

# La estructuración miocena tardía del Bloque de la Pampa Central

Alicia FOLGUERA<sup>1</sup> y Marcelo ZÁRATE<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, San Martín.

<sup>2</sup> Instituto de Ciencias de la Tierra y Ambientales de La Pampa, Universidad Nacional de La Pampa-CONICET, Santa Rosa.

E-mail: alifolguera@gmail.com; mzarate@exactas.unlpam.edu.ar

Editor: Fernando Hongn

## RESUMEN

La región extraandina de Argentina central es una gran llanura que se caracteriza por su escaso relieve, laderas bajas y acumulación de cientos de metros de secuencias loessoides. Una morfoestructura positiva denominada Bloque de La Pampa Central se destaca en la planicie central, las fallas Desaguadero-Salado y Uriburu forman sus límites occidental y oriental respectivamente. Se propone un estilo de deformación de reactivación de fallas preexistentes. El análisis sedimentológico y composicional de los depósitos del Mioceno tardío (Formación Cerro Azul) ha permitido interpretarlos como depósitos sinorogénicos distales. Las estructuras de deformación observadas en el área de estudio llevan a proponer que los episodios de deformación ocurrieron después de la sedimentación de la Formación Cerro Azul (Mioceno tardío). El bloque de la Pampa Central se definió como un sistema de antepaís peneplanizado, fragmentado, deformado y ascendido, producido por un campo de esfuerzos compresivo vinculado con los Andes y la dorsal centro-oceánica. Se han propuesto, de esta manera, como mecanismos de esta deformación a la dinámica andina, así como a las fuerzas vinculadas a la dorsal oceánica (*ridge-push*).

**Palabras clave:** *provincia de La Pampa, Mioceno tardío, deformación andina, dorsal centro-oceánica.*

## ABSTRACT

### *Late Miocene structure of the La Pampa Central Block*

The extra-Andean region of central Argentina is a large plain characterized by its low relief, low slopes and the accumulation of hundreds of meters of loessic sediments. Although it is located in an intraplate setting without defined tectonic activity since its formation, some Neogene morphostructure is present in this central plain. A deformation style with reactivation of pre-existing faults is proposed. A morphostructural high known as La Pampa Central Block stands out in the central plain. Desaguadero-Salado and Uriburu faults form its western and eastern boundaries, respectively. The compositional and sedimentological analyses of the late Miocene units (Cerro Azul Formation) have allowed to interpret them as distal synorogenic deposits. Deformation structures observed in the study area have led to propose that the deformation episode took place after the deposition of the Cerro Azul Formation (late Miocene). The La Pampa Central Block was tectonically defined as a broken foreland system, originated by a compressive stress system related to the Andes and the middle ocean ridge. The Andean dynamics, as well as the forces associated with the mid-oceanic ridge (*ridge-push*) linked to the center-oceanic ridge have been proposed as mechanisms responsible for this deformation

**Key Words:** *La Pampa province, late Miocene, Andean deformation, mid-ocean ridge.*

## INTRODUCCIÓN

La región centro oriental de Argentina, comprendida en el ámbito de la provincia geológica de la Llanura Chacabonaense (Ramos 1999), ha sido objeto de diversas contribuciones sobre distintos aspectos geológicos regionales desde el siglo XIX y comienzos del XX (e.g., d'Orbigny 1842, Darwin 1846, Doering 1882, Windhausen 1925, Tapia 1930) hasta la actualidad (e.g., Visconti 2007, Rapela *et al.* 2007, Nivière *et al.* 2013). Asimismo, la información procedente de la exploración de petróleo y aguas subterráneas permitió conocer las características geológicas y estructurales del subsuelo caracterizado por la existencia de varias cuencas sedimentarias (Kaasschieter 1965, Salso 1966, Zambrano 1974, Yrigoyen 1975,

Juan *et al.* 1996, entre otros). El rasgo sobresaliente es la aparente monotonía de la planicie, sólo interrumpida por los sistemas serranos de Tandilia y Ventania. Tradicionalmente desde el punto de vista geotectónico la región se ha interpretado como un ámbito relativamente inactivo desde la apertura del océano Atlántico, un amplio antepaís distal dominado durante el Cenozoico tardío por una dinámica de esfuerzos compresivos que se propagaron por todo el continente (Chebli *et al.* 1999).

En el área sudoccidental de esta vasta región, extendida en territorio de las provincias de La Pampa, sur de San Luis y sudoeste de Córdoba (Fig. 1) la vegetación está muy modificada por la actividad agropecuaria. En ella se han realizado varios trabajos sobre aspectos

básicos de las unidades aflorantes (e.g. Linares *et al.* 1980, Párica 1986, Tickyj *et al.* 2002), las características geomorfológicas generales (Calmels 1996, Lorenz 2002, Vogt *et al.* 2010), los aspectos sedimentológicos de los depósitos neógenos y cuaternarios (Szczelagowsky 2003, Visconti 2007, Folguera y Zárate 2009), así como la geofísica del subsuelo (Kostadinoff *et al.* 2001, Chernicoff y Zappettini 2004, Chernicoff *et al.* 2008, de Elorriaga *et al.* 2013). Además, recientemente la dinámica tectónica regional fue objeto de análisis (Folguera y Zárate 2011, Nivière *et al.* 2013, Folguera *et al.* 2015). Así, la información geológica indica que el área presenta rasgos geológico-estructurales propios que se manifiestan en un relieve mesetiforme, de mayor altura relativa con respecto a las zonas de planicie circun-

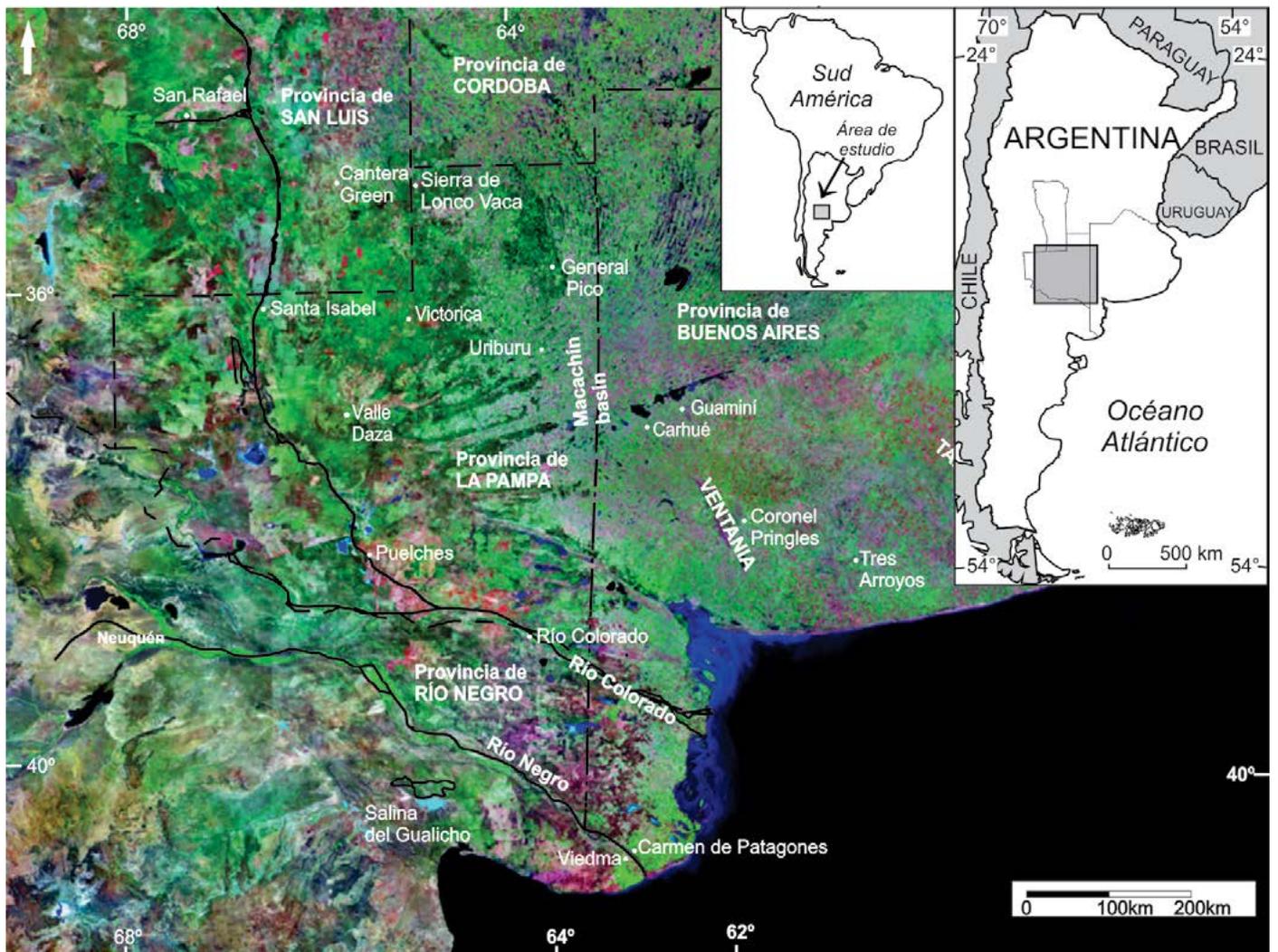


Figura 1. Ubicación de la región de estudio. Imagen LANDSAT.

dantes. Por tales motivos se la ha individualizado con el nombre de Bloque de La Pampa Central (Folguera y Zárate 2009) (Fig. 2).

La continuación de las investigaciones en el área ha proporcionado nuevos datos que permiten ajustar los rasgos del bloque, aún carente de una adecuada caracterización, así como proponer otro posible mecanismo de estructuración. Por lo tanto, los objetivos de este trabajo son a) actualizar los aspectos sobresalientes del registro estratigráfico, la estructura y los rasgos geomorfológicos; b) examinar y redefinir los límites propuestos del Bloque de La Pampa Central; y c) plantear un nuevo modelo evolutivo de su estructuración sobre la base de la información obtenida recientemente. La finalidad de esta contribución es comprender la dinámica, con énfasis en la estructuración, del antepaís andino distal del centro de Argentina en el marco tectónico del sur de Sudamérica durante el Cenozoico tardío.

## MATERIALES Y MÉTODOS

A partir de imágenes satelitales Landsat-TM y de hojas topográficas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) se confeccionó un mapa con la configuración general de la región de estudio; se definieron dominios con características estructurales homogéneas y se describieron los aspectos geomorfológicos sobresalientes, esto último complementado con el procesamiento de modelos de elevación digital (SRTM-NA-SA) y la confección de perfiles topográficos. Las tareas de campo incluyeron el levantamiento de perfiles estratigráficos con los que se llevaron a cabo las correlaciones de las sucesiones estratigráficas neógenas, la medición de estructuras y la descripción e identificación de unidades geomorfológicas. La información de subsuelo y de espesores sedimentarios fue extraída a partir de datos de perforaciones efectuadas para estudios hidrogeológicos obtenidas por la Administración Provincial del Agua de la provincia de La Pampa (APA).

Desde el punto de vista teórico-conceptual, el análisis tectónico del área de interés se plantea en el marco de un comportamiento que refleje las condiciones del campo de esfuerzos relacionadas tanto con el margen continental activo pacífico como con las vinculadas con la apertura del margen pasivo atlántico.

## CONTEXTO GEOLÓGICO DEL BLOQUE DE LA PAMPA CENTRAL

La región extraandina del centro de Argentina se caracteriza por su complejidad geológica y estructural. Según la propuesta de Ramos (1999), el Bloque de La Pampa Central estaría incluido en el sector sudoccidental de la Llanura Chacabonense, la que limita con varias provincias geológicas (Bloque de San Rafael, Payenia, Cuenca de Cuyo, Cuenca Neuquina, Cuenca del Colorado, Ventania, Tandilia). Así también, en este amplio ámbito se han

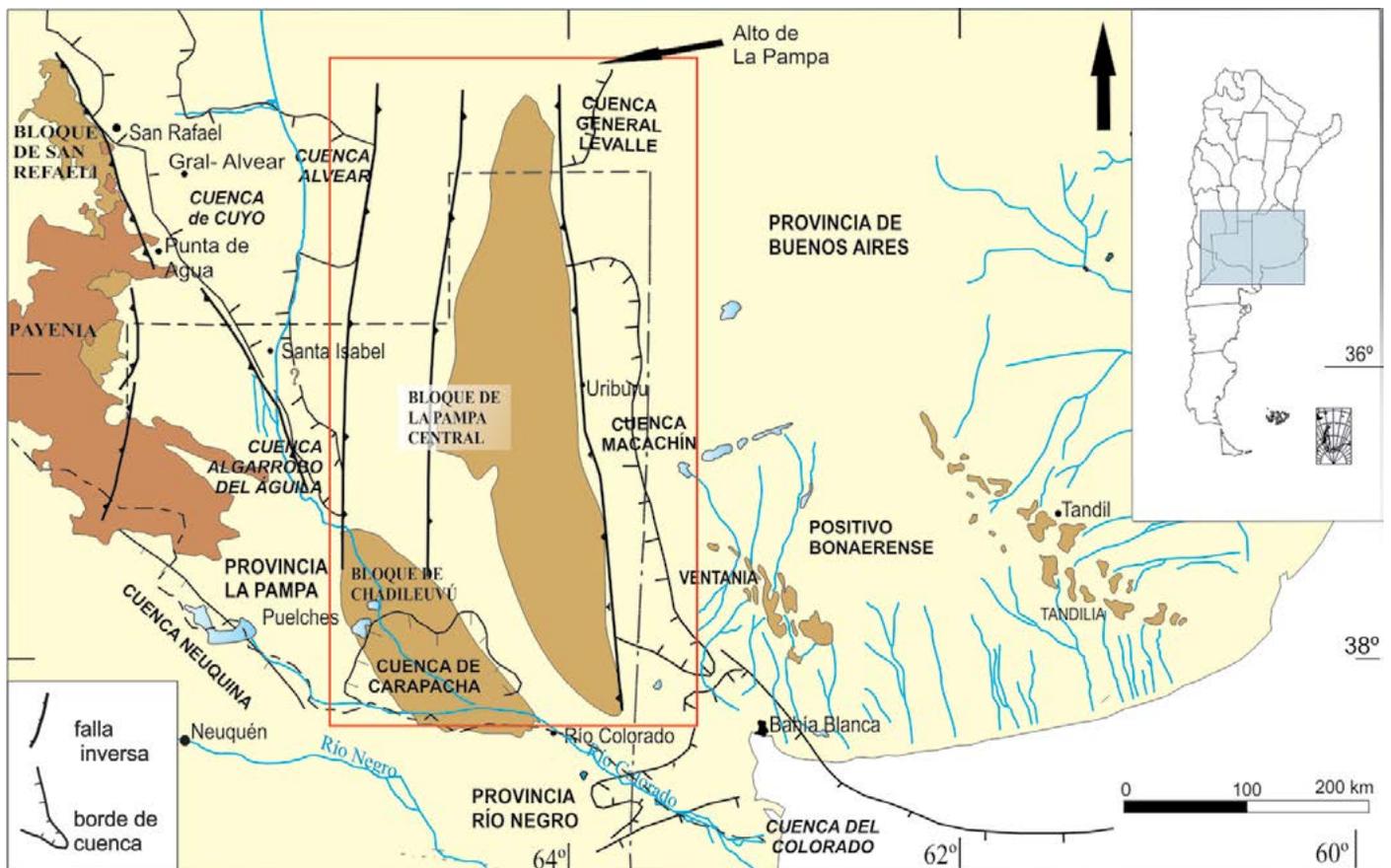


Figura 2. Unidades morfoestructurales de la región extra-andina del centro de Argentina, según propuesta de Folguera y Zárate (2009).

identificado además unidades morfoestructurales (entre otras, varias cuencas sedimentarias), el Bloque de Las Matras (Sato *et al.* 2000), el Positivo Bonaerense (Yrigoyen 1975). La figura 2 muestra las unidades morfoestructurales con los límites propuestos en este trabajo.

En este diverso marco geológico-estructural, el Bloque de La Pampa Central de unos 25.000 km<sup>2</sup> de superficie, se extiende en dirección N-S a lo largo de más de 300 km con una anchura variable entre 200 y 80 km, lo que determina una forma aproximadamente rectangular en planta. El límite septentrional estaría entre el Alto de Nueva Galia (Criado Roqué e Ibañez, 1979) y el Alto de Rancul (Kostadinoff *et al.* 2001) (provincias de San Luis y extremo sur de Córdoba), ambos comprendidos en el denominado Alto de La Pampa (Calegari *et al.* 2014). Hacia el noreste limita con la cuenca de General Levalle (Calegari *et al.* 2014) y al este con la cuenca de Macachín (Salso 1966, de Elorriaga 2010). Folguera y Zárate (2009) interpretaron un pasaje transicional al bloque de Chadileuvú (*sensu* Ramos y Cortés 1984) (Fig. 2) hacia el sur y sudoeste, mientras que definieron el límite occidental en la falla Valle Daza. Este último límite en particular es objeto de análisis y discusión en la presente contribución.

## REGISTRO GEOLÓGICO

El registro estratigráfico del Bloque de La Pampa Central se caracteriza por su naturaleza fragmentaria y muy discontinua con prolongados *hiatus* que comprenden importantes lapsos del Paleozoico medio-superior, una parte considerable del Mesozoico y el Paleógeno inclusive. Así también, el intervalo Neógeno-Cuaternario presenta otro significativo *hiatus* que abarca desde el Plioceno en general hasta el Pleistoceno medio inclusive (Cuadro 1).

Las unidades precenozoicas comprenden un complejo ígneo-metamórfico precámbrico superior-paleozoico inferior (Linares *et al.* 1980, Tickyj *et al.* 2002) (Fig. 3) que conforma el basamento del bloque. Representaría la continuación austral del basamento aflorante en las Sierras Pampeanas de San Luis hacia el norte (Stappenbeck 1913, 1926, Linares *et al.* 1980, Delpino 2005).

**CUADRO 1:** Cuadro estratigráfico del Bloque de La Pampa Central.

Unidades estratigráficas	Edad	Litología e interpretación
Formación Meauco/Formación Santa Rosa	Pleistoceno tardío/Holoceno	Fm. Meauco: depósitos eólicos (arenas y limos arenosos/arenas limosas). Fm. Santa Rosa: depósitos fluviales.
Formación Cerro Azul	Mioceno tardío	Costra calcárea cuspidal (calcrete) Limos arenosos castaños continentales; facies eólicas (loess) y fluviales (loess retrabajado); restos fósiles de vertebrados continentales.
Secuencia sedimentaria inferida Rift de Quehué	Triásico/Cretácico	Depósitos sedimentarios inferidos a partir de datos geofísicos
Depocentro Arizona	Pérmico	Areniscas y conglomerados
Rocas ígneas volcánicas e intrusivas	Pérmico- Triásico Temprano (Grupo Choiyoi)	Cuerpos intrusivos y sedimentitas (arcosas, quizás pérmicas)
Basamento (sin esquema litoestratigráfico propuesto)	Precámbrico tardío-Paleozoico temprano	Complejo ígneo- metamórfico dominante; continuación austral del basamento de Sierras Pampeanas unidades sedimentarias.

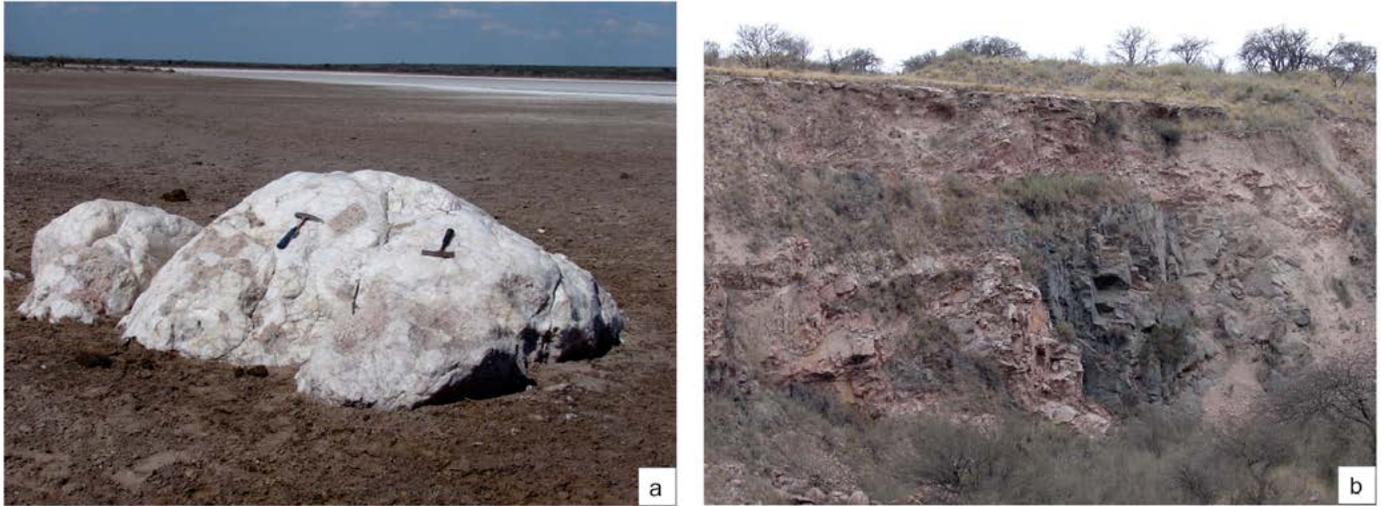
Basado en Gai (1975), Linares *et al.* (1980), Sato *et al.* (1999), Melchor y Llambías (2000), Goin *et al.* (2000), Chernicoff y Zappettini (2005), de Elorriaga *et al.* (2013).

El basamento está expuesto en escasos sitios del Bloque de La Pampa Central de poca extensión areal (máximo 0,5 km<sup>2</sup>), ubicados en su sector más occidental. Hacia el norte, las exposiciones incluidas en el Alto de Nueva Galia (Criado Roqué *et al.* 1981), corresponden a la sierra de Lonco Vaca, en el extremo noroccidental de la provincia de La Pampa y sudeste de San Luis, así como los Altos de Green (San Luis) situados al oeste de Lonco Vaca (Fig. 4). En el resto del Bloque de La Pampa Central, el basamento se encuentra a una profundidad promedio de 200 m (*i.e.* 170 m de profundidad en Santa Rosa, Salso 1966). Las cotas de sus afloramientos occidentales y de las perforaciones en la provincia de La Pampa señalan cierta inclinación hacia el este (Fig. 5). Por otro lado, se han citado, además, rocas sedimentarias asignadas al Pérmico (Chernicoff y Zappettini 2005). Así también, se ha inferido la existencia de registros sedimentarios del Triásico-Cretácico en

el rift de Quehué sobre la base de datos geofísicos (de Elorriaga *et al.* 2013). En el sur existen afloramientos saltuarios de areniscas rojas y conglomerados con restos de cáscaras de huevos de dinosaurios asignadas por Casadío *et al.* (1999, 2000) a la Formación Colorado (Cretácico Superior), apoyadas directamente sobre el basamento. Este sustrato, predominantemente integrado por rocas ígneo-metamórficas, está cubierto por un manto de depósitos neógenos y del Cuaternario tardío.

### Neógeno

El registro neógeno comprende limos arenosos continentales de composición volcanoclástica con facies eólicas (loess) y fluviales (limos arenosos retrabajados); estos depósitos han sido agrupados estratigráficamente en la Formación Cerro Azul (Linares *et al.* 1980). La unidad remata en una costra calcárea (calcrete) (Linares *et al.* 1980) con espesor promedio de ~1,5 m, exhibe estructura en plan-



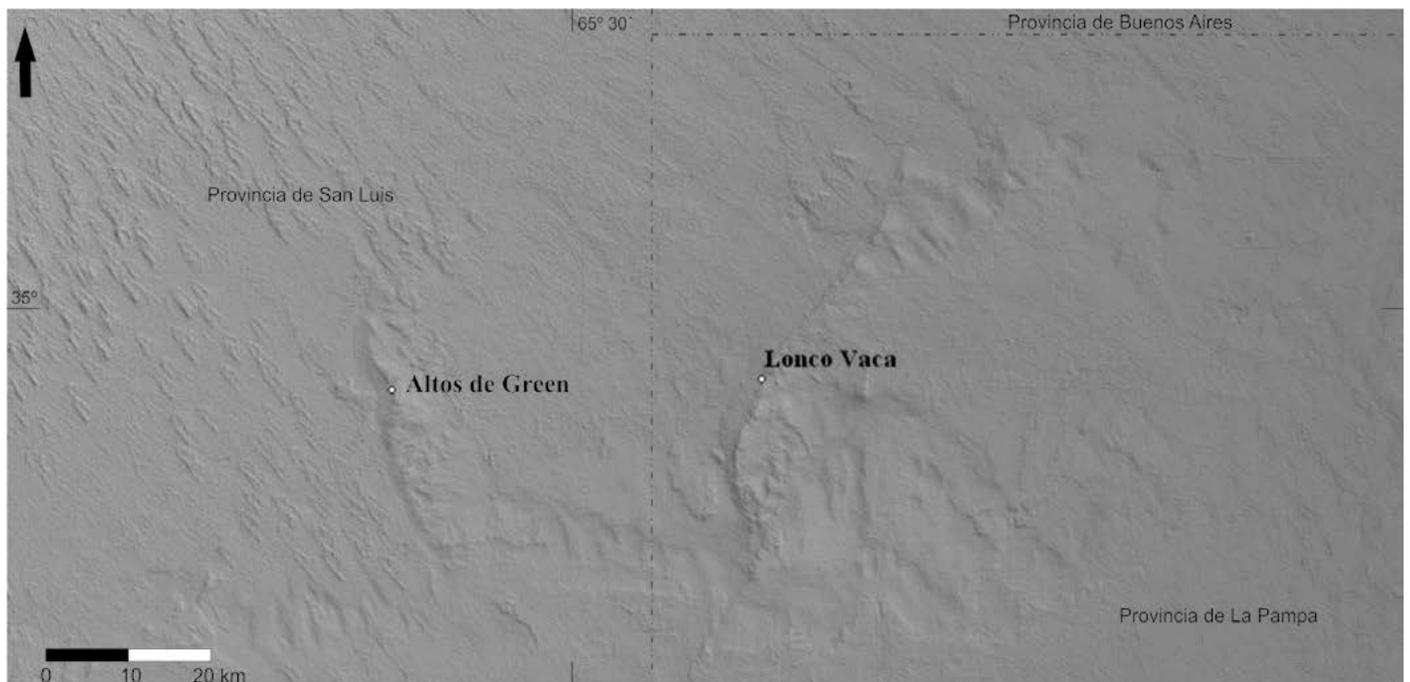
**Figura 3.** a) afloramiento de pegmatita en el borde de una salina en Valle Daza (ver ubicación en Fig. 1); b) cantera de Lonco Vaca (ver ubicación en Fig. 1), metamorfitas del Precámbrico tardío e intrusivos graníticos.

chas y evidencias de múltiples episodios de brechamiento y disolución. Vogt *et al.* (2010) han señalado que la costra calcárea representa una entidad diferente, que interpretan como depósitos distales del piedemonte andino cementados por calcáreo. En este sentido, los levantamientos de campo efectuados recientemente revelan heterogeneidad morfológica de la costra calcárea. En algunos afloramientos del sector occidental del Bloque de La Pampa Central (e.g., bajo El Durazno, valle Utracán), exhibe un contacto inferior abrupto y

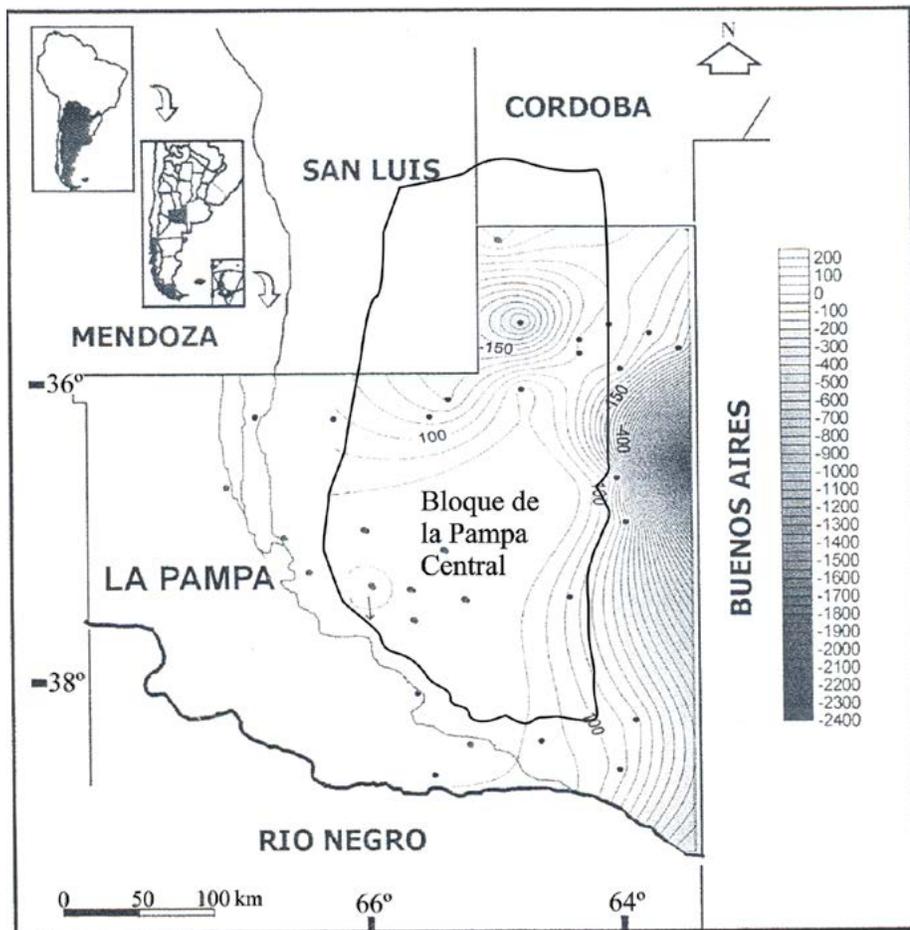
neto que se interpreta como erosivo, la cementación calcárea incluye depósitos predominantemente arenosos con estructuras sedimentarias de corriente (Fig. 6). Hacia el centro-este del Bloque de La Pampa Central, la costra calcárea (Fig. 7), estaría desarrollada en los limos arenosos de la Formación Cerro Azul.

La Formación Cerro Azul apoya sobre el sustrato precenozoico del Bloque de La Pampa Central, así como sobre los depósitos marinos miocenos asignados al mar Paranense en las cuencas tectónicas cir-

cundantes (e.g., Salso 1966, Calegari *et al.* 2014). En la mayor parte del paisaje del Bloque de La Pampa Central, la unidad está cubierta por depósitos del Cuaternario tardío (ver a continuación) que, junto con la vegetación, enmascaran su presencia y extensión. La unidad se extiende a través de unos ~300.000 km<sup>2</sup> en el centro de Argentina, que no sólo incluye el Bloque de La Pampa Central, sino que además abarca las áreas vecinas; forma parte de una amplia cuenca de sedimentación que comprende también otras unidades



**Figura 4.** Ubicación de los Altos de Lonco Vaca y de Green. Sobre modelo digital de elevaciones SRTM.



**Figura 5.** Profundidad del basamento en la Provincia de La Pampa; cotas en relación con el nivel del mar. Los puntos son perforaciones de la Administración Provincial del Agua, La Pampa. Modificado de Szelagowski (2003).

estratigráficas equivalentes definidas en la provincia de Buenos Aires (Folguera y Zárate 2009). La sedimentación de la Formación Cerro Azul habría acontecido durante el Mioceno tardío, entre ~9,43 y ~6,8 Ma (Folguera y Zárate 2009, y referencias allí citadas). Los levantamientos de campo y las imágenes nos han permitido comprobar la extensión hacia el NO en la provincia de San Luis de los afloramientos de la Formación Cerro Azul, donde están parcialmente cubiertos por el manto eólico del cuaternario tardío.

### Cuaternario

El levantamiento de perfiles estratigráficos y su correlación regional e integración con información preexistente permiten señalar que el registro cuaternario del Bloque de La Pampa Central está representado predominantemente por depósitos eólicos y secundariamente por depósitos fluviales. Los eólicos conforman una ex-

tensa cubierta que tapiza el relieve. Sobre la superficie con la costra calcárea de la Formación Cerro Azul, se extiende un manto de limos arenosos/arenas limosas con espesores de 1-1,5 m en promedio; así también, incluye mantos de arena y extensos cordones de médanos en el interior de los valles y depresiones. En algunos de éstos (valles de Quehué, Utracán, depresión de la Laguna Don Tomás), hay depósitos fluviales acumulados por cursos efímeros (Mehl 2011, Montalvo *et al.* 2017 y referencias allí citadas). De acuerdo con el registro paleontológico, asignable a las edades mamíferos (piso/edad) Lujanense y Platense, y las edades numéricas obtenidas, los depósitos fluvio-eólicos se acumularon durante el intervalo del Pleistoceno tardío-Holoceno (Montalvo *et al.* 2013)

### Geomorfología

El Bloque de La Pampa Central está integrado básicamente por dos grandes unida-

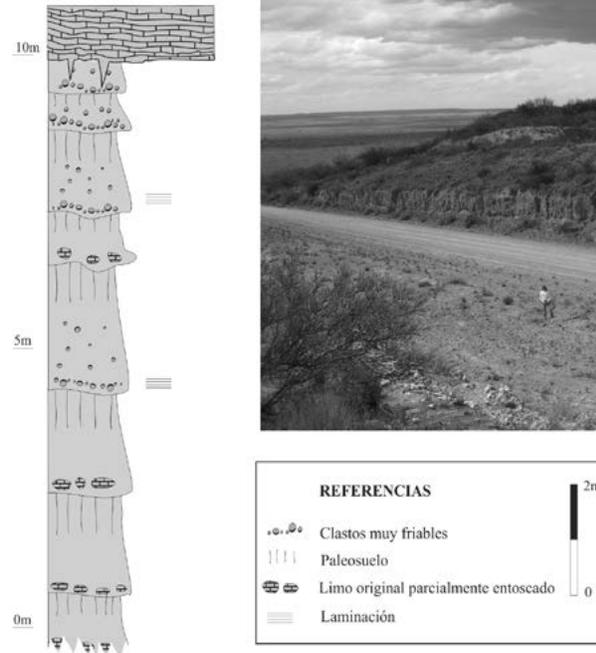
des geomorfológicas regionales, definidas por Calmels (1996); éstas corresponden a una extensa planicie estructural y una serie de depresiones longitudinales que la atraviesan, denominadas valles transversales (Fig. 8). A ellas se suman numerosas depresiones cerradas de dimensiones muy variadas, situadas tanto en la planicie estructural como en los valles.

La planicie estructural es una llanura elevada unas pocas decenas de metros (elevación máxima relativa de ~70-100 m en tramos del borde occidental y mínima de escasos metros en sectores del oriental). Está formada por la Formación Cerro Azul que se caracteriza por exhibir un arreglo litofacial consistente en una sucesión de depósitos predominantemente eólicos con retrabajo ácuico secundario y niveles alternantes de paleosuelos. La superficie conforma un plano inclinado de suave gradiente general hacia el cuadrante este (2 %) con sus mayores elevaciones absolutas en el sector occidental (alturas variables entre 370 a 400 m s.n.m., e.g. área circundante a valle Daza, sector al SO de General Acha) que descienden hasta unos 170-200 m en el oriental. En este extenso ámbito, Vogt *et al.* (1999) identificaron siete niveles topográficos diferentes entre determinados intervalos altimétricos que culminan con niveles de costras calcáreas; estos niveles no pudieron ser corroborados como tales en este trabajo. Los valles transversales corresponden a una serie de depresiones alargadas de varias decenas de kilómetros de longitud con un diseño en planta de tipo radial en abanico (Fig. 8), según Salazar Lea Plaza (1980); por lo tanto, sus direcciones generales son variables, NE en el norte, E-O en la sección central y SE en el sur. Exhiben anchuras máximas de hasta 10 km (Valle Argentino/Utracán) y profundidades de hasta 100 m que disminuyen progresivamente hacia el este. Los valles se caracterizan por un relieve interno escalonado compuesto por depósitos de la Formación Cerro Azul, integrado por al menos dos niveles principales de elevaciones, el de mayor altura relativa de cumbres aplanadas y disectadas, está formado por una sucesión de litofacies de la Formación Cerro Azul similar al de la planicie. El otro, de menor altura relativa, está formado por facies limo-arenosas acumuladas en un

ambiente de tipo fluvial efímero con cursos poco canalizados y/o áreas de escorrentía no canalizadas, así como áreas de drenaje deficiente, inundables, de tipo palustre (Lorenzo *et al.* 2013). Este último nivel circunda los sectores topográficos más deprimidos de los valles, ocupados por lagunas o arroyos de régimen efímero (Zárate *et al.* 2012, Lorenzo *et al.* 2013). Al respecto en sólo dos de estos valles (Quehué y Argentino/Utracán) se han desarrollado cursos de régimen efímero de pocas decenas de km de longitud que suelen conectar cuerpos de agua transitorios y salinas.

Otro rasgo destacable es la presencia de campos de médanos en el centro de los valles y mantos de arena que cubren el margen septentrional de los mismos (Fig. 9). En el sector central del valle de Utracán, Tripaldi *et al.* (2015) señalan la existencia de megadunas parabólicas complejas con longitudes variables entre 10 y 24 km, anchura de hasta 2 km y alturas de 40 m; así también, mencionan la presencia de dunas parabólicas, lineales y hoyos de deflación de menores dimensiones.

El origen de los valles ha sido debatido, habiéndose propuesto una génesis eólico-fluvial o tectónica (Tapia 1930, Cordini 1950, Linares *et al.* 1980, Terraza *et al.* 1981, Calmels 1996, Kostadinoff *et al.* 2001, de Elorriaga 2004, Nivière *et al.* 2013). Lorenz (2002) propuso, en cambio, un origen vinculado con la disolución de la costra calcárea a fines del Pleistoceno tar-



**Figura 6.** a) Perfil esquemático de la Formación Cerro Azul en el cerro Patagua (ubicación en Fig. 1); b) vista de los afloramientos.

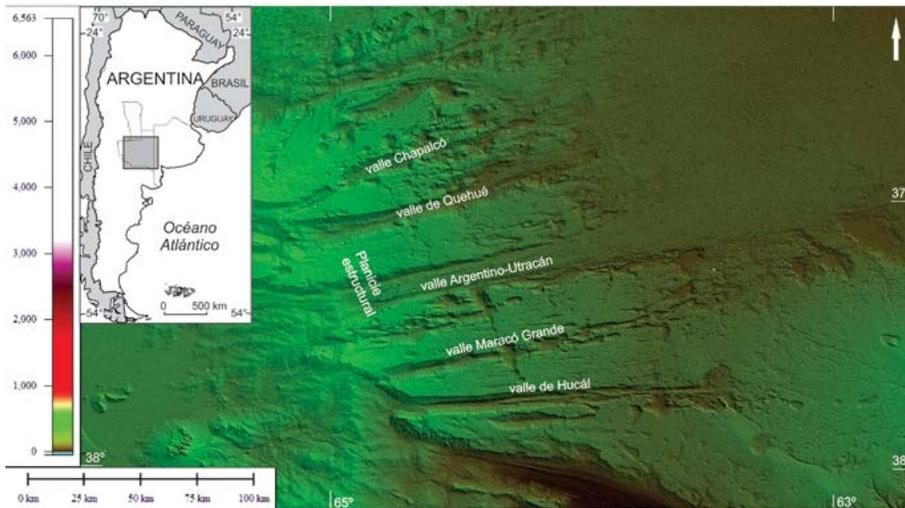
dío; por lo tanto el relieve actual se habría formado en pocas decenas de miles de años. Folguera y Zárate (2009) proponen un origen tectónico de los valles, cuya excavación se habría disparado a causa del levantamiento del Bloque de La Pampa Central hacia fines del Mioceno. El relieve interno escalonado, sugiere al menos tres

episodios de excavación (Lorenzo *et al.* 2013) durante un lapso prolongado que se iniciaría hacia el Mioceno tardío.

El paisaje se completa con depresiones topográficas cerradas, de drenaje centrípeto ubicadas tanto en la planicie estructural como en los valles. Exhiben formas variadas en planta, entre éstas son fre-



**Figura 7.** A) Margen de valle transversal y remanente de la planicie estructural con la costra calcárea cuspidal de la Formación Cerro Azul en el valle de Quehué. B) aspecto general de la costra calcárea.



kilómetros. Las depresiones tienden a incrementar su número en la zona central del Bloque de La Pampa Central, lo que genera la existencia de remanentes aislados de la planicie estructural. Las características generales permiten inferir que corresponden a cuencas de deflación. El extremo oriental de algunos de los valles, ya en el ámbito de la cuenca de Macachín, se caracteriza por la existencia de depresiones de kilómetros de extensión que albergan salinas de considerable tamaño (e.g. Salinas Grandes de Hidalgo, laguna de Guatraché) (Fig. 11) cuya génesis es objeto de investigaciones en marcha.

**Tectónica y fábrica del basamento**

El basamento del Bloque de La Pampa Central integra el terreno de Pampa cuya sutura con el cratón del Río de La Plata estaría marcada por un cambio en la orientación de la fábrica magnética (Chernicoff *et al.* 2009). Su ubicación es difícil de determinar debido a la cubierta

**Figura 8.** Imagen STRM del sector centro austral del Bloque de La Pampa Central; se observa la planicie estructural y los valles transversales.

cuentas las que presentan diseño en V invertida con su vértice hacia el noreste (Fig. 10); esta última es la dirección dominante de los ejes mayores de la mayoría de las depresiones. Así también, en

cortes transversales presentan perfiles asimétricos con márgenes de gradientes más pronunciados hacia el noreste. Las dimensiones son muy variables con diámetros entre decenas de metros y varios



**Figura 9.** A) Vista hacia el norte del valle de Utracán, en el fondo del valle campo de médanos señalado con flecha. B) Detalle de los médanos dentro del valle.

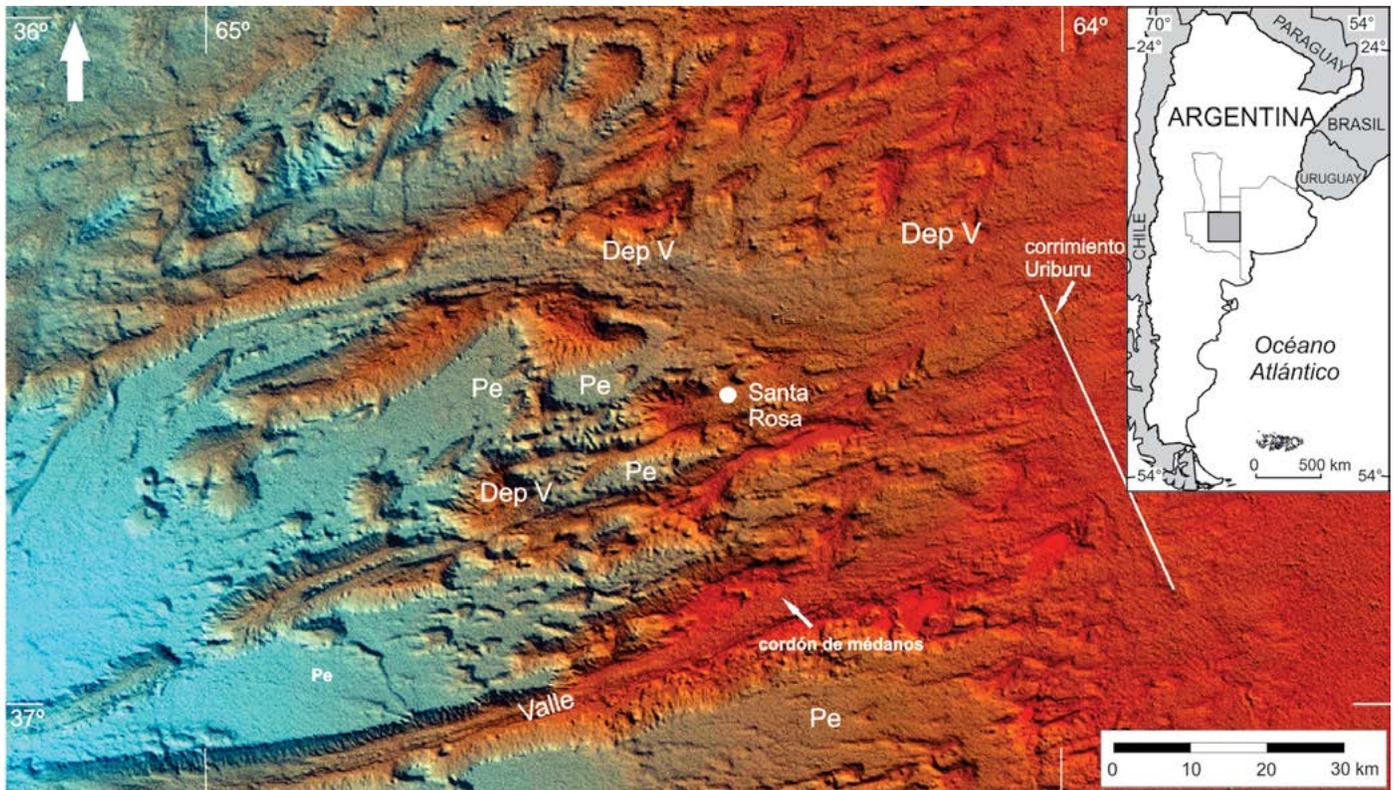


Figura 10. Imagen SRTM de los alrededores de la localidad de Santa Rosa. Referencias: depV: depresiones en forma de V, Pe: remanente de planicie estructural.

de depósitos del Cenozoico tardío. Leal *et al.* (2003) quienes infieren un rumbo NE para la sutura en cercanías al límite entre las provincias de Buenos Aires y La Pampa, la interpretaron como la continuación hacia el sur del lineamiento Transbrasiliario. El cratón del Río de La Plata es la unidad tectonoestratigráfica de mayor antigüedad; su edad se ha inferido a partir de la datación de una diorita extraída a una profundidad de 2.200 m de la cuenca del Paraná ( $1.516 \pm 150$  Ma, Leal *et al.* 2003). Más recientemente, Rapela *et al.* (2008) le asignaron una edad de 2.200 Ma sobre la base de dataciones. Chernicoff *et al.* (2015) determinaron nuevas edades geocronológicas realizadas sobre circones, una sobre un gneiss granodiorítico que arrojó una edad de  $2.164 \pm 5$  Ma y otra datación realizada en circones en un gneiss monzogranítico con una edad de  $2.186 \pm 10$  Ma.

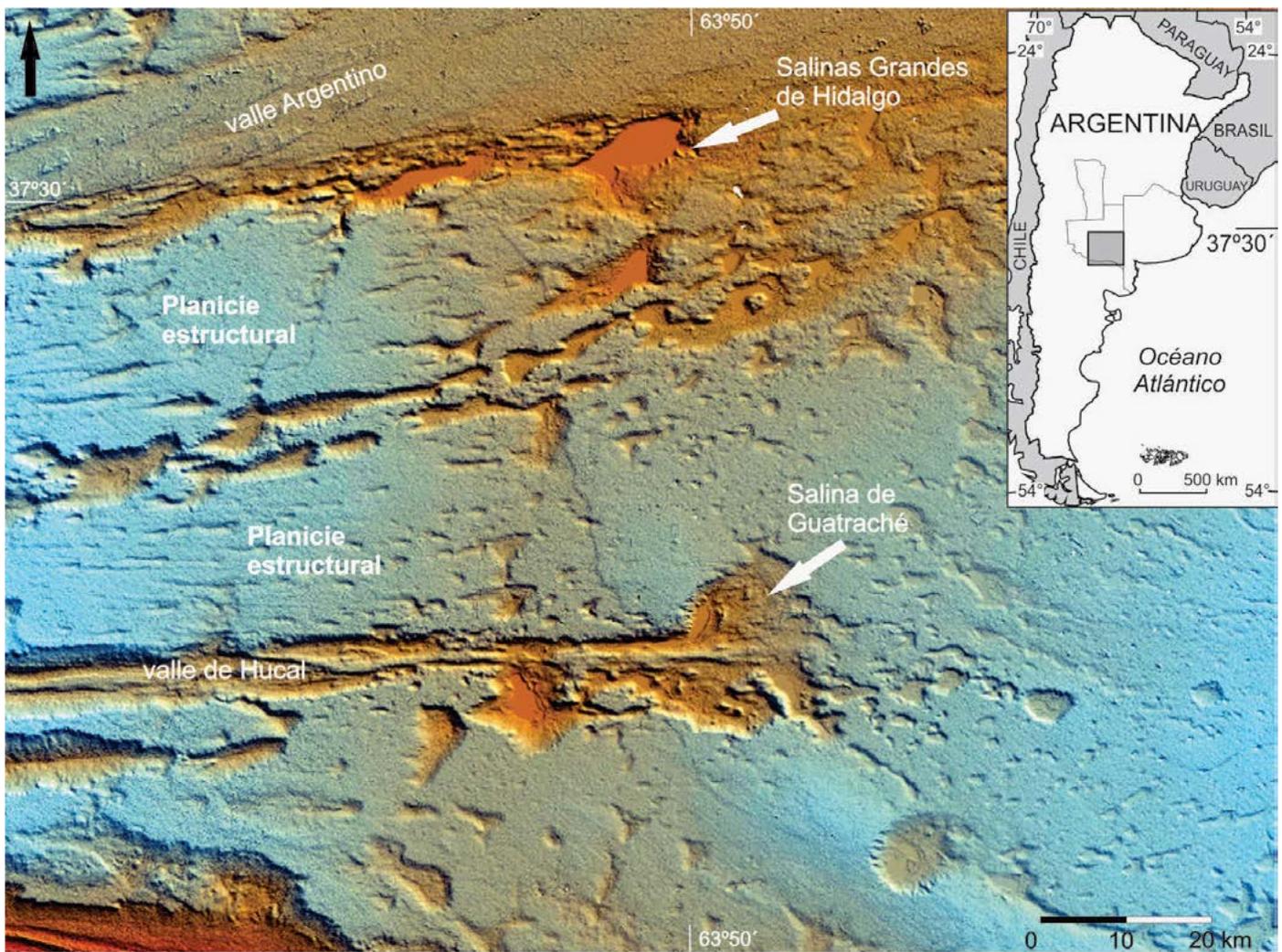
Hacia el oeste, como resultado de la colisión de Cuyania con Pampia, se desarrolló una zona de sutura que se ubica entre el bloque de Las Matras y el de Chadileuvú situado al este del anterior, al que correlacionan con las Sierras Pampeanas de

San Luis (Ramos 1996, Sato *et al.* 1999). De acuerdo con los modelos tectónicos propuestos, la acreción del terreno de Pampia habría tenido una subducción al este con el cratón del Río de la Plata (Kraemer *et al.* 1994, Rapela *et al.* 1998). Se habrían amalgamado al margen sudoccidental del Gondwana (cratón del Río de la Plata) en sucesivos ciclos orogénicos durante el Cámbrico, Ordovícico medio y Devónico respectivamente (Ramos 1998, 1999, 2004, Rapela *et al.* 1998, Chernicoff y Zappettini 2005, Escayola *et al.* 2007). Otros modelos han propuesto la zona de subducción de Pampia y el cratón del Río de la Plata hacia el oeste (Trindade *et al.* 2006 y Chernicoff *et al.* 2012). Por su parte, las investigaciones en el terreno de Cuyania han demostrado su aloctonía y su amalgamación con Gondwana hacia el Ordovícico tardío (Astini *et al.* 1995, Thomas y Astini 1996, 2003). El límite oriental del terreno de Cuyania, estaría marcado por una importante anomalía magnética, que hacia el sur terminaría abruptamente en el margen norte del terreno Patagonia (Chernicoff y Zappettini 2003, Mosquera y Ramos 2006).

## Estructura

El estudio y mapeo de superficie efectuados en este trabajo, combinados con datos de perforaciones y subsuelo por geofísica, sugieren la presencia de deformación de poco rechazo (menos de 100 m) del zócalo para esta región extraandina, producida con posterioridad a la depositación del Neógeno. El análisis de la morfología superficial muestra que ésta sigue patrones en su orientación general, que se corresponden con los de las estructuras del subsuelo, a su vez coincidentes con las direcciones preferenciales de estructuración del basamento.

**Estructuras de escala regional:** Los rasgos superficiales más notables son de rumbo preferencial NNO-SSE; corresponden a las fallas Valle Daza, Uriburu (Fig. 12), Desaguadero-Salado y Rift de Quehué. El borde oriental del Bloque de La Pampa Central fue definido y caracterizado por Folguera y Zárate (2009) coincidente con la falla de Uriburu. La falla Valle Daza-Lonco Vaca ha sido considerada previamente como la estructura que determinaba el límite occidental del Bloque de La Pampa Central (Folguera y Zárate 2009) (Fig. 3).

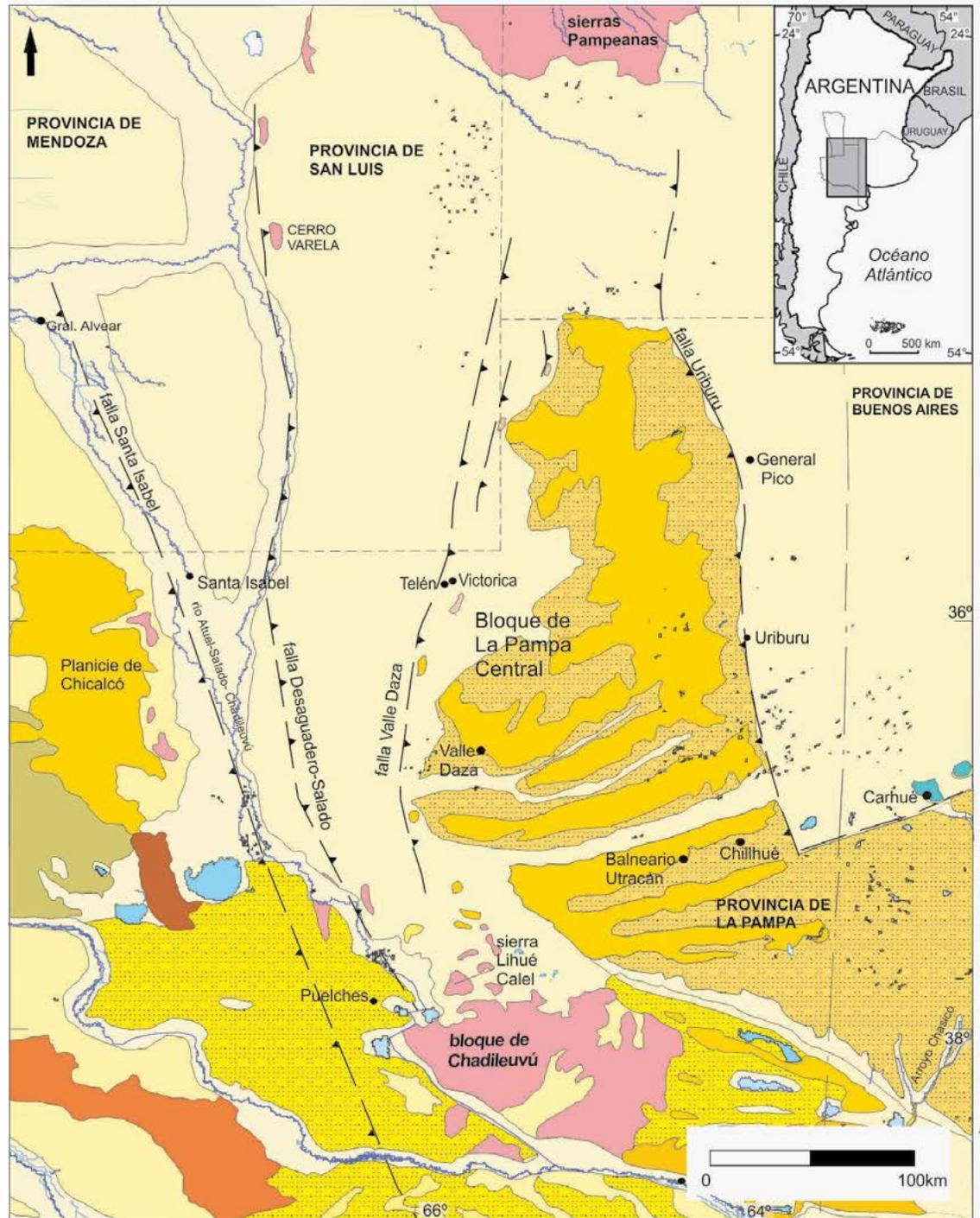


**Figura 11.** Imagen STRM de los valles de Hucal, Maracó Chico y Argentino. Detalle del sector sur de la planicie estructural donde se observan depresiones localizadas en los extremos orientales de algunos valles, en este caso valle de Hucal y Argentino.

Chernicoff *et al.* (2005) la definieron como una estructura de basamento a partir de los estudios pioneros de Stappenbeck (1913) y Tapia (1930). En este trabajo se propone extender las dimensiones del bloque y se sugiere como nuevo límite occidental del Bloque de La Pampa Central la traza del río Salado-Chadileuvú, actualmente sepultado y enmascarado por el extenso campo de dunas del Cuaternario tardío, cuyo trazo coincide en profundidad con la ubicación de la sutura entre los terrenos de Cuyania y Pampia. Este límite también se condice con la extensión de los afloramientos ya mencionados de la Formación Cerro Azul hacia el NO, en la provincia de San Luis. **Falla Desaguadero-Salado:** Esta estructura fue mencionada por Criado Roqué e Ibañez (1979) quienes la propusieron como el límite oriental de la subcuenca Alvear y la

caracterizaron como una serie de estructuras de fallas paralelas escalonadas de rumbo N-S. Más recientemente, Chernicoff y Zappettini (2003) mediante un levantamiento aeromagnético de alta resolución precisaron la localización de la sutura entre los terrenos de Cuyania y Pampia por el mismo sitio, i.e. el río Salado-Chadileuvú. El trabajo de campo ha permitido proponer la continuidad de esta falla y determinar su traza. Hacia el sur, esta falla determina el límite occidental de las sierras de Lihue Calel; hacia el norte se continuaría por el río y en el sur de San Luis margina por el oeste el cerro Varela. Debido a la cobertura de depósitos cuaternarios no ha sido posible, hasta el momento, medir la cinemática de esta falla. Los datos de sismos superficiales analizados en la zona para los últimos 5 años (Ecker-

man 2015) indican una concentración de los epicentros sobre esta estructura. Los mecanismos focales analizados en la subcuenca Alvear se han determinado transcurrentes, datos que no son suficientes para medir su cinemática. Nivière *et al.* (2013) proponen la existencia en la Pampa de lo que llaman La Pampa High, con un concepto similar al ya descrito por Folguera y Zárate (2009), y ubican su límite occidental dentro de la planicie estructural que se extiende hacia el oeste de la falla Valle Daza-Lonco Vaca. La extensión comprobada de los afloramientos de la Formación Cerro Azul confirmaría dicha interpretación. Se propone que se trata de una estructura reactivada con posterioridad a la depositación de la Formación Cerro Azul (Mioceno tardío). Sobre la base de estas evidencias pro-



**Figura 12.** Mapa geológico del sector central de la provincia de la Pampa y áreas circundantes. Principales estructuras del Bloque de La Pampa Central.

ponemos la redefinición de la extensión y límite occidental del Bloque de La Pampa Central incluyendo este último sector comprendido entre las fallas (Fig. 12).

**Rasgos de deformación secundarios:** El margen septentrional de la laguna de Chillhué (valle Utracán-Argentino, 45 km al este de General Acha) está constituido por una elevación de cumbre plana que integra el sistema de menor altura relativa identificado en los valles transversales. Está formado por una sucesión compuesta en la base por limos arenosos finos de color rojizo, macizos, cubiertos por arenas muy finas limosas depositadas por flujos de edad miocena tardía. La sucesión está inclinada entre 6° y 8° al SE, lo que indicaría basculamiento post depositacional.

En el cerro Patagua se han encontrado rasgos vinculados con mecanismos cinemáticos, tales como planos estriados, así como escalones de falla en la Formación Cerro Azul en inmediaciones de la falla Valle Daza (Fig. 13); y también planos de mayor trituración de los depósitos interpretados en este trabajo como fallas menores, que indican actividad cercana al plano principal, con posterioridad a la depositación de la Formación Cerro Azul y anterior a la formación del calcrete, que corresponderían al Mioceno superior.

**Diques clásticos:** En la zona se ha mencionado la presencia de diques clásticos (de Elorriaga *et al.* 2012). Los diques clásticos están presentes en varias localidades (Telén, balneario Utracán, valle Daza, laguna Chillhué) desarrollados dentro de las sedimentitas de la Formación Cerro Azul (Fig. 14).

Los diques tienen geometría tabular, con uno o varios episodios de relleno (de Elorriaga *et al.* 2012). Están formados por sedimentos pelíticos finamente laminados, de mayor consistencia que los de la secuencia hospedante. Tienen espesores de hasta 10 cm y continuidad a lo largo de decenas de metros. Los datos de rumbos predominantes en la localidad de Chillhué y Utracán son NNE y NNO. En Telén tienen un rumbo entre N3° y N10° (Fig. 14) y buzamientos casi verticales superiores a 80°.

Las características litológicas, distribución y morfología permitieron a de Elorriaga *et al.* (2008) caracterizarlos como sismitas. La sismicidad es un mecanismo que es considerado como generador de inyecciones



**Figura 13.** a) Pared con estrias de falla en el cerro Patagua (ubicación en Fig. 1); b) Fallas secundarias cercanas a la falla Valle Daza (ubicación en Fig. 1).

clásticas, por lo que su aparición en secuencias antiguas sugiere paleosismicidad (Obermeier 1998, Galli 2000). Según de Elorriaga *et al.* (2012), los diques clásticos se generaron durante la acumulación de los depósitos miocenos tardíos o inmediatamente con posterioridad a ella. Teniendo en cuenta que los diques intrui-

dos en rocas homogéneas se orientan perpendiculares al esfuerzo principal compresivo mínimo ( $\sigma_3$ ), la orientación preferencial de los diques clásticos se utilizó, en este caso, para calcular la disposición de  $\sigma_3$  al momento de la intrusión, que debería haber sido E-O para un sistema de diques N-S.



**Figura 14.** Diques clásticos en laguna Chillhué (ubicación en Fig. 1). a y c) aspecto general; b) detalle del relleno pelítico.

Sin embargo, el campo de esfuerzo en el área desde el Mioceno tardío fue compresivo, por lo que el esfuerzo  $\delta_1$ , o sea la mayor componente compresiva habría sido E-O, lo que es contradictorio con el sistema de diques encontrado, lo que lleva a pensar en una situación particular. Se propone que los diques se forman en la charnela de un anticlinal con rumbo N-S, por la curvatura de las capas, esto es un fenómeno de extensión local que no se relaciona al campo de esfuerzos regional (Fig. 15).

Partiendo que esta es la dirección dominante de los diques clásticos a lo largo de todo el Bloque de La Pampa Central se asocia que Folguera y Zárata (2009) han propuesto una geometría de la cuenca miocena tardía en la que el *forebulge* se ubicaría en el bloque de la Pampa Central.

Nivière *et al.* (2013) también consideran el alto definido en el centro de la provincia de la Pampa, *La Pampa High*, en parte coincidente con los límites aquí propuestos como el *forebulge* de una cuenca de antepaís.

## DISCUSIÓN

### Dinámica tectónica y levantamiento del Bloque de La Pampa Central

Desde el punto de vista tectónico, la región donde se ubica el Bloque de La Pampa Central, está localizada en el ámbito de intraplaca (Chebli *et al.* 1999). A pesar de los modelos teóricos existentes, no se han establecido todavía las fuerzas motoras de la placa Sudamericana (Asumpção 1992), de manera que en este sector el campo de esfuerzos de intraplaca es poco conocido. En términos generales, Lima (2000) basado en modelos numéricos y teóricos del campo de esfuerzos y datos geodésicos espaciales a escala continental, propuso que la placa sudamericana se encuentra bajo un régimen de acortamiento debido a compresión horizontal. En el tramo comprendido entre los 34°S y los 40°S, los Andes han sido considerados como un sistema donde la subducción de corteza oceánica genera la formación de un arco magmático lo que produce debilitamiento de la corteza y un subsecuente régimen compresivo (Ramos 1996, Cobbold y Rossello 2003).

La litósfera del sector central de Argentina es una placa heterogénea, producto de una historia compleja de terrenos acrecionados cuyos límites constituyen zonas de debilidad; estas últimas separan bloques con características reológicas propias y diferentes en cada caso. Así, la región comprende la porción sur de los terrenos de Pampia, Cuyania y cratón del Río de La Plata.

Hacia el oeste del Bloque de La Pampa Central, hay otras dos unidades morfoestructurales; la más occidental y de mayor expresión morfológica relativa es la faja plegada y corrida de Malargüe, asociada con la cuenca del Río Grande. La estructuración de la misma comenzó a los ~18-16 Ma, migrando hacia el antepaís ~ 5,05 Ma (Ramos y Folguera 2005). En posición intermedia entre la anterior y el Bloque de

La Pampa Central se sitúa el Bloque de San Rafael, asociado con los términos superiores de la cuenca de Alvear. Según Folguera *et al.* (2005) la principal fase de levantamiento de este bloque habría ocurrido en el Mioceno medio, basados en la procedencia de los depósitos que integran las secuencias de la Formación Aisol (Dessanti 1954, González Díaz 1972). Más recientemente, Forasiepi *et al.* (2014) dataron la secuencia inferior de esta unidad y determinaron una edad de 20 Ma para la base. En este contexto regional, el Bloque de La Pampa Central es la unidad morfoestructural más oriental de las tres reconocidas en el centro oeste de Argentina, cuyas respectivas alturas relativas y expresión morfológica decrecen en sentido oeste-este. Cada una de ellas está asociada con una cuenca de antepaís.

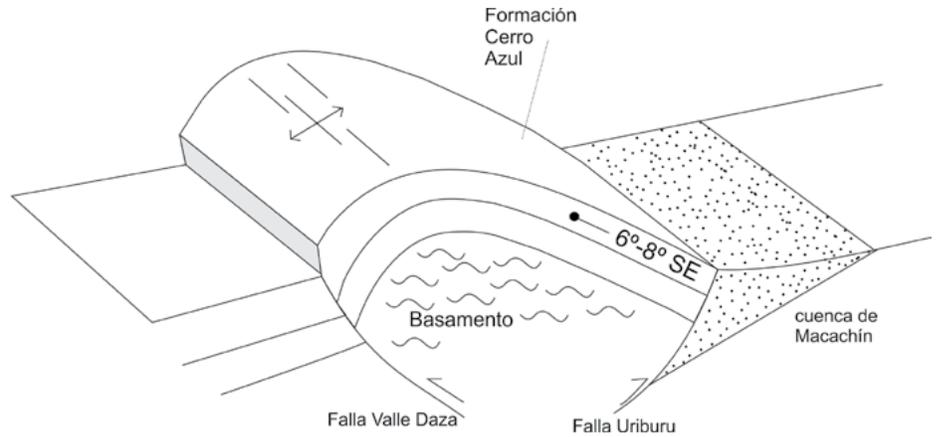
El levantamiento del Bloque de La Pampa Central se asociaría con un estadio de subducción de bajo ángulo al que se relaciona la expansión del arco volcánico del Mioceno medio al Plioceno entre los ~35°-38°S (Folguera *et al.* 2005), episodio que también habría producido el levantamiento del Bloque de San Rafael. La fase principal de levantamiento del Bloque de La Pampa Central habría acontecido en el Mioceno tardío de acuerdo con la presencia de depósitos deformados de esta edad (Formación Cerro Azul) en el mismo (Folguera y Zárata 2009). En los Andes de Mendoza, la migración hacia el este del arco volcánico habría continuado hasta alrededor de 5,05 Ma (Ramos y Folguera 2005) concomitante con la deformación. Un posterior evento de fallamiento extensional, documentado por Folguera *et al.* (2005) en la cuenca del Río Grande y en el sector interno del retroarco, fue relacionado con el empinamiento de la placa que podría haber continuado en el Cuaternario (2,6-0 Ma) (Ramos y Folguera 2005, Ramos y Kay 2006). Sin embargo, en el área analizada el campo de esfuerzos es de naturaleza combinada ya que la orientación de los esfuerzos actuantes a lo largo del sector sur de América del Sur, es casi uniforme en dirección E-O (Asumpção 1992). Este autor determinó que la orientación del esfuerzo regional no está influenciada por los cambios en el rumbo de los Andes o de la costa occidental.

Según Assumpção (1992) el origen del régimen de esfuerzo compresivo E-O en la placa Sudamericana, observado en el sur de Brasil, resulta de la interacción entre la fuerza de *ridge-push*, actuante en el margen oriental y las fuerzas de *slab-pull* a lo largo del margen occidental. En relación con esta propuesta, en Argentina la deformación de margen pasivo es un mecanismo aún desestimado. En general, los márgenes pasivos han sido considerados geodinámicamente estables, sólo afectados por subsidencia inducida por procesos tectónicos inicialmente y por reajustes termales más jóvenes (McKenzie 1978). Sin embargo, las fuerzas tectónicas horizontales, como las de *ridge-push* pueden desencadenar reactivaciones de los márgenes en compresión y así inducir levantamiento (Cloetingh *et al.* 1990, Ransome y de Wit 1992, Doré y Lundin 1996, Bol-dreel y Andersen 1998, Hudec y Jackson 2002, Mosar *et al.* 2002).

El comienzo de la sedimentación continental neógena en la región central está vinculado principalmente con este proceso de migración de la deformación junto con el arco volcánico hacia el este, que habría comenzado hace alrededor de 18 Ma. Depósitos de esta edad se encuentran en sectores adyacentes a los Andes, en la provincia de Mendoza (Silvestro y Kraemer 2005, Silvestro y Atencio 2009, Arcila Gallego 2010). En la región extraandina distal las secuencias encontradas corresponden a edades miocenas tardías y pliocenas (entre 10 y ~3-5 Ma, edades mamífero- piso/edad Chasiyuense - Huayqueriense, Montehermosense, Chapadmalalense).

La estructuración tectónica del Mioceno tardío determinó el levantamiento del Bloque de La Pampa Central y la finalización del espacio de acomodación; cesó entonces la acumulación sedimentaria en el sector central, y se formaron nuevos depocentros hacia el sur y el este (cuenca del Colorado, sudeste del Positivo Bonaerense) (Folguera y Zárate 2009).

Teniendo en cuenta los datos discutidos de rumbo de diques clásticos y de la ubicación del Bloque de La Pampa Central como el *forebulge* de la cuenca de antepaís miocena se propone como hipótesis plausible que el Bloque de La Pampa Central está plegado, formando un anticlinal, con un eje



**Figura 15.** Pliegue propuesto para el Bloque de La Pampa Central con la ubicación de los diques clásticos en el eje de la charnela.

de rumbo ~N-S buzando hacia el norte y hacia el sur. El rumbo del eje del pliegue se distingue por su paralelismo con las fallas descriptas. A su vez, los diques clásticos, paralelos al rumbo del eje del pliegue, estarían asociados al sector extensivo de la charnela del pliegue (Fig. 15).

Como consecuencia, al estabilizarse la superficie de la cuenca miocena tardía habría comenzado la formación de la costra calcárea cuspidal de la Formación Cerro Azul que representaría una secuencia estratigráfica condensada (Folguera y Zárate 2009). Desde el punto de vista geomorfológico generó la planicie estructural y habría determinado el comienzo de la excavación de los valles transversales del Bloque de La Pampa Central.

Sobre la base de la discusión previa, se ha elaborado un modelo preliminar de la evolución del área extraandina a los 37°S, que ilustra tres estadios principales de la historia del Bloque de La Pampa Central (Fig. 16).

El primer estadio es anterior a los ~12 Ma, donde las cuencas de Macachín y probablemente la de Alvear fueron invadidas por el mar Paranense, mientras que los protobloques de San Rafael, el Bloque de La Pampa Central, el Positivo Bonaerense y el de Chadileuvú actuaron como áreas emergidas. En el segundo estadio, alrededor de los 10 Ma la región fue cubierta por depósitos continentales (Formación Cerro Azul en el centro de La Pampa). Durante el tercer estadio, en el Mioceno tardío-Plioceno temprano (~6-5? Ma) se reactivan estructuras previas y el Bloque de La Pampa Central es levantado y ple-

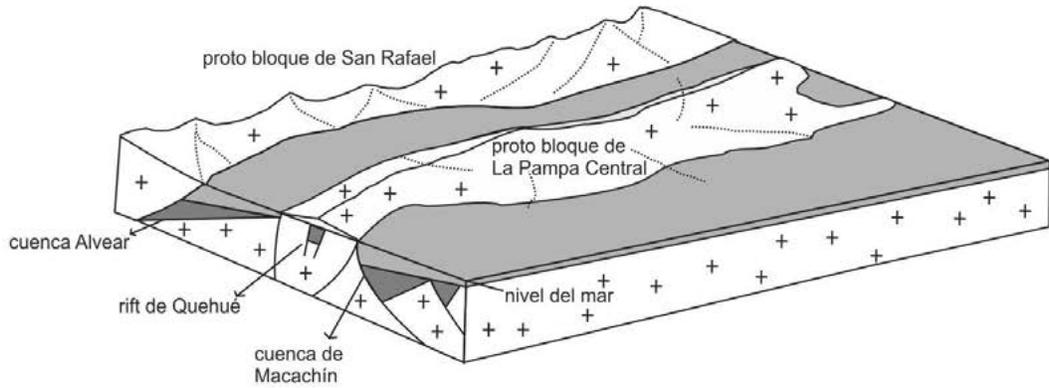
gado (Fig. 16). Este levantamiento del bloque habría desconectado la superficie de sedimentación miocena tardía de su área fuente. A partir de la estabilización de las superficies se habría iniciado el desarrollo de calcretes. Este levantamiento habría generado el cambio de nivel de base e iniciado la disección del bloque, así como la exhumación del bloque de Chadileuvú hacia el sur.

Cuando se analiza lo que ocurrió en la cuenca de Macachín, de Elorriaga y Camilletti (1999) refirieron dos eventos de deformación compresiva que afectaron la cuenca: uno registrado hasta la base de los depósitos miocenos, con esfuerzos orientados en dirección ENE, que generaron pliegues en las secuencias pre-miocenas y otro que afectó a las secuencias miocenas y pliocenas. Posteriormente al retiro del mar Paranense, según de Elorriaga y Camilletti (1999) habría continuado una lenta subsidencia en la cuenca, con intervalos de pulsos compresivos que afectaron los depósitos neógenos.

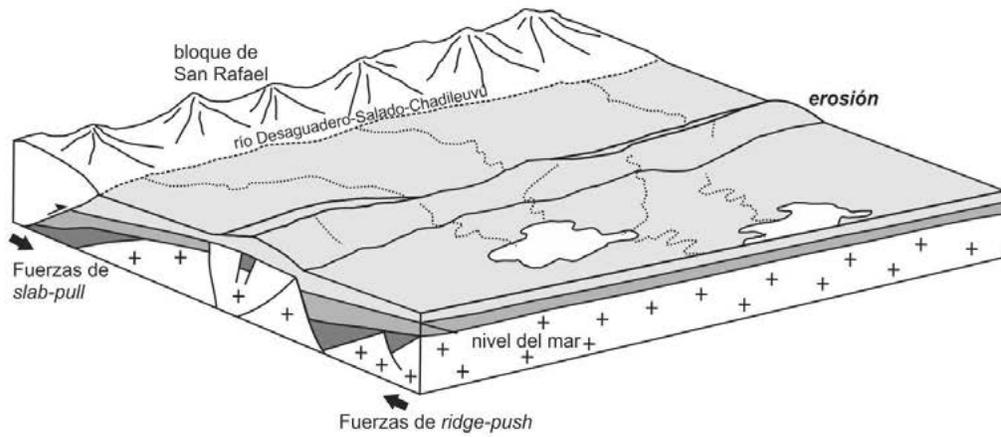
## CONSIDERACIONES FINALES

Las características del Bloque de La Pampa Central permiten inferir que el antepaís distal del sector central de Argentina muestra evidencias de actividad tectónica. Los datos de campo sugieren que las fallas de intraplaca en el este de Argentina son el resultado de la reactivación de zonas de debilidad cortical. Los depósitos sinorogénicos ubicados en el Bloque de

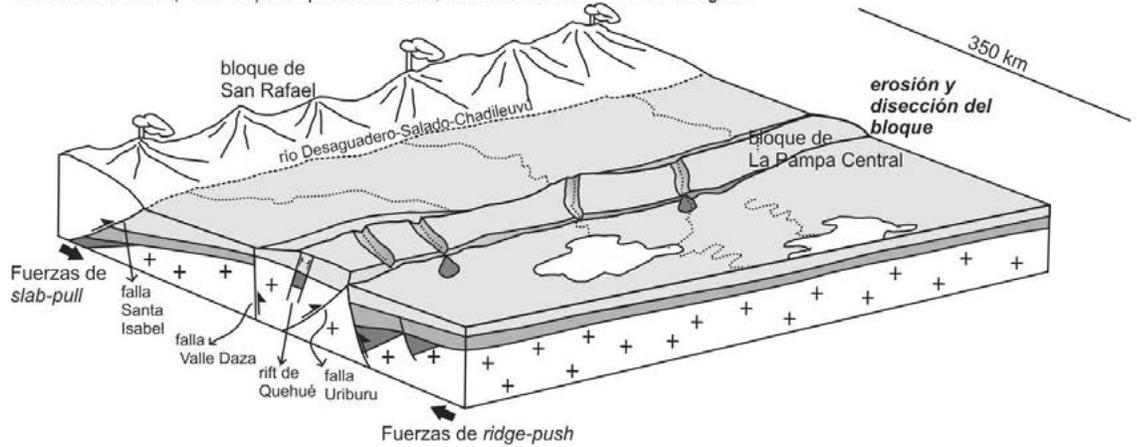
A. Mioceno tardío (~12 Ma)



B. Mioceno tardío (~ 8 Ma): subsidencia dinámica en el antepaís



C. Mioceno tardío (~6.8 Ma): antepaís fracturado, reactivación de estructuras antiguas



**Figura 16.** Esquema evolutivo para el Mioceno tardío, con el desarrollo y posterior deformación de la cuenca sinorogénica. diques clásicos en el eje de la charnela.

- Formación Cerro Azul
- Mar Paranense
- Depósitos cretácicos
- Basamento precámbrico-paleozoico

La Pampa Central, así como en las áreas vecinas entre los 35°-41°S, han brindado una oportunidad excelente para el estudio de la evolución de las cuencas sinorogénicas y su posterior estructuración, las que se han vinculado con procesos de horizontalización de la placa en subducción y las fuerzas que genera la dinámica de un margen pasivo. La propuesta aquí realizada pone de manifiesto que el centro de Argentina, no es un sector estable, sino que se propone como hipótesis que respondería a un campo de esfuerzos combinado de los Andes y de las fuerzas de *ridge-push* procedentes de la dorsal oceánica centro-atlántica.

La estructuración miocena tardía del antepaís está controlada por la reactivación de grandes líneas de debilidad paleozoicas. En el Bloque de La Pampa Central el límite oriental corresponde a la sutura entre los terrenos Pampia y Río de la Plata, que reactiva también la subsidencia en las cuencas adyacentes a la sutura en forma de cuencas de antepaís, como la cuenca de Macachín. El borde occidental, que correspondería con la sutura Pampia-Cuyania, pasa hacia el norte en el sur del San Luis, al oeste del cerro Varela, una de las zonas con mayor sismicidad actual poco profunda del centro de Argentina extraandina (Eckerman 2015). Esta zona de debilidad N-S ha favorecido el desarrollo de un sistema de drenaje meridiano (Desaguadero-Salado).

La investigación realizada ha generado nuevos interrogantes, ya que ha abierto un panorama evolutivo más complejo del que se conocía. Es probable que el Bloque de La Pampa Central y el Bloque de Chadileuvú formen parte de un mismo bloque, en cuyo sector austral (bloque de Chadileuvú) la cubierta sedimentaria neógena ha sido erosionada exhumando el basamento. En futuros estudios para responder éste y otros interrogantes es necesario ajustar las edades de las secuencias a partir de edades numéricas, efectuar análisis sísmicos con resolución suficiente para determinar rechazos de fallas de decenas de metros, contrastar la hipótesis de plegamiento del Bloque de La Pampa Central, así como llevar a cabo análisis geomorfológicos de detalle de las redes de drenaje y de las paleosuperficies.

## AGRADECIMIENTOS

A las autoridades del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) por permitir la publicación de la información obtenida. Este trabajo es una contribución del proyecto 234 de la FCEN-UNLPampa. También queremos agradecer a los revisores Dr. Carlos Costa, Dr. Jorge Chernicoff y Dra. Graciela Visconti, quienes mejoraron este manuscrito con sus correcciones.

## REFERENCIAS

- Arcila Gallego, P.A. 2010. Los depósitos sinorogénicos del sur de Mendoza y su relación con la faja plegada y corrida de Malargüe (35°-36°S), Mendoza. Argentina. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires (inédito), 379 p., Buenos Aires.
- Assumpção, M. 1992. The regional intraplate stress field in South America. *Journal of Geophysical Research* 97: 11.889-11.903.
- Astini, R.A., Benedetto, J.L. y Vaccari, N.E. 1995. The early Paleozoic evolution of the Argentine Precordillera as a Laurentian rifted, drifted and collided terrane: a geodynamic model. *Geological Society of America Bulletin* 107: 253-273.
- Boldreel, L.O. y Andersen, M.S. 1998. Tertiary compressional structures on the Faeroe-Rockall Plateau in relation to northeast Atlantic ridge-push and Alpine foreland stresses. *Tectonophysics* 300: 13-28.
- Calegari R.J., Chebli G., Manoni R.S. y Lázzari, V. 2014. Cuencas cretácicas de la región central del país: General Levalle. *Relatorio del 19° Congreso Geológico Argentino, Actas*: 917, Córdoba.
- Calmels, A.P. 1996. Bosquejo geomorfológico de la provincia de La Pampa. Tesis Doctoral Universidad Nacional de La Pampa (inédito), 109 p., Santa Rosa
- Casadío, S., Manera, T., Parras, A., Montalvo, C.I. y Cornachione, G. 1999. Primer registro en superficie de sedimentitas continentales del Cretácico Superior en la cuenca del Colorado, sureste de La Pampa. *14° Congreso Geológico Argentino, Actas* 1: 59, Salta.
- Casadío, S., Manera, T., Parras, A., Montalvo, C.I. y Cornachione, G. 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., Mozetic, M.E., Rossello, E.A. y Bühler, M. 1999. Cuencas sedimentarias de la llanura Chacopampeana. En: Caminos, R. (ed.), *Geología Argentina*. Servicio Geológico y Minero Argentino, Instituto de Geología y Recursos Minerales 29: 627-644, Buenos Aires.
- Chernicoff, C.J. y Zappettini, E.O. 2003. Delimitación de los terrenos tectonoestratigráficos de la región centro-austral argentina: evidencias aeromagnéticas. *Revista Geológica de Chile* 30: 299-316.
- Chernicoff, C.J. y Zappettini, E.O. 2004. Geophysical evidence for terrane boundaries in south-central Argentina. *Gondwana Research* 8: 1105-1116.
- Chernicoff, C.J. y Zappettini, E.O. 2005. 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.
- Chernicoff, C.J., Zappettini, E.O. y Villar, M.L. 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.
- Chernicoff, C.J., Zappettini, E.O., Santos, J.O.S., Griffin, W. y McNaughton, N.J. 2008. Foreland basin deposits associated with Cuyania accretion in La Pampa Province, Argentina. *Gondwana Research* 13: 189-203.
- Chernicoff, C.J., Zappettini, E.O., Villar, L.M., Chemale, Jr. y Hernández, F. 2009. The belt of metagabbros of La Pampa: Lower Paleozoic back-arc magmatism in southcentral Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 28: 383-397.
- Chernicoff, C.J., Zappettini, E.O., Santos, J.O.S., Godeas, M.C., Belousova, E. y McNaughton, N.J. 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: 378-393.
- Chernicoff, C.J., Pereyra, F., Santos, J.O.S. y Zappettini, E.O. 2015. Primeras edades U-Pb SHRIMP del cratón del Río de la Plata en el subsuelo del área Metropolitana de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 72: 575-577.
- Cloetingh, S., Gradstein, F., Kooi, H., Grant, A. y Kaminski, M. 1990. Plate reorganization: a cause of rapid late Neogene subsidence and

- sedimentation around the North Atlantic?. *Journal of the Geological Society of London* 147: 495-506.
- Cobbold, P. y Rossello, E. 2003. Aptian to Recent compressional deformation in the foothills of the Neuquén basin Argentina. *Marine and Petroleum Geology* 20: 429-443.
- 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, 321 p. Buenos Aires.
- Criado Roqué, P. e Ibáñez, G. 1979. Provincia geológica Sanrafaelino-Pampeana. En: Turner, J.C. (ed.), 2° Simposio de Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias: 837-869, Córdoba.
- d'Orbigny, A. 1842. Voyage dans l'Amérique méridionale, 1826-1833 (III). *Géologie et Paléontologie*. Pitois-Levrault: 1-561, Paris.
- Darwin, C. 1846. Geological observations on South America. *Voyage of HMS Beagle*, Smith, Elder and Co, 279 p., London.
- de Elorriaga, E.E. 2004. Relaciones entre estructuras del basamento y la topografía en la zona centro oeste de la provincia de La Pampa. *Asociación Geológica Argentina, Serie D: Publicación Especial* 7: 112-117, Buenos Aires.
- de Elorriaga, E.E. 2010. Evaluación de los depocentros de la cuenca de Macachín, provincias de La Pampa y Buenos Aires, Argentina. Tesis doctoral, Universidad Nacional del Sur. (inédita), 256p., Bahía Blanca.
- de Elorriaga, E.E. y Camilletti, C.M. 1999. La cuenca de Macachín entre Anguil y Catrillo, La Pampa, Argentina. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 227-230.
- de Elorriaga, E.E., Fernández, M.A., Bartel, A.A. y Lorenzo, F.R., 2008. Presencia de diques clásticos en el Fm Cerro Azul, Toay, La Pampa. *E-ICES* 4, Actas: 20, Malargüe.
- de Elorriaga, E.E., Bartel, A.A., Fernández, M.A. 2012. Evidencias de actividad paleosísmica en el centro-oeste de la provincia de La Pampa. 15° Reunión de Tectónica y 4° Taller de Campo de Tectónica, Actas: 44, San Juan.
- de Elorriaga, E., Kostadinoff, J. y Raniolo, L.A. 2013. Caracterización geofísica de la Cuenca de Quehué, provincia de La Pampa. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 70: 163-172.
- Delpino, C. 2005. La prolongación austral de las Sierras Pampeanas en la provincia de La Pampa: Evidencias geológicas y geofísicas. *Revista de Asociación Geológica Argentina* 60: 535-551.
- Dessanti, R.N. 1954. La estructura geológica de la sierra Pintada. *Revista Asociación Geológica Argentina* 9: 246-252.
- Doering, A. 1882. Informe oficial de la comisión científica agregada al Estado Mayor General a la Expedición al Río Negro (Patagonia), Parte 3: Geología: 300-530, Buenos Aires. *Geología* 3: 300-530, Buenos Aires.
- Doré, A.G. y Lundin, E.R. 1996. Cenozoic compressional structures on the NE Atlantic margin: nature, origin, and potential significance for hydrocarbon exploration. *Petroleum Geoscience* 2: 299-311.
- Eckerman, M.L. 2015. Sismología y gravimetría entre los 33.5°-36°S y los 66°-70°W. Sismicidad cortical en el frente orogénico y modelo gravimétrico en el sector septentrional. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional del Sur (inédita), 98p., Bahía Blanca.
- Escayola, M.P, Pimentel, M.M. y Armstrong, R. 2007. Neoproterozoic back-arc basin: Sensitive high-resolution ion microprobe U-Pb and Sm-Nd isotopic evidence from the Eastern Pampean Ranges, Argentina. *Geology* 35: 495-498.
- Folguera, A. y Zárate, M. 2009. La sedimentación neógena continental en el sector extrandino de Argentina central. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 64: 692-712.
- Folguera, A. y Zárate M. 2011. Neogene sedimentation in the Argentine foreland between 34°30'S and 41°S and its relationship to the Andes evolution. En: Salfity, J.A. y Marquillas, R. (eds.), *Cenozoic geology of the Central Andes of Argentina*. SCS Publisher: 123-134, Salta
- Folguera, A., Zárate, M., Tedesco, A., Dávila, F. y Ramos, V. 2015. Evolution of the Neogene Andean foreland basins of the southern Pampas and northern Patagonia (34°- 41°S), Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 64: 452-466.
- Folguera, A., Ramos, V.A., Zapata, T., Spagnuolo, M. y Miranda, F. 2005. Pliocene to Quaternary retro-arc extension in the Andes at 35°-37°30'S. 6° International Symposium of Andean Geodynamics, Actas: 270-278, Barcelona.
- Forasiepi, A.M., Cerdeño, E, Bond, M., Schmidt, G.I., Naipauer, M., Straehl, F.R., Martinelli, A.G., Garrido, A.C., Schmitz, M.D., Crowley, J.L. 2014. New toxodontid (Notoungulata) from the Early Miocene of Mendoza, Argentina. *Palaeontologische Zeitschrift*: 1-24.
- Galli, P. 2000. New empirical relationships between magnitude and distance for liquefaction. *Tectonophysics* 324: 169-187.
- Giai, S.B. 1975. Plan de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS). Informe Preliminar (Inédito). Dirección de Aguas Subterráneas de La Pampa: 56 p., Santa Rosa.
- Goin, F.J., Montalvo, C.I. y Visconti, G. 2000. Los Marsupiales (Mammalia) del Mioceno Superior de la Formación Cerro Azul (provincia de La Pampa, Argentina). *Estudios Geológicos* 56: 101-126.
- González Díaz, E.F. 1972. Descripción geológica de la Hoja 30d, Payún-Matru. Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín 130, 92p., Buenos Aires.
- Hudec, M.R. y Jackson, M.P.A. 2002. Structural segmentation, inversion, and salt tectonics on a passive margin: evolution of the Inner Kwanza Basin, Angola. *Geological Society of America Bulletin* 114: 1222-1244.
- Juan, R., de Jager, J., Russell, J. y Gebhard, J. 1996. Flanco norte de la Cuenca del Colorado. En: Ramos, V.A. y Turic, M.A (eds.), *Geología y Recursos Naturales de la Plataforma Continental Argentina*. Relatorio del 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos 7: 117-133.
- Kaasschieter, J.P.H. 1965. Geología de la cuenca del Colorado. 2° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 251-269.
- Kostadinoff, J., Llambías, E., Raniolo, L.A. y Alvarez, G.T. 2001. Interpretación geológica de la información geofísica de la provincia de La Pampa. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 56: 481-493.
- Kraemer, P.E., Escayola, M.P. y Martino, R.D. 1994. Hipótesis sobre la evolución tectónica neoproterozoica de las Sierras Pampeanas de Córdoba (30°40'-32°40'). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 50: 47-59.
- Leal, P.R., Hartmann, L.A., Santos, J.O.S., Miró, R.C. y Ramos V.A. 2003. Volcanismo postorogénico en el extremo norte de las Sierras Pampeanas Orientales: Nuevos datos geocronológicos y sus implicancias tectónicas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 58: 593-607.
- Lima, C.C. 2000. Ongoing compression across intraplate South America: observations and some implications for petroleum exploitation and exploration. *Revista Brasileira de Geociencias* 30: 203-207.

- Linares, E., Llambías, E.J. y Latorre, C.O. 1980. Geología de la provincia de La Pampa y geocronología de sus rocas metamórficas y eruptivas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 35: 87-146.
- Lorenz, W. 2002. The "Calcreta principal" ("tosca") at the border of the provinces of La Pampa and Buenos Aires. *Zeitschrift Angewandte Geologie* 4: 44-51.
- Lorenzo, F., Mehl, A., y Zárate, M., 2013. Sedimentología y estratigrafía de depósitos del Mioceno tardío de los valles transversales de la Pampa. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 20: 67-84.
- McKenzie, D. 1978. Some remarks on the development of sedimentary basins. *Earth and Planetary Sciences Letters* 40: 25-32.
- Mehl, A.E. 2011. Sucesiones aluviales del Pleistoceno tardío- Holoceno, Valle de Uco (provincia de Mendoza): inferencias paleoambientales y paleoclimáticas. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata (inédita), 355 p., La Plata.
- Montalvo, C.I., Zárate, M.A., Bargo, M.S. y Mehl, A. 2013. Registro faunístico y paleoambientes del Cuaternario tardío de la Región Pampeana occidental de Argentina. *Ameghiniana* 50: 554-570.
- Montalvo, C.I., Fernandez, F.J., Bargo, M.S., Tomassini, R.L. y Mehl, A. 2017. First record of a Late Holocene fauna associated with an ephemeral fluvial sequence in La Pampa Province, Argentina. *Taphonomy and paleoenvironment. Journal of South American Earth Sciences* 76: 225-237.
- Mosar, J., Lewis, G. y Torsvik, T.H. 2002. North Atlantic sea-floor spreading rates: implications for the Tertiary development of inversion structures of the Norwegian-Greenland Sea. *Journal of the Geological Society of the London* 159: 503-515.
- Mosquera, A. y Ramos, V.A. 2006. Intraplate deformation in the Neuquén Embayment. En Kay, S.M. y Ramos, V.A. (eds.), *Evolution of an Andean margin: a tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén basin (35°-39°S lat)*. Geological Society America, Special Paper 407: 97-123, Boulder.
- Nivière, B., Messager, G., Carretier, S. y Laca, P. 2013. Geomorphic expression of the southern Central Andes forebulge (37° S, Argentina). *Terra Nova* 25: 361-367.
- Obermeier, S.F. 1998. Seismic liquefaction features: examples from paleoseismic investigations in the continental United States. U.S. Geological Survey, Open-File Report 98-488, CD-ROM.
- Párica, P. 1986. Petrología y geocronología del sector central de la Sierra de Lonco Vaca, La Pampa. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 41: 270-289.
- Ramos, V.A., 1996. Interpretación tectónica. En: Ramos, V.A. (ed.), *Geología de la Región del Aconcagua, provincias de San Juan y Mendoza*. Dirección Nacional del Servicio Geológico, Anales 24: 447-460, Buenos Aires
- Ramos, V.A. 1998. Estructura del sector occidental de la faja plegada y corrida del Agrio, cuenca Neuquina, Argentina. 10° Congreso Latinoamericano de Geología, Actas 2: 105-110.
- Ramos, V.A. 1999. Las provincias geológicas del territorio argentino. En: Caminos, R. (ed.), *Geología Argentina*, Instituto de Geología y Recursos Minerales, Anales 29: 41-96, Buenos Aires.
- Ramos, V.A. 2004. Cuyania, an exotic block to Gondwana: Review of a historical success and the present problems. *Gondwana Research* 7: 1009-1026.
- Ramos, V.A. y Cortés, J.M. 1984. Estructura e interpretación tectónica. En: Ramos, V. (ed.), *Geología y recursos naturales de la Provincia de Río Negro*. Relatorio del 9° Congreso Geológico Argentino: 317-346.
- Ramos, V.A. y Folguera, A. 2005. El origen de la Payenia (Mendoza sur y norte de Neuquén): Evolución estructural y tectomagmática de los Andes a estas latitudes. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 115-122.
- Ramos, V.A. y Kay, S. M. 2006. Overview of the tectonic evolution of the Southern Central Andes of Mendoza and Neuquén (35°-39°S latitude). En: Kay, S.M. y Ramos, V. (eds.), *Evolution of an Andean Margin: a tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35-39°S)*. Geological Society of America, Special Paper 407: 1-18, Boulder.
- Ransome, I.G.D. y de Wit, M.J. 1992. Preliminary investigations into a microplate model for the South Western Cape. En: De Wit, M.J. y Ransome, I.G.D. (eds.), *Inversion tectonics of the Cape Fold Belt, Karoo and Cretaceous basin of Southern Africa*, CRC Press: 257-266, Rotterdam.
- Rapela, C.W., Pankhurst, R.J., Casquet, C., Baldo, E., Saavedra, J., Galindo, C. y Fanning, C.M. 1998. The Pampean Orogeny of the southern Proto-Andes: Cambrian continental collision in the Sierras de Córdoba. En: Pankhurst, R.J. y Rapela, C.W. (eds.), *Proto-Andean margin of Gondwana*. Geological Society, Special Publication 142: 181-217, London.
- Rapela, C.W., Pankhurst, R. J., Casquet, C., Fanning, C. M., Baldo, E.G., González-Casado, J.M., Galindo, C. y Dahlquist, J. 2007. The Río de la Plata craton and the assembly of SW Gondwana. *Earth Science Reviews* 83: 49-82.
- Rapela, C.W., Baldo, E.G., Pankhurst, R.J. y Fanning, C.M. 2008. The Devonian Achala Batholith of the Sierras Pampeanas: F-rich, aluminous A-types granites. 6° South American Symposium on Isotope Geology, Actas: 8, San Carlos de Bariloche.
- Salazar Lea Plaza, J.C. 1980. Regiones fisiográficas. Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa. Clima, Geomorfología, Suelo y Vegetación. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Provincia de La Pampa, Universidad Nacional de La Pampa, 493p., Santa Rosa.
- Salso, J.H. 1966. La cuenca de Macachín, provincia de la Pampa. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 21: 107-117.
- Sato, A.M., Tickyj, H., Llambías, E.J. y Sato, K. 1999. Rb-Sr, Sm-Nd and K-Ar age constraints of the Grenvillian Las Matras pluton, Central Argentina. 2° South American Symposium on Isotope Geology, Actas: 122-126, Carlos Paz.
- Sato, A.M., Tickyj, H., Llambías, E.J. y Sato, K. 2000. The Las Matras tonalitic-trondhjemitic pluton, central Argentina: Grenvillian-age constraints, geochemical characteristics, and regional implications. *Journal of South American Earth Sciences* 13: 587-610.
- Silvestro, J. y Atencio, M. 2009. La cuenca cenozoica del río Grande y Palauco: edad, evolución y control estructural, faja plegada de Malargüe. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 65:154-169.
- Silvestro, J. y Kraemer, P. 2005. Evolución tecto-sedimentaria de la Cordillera Principal en el sector surmendocino a los 35°30'S. Faja plegada de Malargüe. República Argentina. 6° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, 18 p., Mar del Plata.
- Stappenbeck, R. 1913. Investigaciones hidrogeológicas de los valles de Chapalcó y Quehué y de sus alrededores (Gobernación de La Pampa). Dirección General de Minas, Geología e Hidrogeología 4, Serie B (Geología): 1-55.

- Stappenbeck, R. 1926. Geologie und Grundwasser Kunde der Pampa. E. Schweizerbart'sche, 409 p., Stuttgart.
- Szelagowski, M. 2003. Génesis de los depósitos eólicos cuaternarios de las localidades de Santa Isabel, General Acha y Toay, provincia de La Pampa. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de la Pampa (inérita), 67 p.
- Tapia, A. 1930. Condiciones hidrogeológicas de los campos de la "S. A. Estancias y Colonias Trerrel". Territorio Nacional de La Pampa. Dirección General de Minas Geología e Hidrogeología 91: 1-27.
- Terraza J., Cruz, C. y Sbrocco, J. 1981. Geología de los Valles de Utracán, Quehué y Chalpalcó, Provincia de La Pampa. 8° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 183-192.
- Tickyj H., Llambias E.J. y Melchor, R.N. 2002. Ordovician rocks from La Pampa Province, Argentina. Serie Correlación Geológica 16: 257-266.
- Thomas, W., Astini, R.A. 1996. The Argentine Precordillera: a traveler from the Ouachita embayment of North American Laurentia. Science 273: 752-757.
- Thomas, W.A., Astini, R.A. 2003. Ordovician accretion of the Argentine Precordillera terrane to Gondwana: a review. Journal of South American Earth Sciences 16: 67-79.
- Trindade, R.I.F., D'Agrella-Filho, M.S., Epof, I. y Brito-Neves, B.B. 2006. Paleomagnetism of the early Cambrian Itabaiana mafic dikes, NE Brazil, and implications for the final assembly of Gondwana and its proximity to Laurentia. Earth and Planetary Science Letters 244: 361-377.
- Tripaldi, A, Mehl, A. Zárate, M. 2015. Megadunas parabólicas complejas de los valles transversales de la provincia de La Pampa, Argentina. 7° Congreso Latinoamericano de Sedimentología y 15° Reunión Argentina de Sedimentología, Libro de Resúmenes: 169, Santa Rosa.
- Visconti, G. 2007. Sedimentología de la Formación Cerro Azul (Mioceno superior) de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires (inérita), 208 p.
- Vogt, T., Carballo, O. y Calmels, A. P. 1999. Un esbozo de la explicación de la génesis de las toscas de la meseta de La Pampa. 1° Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología, Actas: 195-206. La Pampa.
- Vogt, H., Vogt, T. y Calmels, A.P. 2010. Influence of the post-Miocene tectonic activity on the geomorphology between Andes and Pampa Deprimida in the area of Provincia de La Pampa, Argentina. Geomorphology 121: 152-166.
- Windhausen, A. 1925. Líneas generales de la constitución geológica de la región situada al este del Golfo de San Jorge. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba 27: 167-320.
- Yrigoyen, M.R. 1975. Geología del subsuelo y plataforma continental. Relatorio del 6° Congreso Geológico Argentino: 139-168.
- 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: 443-469.
- Zárate, M., Mehl, A., Montalvo, C., Folguera, A. y Lorenzo, F. 2012. Geomorfología y registro estratigráfico de los valles transversales de la provincia de la pampa, Argentina. 5° Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología, Actas: 128.

Recibido: 19 de noviembre, 2016

Aceptado: 3 de agosto, 2017