

ANÁLISIS LITOSTRATIGRÁFICO DE LA FORMACIÓN CERRO AZUL (MIOCENO SUPERIOR) EN LA PROVINCIA DE LA PAMPA

Graciela VISCONTI¹, Ricardo N. MELCHOR^{1,2}, Claudia I. MONTALVO¹, Aldo M. UMAZANO^{1,2} y Elena E. DE ELORRIAGA¹

¹ Universidad Nacional de La Pampa, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. E-mail: gvisconti@exactas.unlpam.edu.ar

² INCITAP (CONICET-UNLPam)

RESUMEN

La Formación Cerro Azul fue definida en 1980 para incluir a las sedimentitas continentales pliocenas (limolitas arenosas y areniscas limosas) que afloran de manera discontinua en casi todo el ámbito de la provincia de La Pampa. No obstante, varias investigaciones paleontológicas realizadas a partir de la segunda mitad de la década del 80' han permitido ubicar geocronológicamente a la unidad en el intervalo 10 Ma a 5,8-5,7 Ma. El objetivo del trabajo es realizar un análisis de las características litoestratigráficas de la Formación Cerro Azul de acuerdo al Código Argentino de Estratigrafía. Se propone un lectoestratotipo para la unidad, consistente en el perfil de Algarrobo del Águila y un perfil auxiliar en cerro El Morro. También se establecieron las relaciones estratigráficas con otras formaciones. Se interpreta un paleoambiente depositacional de llanura, donde alternan depósitos de loess con numerosos paleosuelos, detectándose escasos depósitos lacustres en la base y pocos cursos fluviales.

Palabras clave: *Formación Cerro Azul, Mioceno, Huayqueriense, La Pampa.*

ABSTRACT: *Lithostratigraphic analysis of Cerro Azul Formation (Upper Miocene), La Pampa.* Cerro Azul Formation was defined in 1980 to include the Pliocene continental sedimentary rocks (sandy silt and silty sand) that appear in discontinuous outcrops in almost all La Pampa province. Nevertheless, several paleontological investigations carried out starting from the second half of the decade of the 80' have allowed establish the geochronology of this unit between 10 Ma to 5,8-5,7 Ma. The objective of the work is to carry out lithostratigraphic studies of the Cerro Azul Formation to fit with the Stratigraphic Argentinean Code. It intended a lectoestratotipe for the unit; include the profile Algarrobo del Águila and auxiliary profile in Cerro El Morro. The stratigraphic relationships with other formations are analyzed. A dominant aeolian paleoenvironmental is interpreted, composed of alternating loess deposits with paleosol horizons, being detected scarce lacustrine deposits at the base and few fluvial courses.

Keywords: *Cerro Azul Formation, Miocene, Huayquerian, La Pampa.*

INTRODUCCIÓN

La Formación Cerro Azul (*sensu* Linares *et al.* 1980) es una unidad arealmente muy extendida en el ámbito de la provincia de La Pampa (Fig. 1). Originalmente se le asignó una edad pliocena sobre la base de las relaciones de campo, sin mayores precisiones ni designación de un estratotipo. Las sedimentitas que la componen afloran en el sureste de la provincia de Mendoza, un amplio sector de la provincia de La Pampa y oeste de la provincia de Buenos Aires (Folguera y Zárate 2009). Según los autores que las han mencionado, recibieron distintas denominaciones tales como: Formación Araucana (Döering 1882), Formación Pampeano (Stappenbeck 1913, Salso 1966), Formación Epecuén (Pascual 1961, Pascual y Bocchino

1963) y Formación La Pampa (Giai 1975). Particularmente en la provincia de La Pampa, Llambías (1975), en un informe inédito para la Dirección de Minas de esa provincia, denominó y describió a esta sucesión como Formación Cerro Azul. Dentro de ella incluyó a las sedimentitas compuestas fundamentalmente por “limos arenosos pardo rosados a rojizos, sin estratificación interna o muy poco visible, con frecuentes clastos de arcillas rojizas del tamaño de una nuez, dispuestos horizontalmente. Presenta forma de erosión tipo loess, con barrancas y cañadones abruptos. En la parte superior, los sedimentos están reemplazados por tosca, que llegan a tener hasta dos metros de espesor” (Llambías 1975: 31). También mencionó que “afloran en todo el ámbito de la provincia de La Pampa y en la parte oriental (laguna Blanca Grande) se intercalan en forma de cuña los sedi-

mentos arenosos de la Formación Río Negro, pudiéndose aquí distinguir una parte inferior que correspondería a la Formación Arroyo Chasicó. Debido a que en el resto de la provincia, por falta de la Formación Río Negro no se puede conocer estratigráficamente si las rocas pertenecen a sectores inferiores a la Formación Río Negro o superiores, de modo que la denominación de Formación Cerro Azul pretende cubrir este déficit y referirse exclusivamente a su carácter litológico. El hallazgo de restos fósiles determinará en cada caso la edad correspondiente” (Llambías 1975: 32).

Linares *et al.* (1980) retomaron la descripción de la unidad y le asignaron una posible edad pliocena sobre la base de las relaciones de campo con las formaciones infrayacentes (ej.: Formaciones Río Negro y Arroyo Chasicó). Estos autores la reconocieron en diversas localidades, ta-

les como: laguna Blanca Grande, barrancas situadas al oeste de Algarrobo del Águila y limitantes con el río Salado, en los cerros Azul, Bayo, El Chanco, La Bota y sierra Chata (Fig. 1). Visconti *et al.* (1996) y Goin *et al.* (2000) realizaron estudios sedimentológicos en la Formación Cerro Azul en distintas localidades de La Pampa, reconociendo tres asociaciones de facies sedimentarias: una inferior, de ambiente lacustre, y dos en el sector medio y superior, donde alternan eventos eólicos loésicos, desarrollo de paleosuelos y escaso retrabajo fluvial. Estos estudios permitieron establecer correlaciones estratigráficas preliminares (Visconti *et al.* 1996, Goin *et al.* 2000) para afloramientos distantes de esta unidad. También reconocieron como pertenecientes a la Formación Cerro Azul a los afloramientos de Salinas de Hidalgo, asignados previamente a la Formación Epecuén (Goin *et al.* 2000). Este trabajo tiene por finalidad efectuar un análisis litoestratigráfico detallado de la Formación Cerro Azul, siguiendo las normas establecidas por el Código Argentino de Estratigrafía (Comité Argentino de Estratigrafía 1992). Se incluye la designación y ubicación de un lectoestratotipo para la unidad, la descripción litológica, el ambiente sedimentario, la edad y una breve reseña del contenido paleontológico.

MARCO GEOLÓGICO

Los afloramientos de la Formación Cerro Azul se disponen en un área donde la estructuración y composición del basamento corresponde principalmente a Sierras Pampeanas Occidentales y Orientales, que incluye rocas ígneas y metamórficas de edades pampeanas (Proterozoico medio, Paleozoico inferior y medio; Linares *et al.* 1980) y famatinianas (Paleozoico inferior; Sato *et al.* 1999, 2000). Al este de la provincia se desarrollan las cuencas de Quehué (Kostadinoff y Llamás 2002) y de Macachín (Salso 1966) y al sur la Cuenca del Colorado (Kaasschieper 1965, Yrigoyen 1975), estructuras re-

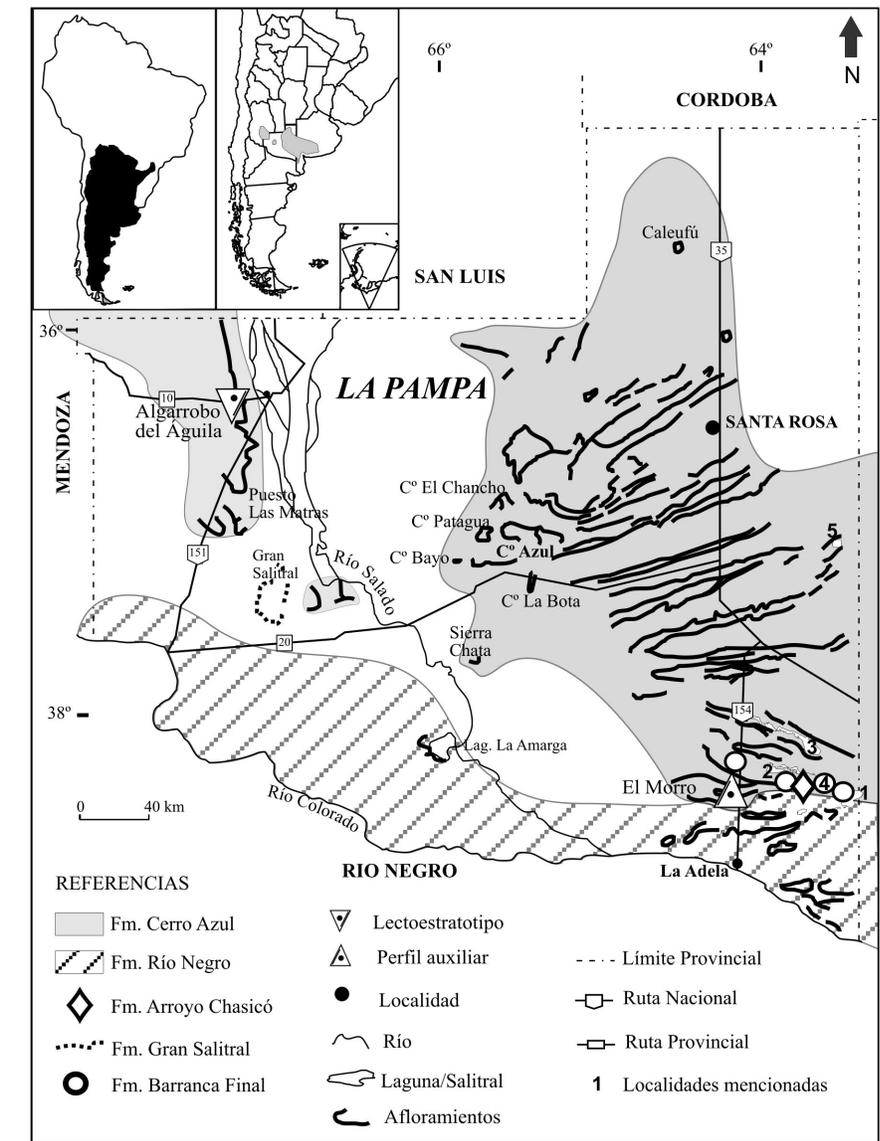


Figura 1: Esquema de los afloramientos de las Formaciones Cerro Azul, Río Negro, Arroyo Chasicó, Gran Salitral y Barranca Final, ubicación del lectoestratotipo de la Formación Cerro Azul en Algarrobo del Águila, del perfil auxiliar en cerro El Morro y localidades mencionadas en el texto: 1) laguna Callaqueo; 2) laguna Blanca Grande; 3) laguna Colorada Grande; 4) Estancia La Chola; 5) Salinas Grandes de Hidalgo (modificado de Linares *et al.* 1980 y de Folguera y Zárata 2009). En el mapa de ubicación de la República Argentina puede verse la distribución de la Formación Cerro Azul de Folguera y Zárata (2009).

lacionadas con la apertura del océano Atlántico a partir del Jurásico Superior-Cretácico (Juan *et al.* 1996). La Formación Cerro Azul se ha depositado sobre las rocas del basamento cristalino y es parte del relleno sedimentario neógeno de las cuencas nombradas, habiéndose reconocido su presencia sobre las sedimentitas marinas de la Formación Barranca Final (Mioceno Medio-Superior) y fluvio-eólicas de la Formación Río Ne-

gro (Mioceno-Plioceno). Se interdigita con ésta última en la cuenca del Colorado (Visconti *et al.* 2002, de Elorriaga y Visconti 2005) y yace sobre los depósitos marinos de la Formación Macachín (Salso 1966) en la Cuenca homónima (Salso 1966, Gaii y Tullio 1998, de Elorriaga y Tullio 1998). Los afloramientos expuestos son saltuarios, generalmente se desarrollan en planicies y cárcavas, que cubren amplias ex-

tensiones de la provincia de La Pampa. En la parte central y oriental de la provincia, la unidad aflora en las márgenes de “valles” con rumbo ENE, denominados valles transversales (Cano *et al.* 1980, Calmels *et al.* 1996), o sistema de depresiones transversales (Calmels y Casadío 2005). El origen de dichos “valles” ha sido discutido por distintos autores; algunos como Tapia (1931), Terraza *et al.* (1981), Kostadinoff *et al.* (2001) suponen un origen erosivo, mientras otros como Cordini (1950), Linares *et al.* (1980) y de Elorriaga (2009) consideran una impronta tectónica en su evolución, que incrementó la acción de los agentes exógenos.

METODOLOGÍA

A partir de un análisis sedimentológico-estratigráfico detallado de los afloramientos de la Formación Cerro Azul en la provincia de La Pampa, que comprendió el levantamiento de perfiles estratigráficos, el examen litológico de los distintos niveles y la selección de los perfiles más representativos de la unidad, se reconocieron sus relaciones estratigráficas, las que permitieron realizar correlaciones a escala regional. Para la determinación de los colores se utilizó la *rock color chart* (Goddard *et al.* 1948).

LA FORMACIÓN CERRO AZUL

Litología

La Formación Cerro Azul está compuesta principalmente por una alternancia de limolitas y areniscas, que constituyen la litología característica (92 % de la sucesión), con intercalaciones de arcilitas en los estratos basales (7 %). Hacia el techo se desarrollan calcretes, que rematan la sucesión (1 %).

Las limolitas son arcillo-arenosas, con un tamaño de grano predominante de limo grueso, color generalmente pardo claro (5YR 6/4) a pardo rojizo pálido (10R 5/4), mal seleccionadas, con un alto porcentaje de material arcilloso y cemento carbonático. Las areniscas limosas (Folk *et al.* 1970) presentan tamaño arena muy fina, color rosa

anaranjado pálido (5YR 7/2), selección moderada, textura matriz sostén y cemento carbonático en la mayoría de los casos. De acuerdo a su composición se las clasifica como wackes líticas (siguiendo la clasificación de Dott 1964, modificada por Pettijohn *et al.* 1972, 1987) o li-toarenitas feldespáticas (de acuerdo a Folk *et al.* 1970). Las arcilitas presentan un color rojo moderado (5R 4/6) y generalmente están laminadas.

Hacia el sector superior se observan algunos conglomerados y areniscas intra-clásticos, con estructuras entrecruzadas en artesa, de colores semejantes a las limolitas. Al tope de la sucesión, las sedimentitas están reemplazadas por calcrete o “tosca”, que en algunos casos engloban clastos de volcanitas. Los calcretes se desarrollaron con posterioridad a la deposición de las limolitas, una vez estabilizado el paisaje, permitiendo la preservación de las capas infrayacentes durante su exhumación. Se trata de una caliza micrítica, con capas subhorizontales a planares y capas pisolíticas (Visconti 2007).

Una característica frecuente de toda la sucesión es el aspecto friable y el tipo de erosión de estos depósitos, los que sumados al tamaño fino y uniforme de los materiales, dan lugar a cañadones abruptos.

Distribución geográfica

La Formación Cerro Azul aflora principalmente en el sector centro-este, sureste, centro y noroeste de la provincia de La Pampa (Fig. 1). En el subsuelo ha sido ampliamente reconocida en perforaciones realizadas para la explotación de acuíferos (*e.g.* Giai 1975).

Hacia el norte se la ha reconocido en Caleufú (35° 41' S; 64° 40' O), mientras que hacia el sureste llega a las cercanías de las márgenes del río Colorado. Hacia el noroeste se localiza en las barrancas de Algarrobo del Águila, que se desarrollan desde el límite con la provincia de Mendoza (por el norte) y siguiendo hacia el sur hasta las planicies al oeste del Puesto Las Matras (en las cercanías de la ruta nacional 151). En el centro de la provincia aflora algo más al sur de Sierra Chata

(37° 22' S; 65° 28' O) y hacia el este se interna en la provincia de Buenos Aires, donde los afloramientos han sido clásicamente asignados a la Formación Epecuén (Goin *et al.* 2000).

El espesor máximo de los depósitos aflorantes es de aproximadamente 50 metros (medido en Algarrobo del Águila), mientras que en el subsuelo se la ha encontrado en perforaciones hasta los 180 m de profundidad (Giai y Tullio 1998). En Cerro El Morro se encuentra en contacto con la Formación Río Negro (de Elorriaga y Visconti 2005). Sobre el tope de la Formación Cerro Azul se disponen depósitos eólicos, arenosos y limo arenosos, del Pleistoceno tardío-Holoceno, retrabajados por acción fluvial en algunos sectores, que constituyen el material parental de los suelos actuales (Bozzolo *et al.* 1986, Calmels *et al.* 1996, Zárate 2005, Mehl y Zárate 2007, Giai *et al.* 2008).

Localidad tipo y lectoestratotipo

El nombre de Formación Cerro Azul (Linares *et al.* 1980) proviene del cerro homónimo, el cual se halla en el sector central de la provincia de La Pampa (37° 14' 39" S; 65° 51' 58" O) y donde aflora la citada formación. En la descripción original no se propuso ninguna localidad tipo. El Cerro Azul se encuentra muy cubierto por vegetación y derrubio, por lo que se considera que no reúne las condiciones necesarias para elegirlo como localidad tipo. En ese contexto, se establece como localidad tipo de la Formación Cerro Azul a los afloramientos situados al oeste de Algarrobo del Águila (departamento Chical C6), sobre la ruta provincial 10, a los 36° 20' S y 67° 15' O. En esta localidad se describe el lectoestratotipo de la unidad. También se propone a Cerro El Morro, ubicado en el departamento Caleu-Caleu a los 38° 42' S y 64° 5' O, como estratotipo auxiliar, con la finalidad de ampliar el conocimiento de la unidad (Código Argentino de Estratigrafía 1992, Fig. 2). No se ha encontrado un nivel guía para establecer una correlación segura entre ambos perfiles. En la localidad más occidental no se observa la base de la sucesión, aun-

que según Folguera y Zárate (2009), apoya directamente sobre el sustrato peneplanizado del sector oriental del bloque de San Rafael. Desde la base al techo de la sucesión, se observa un incremento en las capas de areniscas y una disminución de las capas limo-arcillosas. Estos cambios litológicos responden a una mayor concentración de paleosuelos en el sector inferior y al mayor desarrollo de las capas loésicas en el sector superior. Los paleosuelos se han identificado en el campo por el color más oscuro, la existencia de raíces y marcas de raíces, la presencia de pedrs, contacto superior neto e inferior irregular y geometría tabular (Retallack 1988).

Paleoambiente sedimentario

Los trabajos preliminares de índole sedimentológica de Visconti *et al.* (1996) y Goin *et al.* (2000) permitieron distinguir en la Formación Cerro Azul algunos depósitos de origen lacustre en la base, a los que suceden depósitos eólicos bien desarrollados con numerosas evidencias de paleosuelos (Melchor *et al.* 2000), y algunos sedimentos fluviales canalizados en el sector medio (Visconti y Montalvo 1990, Goin *et al.* 2000). Sin embargo, la unidad está principalmente constituida por depósitos eólicos limosos con paleosuelos intercalados. Estos depósitos han sido interpretados como loessitas (cf. Pye 1987) a partir de sus características litológicas y de yacencia (Spalletti 1992). Entre ellas se destacan una granulometría fundamentalmente limosa, de aspecto pulverulento y consistencia friable, disposición en capas macizas con contactos netos, geometría externa tabular, distribución areal mantiforme y sin evidencias de erosión en la base (Spalletti 1992). Los materiales constituyentes habrían sido transportados en suspensión por vientos superficiales persistentes y depositados durante lluvias (Tsoar y Pye 1987), en ambientes continentales o en sectores distales de las cuencas sedimentarias y ocasionalmente fueron retrabajados por corrientes ácuas superficiales. Los aportes no fueron continuos, y en épocas de menor tasa de sedimentación se formaron suelos sobre

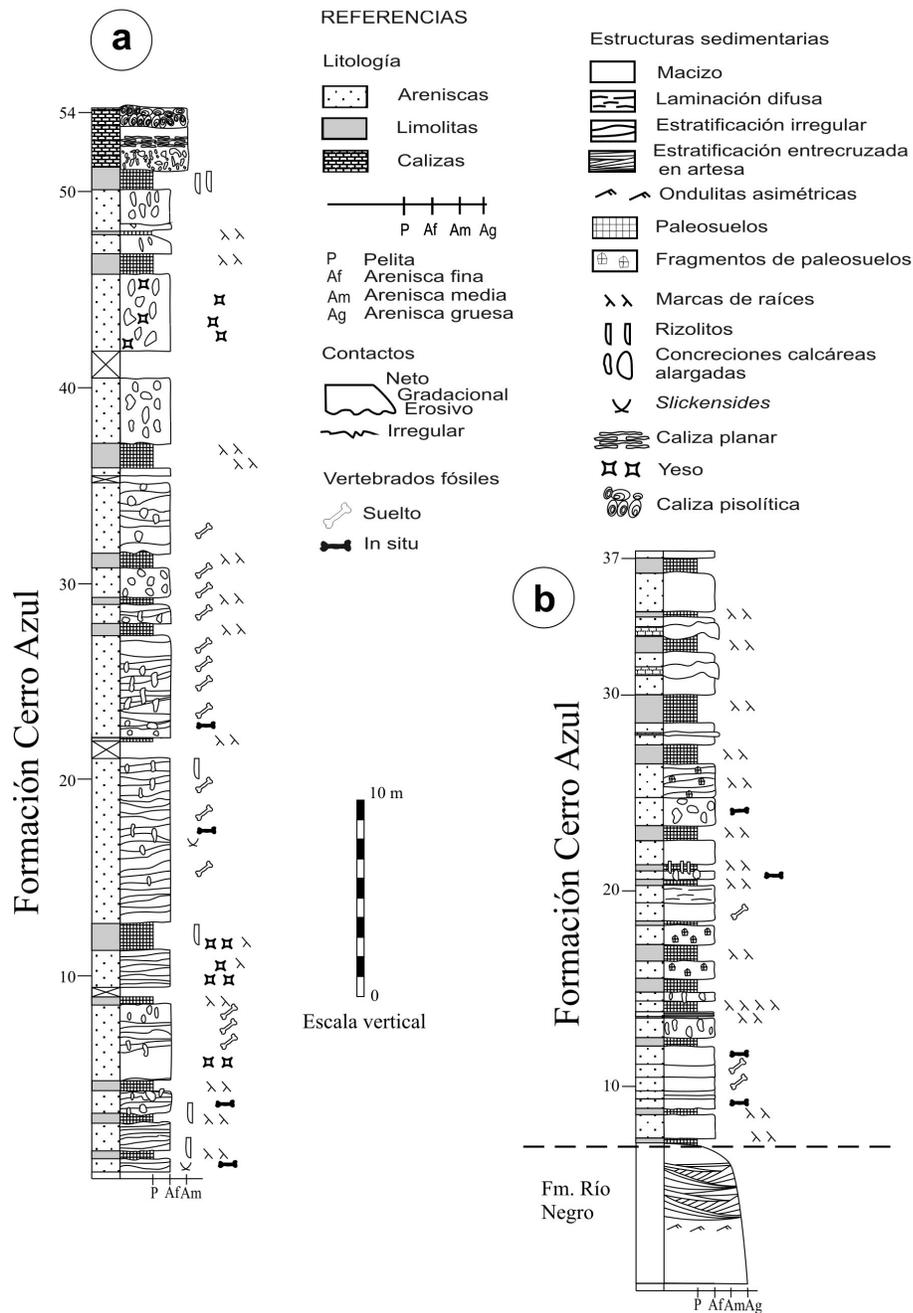


Figura 2: a) Lectostratipo de la Formación Cerro Azul en Algarrobo del Águila, B) Perfil auxiliar en cerro El Morro.

las sedimentitas previamente depositadas. En algunos sectores más localizados se desarrollaron lagos someros (sureste de la provincia) y cursos fluviales (centro de La Pampa). La variación vertical de los depósitos, con términos lacustres y de escurrimientos mantiformes en los niveles inferiores de la sucesión, mientras que los netamente eólicos se encuentran en los niveles su-

periores indica una progresiva aridización del sistema. La presencia de calcretes en el techo de la formación, sugiere también condiciones áridas a semiáridas y una estabilización del paisaje (Wright y Tucker 1991). Sin embargo, no es posible conocer hasta el momento la edad de los calcretes, pudiendo ser miocenos, pliocenos o aún más jóvenes. Estos calcretes se diferenciarían a través del tiempo debido

Ciclo sedimentario	Subciclo sedimentario	Edad (Ma)	Edad - mamífero	Unidad estratigráfica
Cenozoico tardío	Mioceno tardío	5,04 ⁽¹⁾	Montehermosense	Fm. Río Negro
			Huayqueriense	
		8,7 ⁽²⁾	Chasiquense	Fm. Arroyo Chasicó

Figura 3: Edad de la Formación Cerro Azul y unidades vinculadas: (1) Verzi *et al.* (2008); (2) Zárate *et al.* (2007) (modificado de Zárate 2005).

a la combinación de procesos pedogenéticos en el inicio (Alonso-Zarza 2003, Visconti 2007), seguidos por eventos diagenéticos posteriores de tipo freáticos (Tófaló y Pazos 2009).

El registro de mamíferos fósiles hallados en esta formación (Goin *et al.* 2000) es típico de la sabana. Este contexto coincide con el ambiente determinado por la presencia de las loessitas (Spalletti 1992).

Edad y contenido paleontológico

En la definición de la Formación Cerro Azul, Linares *et al.* (1980) le asignaron una edad pliocena sobre la base de las relaciones de campo. Sin embargo, las asociaciones de vertebrados fósiles hallados en la unidad fueron asignadas al Mioceno Tardío (Montalvo y Casadío 1988, Verzi *et al.* 2008), principalmente a la edad mamífero Huayqueriense. Verzi (1999) y Verzi *et al.* (2008) plantearon un esquema bioestratigráfico y biocronológico basado en el patrón de cambio anagenético observado en el linaje de roedores Octodontidae (*Chasichimys-Xenodontomys*) presente que incluye los afloramientos de la Formación Cerro Azul en Cerro La Bota y Cerro Patagua, cuyas asociaciones faunísticas fueron asignadas a la edad mamífero Chasiquense. Por lo expuesto, la Formación Cerro Azul correspondería aproximadamente, al lapso comprendido entre los 10 Ma y los 5,8-5,7 Ma (Cione *et al.* 2000, Verzi y Montalvo 2008) (Fig. 3). En la actualidad, el límite entre las edades Chasiquense y Huayqueriense fue ajustado con dudas a los 8,7 Ma (Zárate *et al.* 2007). Dentro del amplio registro hallado, se destacan fundamentalmente mamíferos

de los órdenes: *Didelphimorphia*, *Sparassodontia*, *Paucituberculata*, *Argyrolagida*, *Xenarthra*, *Notoungulata*, *Litopterna*, *Rodentia* y *Carnivora* (Goin *et al.* 2000, Urrutia *et al.* 2008, Cerdeño y Montalvo 2001, 2002, Verzi *et al.* 2008, entre otros). También se han hallado restos de aves (Campbell y Tonni 1980, Cenizo y Montalvo 2006), anfibios y reptiles (Albino *et al.* 2006, Albino y Montalvo 2006). En algunas localidades, los restos de vertebrados están asociados a trazas fósiles, incluyendo *Attacnys kuenzelli* (posible honguera fósil de formícidos; Laza 1982), rizolitos, cuevas de vertebrados (de Elorriaga y Visconti 2002) y *Celliforma* isp. (celdillas de abejas; Melchor *et al.* 2000, Montalvo *et al.* 2008).

Relaciones estratigráficas

Linares *et al.* (1980) establecieron las relaciones estratigráficas de la Formación Cerro Azul con otras formaciones infrayacentes, como la Formación Río Negro y la Formación Arroyo Chasicó, en el ámbito de la provincia de La Pampa. Estos autores aclararon que en el departamento Caleu-Caleu, los sedimentos arenosos de la Formación Río Negro se intercalan en forma de cuña, entre la Formación Cerro Azul y las sedimentitas infrayacentes “que podrían pertenecer a la Formación Arroyo Chasicó”, a las que identificaron en estancia La Chola (departamento Caleu-Caleu).

La Formación Arroyo Chasicó fue descrita por Fidalgo *et al.* (1978) en el sector suroeste de la provincia de Buenos Aires, y subdividida en dos miembros: el inferior denominado Miembro Vivero y el superior, Miembro Las Barrancas, aun-

que no establecieron con precisión sus diferencias. Además del criterio litológico utilizaron el contenido paleontológico para diferenciarlos. Fidalgo *et al.* (1978), indicaron que la Formación Arroyo Chasicó se encuentra por debajo de la Formación Río Negro. Por su parte, Zárate (2005) expresó que en la provincia de Buenos Aires, los depósitos de la Formación Arroyo Chasicó se apoyan sobre depósitos marinos de la Formación Barranca Final, y que el contacto expuesto se encuentra en la provincia de La Pampa, en las márgenes de las lagunas Callaqueo y Colorada Grande. Recientemente, Zárate *et al.* (2007) analizaron la Formación Arroyo Chasicó, precisaron una edad para la secuencia aflorante de 8,7 a 10 Ma (mediante Ar^{40}/Ar^{39} sobre vidrios de impacto), determinaron un ambiente fluvial para la misma y desestimaron la subdivisión en miembros efectuada por Fidalgo *et al.* (1978).

Uno de los problemas detectados por Linares *et al.* (1980) fue que, como la litología de la Formación Cerro Azul y la Formación Arroyo Chasicó son similares y “como en muchos lugares no se depositó o no se observa la Formación Río Negro, resulta imposible distinguir por su litología las sedimentitas limo-arenosas que se encuentran por debajo de ella, de las que se ubican por encima” (Linares *et al.* 1980:107). Por esta razón decidieron incluir dentro de la Formación Cerro Azul a todas las sedimentitas con las mismas características litológicas, en aquellos casos en que no se encontraba la Formación Río Negro. Una correlación más completa de estas unidades fue realizada por Folguera y Zárate (2008, 2009).

La Formación Río Negro había sido localizada por Linares *et al.* (1980) en la provincia de La Pampa, en los departamentos Lihué Calel y Caleu-Caleu, incluyendo las barrancas del río Colorado. También ha sido detectada en las barrancas ubicadas al sur de laguna La Amarga (centro de la provincia, Visconti *et al.* 1993, Espejo y Silva Nieto 1985, 1996). A la Formación Río Negro se le asigna una edad que va desde el Mioceno Temprano- Mioceno tardío (Zinsmeister *et al.* 1981, Visconti *et*

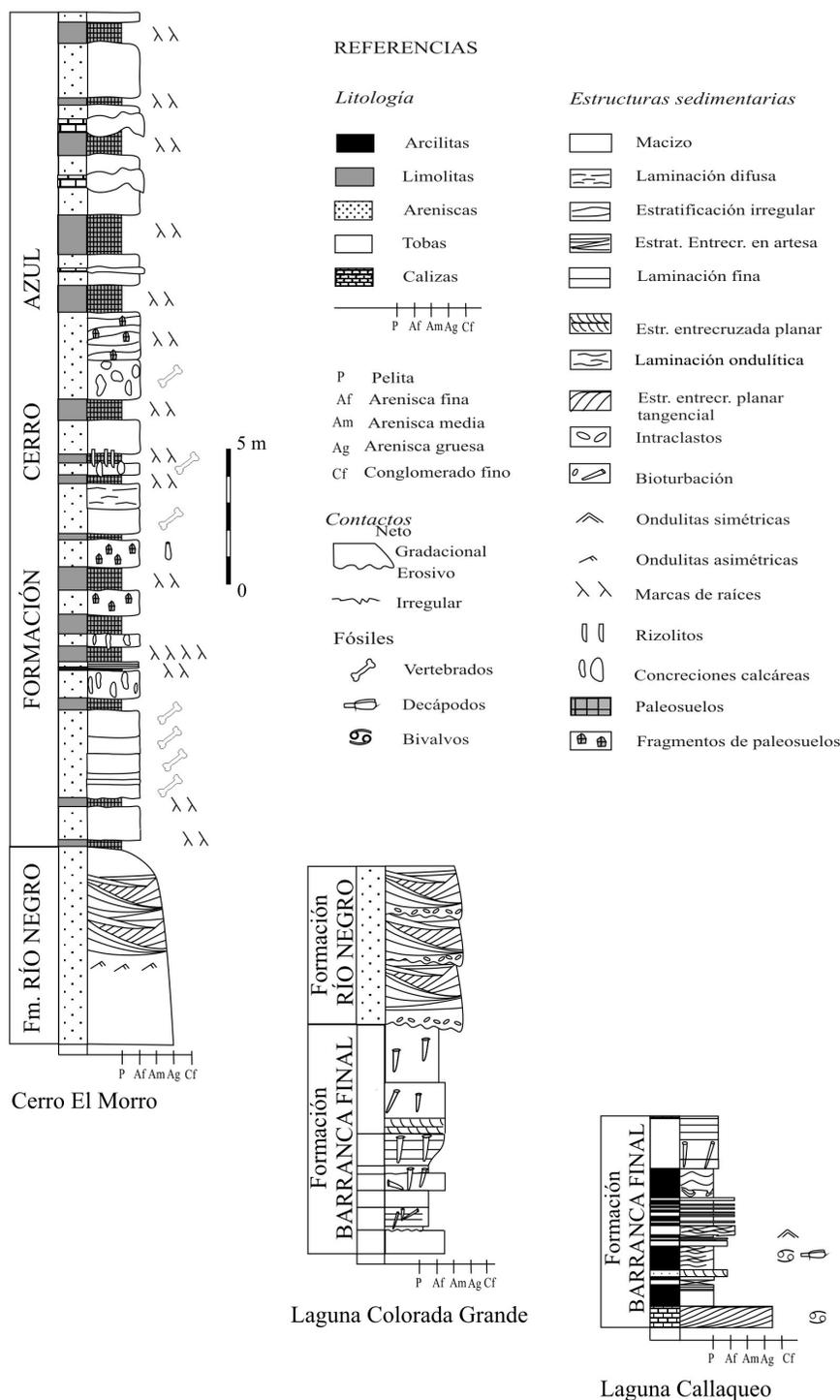


Figura 4: Relaciones estratigráficas entre las formaciones miocenas aflorantes en la provincia de La Pampa (modificado de de Elorriaga y Visconti 2005).

al. 1993, Zavala y Freije 2000) hasta el Plioceno temprano (Alberdi *et al.* 1997, Zavala y Freije 2000, Zárata 2005). Litológicamente está compuesta principalmente por areniscas medianas a finas, grisáceas y con gran cantidad de frag-

mentos líticos volcánicos. Presenta intercalaciones de areniscas finas y muy finas, algo rosadas. La Formación Río Negro ha sido analizada en otras localidades de la Patagonia y se le ha asignado una edad mamífero Huayqueriense (Cione *et al.*

2005), expresando que la citada formación representaría un cambio facial de un ciclo que comenzó con la ingresión marina “entrierriense” y culminó con la retracción de ese mar y la depositación de materiales continentales (Zavala y Freije 2001). Treinta kilómetros hacia el sur de cerro El Morro, en las cercanías de la localidad de La Adela, afloran las areniscas de la Formación Río Negro en las barrancas del Río Colorado. También pueden observarse en las barrancas del río Negro en Carmen de Patagones. En esta localidad, las areniscas típicas de la Formación Río Negro se intercalan en su parte superior con paleosuelos rojizos. Lo mismo acontece en el Balneario “El Cóndor”, en la bajada denominada “El Espigón”, donde los acantilados muestran en el sector inferior la interdigitación entre la Formación Río Negro y los depósitos marinos y hacia el tope, la intercalación con los paleosuelos rojizos.

Tal como fue considerado por Folguera y Zárata (2008, 2009), la Formación Cerro Azul se encuentra interdigitada con la Formación Río Negro y se considera que ambas formaciones serían lateralmente equivalentes, constituyendo un cambio de facies eólicas (*loess*) con desarrollo de paleosuelos (Formación Cerro Azul) a otras fluvio-eólicas (Formación Río Negro). Al sureste de la provincia de La Pampa, se detecta este cambio de facies cuyas evidencias pueden observarse en las relaciones de campo (Fig. 2).

Por otro lado, Melchor y Casadío (2001), propusieron la denominación de Formación Gran Salitral para referirse al conjunto de areniscas líticas, limolitas, arcilitas y calizas, que afloran principalmente en la costa sur del Gran Salitral al oeste de la provincia de La Pampa. Estos autores consideraron que los afloramientos más occidentales de la Formación Cerro Azul (Linares *et al.* 1980) estarían incluidos en la Formación Gran Salitral. Posteriormente, Melchor (2002) reasignó a la Formación Cerro Azul los afloramientos arenosos y loésicos originalmente distinguidos por Linares *et al.* (1980) y restringió la Formación Gran Salitral a las tobas

y margas con paleosuelos de edad eocena inferior aflorantes en la orilla suroeste del Gran Salitral.

En síntesis, este conjunto sedimentario comenzó a acumularse luego de la ingresión Paranense (Mioceno Medio), de la que se conocen depósitos en el sector suroeste de la provincia de La Pampa (Formación Barranca Final, Visconti *et al.* 2003, de Elorriaga y Visconti 2005), dando lugar al gran desarrollo de planicies durante un nuevo ciclo sedimentario que se extendió desde el área andina hacia el este (Folguera y Zárate 2008). Su comienzo coincidiría con una de las subfases del complejo diastrófico andino conocido como fase Quechua (Pascual 1984). Estas planicies estuvieron conformadas por una sucesión de ciclos de *loess*-paleosuelos (Visconti 2007) y cursos fluviales (Fig. 4). Los depósitos marinos referidos al tramo superior de la Formación Barranca Final (Visconti *et al.* 2004), se encuentran expuestos en la orilla oeste de la laguna Colorada Grande, cerca de la ruta nacional 154, mientras que términos inferiores de la misma afloran en laguna Callaqueo (Visconti *et al.* 2002). La edad de esta formación fue determinada mediante foraminíferos encontrados en el afloramiento ubicado en el extremo este de la laguna Blanca Grande (Visconti *et al.* 2003). Sobre ellos, en contacto transicional, se desarrollaron facies de areniscas gris azuladas de origen fluvial, atribuidas a la Formación Río Negro (de Elorriaga y Visconti 2005).

CONCLUSIONES

A partir del estudio de la Formación Cerro Azul se ha realizado la caracterización de la misma y se ha propuesto el cambio de la localidad tipo al perfil que se desarrolla al oeste de Algarrobo del Águila. En este lugar se determinó un lectoestratotipo para toda la sucesión y un perfil auxiliar en cerro El Morro. Se ha mantenido el nombre de Formación Cerro Azul, que ya había sido definido con criterios litoestratigráficos, y se han establecido las relaciones estratigráficas con otras for-

maciones aflorantes en el ámbito de la provincia de La Pampa.

La litología de la Formación Cerro Azul se caracteriza por su marcada homogeneidad, y está compuesta principalmente por areniscas muy finas limosas y limolitas arenosas. El ambiente sedimentario predominante es el de una llanura, donde se depositó una sucesión de loess con intercalaciones de paleosuelos pobremente desarrollados. El contenido faunístico fósil hallado en ella, ha permitido ajustar su edad entre los 10 Ma y los 5,8-5,7 Ma.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNLPam (Proyecto de Investigación N° 184: "Cambios climáticos y paleoambientales en el centro de Argentina durante el Mioceno Tardío: inferencias a partir de Paleosuelos loésicos"). Agradecemos especialmente a los árbitros Alicia Folguera y Pablo Pazos, quienes con sus atinadas correcciones mejoraron notablemente este trabajo.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Alberdi, M., Bonadonna, F. y Ortiz Jaureguizar, E. 1997. Chronological correlation, paleoecology and paleobiogeography of the Late Cenozoic South American Rionegran land-mammal fauna: a review. *Revista Española de Paleontología* 12: 249-255.

Albino, A.M. y Montalvo, C.I. 2006. Snakes from the Cerro Azul Formation (Late Miocene), Central Argentina. *Journal of Vertebrate Paleontology* 26: 581-587.

Albino, A.M., Brizuela, S. y Montalvo, C.I. 2006. New *Tupinambis* remains from the Late Miocene of Argentina and a review of the South American Miocene Teiids. *Journal of Herpetology* 40: 206-213.

Alonso-Zarza, A.M. 2003. Palaeoenvironmental significance of palustrine carbonates and calcretes in the geological record. *Earth-Science Reviews* 60: 261-298.

Bozzolo, L., Buteler, H. y Justo, E. 1986. Estudio preliminar de los mamíferos fósiles del Valle de Quehué, La Pampa (Argentina). 1° Jorna-

das de Biología y 2° de Geología de La Pampa, UNLPam. Serie suplementos, Actas 2: 37-47, Santa Rosa.

Calmels, A.P. y Casadío, S.A. 2005. Compilación geológica de la provincia de La Pampa. Ediciones Amerindia, 322 p., Santa Rosa.

Calmels, A.P., Visconti, G., Carballo, O.C. y Sbrocchio, J.A. 1996. Los sedimentos del Pleistoceno tardío-Holoceno encauzados en el valle de Quehué, provincia de La Pampa. 6° Reunión Argentina de Sedimentología, Actas: 135-140, Bahía Blanca.

Campbell, K. y Tonni, E. 1980. A new genus of teratorn from the Huayquerian of Argentina (Aves: Teratornithidae). *Contributions in Sciences* 330: 59-68.

Cano, E., Casagrande, G., Salazar Lea Plaza, J. C., Maldonado Pinedo, D., Martínez, H., Hevia, R., Scoppa, C. O., Fernández, B., Montes, M. A., Musto, J. C. y Pittaluga, A. 1980. Inventario integrado de los recursos naturales de la provincia de La Pampa. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Provincia de La Pampa y Universidad Nacional de La Pampa, 493 p., Buenos Aires.

Cenizo, M. y Montalvo, C.I. 2006. Nuevos registros de aves para la Formación Cerro Azul, Mioceno tardío, provincia de La Pampa, Argentina. *Ameghiniana* 43 (Suplemento de Resúmenes): 29R.

Cerdeño, E. y Montalvo, C.I. 2001. Los Mesotheriinae (Mesotheriidae, Notoungulata) del Mioceno superior de La Pampa, Argentina. *Revista Española de Paleontología* 16: 63-75.

Cerdeño, E. y Montalvo, C. I. 2002. Los Hegetotheriinae (Hegetotheriidae, Notoungulata) del Mioceno superior de la provincia de La Pampa, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, nueva serie* 4: 35-43.

Cione, A., Azpelicueta, M., Bond, M., Carlini, A., Casciotta, J., Cozzuol, M., de la Fuente, M., Gasparini, Z., Goin, F., Noriega, J., Scillato Yané, G., Soibelson, L., Tonni, E., Verzi, D. y Vucetich, M. 2000. The Miocene vertebrates from Paraná, eastern Argentina. En Aceñolaza, F. y Herbst, R. (eds.) *El Neógeno de Argentina*. Instituto de Correlación Geológica, Serie 14: 121-237.

Cione, A.L., Azpelicueta, M.M., Casciotta, J.R. y Dozo, M.T. 2005. Tropical freshwater teleosts from Miocene beds of eastern Patagonia, southern Argentina. *Geobios* 38: 29-42.

Comité Argentino de Estratigrafía 1992. Código

- Argentino de Estratigrafía. Asociación Geológica Argentina, Serie B, Didáctica y Complementaria 20, 64 p., Buenos Aires.
- Cordini, I.R. 1950. Contribución al conocimiento de los cuerpos salinos de Argentina. Dirección Nacional de Geología y Minería, 321 p., Buenos Aires.
- 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. y Tullio, J.O. 1998. Estructuras del subsuelo y su influencia en la morfología en el norte de la provincia de La Pampa. 10° Congreso Latinoamericano de Geología y 6° Congreso Nacional de Geología Económica, Actas 3: 499-506, Buenos Aires.
- de Elorriaga, E. y Visconti, G. 2002. Crotovinas atribuibles a grandes mamíferos del Cenozoico en el sureste de la Provincia de La Pampa. 9° Reunión Argentina de Sedimentología, Actas: 63, Córdoba.
- de Elorriaga, E. y Visconti, G. 2005. Estratigrafía de la Cuenca del Colorado en la provincia de La Pampa. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas: 351-358, La Plata.
- Döring, A., 1882. Informe Oficial de la Comisión Científica agregada al Estado Mayor General de la expedición al Río Negro (Patagonia). Tercera Parte, Geología: p. 300-490, Buenos Aires.
- Dott, R.H. 1964. Wacke, graywacke and matrix-what approach to immature sandstone classification? *Journal of Sedimentary Petrology* 34: 625-632.
- Espejo, P. y Silva Nieto, D., 1985. Descripción Geológica de las Hojas 34h, Puelches, 34i, Estancia la Unión, (Provincia de La Pampa) y 35h, Cerro Choique Mahuida; 35i, Pichi Mahuida, (Provincias de La Pampa y Río Negro). Dirección Nacional de Minería y Geología (inédito), 119 p., Buenos Aires.
- Espejo, P. y Silva Nieto, D. 1996. Hoja Geológica 3966-11, Puelches, provincias de La Pampa y Río Negro, SEGEMAR, 35 p. Buenos Aires.
- Fidalgo, F., Laza, J., Porro, N. y Tonni, E. 1978. Algunas características de la Formación Arroyo Chasicó y sus relaciones geológicas. 7° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 213-225, Neuquén.
- Folguera, A. y Zárate, M. 2008. Reinterpretación estratigráfica del neógeno continental en el área extra andina de Argentina central. 17° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 1010-1011, San Salvador de Jujuy.
- 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.
- Folk, R.L., Andrews, P.B. y Lewis, D.W. 1970. Detrital sedimentary rocks classification and nomenclature for use in New Zeland. *New Zeland Journal of Geology and Geophysics* 13: 937-968.
- Giai, S.B. 1975. Plan de investigación de aguas subterráneas (PIAS). Ministerio de Obras Públicas, Dirección de aguas subterráneas. Informe preliminar, Biblioteca de la Dirección de Minas de La Pampa (inédito), 56 p., Santa Rosa.
- Giai, S.B. y Tullio, J.O. 1998. Características de los principales acuíferos de la Provincia de La Pampa. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente* 12: 51-68.
- Giai, S.B., Melchor, R.N. y Umazano, A.M. 2008. Evidencias sedimentológicas de cambios climático-ambientales en el Cuaternario de la provincia de La Pampa. *Revista Huellas* 12: 43-55.
- Goddard, E.N., Trask, P.D., De Ford, R.K., Rove, O.N., Singewald, J.T. y Overbeck., R.M. 1948. Rock-Color Chart. *Geological Society of America*, 8 p., Boulder.
- Goin, F., Montalvo, C.I. y Visconti, G. 2000. Los marsupiales (Mammalia) del Mioceno Superior de la Formación Cerro Azul (provincia de La Pampa). *Revista del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Estudios Geológicos* 56: 101-126, España.
- Juan, R. del C., De Jager, J., Russel, J. y Gebhard, I. 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*. 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos 7, Relatorio: 117-133, Buenos Aires.
- Kaasschieter, J. 1965. Geología de la Cuenca del Colorado. 2° Jornadas Geológicas Argentinas, Actas 3: 251-269, Tucumán.
- Kostadinoff, J., Llambías, E., Raniolo, A. y Álvarez, G. 2001. Interpretación geológica de los datos geofísicos del sector oriental de la provincia de La Pampa. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 56: 481-493.
- Kostadinoff, J. y Llambías, E. 2002. Cuencas sedimentarias en el subsuelo de la provincia de La Pampa. 5° Congreso de Exploración, y Desarrollo de Hidrocarburos. IAPG, Actas CD, Artículo 49, 9 p. Mar del Plata.
- Laza, J. 1982. Signos de actividad atribuibles a *Atta* (Myrmicidae, Hymenoptera) en el Mioceno de la Provincia de La Pampa, República Argentina. *Significación paleozoogeográfica. Ameghiniana* 19: 109-124.
- Linares, E., Llambías, E. y Latorre, E. 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: 87-146.
- Llambías, E. 1975. Geología de la provincia de La Pampa y su aspecto minero. Dirección de Minas de la provincia de La Pampa (inédito), 74 p., Santa Rosa.
- Mehl, A.E. y Zárate, M.A. 2007. Litología y génesis de los depósitos del Cenozoico tardío del Bajo del Durazno, provincia de La Pampa, Argentina. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 14: 129-142.
- Melchor, R.N. 2002. Depósitos continentales Eocenos en el sudoeste de La Pampa, Argentina: edad, estratigrafía y paleoambientes. 15° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 694-698, El Calafate.
- Melchor, R.N. y Casadio, S. 2001. Descripción Geológica de la Hoja 3766-III "La Reforma" (1: 250.000), Provincia de La Pampa. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 295, 56 p., Buenos Aires.
- Melchor, R.N., Visconti, G. y Montalvo, C.I. 2000. Late Miocene calcic vertisols from central La Pampa, Argentina. 2° Congreso Latinoamericano de Sedimentología y 8° Reunión Argentina de Sedimentología, Actas: 119-120, Mar del Plata.
- Montalvo, C.I. y Casadio, S. 1988. Presencia del género *Palaeoctodon* (Rodentia, Octodontidae) en el Huayqueriense (Mioceno tardío) de la Provincia de La Pampa. *Ameghiniana* 25: 111-114.
- Montalvo, C.I., Melchor, R.N., Visconti, G. y Cerdano, E. 2008. Vertebrate taphonomy in loess-paleosol deposits: a case study from the late Miocene of Central Argentina. *Geobios* 41: 133-143.
- Pascual, R. 1961. Un nuevo *Cardiomyinae* (Rodentia, Caviidae) de la Formación Arroyo Chasicó (Plioceno inferior) de la Provincia de Buenos Aires. *Ameghiniana* 2: 61-71.
- Pascual, R. 1984. La sucesión de las edades mamí-

- feros, de los climas y del diastrofismo sudamericano durante el Cenozoico: fenómenos concurrentes. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 36: 15-37. Buenos Aires.
- Pascual, R. y Bocchino, A. 1963. Un nuevo Borhyaeninae (Marsupialia) del Plioceno medio de Hidalgo (La Pampa). *Ameghiniana* 3: 97-107.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E. y Siever, R. 1972. *Sand and Sandstones*. Springer, 425 p., Nueva York.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E. y Siever, R. 1987. *Sand and Sandstones*. Springer, 553 p., Nueva York.
- Pye, K. 1987. Aeolian dust and dust deposits. *Academia Press*, 334 p., London.
- Retallack, G.J. 1988. Field recognition of paleosols. *The Geological Society of America, Special Paper* 216: 1-20.
- Salso, J.H. 1966. La Cuenca de Macachín, provincia de La Pampa. Nota preliminar. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 21: 107-117.
- Sato, A., Tickyj, H., Llambías, E. y Sato, K. 1999. Rb-Sr, Sm-Nd and K-Ar age constraints of the Grenvillian Las Matras plutón, Central Argentina. 2° South American Symposium on Isotope Geology, Actas: 122-123, Villa Carlos Paz.
- Sato, A., Tickyj, H., Llambías, E. y Sato, K. 2000. The Las Matras tonalitic-trondhjemitic plutón, Central Argentina: Grenvillian age constraints, geochemical characteristics, and region implications. *Journal of South American Earth Science* 13: 587-610.
- Stappenbeck, R. 1913. Investigación hidrogeológica e los Valles de Chapalcó y Quehué y sus alrededores. Dirección General de Minas y Geología. Ministerio de Agricultura. *Boletín* 4, Serie B, Geología, 55 p. Buenos Aires.
- Spalletti, L.A. 1992. El loess y el problema de la identificación de las loessitas. *Revista Museo de La Plata, nueva serie, Geología* 11: 45-56.
- Tapia, A. 1931. Estudio hidrogeológico de la región oriental del río Chadileuvú. Dirección de Minas y Geología de la Nación (inédito), mapa escala 1:200.000, Buenos Aires.
- Terraza, J.C., Cruz, C.E. y Sbrocco, J.A. 1981. Geología de los valles de Utracán, Quehué y Chapacó, provincia de La Pampa. 8° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 183-192, San Luis.
- Tófaló, O.R. y Pazos, P.J. 2009. Paleoclimatic implications (Late Cretaceous–Paleogene) from micromorphology of calcretes, palustrine limestones and silcretes, southern Paraná Basin, Uruguay. *Journal of South American Earth Sciences* 29: 665–675.
- Tsoar, H. y Pye, K. 1987. Dust transport and the question of desert loess formation. *Sedimentology* 34: 139-154.
- Urrutia, J.J., Montalvo, C.I. y Scillato Yané, G.J. 2008. Dasypodidae (Xenarthra, Cingulata) de la Formación Cerro Azul (Mioceno tardío) de la provincia de La Pampa, Argentina. *Ameghiniana* 45: 289-302.
- Verzi, D. 1999. The dental evidence on the differentiation of the ctenomyine rodent (Caviomorpha, Octodontidae, Ctenomyiinae). *Acta Theriologica* 44: 263-282.
- Verzi, D. y Montalvo, C.I. 2008. The oldest South American Cricetidae (Rodentia) and Mustelidae (Carnivora): Late Miocene faunal turnover in central Argentina and the Great American Biotic Interchange. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 267: 284-291.
- Verzi, D., Montalvo, C.I. y Deschamps, C. 2008. Biostratigraphy and biochronology of the Late Miocene of central Argentina: evidence from rodents and taphonomy. *Geobios* 41: 145-155.
- Visconti, G. 2007. Sedimentología de la Formación Cerro Azul (Mioceno superior) en la provincia de La Pampa. Tesis doctoral n° 4084, Universidad de Buenos Aires (inédita), 203 p., Buenos Aires.
- Visconti, G. y Montalvo, C.I. 1990. Mamíferos del Mioceno tardío en sedimentos redepositados de la Formación Cerro Azul. 5° Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales, Actas: 14, Santa Rosa.
- Visconti, G., Montalvo, C.I. y Giai, S.B. 1993. Depósitos de la Formación Río Negro (Mioceno superior), en el sector suroeste de la laguna La Amarga, Provincia de La Pampa. 5° Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales, Actas 2: 102-108, Santa Rosa.
- Visconti, G., Montalvo, C.I., Carbonatto, M.C. y Púgener, L. 1996. Análisis sedimentológico e interpretación paleoambiental de la Formación Cerro Azul (Mioceno tardío) en el Valle Argentino, provincia de La Pampa. 6° Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales, Actas: 86-88, Santa Rosa.
- Visconti, G., de Elorriaga, E.E. y Parras, A. 2002. Sedimentitas marinas del Mioceno medio a superior aflorantes en la laguna Callaqueo, Sureste de la Provincia de La Pampa. 9° Reunión Argentina de Sedimentología, Actas: 43, Córdoba.
- Visconti, G., de Elorriaga, E.E. y Parras, A. 2003. Sedimentitas marinas de la Formación Barranca Final (Mioceno medio - superior de la cuenca del Colorado), aflorantes en el sureste de la provincia de La Pampa, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 58: 187-193.
- Visconti, G., de Elorriaga, E.E. y Umazano, A.M. 2004. La Formación Barranca Final (Mioceno medio-superior, Cuenca del Colorado) en la laguna Colorada Grande, Provincia de La Pampa. 10° Reunión Argentina de Sedimentología, Actas: 177-178, San Luis.
- Wright, V.P. y Tucker, M.E. 1991. Calcretes: an introduction. En Wright, V.P. y Tucker, M.E. (eds.) *Calcretes*. International Association of Sedimentologists, p. 1-22, Oxford.
- Yrigoyen, M.R. 1975. Geología del subsuelo y plataforma continental. *Relatorio 6° Congreso Geológico Argentino, Actas: 139-168, Bahía Blanca*.
- Zárate, M. 2005. El Cenozoico tardío continental de la provincia de Buenos Aires. En de Barrio, R.E., Etcheverry, R.O., Caballé, M.F. y Llambías, E. (eds.) *Geología y Recursos Minerales de la provincia de Buenos Aires*. 16° Congreso Geológico Argentino, Relatorio 9: 139-158, La Plata.
- Zárate, M., Schultz, P., Blasi, A., Heil, C., King, J. y Hames W. 2007. Geology and geochronology of type Chasicuan (late Miocene) mammal-bearing deposits of Buenos Aires (Argentina). *Journal of South American Earth Sciences* 23: 81-90.
- Zavala, C. y Freije, H. 2000. Estratigrafía secuencial del Terciario superior marino de Patagonia. Un equivalente de la "crisis del Messiniano"? *Geotemas* 1: 217-221, Madrid.
- Zavala, C. y Freije, H. 2001. On the understanding of aeolian sequence stratigraphy: an example from Mioceno-Plioceno deposits in Patagonia, Argentina. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* 107: 251-264.
- Zinsmeister, W.J., Marshall, L.G., Drake R.E. y Curtis, G.H. 1981. First radioisotope (Potassium-Argon) age of marine Neogene Rionegro beds in Northeastern Patagonia, Argentina. *Science* 212: 440.

Recibido: 23 de noviembre, 2009

Aceptado: 10 de agosto, 2010