

SEDIMENTOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA DE DEPÓSITOS DEL MIOCENO TARDÍO DE LOS VALLES TRANSVERSALES DE LA PROVINCIA DE LA PAMPA, ARGENTINA

Florencia R. LORENZO, Adriana E. MEHL y Marcelo A. ZÁRATE

Instituto de Ciencias de la Tierra y Ambientales de La Pampa (INCITAP, CONICET- UNLPAM).
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Av. Uruguay 151, Santa Rosa (6300), La Pampa, Argentina.
E-mails: lorenzofl@gmail.com, adrianamehl@gmail.com, mzarate@exactas.unlpam.edu.ar

Resumen: En la región centro-oriental de la provincia de La Pampa, comprendida en el ámbito del Bloque de La Pampa Central, los depósitos de la Formación (Fm.) Cerro Azul constituyen el registro de la sedimentación continental neógena de antepaís (Mio-Plioceno). La unidad aflora en los márgenes y pisos del sistema de valles transversales que domina el paisaje del área analizada. En el interior de los valles aparecen comúnmente depósitos predominantemente limosos, no consolidados, descriptos como facies lacustres basales de la Fm. Cerro Azul. Conforman, en general, lomadas de hasta 5 m de altura relativa que en varias localidades marginan los sectores más deprimidos de los valles. El análisis de estos depósitos ha permitido plantear interrogantes respecto a su posición estratigráfica y ambiente de sedimentación. Entre ellos, ¿los depósitos corresponden a las secciones estratigráficas más antiguas de la Fm. Cerro Azul? ¿o representan unidades de agradación desarrolladas en el interior de los valles transversales, en forma posterior a su incisión, en algún momento del Mioceno tardío? ¿Corresponderían a ambientes de sedimentación que se han repetido en el Mioceno tardío, dando lugar a depósitos de características litológicas similares en distintas posiciones estratigráficas de la sucesión de la Fm. Cerro Azul?. Para dilucidarlo se llevó a cabo un estudio sedimentológico-pedológico, estratigráfico y geomorfológico sobre dichas facies limosas. Éstas registran ambientes sedimentarios de tipo fluvial efímero, de baja energía, y de tipo palustre, donde habrían ocurrido procesos de sedimentación y pedogénesis. Estos últimos habrían sido particularmente dominantes durante algunos lapsos de la evolución de estos sistemas. La posición y expresión geomorfológica que exhiben permite plantear que son parte de un ciclo de agradación acontecido en el interior de los valles transversales en algún momento de su evolución durante el Mioceno tardío.

Palabras clave: Depósitos fluviales efímeros, Formación Cerro Azul, Valles transversales pampeanos, Mioceno tardío, La Pampa, Argentina.

EXTENDED ABSTRACT

Sedimentology and stratigraphy of upper Miocene deposits from the transverse valleys of La Pampa province, Argentina.

In the distal foreland region of central Argentina the Mio-Pliocene continental record is widely distri-

buted (Fig. 1a, Folguera and Zárate, 2009). In La Pampa province it is represented by the Cerro Azul Formation (Fm) (Linares *et al.*, 1980; Visconti, 2007) that involves the lapse between *ca.* 12-11? Ma and 5.8 Ma (Verzi and Montalvo, 2008; Folguera and Zárate, 2009). This lithostratigraphical unit crops out along the walls and floors of the transversal valleys (Calmels, 1996) situated in the central-eastern sector

of La Pampa province. The deposits are blanketed by aeolian silty sands and sandy silts mantles which together with the sand dunes systems usually located along the transversal valleys are considered of Late Pleistocene-Holocene age (Zárate y Tripaldi, 2012).

According to Visconti (2007) the outcrops of the Cerro Azul Fm consist of lacustrine, aeolian and fluvial facies. The lacustrine facies, made up of laminated claystones and sandy siltstones to very fine sandstones, have been stratigraphically placed at the base of the Formation. However, field work allowed recognizing the existence of similar deposits making up comparable geofoms at different absolute altitudes in several transversal valleys. This paper is focused on the sedimentological characteristics of these deposits and questions their stratigraphic position. Based on the observations and previous work, three working hypothesis are considered: the deposits are the oldest exposed stratigraphic sections of the Cerro Azul Fm as already stated; the deposits post date the valleys formation, hence they were accumulated within the valleys; the deposits represent similar and diachronic sedimentary settings during the accumulation of the Cerro Azul Formation.

The study consisted of a sedimentological-pedological description and sampling coupled with the geomorphological analysis of the deposits at several localities in different transversal valleys of La Pampa (Fig. 1b). Textural, mineralogical (X-Ray diffractometry) and micromorphological analyses of thin sections were carried at selected samples. A lithofacies approach was used to describe the deposits resulting in the identification lithofacies (Table 1) and facies associations following Miall's (2006) proposal, with a partially modified lithofacies code. Interpretations were made following Miall (2006), Reading (1996) and Nichols (2009).

Two main geomorphic systems (SE1 and SE2) of different altitude are identified in the Nerecó, Hucal, Quehué and Chapalcó valleys (Figs. 1b, 2a) resulting in a characteristic stepped topography. The deposits under study compose the SE2 with a relative height between 2 and 5 m above the valley floor, surrounding the deepest part of them; the lower stratigraphic contact remains unexposed. They are made up of unconsolidated sandy silt, silt and, secondarily, silty fine sand, either massive or with rare planar laminar bedding at some localities, while a dominant angular blocky structure is present

at exposed sections. In some exposures, the deposits under study are featured by the occurrence of cutans and slickensides. Calcium carbonate is commonly present as powdery accumulations, nodules and concretions. The organic matter content varies from 0.03 to 1.17 %. At some levels the deposits exhibit layers of darker colors and higher concentration of organic matter with subprismatic secondary structure when dried. According to the grain-size and primary and secondary structures several lithofacies have been identified: Afm(f), Afb, Lab(c), Lab(mf), Lam(i), Lb(fc), Lal, Lab(cP), Afb(mfP) (Table 1), which were grouped into two main facies, A and B. Facies A represents abandoned channels of low relief and non-channelized areas linked to low energy ephemeral streams/flows transporting sediments to the deepest part of the landscape. Facies B is interpreted as a paludal-like setting corresponding to poorly drained low energy aggradational environments. Both facies are gathered into facies association 1 (FA1), recognized in all the studied localities. It is interpreted as the record of low energy ephemeral fluvial and paludal-like environments, including episodes of higher water inputs linked to heavy rain events. This together with the geomorphological setting of the deposits suggests the occurrence of an aggradational process of low energy during the late Miocene in the interior of the valleys once they were already formed.

Keywords: Ephemeral fluvial deposits, Cerro Azul Formation, Transverse valleys, Late Miocene, La Pampa, Argentina.

INTRODUCCIÓN

La sedimentación continental neógena de antepaís alcanzó una amplia distribución geográfica en el ambiente extrandino de la región central de Argentina (Folguera y Zárate, 2009; Fig. 1a). En la provincia de La Pampa está representada por la Formación (Fm.) Cerro Azul (Llambías, 1975; Linares *et al.*, 1980), con edades-mamífero (piso-edad) Chasiquense y Huayqueriense (Montalvo y Casadio, 1988; Verzi y Montalvo, 2008). En conjunto, estas edades representarían el intervalo cronológico comprendido entre *ca.* 12-11? Ma y 5,8 Ma (Verzi y Montalvo, 2008).

La Fm. Cerro Azul, caracterizada inicialmente por Linares *et al.* (1980), aflora principalmente en

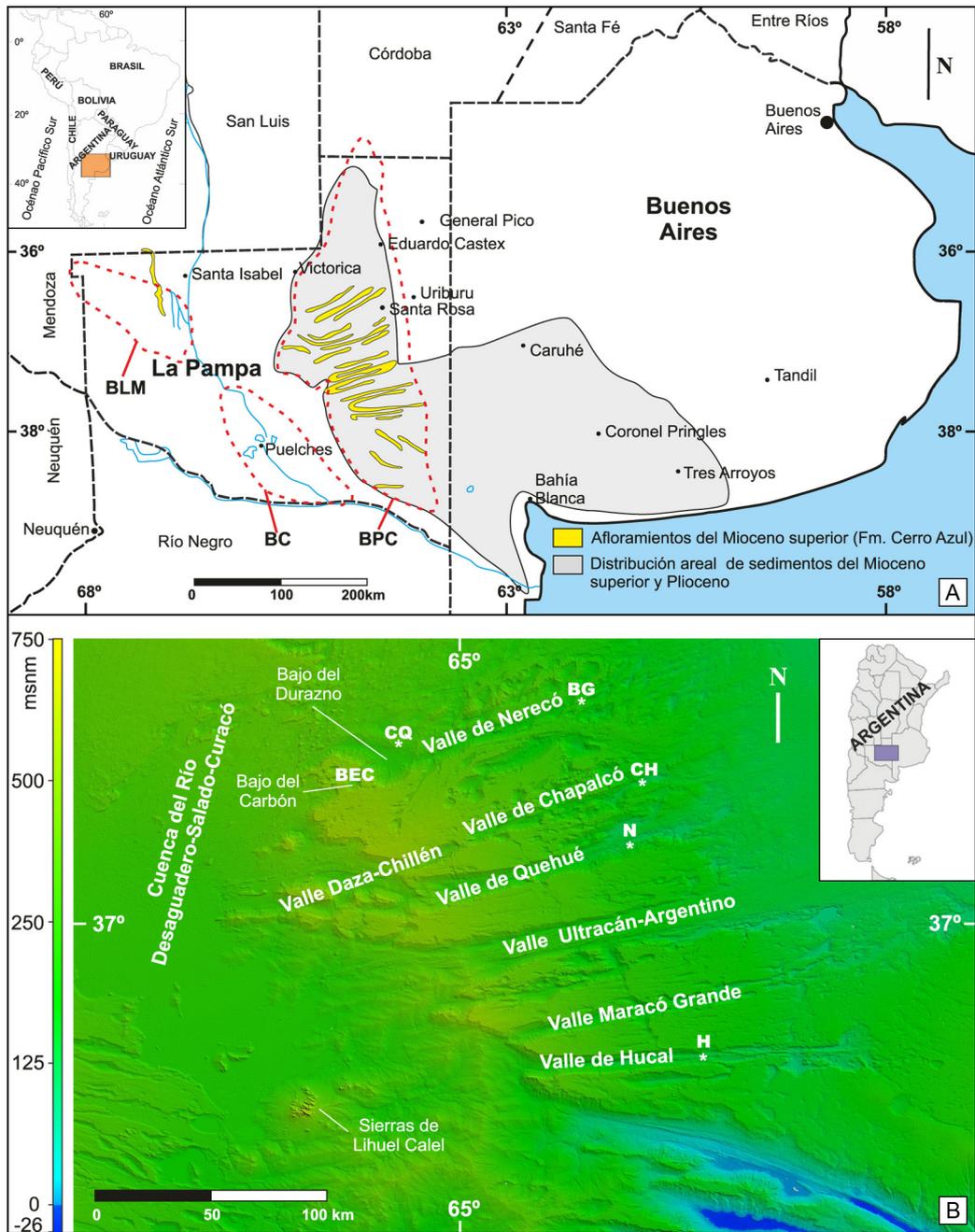


Figura 1. a) Distribución de la sedimentación continental neógena del Mioceno superior (Fm. Cerro Azul) en la región centro-este de Argentina (modificado de Folguera, 2011). BLM: Bloque de Las Matras. BC: Bloque de Chadileuvú. BPC: Bloque de La Pampa Central. BEC: Bajo El Carbón. b) Modelo de elevación digital (SRTM) de la región de los valles transversales de la provincia de La Pampa. (*) Perfiles litoestratigráficos. CQ: Carro Quemado. BG: Bajo El Guanaco. CH: Cachirulo. N: Naicó. H: Hucal.

Figure 1. a) Upper Miocene continental sedimentation in the central-eastern region of Argentina (modified from Folguera, 2011). BLM: Las Matras Block. BC: Chadileuvú Block. BPC: La Pampa Central Block. b) Digital elevation model (SRTM) of the transversal valleys of La Pampa province. (*) Lithostratigraphic profiles. CQ: Carro Quemado. BG: Bajo El Guanaco. CH: Cachirulo. N: Naicó. H: Hucal.

cortes de rutas y canteras, así como en las márgenes y pisos del sistema de valles transversales que dominan el paisaje del centro-este de la provincia de La Pampa (Figs. 1a, b, 2a). En un estudio regional de

esta unidad, Visconti (2007) y Visconti *et al.* (2010) identificaron facies fluviales (intraconglomerados, sabulitas y areniscas intraclásticas), eólicas (areniscas limosas, limolitas arcillo arenosas, retrabajadas

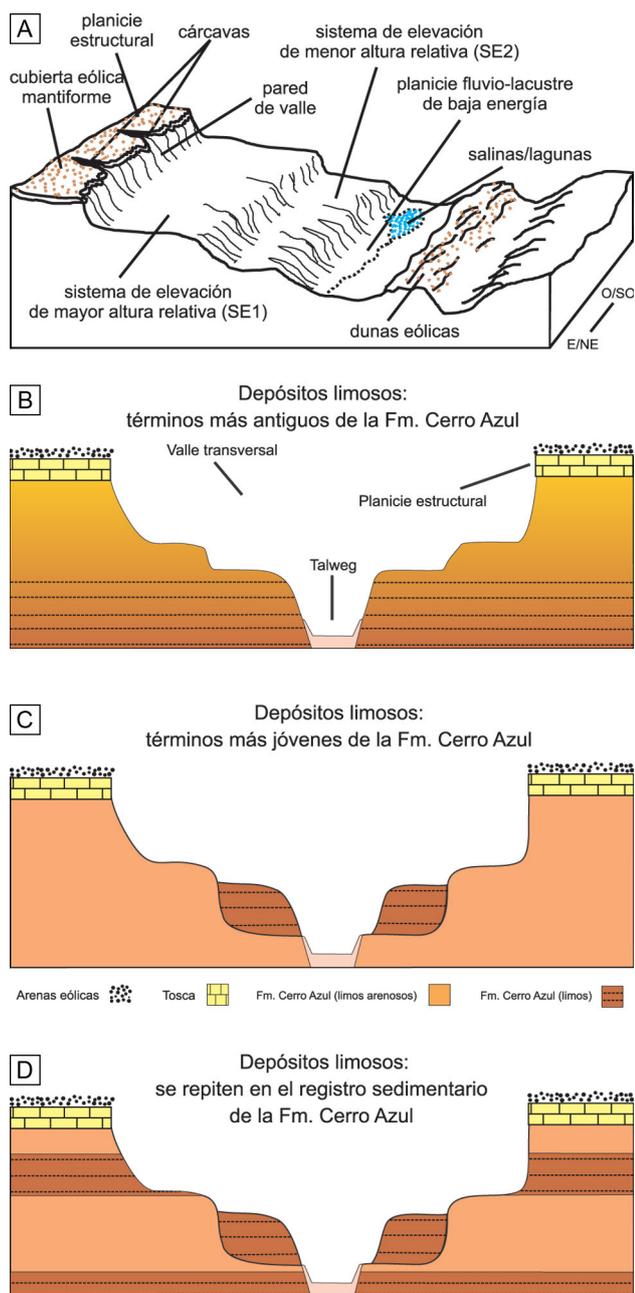


Figura 2. a) Esquema geomorfológico general de los valles transversales con las hipótesis propuestas en este trabajo; b) Depósitos limosos formando los términos basales de la Fm. Cerro Azul; c) Depósitos limosos acumulados en el interior de los valles transversales de menor antigüedad relativa de la Fm. Cerro Azul; d) Depósitos limosos en distintas posiciones estratigráficas de la Fm. Cerro Azul, sugiriendo repetición de ambientes de sedimentación durante el Mioceno tardío.

Figure 2. a) General geomorphological scheme of the transversal valleys of La Pampa with the proposed hypotheses in this paper; b) Silty deposits forming the basal terms of Cerro Azul Fm.; c) Silty deposits of younger relative age from Cerro Azul Fm. accumulated in the interior of the transversal valleys; d) Silty deposits at different stratigraphic positions of Cerro Azul Fm., suggesting repeated sedimentation environments during the Late Miocene.

por corrientes ácuas difusas), y lacustres (arcillitas laminadas, limolitas arenosas y areniscas muy finas); estas últimas descritas en la base de la Formación. Depósitos comparables con esas facies lacustres han sido identificados, durante prospecciones en la región, en distintas posiciones topográficas en el interior de la mayoría de los valles transversales de La Pampa (Zárate *et al.*, 2012); de ellos se han exhumado restos de fauna de edad huayqueriense (Montalvo, 2013 com. pers.). A partir de ello surgieron interrogantes respecto a la posición estratigráfica de estos depósitos en relación con el resto de los niveles que componen la sucesión sedimentaria de la Fm. Cerro Azul. Así, por ejemplo, en el interior del Bajo del Durazno, área de cabecera del Valle de Nerecó (Fig. 1b), existen depósitos de características similares estratigráficamente por encima de la Fm. Cerro Azul, asignados en sentido amplio al Cenozoico tardío (Mehl, 2005; Mehl y Zárate, 2007).

El objetivo de esta contribución es analizar la sedimentología y relaciones espacio-temporales de los depósitos comparables con facies lacustres, según antecedentes, que afloran en los valles transversales de La Pampa. La finalidad es contribuir al conocimiento general de la estratigrafía e historia geológica de la región pampeana occidental. Para ello se analizó la composición litológica, distribución areal, relaciones estratigráficas, ubicación geomorfológica y edades asignadas de los referidos depósitos. Para el desarrollo del trabajo se plantearon tres hipótesis de trabajo: a) Los depósitos semejantes a facies lacustres constituyen la base expuesta de la Fm. Cerro Azul y representan las secciones de mayor antigüedad relativa de esta unidad como se ha propuesto hasta el momento (Fig. 2b); b) Los depósitos se acumularon en el interior de los valles transversales (Fig. 2c; Zárate *et al.*, 2012), y serían entonces de menor antigüedad relativa que los afloramientos de la Fm. Cerro Azul situados en las márgenes de los valles transversales; c) La existencia de ambientes de sedimentación similares (de tipo lacustre) se repitió durante el Mioceno tardío y se generaron depósitos litológicamente semejantes en distintas posiciones estratigráficas de la sucesión sedimentaria de la Fm. Cerro Azul (Fig. 2d).

Desde el punto de vista morfoestructural, la zona de estudio se desarrolla en el ámbito del Bloque de La Pampa Central (Fig. 1a). Esta unidad extendida en la región oriental y central de la provincia de La Pampa, fue levantada y basculada por la orogenia

Andina durante el Mioceno tardío (Folguera y Zárate, 2011). El basamento de este bloque, compuesto por rocas del Neoproterozoico-Paleozoico temprano, se considera la extensión austral de las Sierras Pampeanas (Kostadinoff *et al.*, 2001; Tickyj *et al.*, 2002; Delpino *et al.*, 2005). Este basamento controló el desarrollo de la planicie estructural que se extiende en el centro de la provincia de La Pampa (Calmels, 1996; Folguera y Zárate, 2011). La misma presenta leve basculamiento hacia el este (Calmels y Casadío, 2004) y está constituida por la Fm. Cerro Azul. Las mayores cotas de la planicie estructural, entre 400 y 350 m.s.n.m., se localizan hacia el oeste (área de valle Daza. Fig. 1) y las menores, en el orden de 150 m.s.n.m., hacia el sector oriental. La planicie presenta un fuerte grado de disección, asociado con el desarrollo del sistema de valles transversales que domina el paisaje de la región (Calmels, 1996) y da lugar a la denominada Subregión de las Mesetas y Valles (INTA, 1980).

Los valles transversales, de rumbo OSO-ENE (Terraza *et al.*, 1981), se disponen según Calmels y Casadío (2004), en forma de abanico con ápice en el sector central de la provincia de La Pampa y desarrollo hacia el oriente (Fig. 1b). La longitud varía entre 100 y 150 km, y la anchura entre 5 y 15 km; en tanto el desnivel relativo entre la superficie de la planicie estructural y los sectores más bajos de los valles es de 50-100 m. El origen de estas depresiones longitudinales es controversial, algunos autores proponen una génesis tectónica (Cordini, 1967, en Terraza *et al.*, 1981; y Linares, 1980, en Folguera, 2011) mientras otros, un origen probablemente fluvio-eólico (Calmels, 1996), y/o con procesos kárstico-eólicos vinculados (Lorenz, 2002, en Kruck *et al.*, 2011).

La Fm. Cerro Azul, con un espesor aproximado de 170-200 m, aflora en las laderas y pisos de los valles transversales, así como en cortes de caminos y canteras. Las litologías dominantes corresponden a "...limos arenosos pardo rosados a rojizos..." (Llambías, 1975, en Linares *et al.*, 1980, pág. 107). Visconti (2007) y Visconti *et al.* (2010) señalan que los afloramientos se encuentran sub-horizontales. Sin embargo, en la laguna Chillhué (37°17' S y 64°09' O, Valle Argentino) están deformados y presentan una inclinación de 4° a 8° hacia el SE (Folguera, 2011). Según Visconti (2007) los depósitos de la Fm. Cerro Azul presentan intercalaciones de arcillitas de color rojizo más oscuro en los estratos basales; éstas

exhiben laminación y, en ocasiones, consistencia friable o firme-muy firme debido a la presencia de cemento carbonático. También menciona el frecuente desarrollo de paleosuelos, concentrados en general en el sector basal de la sucesión.

La superficie de la planicie estructural remata en una duricostra calcárea (tosca) de potencia y características variables, que ha sido considerado tradicionalmente como el término cuspidal de la Fm. Cerro Azul (Linares *et al.*, 1980). Sin embargo, Vogt *et al.* (1999) interpretaron una relación de discordancia entre la duricostra y los depósitos limo arenosos infrayacentes, y señalaron que dicho contacto involucra un hiatus estratigráfico. La costra calcárea está cubierta por depósitos eólicos de arena muy fina, con espesor variable entre 0,30 y 1 m (Calmels y Casadío, 2004), reunidos en la Fm. Meauro (Melchor y Llambías, 2004) y asignados al Pleistoceno superior-Holoceno (Zárate y Tripaldi, 2012).

El interior de los valles transversales se caracteriza por la presencia de fajas de dunas y mantos de arena asignables también a la Fm. Meauro, así como por redes de drenaje, de incipiente a moderado grado de desarrollo. Estas últimas, en algunos valles, incluyen cursos de régimen efímero de algunas decenas de km de longitud, cuyos caudales son producto de precipitaciones torrenciales características del clima semiárido que domina la región (INTA, 1980). En ciertos sectores, la erosión hídrica ha labrado cañadones y cárcavas en las paredes de los valles. En los sectores más deprimidos de los mismos se forman lagunas, salinas o salitrales, ya sea permanentes o temporarios (Terraza *et al.*, 1981).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se analizaron, mediante trabajos de campo y de laboratorio, las características sedimentológicas y geomorfológicas de los depósitos semejantes a facies lacustres, aflorantes en los valles transversales pampeanos. En el ámbito del Valle de Nerecó se llevaron a cabo relevamientos en las siguientes localidades (Fig. 1b): Carro Quemado (CQ: 35°31'30"S, 65°17'19"O; 274,3 ± 5.2 m.s.n.m.; ruta provincial N° 105) y Bajo El Guanaco (BG: 36°19'01"S, 64°16'41"O; 153 ± 5.3 m.s.n.m.; ruta nacional N° 35). En el Valle de Chapalcó se analizó la localidad Cachirulo (CH: 36°44'35"S, 64°22'08"O; 161 m.s.n.m.; camino veci-

nal), y en el Valle de Quehué los sitios de estudio fueron Naicó 1 (N1: 36°54'46"S, 64°21'49"O; 136,2 ± 4,5 m.s.n.m.; camino vecinal) y Naicó 3 (N3: 36°55'02"S, 64°24'15"O; 121 ± 5 m.s.n.m.; vías ferroviarias, Fig. 1b). Carro Quemado, Bajo El Guanaco, Cachirulo y Naicó se consideraron como las localidades de estudio más representativas, motivo por el cual esta contribución se focaliza en los resultados allí obtenidos. Información adicional sobre el Valle de Hucal (37°48'20"S, 64°0'21"O) y la localidad Bajo del Carbón en el extremo sudoeste del Valle de Nerecó (BEC: 36°42'05"S, 65°25'52"O, Fig. 1b) puede ser consultada en Lorenzo (2011).

Para el análisis sedimentológico se describieron cinco (5) columnas litoestratigráficas (CQ, BG, CH, N1 y N3) ubicadas en cortes de caminos en el interior de los valles transversales. La altura relativa de los perfiles se midió con GPS *Garmin*. En la descripción de los atributos litológicos de los depósitos sedimentarios y las muestras recolectadas se utilizó una aproximación sedimento-pedológica. La determinación de rasgos litológicos incluyó color en húmedo y seco (comparación visual con el sistema de notación de colores Munsell, 2000), granulometría, textura, estructura sedimentaria, geometría de los depósitos. Para los rasgos pedológicos se determinó color en húmedo y seco (también por comparación visual con Munsell, 2000), granulometría, consistencia, estructura pedológica, presencia y concentración relativa, determinada por comparación visual, de: raíces, nódulos, concreciones, sales, carbonatos, materia orgánica (MO), cutanes, intraclastos, y rasgos redoximórficos. Los contactos (sedimentológicos, pedológicos) se describieron de acuerdo con Catt (1990) según tipo (abrupto, claro, gradual y difuso) y forma (suave, ondulado, irregular, quebrado). El análisis granulométrico de muestras sedimentarias, de características friables, recolectadas en las columnas estratigráficas, se llevó a cabo con un contador de partículas láser *Malvern Mastersizer Hydro 2000*, con un tratamiento previo de las muestras, para eliminar posibles agentes cementantes y/o aglutinantes, como carbonato de calcio, sulfato de calcio y MO. Los sedimentos se clasificaron según la propuesta de Folk (1954). Se determinó el contenido cuantitativo de carbonato (carbonato de calcio) con un calcímetro digital, y el de MO por titulación por vía húmeda con el método de Walkley-Black (1934).

Sobre la base de las características texturales y estructurales de los depósitos se realizó un análisis

litofacial de los perfiles litoestratigráficos. Para ello, se definieron y describieron litofacies y se creó un código litofacial de acuerdo con los lineamientos propuestos por Miall (2006; Tabla 1). La nomenclatura de las litofacies indica en las dos primeras siglas (o alternativamente en la primera) la textura (A: arena; L: limo; Af: arena fina; La: limo arenoso), en la tercera, la estructura sedimentaria del depósito (m: macizo; b: bloques angulares; l: laminar) y entre paréntesis la existencia de rasgos y/o estructura pedogenética (P: pedogénesis) o de alguna característica secundaria (f: firme; mf: muy firme; c: presencia de carbonato; i: intraclastos). Las interpretaciones de los procesos que dieron origen a los depósitos se realizaron de acuerdo con los modelos de facies de Miall (2006), Reading (1996) y Nichols (2009).

En el perfil de la localidad de Carro Quemado, considerado como perfil representativo, se recolectaron tres muestras en niveles seleccionados de los depósitos estudiados. En las mismas se realizó un análisis mineralógico por difracción de rayos-X (DRX) en roca total y en arcillas, y se confeccionaron secciones delgadas para un análisis micromorfológico general de los depósitos. Este último de acuerdo con la metodología de Bullock *et al.* (1985).

El análisis geomorfológico de los depósitos se efectuó mediante el uso de fotografías aéreas a escala 1:35.000 de la Dirección General de Catastro del Gobierno de La Pampa, y hojas topográficas del SGN (Valle Nerré Co - Nerecó 3766-12, Carro Quemado 3766-11, Estancia Santa María 3766-10, Colonia Ferraro 3766-18, El Durazno 3766-17 y Jagüel del Monte 3766-16), del *software Google Earth* y de modelos de elevación digital SRTM de 90 m de resolución (<http://srtm.usgs.gov/srtmimagegallery/index.php>). En los trabajos de campo se realizaron levantamientos para completar la definición y caracterización de las geoformas presentes, así como para analizar la extensión, distribución y posición topográfica de los depósitos estudiados.

LITOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA DE LOS DEPÓSITOS

En el interior de los valles de Nerecó, Hucal, Quehué y Chapalcó (Fig. 1b) se reconocen al menos dos sistemas de elevaciones dispuestos en general al pie de las paredes de los valles (Fig. 2a). Un conjunto de superficies elongadas con pendientes muy suaves, y cumbres planas y disectadas, aparece

Litofacies	Descripción	Interpretación	Perfil
Afb	Arena fina limosa de consistencia firme a muy firme y estructura en bloques angulares. En ocasiones intercalan niveles limo arenosos. Presencia de pátinas de manganeso y cutanes.	Transporte y depositación de partículas por tracción a partir de flujos ácueos de baja energía. Estructura de bloques angulares generada en forma secundaria por expansión-contracción de la fracción arcillosa presente.	Cachirulo Hucal 1 y 2
Lab(c)	Limo arenoso de consistencia firme y estructura en bloques angulares. En ocasiones con intercalaciones de limo, fango y/o arena fina limosa. Nódulos y/o concreciones de carbonato de tamaño y forma variable. Desarrollo de pátinas de manganeso, cutanes y en algunos casos <i>slickensides</i> .	Depósitos generados por decantación y por corrientes tractivas en flujos ácueos de baja energía. Estructura de bloques angulares generada en forma secundaria por expansión-contracción de la fracción arcillosa presente. Precipitación de carbonatos por evaporación del agua que se moviliza (descenso o ascenso) a través del espacio poral de los sedimentos. Precipitación de manganeso en condiciones de óxido-reducción.	Carro Quemado Bajo del Guanaco
Lab(mf)	Limo arenoso de consistencia firme a muy firme. Estructura en bloques angulares con pátinas de manganeso. Cutanes en las caras de los bloques. En algunos casos <i>slickensides</i> y escaso contenido de nódulos de carbonato.	Depósitos generados por decantación y por corrientes tractivas en flujos ácueos de baja energía. Estructura de bloques angulares generada en forma secundaria por expansión-contracción de la fracción arcillosa presente.	Carro Quemado Bajo El Carbón Bajo del Guanaco Hucal 1
Lam(i)	Limo arenoso y arena fina limosa maciza, suelta a firme, con intraclastos de sedimentos pelíticos. Ocasional pátinas de manganeso y escasos nódulos de carbonato.	Depósitos generados por decantación y por corrientes tractivas en flujos ácueos de baja energía. Retrabajo de sedimentos arcillosos (de cuerpos palustres o canales inactivos) por corrientes efímeras.	Cachirulo
Lb(fc)	Limo y limo arenoso con estructura en bloques subangulares, en ocasiones con intercalaciones de limo arenoso. Consistencia firme a muy firme, con abundantes nódulos de carbonato.	Decantación de partículas en un medio ácuo de baja energía. Estructura de bloques angulares generada en forma secundaria por expansión-contracción de la fracción arcillosa presente.	Bajo El Carbón Naicó 1 Naicó 2
Lal	Limo y limo arenoso de consistencia firme y estructura sedimentaria de tipo laminar planar (de 1 a 2 cm). Escasos nódulos de carbonato y pátinas de manganeso.	Decantación de material en suspensión en medio ácuo con ocurrencia de corrientes tractivas débiles. Precipitación de carbonatos por evaporación del agua que se moviliza (descenso o ascenso) a través del espacio poral de los sedimentos. Precipitación de manganeso en condiciones de óxido-reducción.	Cachirulo Bajo del Guanaco
Lab(cP)	Limo arenoso o limo firme a friable con estructura en bloques angulares sub-prismáticos, abundante contenido en nódulos de carbonato, escasos cutanes y pátinas de manganeso; además, en algunos casos escaso contenido de yeso. Aumento en la concentración relativa de materia orgánica.	Desarrollo de procesos pedogenéticos evidenciados a partir de una mayor concentración de materia orgánica, cutanes y desarrollo de una estructura secundaria y pedológica de bloques angulares prismáticos.	Carro Quemado Bajo del Guanaco
Afb(mfP)	Arena fina limosa de consistencia muy firme y estructura en bloques angulares subprismáticos. Abundante desarrollo de cutanes y pátinas de manganeso. Elevada concentración relativa de materia orgánica.		Carro Quemado

Tabla 1. Descripción e interpretación de las litofacies identificadas en los depósitos analizados.**Table 1.** Lithofacies description and interpretation of the analyzed deposits.

a una mayor altura relativa (sistema de elevación 1, SE1). Otra serie de niveles topográficos de extensión variable, también con cumbres planas, da lugar a un segundo sistemas de elevaciones (SE2) con menor altura relativa (Fig. 2a); éste circunda los sectores topográficos más deprimidos de los valles, en general ocupados por lagunas o cursos efímeros (Fig. 2a).

Los depósitos analizados en este trabajo componen el SE2; no presentan base expuesta y sus espesores aflorantes varían entre 2 y 4 m en las distintas localidades estudiadas. Están compuestos, según la clasificación de Folk (1954), por la alternancia de limos arenosos, limos y, en menor medida, arenas finas limosas. En general, presentan un bajo contenido de arcillas, con porcentajes que no superan el 16 %, excepto en la localidad de CQ donde un nivel exhibe un 38%. Así, los depósitos analizados se consideran predominantemente limosos. En los perfiles expuestos (secos al aire) los depósitos presentan en general una estructura dominante de bloques angulares a subangulares, mientras que en cortes frescos la estructura es maciza. No obstante, en las localidades BG y CH algunos sectores de los perfiles conservan en forma parcial rasgos de una estructura sedimentaria primaria de tipo laminar planar.

En los perfiles estudiados el contenido de nódulos y/o concreciones de carbonato de calcio varía entre escaso y abundante; presentan morfologías subsféricas a cilíndricas, con superficies subredondeadas a subangulares. En el caso de los nódulos subsféricos el diámetro promedio alcanza 2-3 cm. En los nódulos cilíndricos la longitud promedio del eje mayor es del orden de 5 cm. El porcentaje de carbonato en la masa de los sedimentos varía desde un mínimo de 0,1 % en las localidades CQ y N3, hasta un máximo de 12,8 % en la localidad BEC. El contenido de MO es similar en las diferentes localidades analizadas, con un rango de variación entre 0,03 y 1,17 %. Los mayores valores de MO se observan en niveles de las localidades de CQ y BG (Figs. 3a,b), que exhiben también abundantes cutanes de arcilla y *slickensides* a escala macroscópica. Estos niveles forman bancos de geometría tabular, continuos lateralmente en toda la extensión de las secciones aflorantes; exhiben una estructura dominante de bloques angulares subprismáticos (en perfil seco al aire), y en cambio son macizos en muestras o cortes frescos. Estos niveles se caracterizan además por una mayor consistencia relativa y coloración más oscura

(10YR 5/3: castaño) en comparación con el resto de la sucesión de las columnas estratigráficas CQ y BG.

Sobre los depósitos limosos estudiados, apoya un manto de arenas limosas y limos arenosos, a través de un contacto abrupto y suave a irregular. Esta cubierta sedimentaria, con espesores variables entre 0,4 y 1,2 m, suelta y maciza, es el material parental del suelo actual. Presenta, en general, abundantes raíces actuales, y en forma ocasional, en el sector basal, intraclastos de material limoso. El porcentaje de carbonato de calcio en la masa sedimentaria varía entre 2 y 4 % y el de MO entre 0,3 y 0,8 %.

A continuación se describen particularidades de los depósitos limosos en las localidades estudiadas en los valles de Nerecó, Chapalcó y Quehué.

Valle de Nerecó

Localidad Carro Quemado. En esta localidad, ubicada en el Bajo de Carro Quemado (Fig. 1b), la sucesión sedimentaria analizada aflora con un espesor de 3,46 m a lo largo de la ruta provincial N° 105, con una longitud aproximada de 100 m, y no presenta base expuesta (Figs. 3a, 4a,b). Forma parte de una elevación topográfica a ~300 m.s.n.m. que constituye la divisoria de aguas entre los bajos de Carro Quemado y del Durazno, ubicado inmediatamente hacia el sur. Los sectores más deprimidos de los bajos mencionados se encuentran a 244 y 256 m.s.n.m., respectivamente (Figs. 4a,c,d). También hay exposiciones saltuarias de menores dimensiones en las inmediaciones y otros cortes de esa ruta.

Aquí, el depósito limoso presenta 3 m de espesor. Estos son limos arenosos, con intercalaciones de arena fina limosa, limo y fango. Presentan una estructura en bloques angulares(perfil seco al aire), color castaño pálido (10YR 6/3 en húmedo y 10YR 6/4 en seco) y de consistencia variable entre friable y muy firme. El contenido de carbonato en el perfil disminuye de techo a base, tanto en el caso de los nódulos como en la masa sedimentaria, con valores máximos y mínimos de 4,7 y 0,1, respectivamente (Fig. 3a). Hay presencia escasa de yeso en el sector superior de este depósito, mientras que las pátinas de manganeso, cutanes y *slickensides* son abundantes en el sector inferior. El porcentaje de MO varía entre 0,03 a 1,17 %. En tres niveles del perfil ubicados a 0,90 m, 1,60 m y 2,30 m de profundidad, se observaron los mayores valores de MO, los cuales disminuyen gradualmente en profundidad (Figs. 3a,5a). Éstos exhiben además

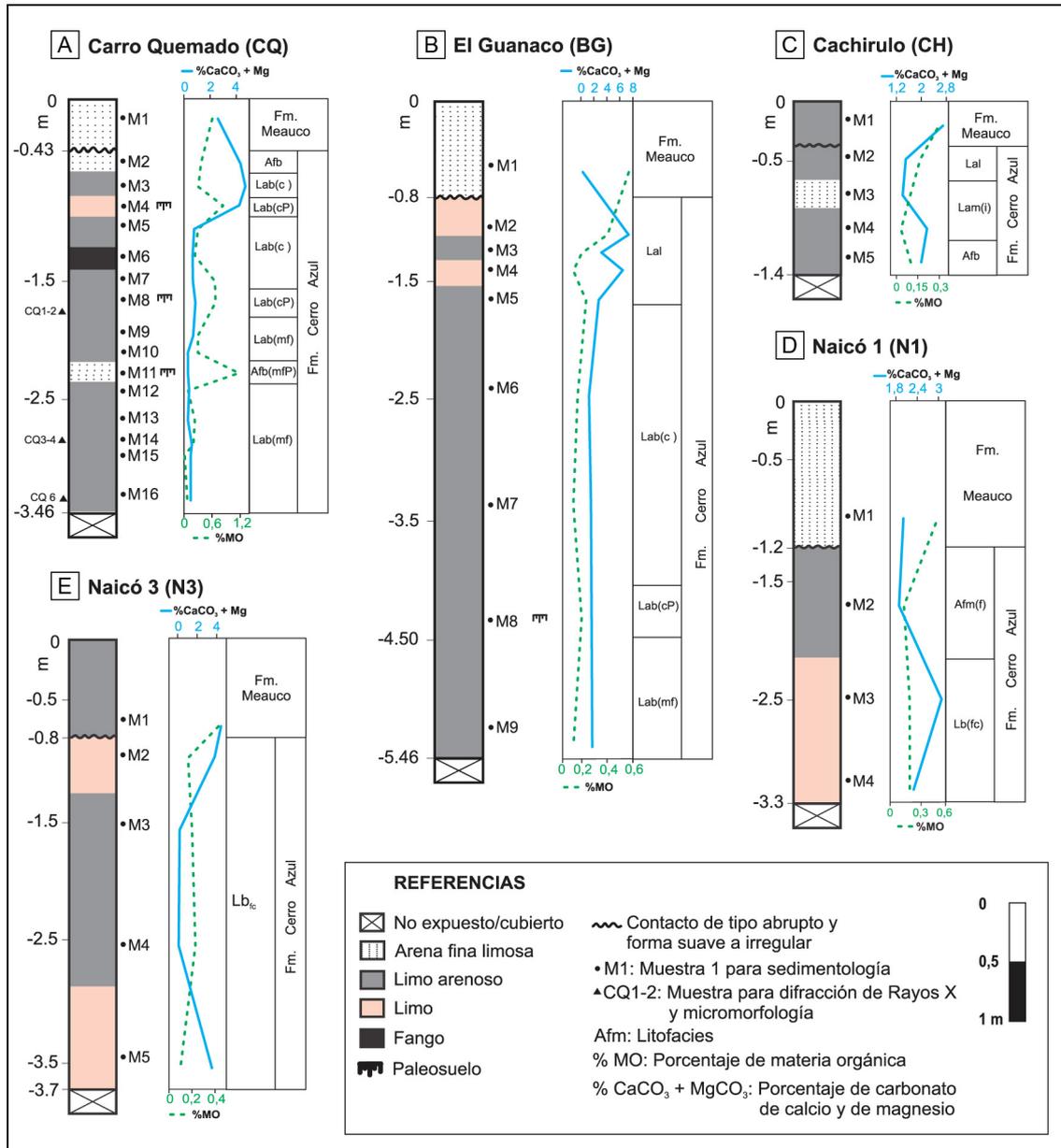


Figura 3. Perfiles litoestratigráficos: a) Carro Quemado; b) Bajo El Guanaco; c) Cachirulo; d) Naicó 1; e) Naicó 3. Clasificación textural de acuerdo con Folk (1954).

Figure 3. Lithostratigraphic profile: a) Carro Quemado; b) Bajo El Guanaco; c) Cachirulo; d) Naicó 1, e) Naicó 3. Grain size classes according to Folk (1954).

colores más oscuros (10YR5/4 en húmedo y 10YR6/4 en seco) y consistencia firme en comparación con los sedimentos supra e infrayacentes (Fig. 5a), límites claros y suaves en el techo, y transicionales y suaves en la base.

En este sector inferior del perfil se diferenciaron 5 litofacies. Una inferior, litofacies Lab(mf), que incluye a los limos arenosos con estructura en bloques angulares y consistencia firme. En la litofacies Lab(mf) se encuentra interestratificado un nivel de

arenas finas limosas de igual consistencia afectado por pedogénesis (litofacies Afb(mP), profundidad: 2,30 m). Por encima, la litofacies Lab(c) incluye los limos arenosos con estructura en bloques angulares (en perfil seco al aire) y carbonato de calcio en forma de nódulos y concreciones (Fig. 3a, Tabla 1) con dos niveles interestratificados de la litofacies Lab(cP) que representan niveles afectados por pedogénesis (profundidad: 0,90 m y 1,60 m). Hacia arriba este depósito culmina con arenas finas limosas con

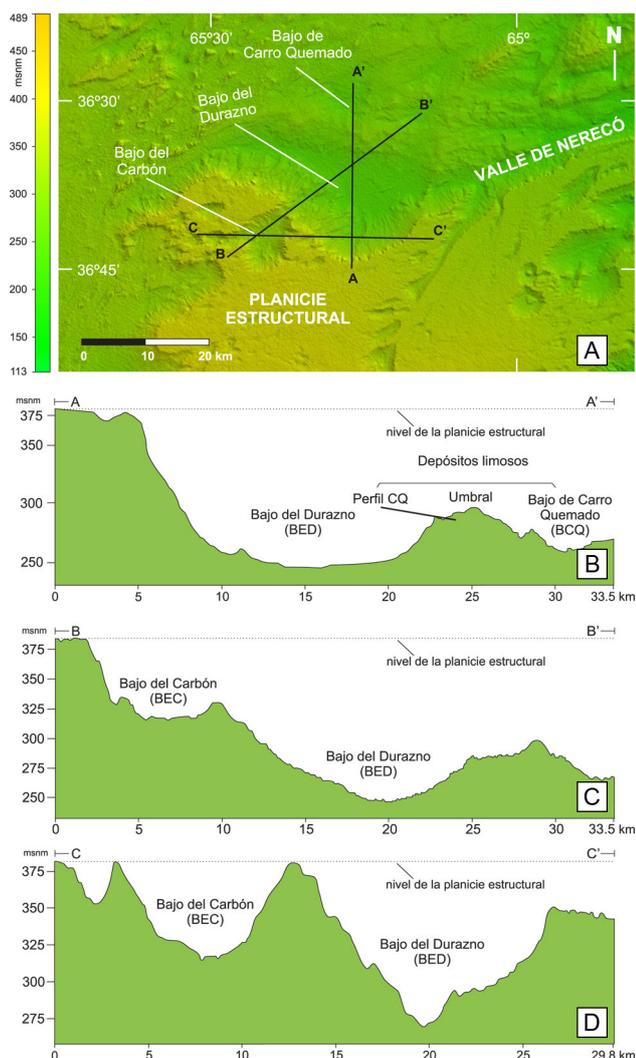


Figura 4. a) Modelo de elevación digital del terreno en las cabeceras del valle de Nerecó. b-d) Perfiles topográficos de los bajos El Carbón (BEC), El Durazno (BED) y Carro Quemado (BCQ).

Figure 4. a) Digital elevation model in the headwaters of the Nerecó valley. b-d) Topographic profiles of El Carbón (BEC), El Durazno (BED) and Carro Quemado (BCQ).

estructura en bloques angulares con el perfil seco al aire (litofacies Afb, Figs. 3a, 5a, b, Tabla 1). En esta localidad el análisis mineralógico por DRX en roca total de tres muestras representativas de los depósitos (CQ1-2 a 1,8 m de profundidad, CQ3-4 a 2,8 m y CQ6 a 3,4 m) permitió identificar una presencia escasa de arcillas en los depósitos (5 a 15%), donde el 60-65% del total de la arcilla presente corresponde a esmectita, el 25-30% a illita y mica, un 10% a interestratificados de illita-esmectita, y <1% de caolinita (Tabla 2).

El análisis micromorfológico de esas tres mues-

tras (Tabla 3), señala que en el perfil, a una profundidad de 1,8 m (muestra CQ1-2) domina una matriz limo arcillosa de microestructura maciza con tendencia a un leve desarrollo de bloques angulares, y una fábrica birrefringente (fábrica 'b') de tipo cristalítica. Hay escasos nódulos de arcilla (Fig. 6a) y concentraciones de óxidos de hierro y manganeso (Fe-Mn); éstos últimos se presentan como moteados de formas irregulares. Se observan zonas cementadas por calcita micrítica, e hiporevestimientos de calcita y de arcilla alrededor de grietas que no se pueden identificar como límite de agregados. La presencia de cristales de yeso formando agregados que rellenan grietas es escaso (Fig. 6b). Hay escasas aglutinaciones de excrementos; éstos tienen formas individuales esféricas, elipsoidales, mamelonadas y tuberosas.

A los 2,8 m de profundidad del perfil CQ (muestra CQ3-4) se observa una matriz limo arcillosa de microestructura maciza con desarrollo incipiente de bloques angulares. La fábrica 'b' de la matriz es de tipo cristalítica, y en forma secundaria se desarrolla también una fábrica 'b' granoestriada (Fig. 6c). La existencia común de zonas con impregnación de óxidos de Fe-Mn y cementaciones de calcita otorga un aspecto moteado a la masa sedimentaria. Hay escasos hiporevestimientos de arcilla y calcita vinculados a grietas. También son escasos los hiporevestimientos de calcita, la impregnación difusa y los hiporevestimientos de óxidos de Fe-Mn asociados con vesículas. Los excrementos, de formas esféricas, elipsoidales y tuberosas, son escasos (Fig. 6d).

La muestra CQ6, a 3,4 m de profundidad, presenta una matriz limo arcillosa, con microestructura y fábrica 'b' dominantes, similares a las de las muestras CQ1-2 y CQ3-4. Los nódulos impregnativos de calcita y Fe-Mn son escasos; las grietas son comunes y las escasas vesículas presentes tienen hiporevestimientos de arcilla, calcita (Fig. 6e) y óxidos de Fe-Mn (Fig. 6f). Estos últimos se disponen también como zonas de impregnación escasas, de formas irregulares. Las aglutinaciones de excrementos son escasas, y en general, las formas individuales dominantes son esféricas, elipsoidales y raramente mamelonadas.

Localidad Bajo El Guanaco. En esta localidad aflora una sucesión sedimentaria de 5,5 m de potencia, sin base expuesta y ~50 m de extensión lateral (Figs. 1b, 3b). Los 4,66 m inferiores del perfil están represen-

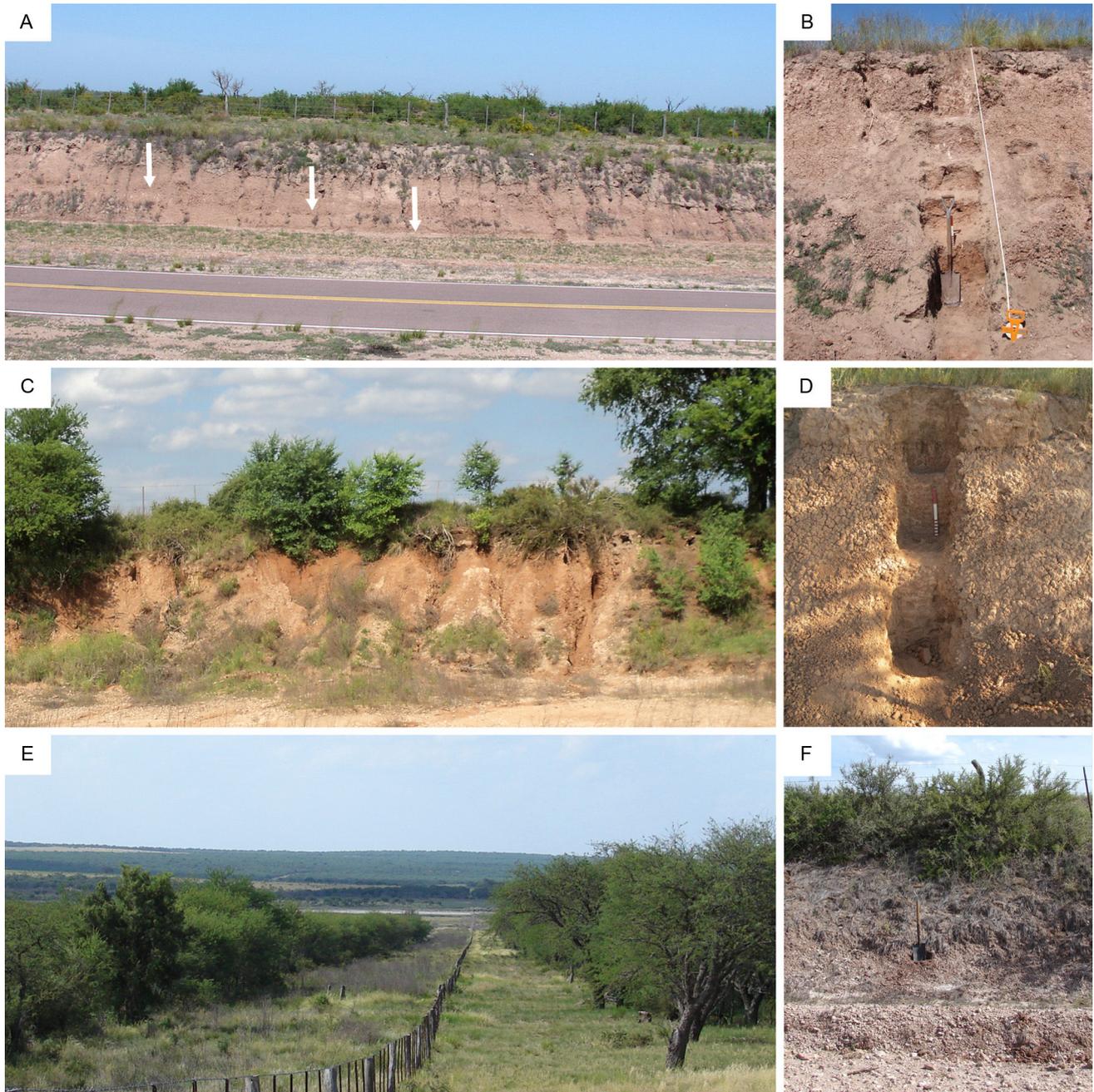


Figura 5. a-b) Vista de los depósitos estudiados en la localidad de Carro Quemado, las flechas indican la presencia de paleosuelos; c) Vista de los depósitos de Bajo El Guanaco; d) Vista de los depósitos de Cachirulo; e) Vista hacia el este de la laguna de Naicó, valle de Quehué; f) Vista de los depósitos de Naicó 1.

Figure 5. a-b) View of silty deposits of Carro Quemado; arrows indicate paleosol occurrence; c) View of the analyzed deposits of Bajo El Guanaco; d) View of the analyzed deposits of Cachirulo; e) View to the east of the *laguna de Naicó*; f) View of the deposits of Naicó 1.

tados por sedimentos en general limo arenosos de color castaño amarillento claro (10YR 6/4 en húmedo y seco) y consistencia firme. En este segmento, la base y el sector medio presentan una estructura de bloques angulares en perfil seco al aire. Los de la base se caracterizan por presentar consistencia

muy firme (litofacies Lab(mf)), y los segundos por la existencia de nódulos y concreciones de carbonato de calcio (litofacies Lab(c)). Un incremento muy leve en el contenido de MO, un cambio en la coloración a castaño amarillento (10YR 5/4 en húmedo y 10YR 6/4 en seco), y una estructura en bloques angulares

MUESTRA	ROCA TOTAL														ARCILLAS												
	Cuarzo	Feldes.p.		Carbonato			Ceolitas			Sulfatos		Halita	Pirita	Hematita	Otros	Arcilla y Mica	Ilita y Mica	Cristalinidad	ESmectita	Cristalinidad	Interestratificados						
		Potásico	Plagioclasea	Calcita	Dolomita	Siderita	Analcima	Clinoptilolita	Laumontita	Yeso	Anhidrita										IS			CS			
																					%	Cristalinidad	Capas expansivas	%	Cristalinidad	Capas expansivas	
CQ 1-2	ma	e	a	t	-	-	-	me	-	e	-	-	-	e	e	25	B	65	M	10	M	NC	-	-	-	-	T
CQ 3-4	e	e	ea	t	-	-	-	me	-	-	-	-	-	e	e	30	B	60	M	10	M	NC	-	-	-	-	T
CQ 6	a	e	a	t	t	-	t	me	-	-	-	-	-	e	e	25	B	65	M	10	M	NC	-	-	-	-	T

Tabla 2. Resultado de análisis de difracción de Rayos X de muestras del perfil Carro Quemado. IS: interestratificado Illite-Esmectita. CS: interestratificado Clorita-Esmectita. ea: extremadamente abundante (>75%). ma: muy abundante (50 a 75%). a: abundante (30 a 50%). m: moderado (15 a 30%). e: escaso (5 a 15%) me: muy escaso (1 a 5%). t: trazas (<1%).

Table 2. Carro Quemado profile X-Ray diffractometry analysis results. IS: Illite-smectite interbedded. CS: Clorite-smectite interbedded. ea: extremely abundant (>75%). ma: very abundant (50 a 75%). a: abundant (30 a 50%). m: moderate (15 a 30%). e: scarce (5 a 15%). me: very scarce (1 a 5%). t: traces (<1%).

subprismáticos permite identificar a la litofacies Lab(cP) entre las litofacies Lab(mf) y Lab(c) (Fig. 3b, Tabla 1). Hacia el sector superior, estos sedimentos pasan de forma transicional a limos y limos arenosos con estructura sedimentaria de tipo laminar planar (litofacies Lal, Figs. 3b, 5c).

El porcentaje de carbonato de calcio en la masa sedimentaria fluctúa entre 1,3 y 7,4%, con los mayores valores en el sector superior (Fig. 3b). Los nódulos de carbonato de calcio son abundantes en el sector medio del depósito y escasos en el sector superior. La presencia de cutanes es escasa y está restringida al sector medio del perfil, en algunos casos se observaron *slickensides*. Las pátinas de manganeso son escasas a lo largo de todo el perfil. El contenido de MO varía entre 0,13 y 0,40%.

Valle de Chapalcó

Localidad Cachirulo. La sucesión aflorante, sin base expuesta, tienen una extensión lateral aproximada de 20 m y un espesor de 1,41 m (Figs. 1b, 3c, 5d). El sector inferior del perfil de 1,03 m de espesor, está formado por limos arenosos y arenas finas limosas de color castaño (7,5YR 5/4 en húmedo y 7,5YR 6/4 en seco). Los 0,30 m basales tienen consistencia muy firme y presentan una estructura en bloques angulares (en perfil seco al aire. Litofacies Afb). Pasa en forma transicional a una estructura maciza en el

sector medio del depósito (litofacies Lam(i)), y de tipo laminar planar en el sector superior (litofacies Lal, Fig. 3c, Tabla 1). La presencia de nódulos calcáreos y de pátinas de manganeso es escasa. El yeso está presente con mayor abundancia relativa en los sectores medio y superior del depósito. A lo largo del perfil los valores de carbonato de calcio en la masa varían entre 4,7 y 0,1 %; y los de MO entre 0,17 y 0,03 % (Figs. 3c, 5d).

Valle de Quehué

Localidad Naicó. Los depósitos están expuestos en afloramientos de aproximadamente 50 m de extensión lateral. En el caso de Naicó 1 (Fig. 1b), el afloramiento corresponde a un corte de camino de sentido E-O, presenta 2,3 m de espesor y base cubierta y se sitúa a 136,2 ± 4,5 m.s.n.m. (Figs. 3d, 5e, f). El sector inferior de la sucesión, con una potencia de 1,1 m, comprende depósitos limosos, de color castaño (7,5YR 5/4 en húmedo y 10YR 6/3 en seco). Están compuestos en los tramos basales por limos muy firmes con estructura en bloques angulares (en perfil seco al aire), consistencia friable y nódulos de carbonato de calcio (litofacies Lb(fc), Fig. 3d, Tabla 1). Transicionalmente hacia el sector superior aparecen arenas finas limosas, firmes y macizas, de consistencia firme (litofacies Afm(f), Fig. 3d, Tabla 1). El porcentaje de carbonato de calcio varía entre

MUESTRA	Profundidad (m)	Microestructura	Vacíos	G/F	Fábrica b	Minerales neoformación (yeso)	Excrementos	Revestimientos arcillosos	Concentración de Fe-Mn				Concentración de calcita	
									Nódulos	Hiporevestimientos	Quasirevestimientos	Difusión	Nódulos	Cementación
CQ 1-2	1.8	m/ba	G	10/90	Cr	*	**	*	*	**	--	--	--	**
CQ 3-4	2.8	m/ba	G, V	15/85	Cr, Gr	--	*	*	*	**	--	*	--	**
CQ 6	3.4	m/ba	G, V	20/80	Cr	--	*	*	*	*	--	--	*	**

Tabla 3. Cuantificación de los rasgos pedológicos reconocidos al microscopio petrográfico en muestras del perfil Carro Quemado. Microestructura: m: masiva, ba: bloques angulares. G/F62 μ : relación gruesos/finos. Tipos de vacíos: V: vesículas, G: grietas. Fábrica de birrefringencia (b): Cr: cristalítica, Gr: granoestriada. Abundancia: -- no detectado, * escaso (<5%), ** común (>5%).

Table 3. Carro Quemado lithostratigraphic profile pedologic features quantification under petrographic microscope.

Microstructure: m: massive, ba: angular blocks. G/F62 μ : coarse/fine relation. Void types: V: vesicles, G: cracks. B-fabric: Cr: cristalitic, Gr: granoestriated. Abundance: -- not detected, * scarce (<5%), ** common (>5%).

3,1 y 1,9 %, y el de MO entre 0,17 a 0,1 % (Fig. 3d). Los nódulos de carbonato de calcio son abundantes en el sector inferior del depósito.

El perfil analizado en la localidad de Naicó3, aflora sin base expuesta con un espesor de 3,7 m en un corte lateral N-S de las vías del ferrocarril. El perfil está situado a 121 \pm 5 m.s.n.m. (Fig. 3e). Presenta en la parte inferior facies limosas, con una potencia cercana a los 3 m, y compuestas por limos y limos arenosos (litofacies Lb(fc), Fig. 3e, Tabla 1), de consistencia firme, estructura maciza y color castaño amarillento (10YR 5/4 en húmedo y 10YR 7/3 en seco). Los porcentajes de carbonato en la masa varían entre 2,8 y 0,1%, y de MO entre 0,23 y 0,10 % (Fig. 3e). Este depósito se caracteriza por la abundancia de nódulos de carbonato en el sector superior; algunos de ellos alcanzan hasta 10 cm de diámetro y son poco friables.

Paleoambientes de sedimentación

El análisis litofacial de los depósitos estudiados permitió agrupar las litofacies identificadas en dos facies, A y B. La facies A se definió a partir de la presencia de depósitos sedimentarios de arenas finas limosas y limos arenosos macizos, sueltos a firmes y/o con intraclastos (litofacies Lam(i) y Afm(f)), y de depósitos limo y limo arenosos de consistencia firme y estructura sedimentaria de tipo laminar planar (litofacies Lal, perfiles de BG, CH y N1). Se

interpreta que estos depósitos se vincularían con áreas de canales abandonados de escasa expresión morfológica, o con flujos efímeros no canalizados de baja energía, donde los sedimentos se habrían transportado por tracción y/o suspensión hacia las áreas más deprimidas de los valles. La litofacies Afb (perfil CH) también se incluye en esta facies; se interpretan los mismos procesos de formación primarios para el depósito y una generación posterior de una estructura en bloques angulares, visible cuando los depósitos están secos al aire, resultado de la expansión-contracción de la esmectita presente en la fracción arcillosa de los depósitos. Por su parte, las litofacies Lab(c), Lab(mf) y Lb(fc) (perfiles de las localidades de CQ, BG, CH, N1 y N3), que representan depósitos limo arenosos y/o limosos con estructuras en bloques angulares/subangulares cuando los perfiles están secos al aire, se agruparon en la facies B, que permite interpretar el desarrollo de ambientes de sedimentación de baja energía y drenaje deficiente en áreas inundables de tipo palustre.

En conjunto, las facies A y B constituyen una asociación de facies (AF1), representativa de un ambiente fluvial efímero de baja energía y desarrollo de ambientes de tipo palustres asociados. Los lapsos con mayor aporte de agua, reflejados en la facies A, podrían haber estado vinculadas con eventos de mayor precipitación relativa en la región. La AF1 se repite espacialmente en las distintas localidades

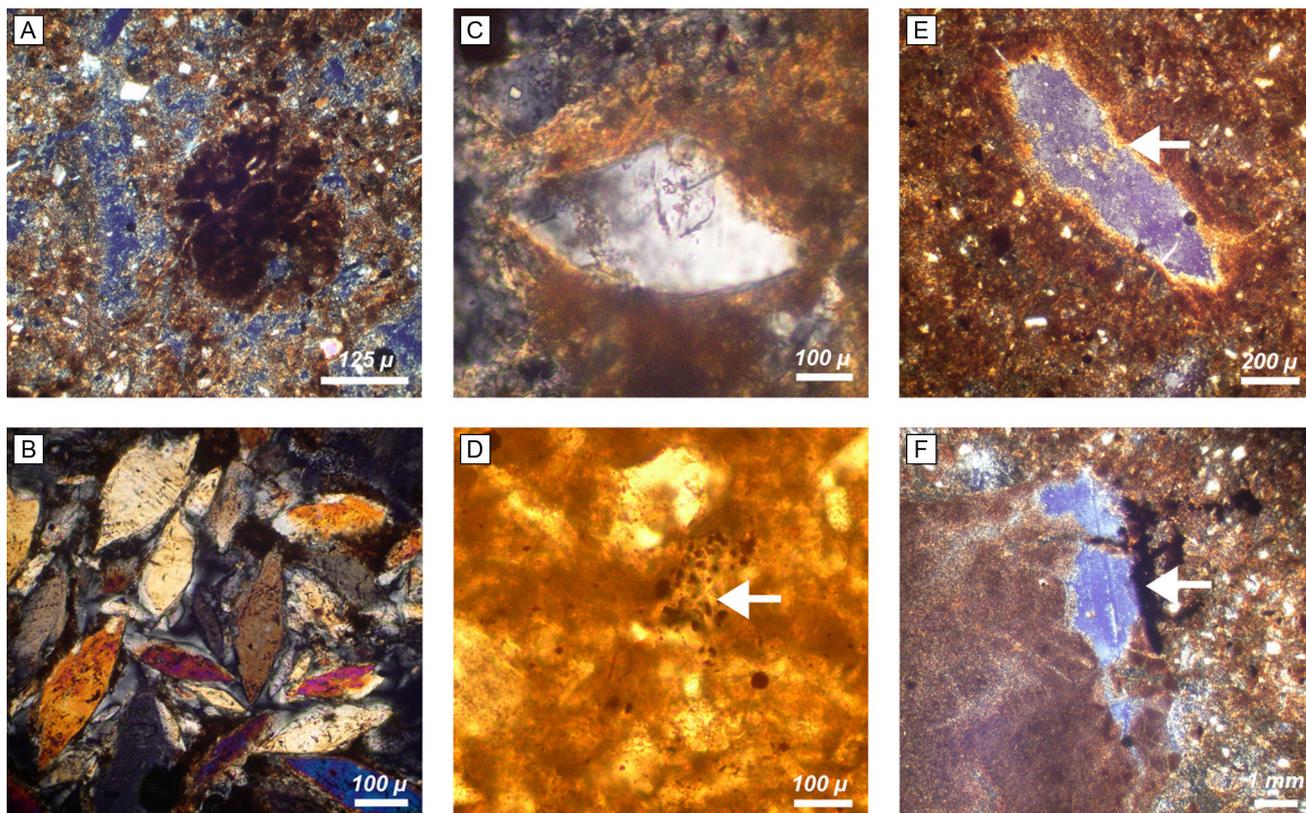


Figura 6. Rasgos pedológicos en secciones delgadas vistas al microscopio petrográfico de muestras del perfil Carro Quemado: a) Nódulo de arcilla (LPo: luz polarizada). b) Cristales de yeso (LPo). c) Fábrica birrefringente tipo granoestriada (LPo). d) Excrementos dispersos y aglutinados (LPI: luz paralela). e) Vesícula con hiporevestimientos de arcilla y calcita (LPo). f) Vesículas con hiporevestimientos de Fe-Mn y zonas de impregnación irregulares (LPo). Se observa un cambio en la textura de la matriz entre el sector izquierdo y derecho de la microfotografía.

Figure 6. Pedological features under petrographic microscope of sample from the Carro Quemado profile: a) Clay nodule (XPL: crossed polarized light). b) Gypsum crystals (XPL). c) Granostriated fabric (XPL). d) Dispersed and agglutinated excrementa (PPL: plane polarized light). e) Clay and calcite hypocoating in a void (XPL). f) Fe-Mnhypocoating and irregular impregnation zones (XPL). A textural change in the matrix is observed between the microphotograph left side and right side.

analizadas, con arreglos alternantes y locales de las diferentes litofacies involucradas, que no modifican la asignación de los depósitos limosos a esta asociación de facies.

Procesos pedogenéticos

En las localidades de CQ y BG, la presencia de niveles tabulares, de límite superior claro y suave, de coloración más oscura respecto de los sedimentos supra e infrayacentes, y una mayor concentración relativa de MO que decrece en profundidad, junto con la presencia de cutanes (Figs. 3a, b), permiten inferir la ocurrencia de procesos pedogenéticos postdepositacionales. Estos niveles se incluyeron en las litofacies Lab(cP) y Afb(mfP) que reflejan la existencia de paleosuelos enterrados. Estos últimos

son indicadores de la ocurrencia de variaciones en la tasa de sedimentación, con intervalos donde predominó la pedogénesis en relación con la acumulación, como consecuencia de la exposición subaérea de depósitos de naturaleza fluvial efímera (Allen y Wright, 1989; Zárate *et al.*, 2000; Kemp *et al.*, 2003; Kemp *et al.*, 2004a,b; Kemp *et al.*, 2006; entre otros). De acuerdo con observaciones macro y microscópicas (éstas últimas en la localidad CQ) en los perfiles analizados, los depósitos presentan además acumulaciones de carbonatos, óxidos de Fe-Mn y de arcillas en la masa sedimentaria, sin llegar a identificarse niveles asignables a paleosuelos. Estos casos podrían indicar el desarrollo de estos rasgos como resultado de la diagénesis de los depósitos.

Otra característica de los depósitos analizados es la existencia de acumulaciones calcáreas, situadas

predominantemente en los sectores superiores a medios de los afloramientos. La morfología nodular que exhiben permite asimilarlas a los calcretes globulares (*globular calcrete*) descritos por Netterberg (1980) y a los caliches nodulares (*nodular caliche*) de Esteban y Klappa (1983). La formación de estas acumulaciones calcáreas -nódulos y concreciones- podría vincularse con procesos pedogenéticos según lo propuesto por Van Zuidam (1976, en Netterberg, 1980), o bien con la circulación de agua subterránea a través de los sedimentos (Esteban y Klappa, 1983).

DISCUSIÓN

La existencia en el interior de los valles transversales pampeanos de elevaciones con alturas relativas decrecientes, desde los sectores proximales en las paredes de valle hacia el piso de los valles, es un rasgo morfológico destacable y común del paisaje (Fig. 2a). Terraza *et al.* (1981) se refieren a la existencia de dos niveles de terrazas de distinta altura relativa en el interior del Valle Argentino (Figs. 1b, 2a). Más recientemente, Mehl (2005) y Mehl y Zárate (2007) describieron tres sistemas de elevaciones en el interior del Bajo del Durazno, en cercanías al área de cabecera del Valle de Nerecó (Fig. 1b); Vogt *et al.* (2010) indicaron la existencia de una terraza aluvial, compuesta por sedimentos re TRABAJADOS de la Fm. Cerro Azul, a lo largo del *talweg* de los valles transversales. Por su parte, Folguera (2011) y Zárate *et al.* (2012) también indican una configuración aterrazada en el interior de los valles e identifican tres niveles topográficos.

Los depósitos analizados en esta contribución corresponden al nivel aterrazado de menor cota topográfica relativa en el interior de los valles (SE2 en Fig. 2a). Sus características sedimentológicas, así como su posición en el paisaje, permiten realizar nuevas inferencias acerca de la evolución del interior de los valles. Así, a partir del análisis del conjunto de desniveles topográficos del interior de los valles se interpreta la existencia de, al menos, tres episodios principales de incisión durante la formación de los valles (Figs. 7a-c). De esta forma el sistema de elevaciones de mayor cota (SE1) resultaría de mayor antigüedad relativa (Tabla 4). Las observaciones efectuadas permitieron determinar que allí afloran depósitos atribuibles a la Fm. Cerro Azul y similares a los descritos por Linares *et al.* (1980). En orden cronológico decreciente, y en una

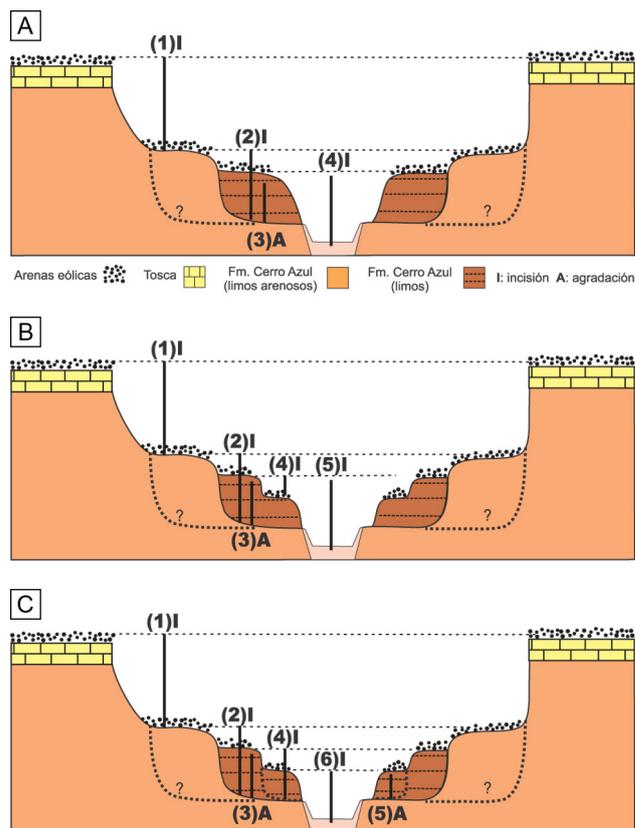


Figura 7. Propuesta de evolución del interior de los valles transversales. I: incisión; A: agradación.

Figure 7. Proposed evolution of the interior of the transversal valleys. I: incision. A: aggradation.

posición topográfica más baja aparece en el SE2, de menor cota e integrado por lomadas formadas por los depósitos aquí analizados e incluidos también en la Fm. Cerro Azul (Fig. 7a, Tabla 4). En el interior de los Bajo del Carbón y del Durazno, distantes aproximadamente 4 km entre sí y emplazados en las cabeceras del valle de Nerecó, sendos sistemas de elevaciones compuestos por depósitos predominantemente limosos se encuentran marginando los sectores más deprimidos de los bajos, a 314 y 244 m.s.n.m., respectivamente (Figs. 4a,c,d). En los valles de Quehué y Hucal, el SE2 presenta diferencias altimétricas que señalan la existencia de dos subsistemas de elevaciones (Lorenzo, 2012). Estos podrían corresponder a depósitos de un ciclo de aggradación afectados diferencialmente por la erosión (Fig. 7b), o bien a diferentes episodios de aggradación (Fig. 7c).

El proceso de sedimentación que condujo a la formación de los depósitos del SE2 corresponde a un ambiente de sedimentación de tipo fluvial efímero (AF1), con cursos poco canalizados y/o

Unidad litoestratigráfica	Unidad de paisaje		Depósito	Edad
Fm. Meauco	Valles transversales	Dunas. Mantos de arena-limos arenosos	Arenas y limos arenosos	Pleistoceno tardío- Holoceno
	Planicie estructural			
Fm. Cerro Azul	Planicie estructural		Duricostra calcárea (tosca)	Mioceno tardío
	Valles transversales	SE2	Depósitos pelíticos (limos arenosos, limos y arenas finas limosas)	
		SE1	Limos arenosos	
		Pared de valle	"...limos arenosos pardo rosados a rojizos..." *	

Tabla 4. Unidades litoestratigráficas aflorantes en los valles transversales de la provincia de La Pampa. * (Llambías, 1975)

Table 4. Lithostratigraphic units in the transversal valleys of La Pampa province. * (Llambías, 1975)

áreas de escurrimiento no canalizadas (facies A), y áreas inundables de drenaje deficiente y baja energía de tipo palustre (facies B). Con posterioridad a la sedimentación de estas facies habría comenzado un tercer ciclo de degradación evidenciado por las superficies irregulares, los intraclastos de material limoso en la base de los depósitos eólicos que cubren los depósitos de la AF1 y el hiato entre estos dos depósitos. Posteriormente, la agradación debida a procesos fluviales se encontró restringida a las zonas de *talweg* actual del interior de los valles (Figs. 7a-c). Además del SE2, el SE1 y el tope de la planicie estructural en la que se excavaron los valles registran también depositación de mantos arenosos de naturaleza eólica (Fig. 2a).

Las relaciones estratigráficas establecidas a partir de la configuración de los depósitos en el interior de los valles transversales sugiere que, al menos en los casos analizados, los depósitos predominantemente limosos corresponderían a depósitos acumulados con posterioridad al proceso de incisión del Mioceno tardío que originó los valles transversales (Tabla 4). Por ende, serían unidades de agradación fluvial desarrolladas en el interior de los mismos (Figs. 7a-c), también durante el Mioceno tardío de acuerdo con su contenido fósil de edad Huayqueriense (Montalvo, 2013, com. pers.).

Las observaciones en la localidad de estudio Carro Quemado permiten inferir que los depósitos analizados conforman la divisoria de aguas que separa la depresión de Carro Quemado de la del Bajo del Durazno (Fig. 4a-b), y constituyen el sustrato de los tres sistemas de elevaciones Plio-Cuaternarios

descritos en el Bajo del Durazno por Mehl (2005) y Mehl y Zárate (2007); pudiendo asignarse en sentido amplio al Mioceno tardío. Regionalmente la sedimentación se habría reanudado en el Pleistoceno tardío, determinando un prolongado hiato estratigráfico. Extensos depósitos eólicos del Pleistoceno tardío tapizan el paisaje de la planicie estructural (mantos de arena y loess), y forman cadenas de dunas en el sector más deprimido de los valles (Tapia, 1935; Zetti, 1964; Giai, 1975; Szelagowski *et al.*, 2004). Allí, también se desarrollan en ocasiones cursos y/o cuerpos de agua efímeros de tipo endorreico.

CONCLUSIONES

En relación con las hipótesis de trabajo planteadas sobre las relaciones espacio-temporales de los depósitos analizados, la información obtenida permite inferir que no representan los términos estratigráficos basales de la Fm. Cerro Azul como había sido propuesto originalmente. El análisis combinado, empleando criterios geomorfológicos, sedimentológicos y pedológicos señala que la Fm. Cerro Azul estaría integrada por varias sucesiones sedimentarias, con expresión geomorfológica. Cada una de ellas compone las superficies internas escalonadas que caracterizan el interior de los valles. Así, los depósitos analizados integrarían una sucesión acumulada en algún momento del Mioceno tardío en el interior de los valles transversales, cuando estos ya se habían excavado. Futuros trabajos apuntarán a ajustar la interpretación propuesta ampliando el

análisis a otras localidades; asimismo se examinarán la posibilidad y conveniencia de emplear esquemas aloestratigráficos como herramienta metodológica para el análisis estratigráfico de la Fm. Cerro Azul. Por otro lado, las evidencias obtenidas en esta contribución, avalan un origen erosivo fluvial para los valles transversales de La Pampa, como fuera propuesto por algunos autores.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por la FCEyN - UNLPAM (proyecto N° 243) y CONICET (PIP-11220100100123). Se agradece a la Dirección General de Catastro, a la Administración Provincial del Agua, y a la Subsecretaría de Recursos Hídricos del Gobierno de La Pampa. Asimismo, al Dr. Daniel Poiré y por su intermedio al Centro de Investigaciones Geológicas (CONICET-UNLP) por su cooperación en los análisis de arcillas, y a Pedro Di Liscia y Leonel Zabala (Lic. en Geología, FCEyN- UNLPAM) por sus asistencia en las tareas de campo. Los autores expresan también su gratitud a las Doctoras Graciela Visconti y Ana Parras por la evaluación de la tesis de Licenciatura de Florencia Lorenzo en la que se basa este trabajo. Asimismo, se agradece a las editoras de este volumen, Dras. Alfonsina Tripaldi y Susana Degiovanni, y a las dos evaluadoras, Dras. Alicia Folguera y Patricia Ciccio, por las correcciones y sugerencias que ayudaron a mejorar esta contribución.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, J.R.L y V.P. Wright, 1989. Paleosol in siliciclastic sequences. *British Sedimentological Research Group Workshop*. University of Reading, 98 pp.
- Bullock, P., N. Fedoroff, A. Jongerius, G. Stoops y T. Yursina, 1985. *Handbook for Soil Thin Section Description*. Waine Research Publications, Wolverhampton, 152 pp.
- Calmels, A.P., 1996. *Bosquejo Geomorfológico de la Provincia de La Pampa*. Universidad Nacional de la Pampa, 110 pp.
- Calmels, A.P. y S.A. Casadio, 2004. *Compilación Geológica de la provincia de La Pampa*. Santa Rosa, La Pampa, 322 pp.
- Catt, J.A., 1990. Paleopedology manual. *Quaternary International* 6. Pergamon Press, Oxford, 95 pp.
- Cordini, I.R., 1967. Reservas salinas de Argentina. Características generales de las salinas de La Pampa. *Instituto Nacional de Geología y Minería Anales* 13:13-108.
- Delpino, S., G. Ferracutti, J. Kostadinoff y E. Bierg, 2005. La prolongación austral de las Sierras Pampeanas en la provincia de La Pampa: evidencias geológicas y geofísicas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 60:535-551.
- Esteban, M y C.F. Klappa, 1983. Subaerial exposure environment. En P.A. Scholle, D.G. Bubout y C.H. Moore (Eds), *Carbonate depositional environments*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 33:1-54.
- Folguera, A., 2011. *La reactivación neógena de La Pampa Central*. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires, 192 pp. (inédito)
- Folguera, A. y M.A. Zárate, 2009. La sedimentación neógena continental en el sector extrandino de Argentina central. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 64:692-712.
- Folguera, A. y M.A. Zárate, 2011. Neogene sedimentation in the Argentine foreland between 34°30'S and 41°S and its relation to the Andes evolution. En J.A. Salfity y R. Marquillas (Eds.), *Cenozoic Geology of the Central Andes of Argentina*. SCS Publisher, Salta: 123-134.
- Folk, R.L., 1954. The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. *Journal of Geology* 62:344-359.
- Giai, S.B., 1975. *Plan de Investigación de Aguas Subterráneas*. Informe preliminar. Ministerio de Obras Públicas, Santa Rosa, 50 pp.
- INTA, Gobierno de La Pampa y UNLPam, 1980. En Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa, 493 pp, Buenos Aires.
- Kemp, R.A., P.S. Toms, J.M. Sayago, E. Derbyshire, M. King y L. Wagoner, 2003. Micromorphology and OSL dating of the basal part of the loess - paleosol sequence at La Mesada in Tucumán province, Northwest Argentina. *Quaternary International* 106/107:111-117.
- Kemp, R.A., P.S. Toms, M. King y D.M. Kröhling, 2004a. The pedosedimentary evolution and chronology of Tortugas, a Late Quaternary type-site of the northern Pampa, Argentina. *Quaternary International* 114:101-112.
- Kemp, R.A., M. King, P. Toms, E. Derbyshire, J.M. Sayago y M.M. Collantes, 2004b. Pedosedimentary development of part of a Late Quaternary loess - palaeosol sequence in Northwest Argentina. *Journal of Quaternary Science* 19:567-576.
- Kemp, R.A., M. Zárate, P. Toms, M. King, J. Sanabria y G. Arguello, 2006. Late Quaternary paleosols, stratigraphy and landscape evolution in the Northern Pampa, Argentina. *Quaternary Research* 66:119-132.
- Kostadinoff, J., E. Llambías, L.A. Raniolo y G.T. Álvarez, 2001. Interpretación geológica de la información geofísica de la provincia de La Pampa: *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 56:481-493.
- Kruck W., F. Helms, M.A. Geyh, J.M. Suriano, H.G. Marengo y F. Pereyra, 2011. Late Pleistocene-Holocene History of Chaco-Pampa Sediments in Argentina and Paraguay. *Quaternary Science Journal* 60:188-202.
- Linares, E., E.J. Llambías y C.O. Latorre, 1980. Geología de la provincia de La Pampa, República Argentina, y geocronología de sus rocas metamórficas y eruptivas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 35:87-146.
- Llambías, E., 1975. Geología de la provincia de La Pampa y su aspecto minero. *Informe inédito. Dirección de Minas de la provincia de La Pampa, Santa Rosa*. 74 p.
- Lorenz, W., 2002. The Calcrete Principal (tosca) at the border of the province of La Pampa and Buenos Aires. *Zeitschrift für Angewandte Geologie* 1:44-51.
- Lorenzo, F.R., 2011. *Estratigrafía y Sedimentología de los depósitos pelíticos de la Formación Cerro Azul (Mioceno tardío) aflorantes en los valles transversales de la Pampa*. Tesis de grado, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa, 58 pp. (inédito).

- Mehl, A.E., 2005. *Estratigrafía y Paleocambientes del Bajo del Durazno, Departamento Loventué, provincia de La Pampa*. Tesis de grado, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa, 41 pp. (inédito).
- Mehl, A.E. y M.A. Zárate, 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. y E.J. Llambías, 2004. Descripción de la hoja Geológica 3766-I «Santa Isabel», provincia de La Pampa (1:250.000). *Servicio Geológico Minero Argentino*, 49 pp.
- Miall, A.D., 2006. *The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 582 pp.
- Montalvo, C.I. y S. Casadio, 1988. Presencia del género Palaeoctodon (Rodentia, Octodontidae) en el Huayqueriense (Mioceno tardío) de la Provincia de La Pampa. *Ameghiniana* 25:111-114.
- Munsell Color X-Rite, 2000. Munsell Soil Color Charts, revised washable edition. Grand Rapids.
- Netterberg, F., 1980. Geology of southern African calcretes. I. Terminology, description, macrofacies and classification. *Transactions of the Geological Society of South Africa* 83:255-283.
- Nichols, G., 2009. *Sedimentology and Stratigraphy*. 2^o Edition. Wiley-Blackwell, Chichester, 419 pp.
- Reading, H.G., 1996. *Sedimentary Environments: processes, facies and stratigraphy*. Third Edition. Blackwell Science, 688 pp.
- Szelagowski, M., M.A. Zárate y A. Blasi, 2004. Aspectos sedimentológicos de arenas eólicas del Pleistoceno tardío-Holoceno de la Provincia de La Pampa. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 11:69-83.
- Tapia, A., 1935. Los sedimentos araucanos de General Acha (Territorio de La Pampa). *Boletín N° 40 de la Dirección de Minas*, 959-963, Buenos Aires.
- Terraza, J.C., C.E. Cruz y J.A. Sbrocco, 1981. Geología de los valles de Utracán, Quehué y Chapacó, provincia de La Pampa. *8^o Congreso Geológico Argentino Actas III*: 183-192, San Luis.
- Tickyj, H., E.J. Llambías y R.N. Melchor, 2002. Ordovician Rocks from La Pampa province, Argentina. En F.G. Aceñolaza (Ed), *Aspects of the Ordovician System in Argentina*. INSUGEO, Serie Correlación Geológica 16: 257-266. Tucumán.
- Van Zuidam, R., 1976. Geomorphological development of the Zaragoza region, Spain: processes and landforms related to climatic changes in a large Mediterranean river basin. *International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences (ITC)*, The Netherlands, 211 pp.
- Verzi, D. y C.I. Montalvo, 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.
- Visconti, G., 2007. *Sedimentología de la Formación Cerro Azul (Mioceno superior) de la provincia de La Pampa, Argentina*. Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires, 203 pp. (inédito).
- Visconti, G., R.N. Melchor, C.I. Montalvo, A.M. Umazano y E.E. De Elorriaga, 2010. Análisis litoestratigráfico de la Formación Cerro Azul (Mioceno superior) en la provincia de La Pampa. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 67:257-265.
- Vogt, T., O. Carballo y A.P. Calmels, 1999. Un esbozo de la explicación de la génesis de las toscas de la meseta de La Pampa. *1^o Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología Actas*: 195-206, La Pampa.
- Vogt, H., T. Vogt, y A. P. Calmels, 2010. Influence of the post-Miocene tectonic activity on the geomorphology between Andes and Pampa Depressed in the area of Provincia de La Pampa, Argentina. *Geomorphology* 121:152-166.
- Zárate, M.A., R.A. Kemp, M. Espinoza y L. Ferrero, 2000. Pedosedimentary and palaeoenvironmental significance of a Holocene alluvial sequence in the southern Pampas, Argentina. *The Holocene* 10(4):481-488.
- Zárate, M.A. y A. Tripaldi, 2012. The aeolian system of central Argentina. *Aeolian Research* 3:401-417.
- Zárate, M., A. Mehl, C. Montalvo, A. Folguera y F. Lorenzo, 2012. Geomorfología y registro estratigráfico de los valles transversales de la provincia de La Pampa, Argentina. *V Congreso Argentino de Cuaternario y geomorfología Acta*:128, Río Cuarto.
- Walkley, A. y I.A. Black, 1934. An examination of the Degtjareff method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Science* 63:251-263.
- Zetti, J., 1964. El hallazgo de un Megatheriidae en el «Médano Invasor» del SW de Toay, Provincia de La Pampa. *Revista de la Asociación Paleontológica Argentina* 3:257-265.