pampa, Argentina. 10º Congreso Colombiano de Geología, Resúmenes: 130. Bogotá.
- WICHMANN, R., 1928. Contribución a la geología de los Deptos. Chical Cό y Puelén, de la parte occidental de la Pampa Central. Ministerio de Agricultura. Dirección General de Minas, Geología e Hidrogeología. Publicación 40: 1-33. Buenos Aires.
- ZAMBRANO, J. J., 1974. Cuencas sedimentarias en el subsuelo de la provincia de Buenos Aires y zonas adyacentes. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 29(4): 443-469. Buenos Aires.
- ZAPPETTINI, E. O., C. J. CHERNICOFF y L. M. VILLAR, 2005. La faja de metagabros de La Pampa: evidencias geoquímicas y petrológicas de un magmatismo de retroarco en la región centro austral argentina. 16º Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 45-52, La Plata.
- ZAPPETTINI, E. O., C. J. CHERNICOFF, J. O. S. SANTOS y N. J. MC NAUGHTON, 2010. Los esquistos neoproterozoicos de Santa Helena, Provincia de La Pampa, Argentina: edades U-Pb shrimp, composición isotópica de hafnio e implicancias geodinámicas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 66 (1-2): 21-37.

Entregada en octubre 2013

Validada en agosto 2015