



“FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y
NATURALES”

“UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA”

Tesina presentada para obtener el grado académico de
LICENCIADO EN GEOLOGÍA

ESTRATIGRAFÍA Y SEDIMENTOLOGÍA DE LOS DEPÓSITOS PELÍTICOS DE LA
FORMACIÓN CERRO AZUL (MIOCENO TARDÍO) AFLORANTES EN LOS
VALLES TRANSVERSALES DE LA PAMPA

Florencia Romina Lorenzo

“SANTA ROSA (LA PAMPA)”

“ARGENTINA”

Marzo de 2012

Director: Dr. Marcelo A. Zárate
Co-directora: Dra. Adriana E. Mehl

INDICE

Resumen	
Prefacio	
1. Introducción	1
1.1. Hipótesis y objetivos	4
1.1.1. Hipótesis	4
1.1.2. Objetivos	5
1.2. Área de estudio	5
2. Materiales y métodos	7
2.1. Análisis de antecedentes	7
2.2. Geomorfología	7
2.3. Tareas de campo	7
2.4. Tareas de laboratorio	8
2.5. Análisis litofacial	10
3. Marco geológico y geomorfológico regional	10
4. Resultados	12
4.1. Valle de Nerecó	12
4.1.1. Carro Quemado	13
4.1.2. Bajo El Carbón	16
4.1.3. Bajo El Guanaco	17
4.2. Valle de Hucal	19
4.2.1. Hucal (1 y 2)	20
4.3. Valle de Quehué	23
4.3.1. Naicó (1 y 3)	24
4.4. Valle de Chapalcó	28
4.4.1. Cachirulo	29
4.5. Síntesis de los depósitos pelítico-psamíticos	30
4.6. Análisis mineralógico por difracción de rayos X	33
5. Discusión	34
5.1. Geomorfología de los valles transversales	34
5.2. Estratigrafía de los depósitos	38
5.3. Ambiente de sedimentación	42
6. Conclusiones	46
7. Agradecimientos	47
8. Bibliografía	48
9. Anexo	53

PREFACIO

Esta Tesina es presentada como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Licenciado en Geología, de la Universidad Nacional de La Pampa y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad ni en otra Institución Académica. Se llevó a cabo en las instalaciones del Pabellón Sur del Campo de Enseñanza, dependiente de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, durante el período comprendido entre el 30 de septiembre de 2011 y el 15 de marzo de 2012, bajo la dirección del Dr. Marcelo Zárate; y bajo la codirección de la Dra. Adriana Mehl.

Florencia R. Lorenzo

27 de marzo de 2012

Departamento de Ciencias Naturales

“FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES”

“UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA”

RESUMEN

La región centro-oriental de la provincia de La Pampa está comprendida en el ámbito del Bloque central de La Pampa, sector deformado y ascendido por la orogenia andina durante el Mioceno tardío. Se caracteriza por la presencia de un sistema de valles de rumbo general E-NE (valles transversales de La Pampa); en sus márgenes y pisos aflora la Formación Cerro Azul unidad coronada por una costra calcárea que conforma una extensa planicie estructural. En el interior de los valles transversales, afloran depósitos pelítico-psamíticos incluidos en la Formación Cerro Azul cuya posición estratigráfica plantea interrogantes. Para dilucidarlos se llevó a cabo un estudio geomorfológico, estratigráfico y sedimentológico que permitió inferir la existencia de al menos tres episodios de excavación que generaron dos sistemas de elevaciones en el interior de los valles. En el sistema de mayor cota (sectores proximales a las paredes de los valles) afloran los depósitos de la Formación Cerro Azul; en el sistema de elevación de menor cota (que margina los sectores más deprimidos de los valles) afloran los depósitos pelítico-psamíticos. Éstos corresponderían a los términos de menor antigüedad relativa de la Formación Cerro Azul; se acumularon en algún momento del Mioceno tardío en el interior de los valles en un ambiente de sedimentación de baja energía, inundable y modificados por procesos pedológicos que fueron dominantes en algunos lapsos. Los depósitos están cubiertos en discordancia, por un manto eólico de arena fina limosa del Pleistoceno tardío-Holoceno.

1. INTRODUCCIÓN

La región central de la provincia de La Pampa está constituida por una planicie estructural (Calmels, 1996) compuesta por depósitos sedimentarios continentales agrupados en la Formación (Fm.) Cerro Azul (Linares *et al.*, 1980). Esta unidad, cuya distribución areal abarca además el oeste y sur de Buenos Aires (Folguera y Zárate, 2009), exhibe un espesor promedio de unos 150-200 m y apoya sobre un sustrato compuesto por rocas del Neoproterozoico-Paleozoico temprano (Tickyj *et al.*, 2002; Delpino *et al.*, 2005). La Fm. Cerro Azul ha sido objeto de un detallado estudio sedimentológico (Visconti, 2007), así como de numerosos trabajos relacionados con su contenido de restos fósiles de vertebrados (entre otros Montalvo *et al.*, 1995, 1996, 2008; Montalvo y Casadío, 1988; Verzi *et al.*, 1999, 2003; Goin *et al.*, 2000; Cerdeño y Montalvo, 2001, 2002; Abello *et al.*, 2002; Verzi y Montalvo, 2008; Urrutia *et al.*, 2008). Los resultados obtenidos a partir de algunos de los taxones estudiados (específicamente Rodentia: familias Octodontidae y Echimyidae) han permitido determinar la presencia de asociaciones faunísticas correspondientes a las edades-mamífero (piso-edad) Chasiquense y Huayqueriense; que en conjunto representarían el intervalo cronológico comprendido entre ca. 12-11? Ma (Folguera y Zárate, 2009) y 5,8 Ma (Verzi y Montalvo, 2008).

En la provincia de La Pampa, la Fm. Cerro Azul aflora en cortes de rutas y canteras, así como en las márgenes y pisos de los valles transversales pampeanos. Estos valles son: de norte a sur: valles de Nerecó, Chapalcó, Quehué, Utracán-Valle Argentino, Maracó Grande, Maracó Chico y Hucal (Figura 1). Hasta el momento no se ha fundamentado debidamente la génesis de estos valles, algunos autores les atribuyen un origen erosivo (Ducloux, 1978, en Terraza *et al.*, 1981) y otros tectónico (Cordini, 1967, en Terraza *et al.*, 1981). Groeber (1949, en Calmels y Casadío, 2004), por ejemplo, los vinculó con procesos glaciares o subglaciares. Según Salso (1969, en Calmels y Casadío, 2004), ríos alóctonos habrían surcado transversalmente la planicie pampeana de pendiente general ENE. Terraza *et al.* (1981 p. 184) se refieren a "...antiguos valles o paleocauces de origen fluvial como los de Utracán, Quehué y Chapalcó con pendiente hacia la cuenca de Macachín...". Mencionan terrazas fluviales en el valle de Utracán, evidencias que junto con otros rasgos (cerros testigos) y la existencia de depósitos sedimentarios señalarían la acción de agentes erosivos en la elaboración de los valles. En esta línea general de interpretación se inscribe la propuesta de Calmels (1996) quien interpretó que la acción de la erosión hídrica habría modelado los valles en primera instancia, y en forma posterior la

erosión eólica habría retrabajado el sector más deprimido de los mismos.

Según Visconti (2007), los afloramientos de la Fm. Cerro Azul, expuestos en los valles transversales, se caracterizan por presentar una sucesión basal de “arcilitas laminadas” que pasan a “limolitas arenosas y areniscas muy finas”, interpretada como un sistema lacustre somero. Hacia arriba la sucesión continúa con una alternancia de areniscas limosas y limolitas arcillo-arenosas que habrían sido transportadas por el viento y retrabajadas por corrientes ácueas difusas (Visconti, 2007). Según esta autora, los afloramientos de la Fm. Cerro Azul en el Cerro La Bota, en cercanías a la localidad de Chacharramendi, valle Argentino, exhiben “intraconglomerados y sabulitas intraclásticas que pasan transicionalmente hacia arriba a “areniscas intraclásticas”. Estos depósitos fueron interpretados como una facies fluvial sobre la base del carácter granodecreciente, la geometría lentiforme del depósito y el contacto inferior de tipo erosivo (Visconti, 2007).

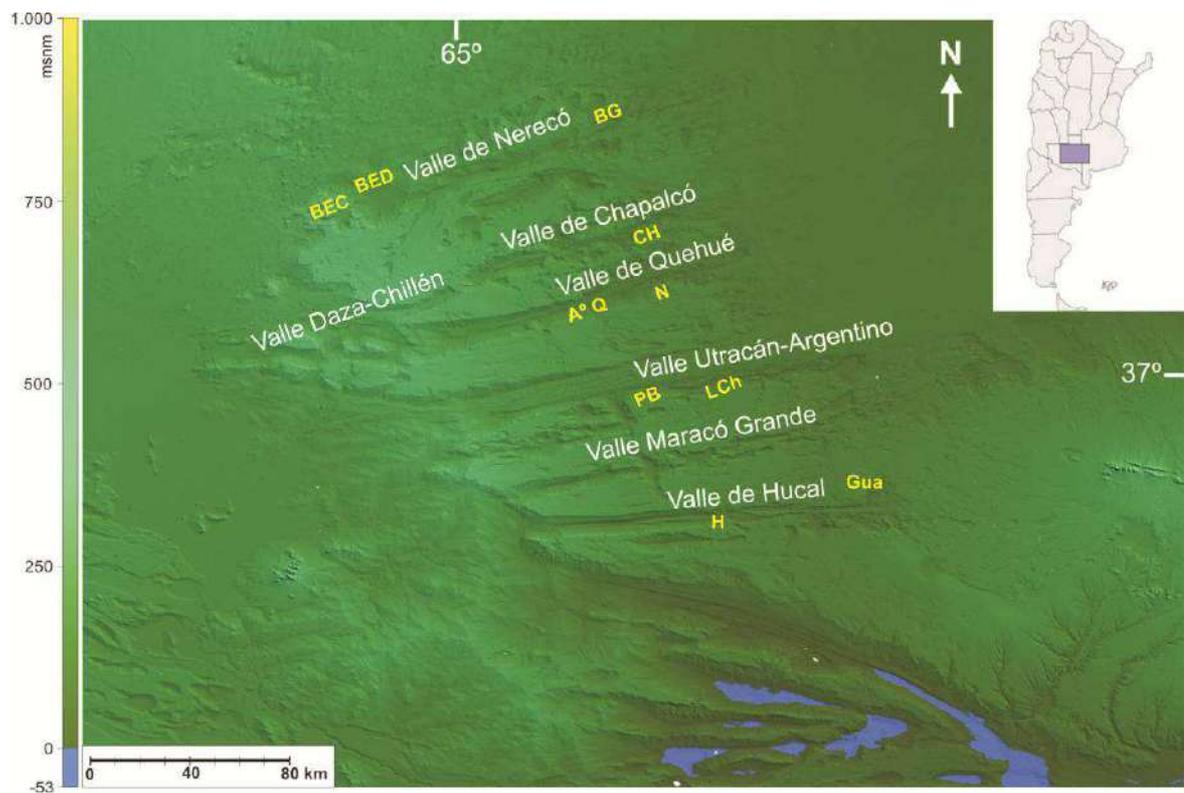


Figura 1. Imagen radar de los valles transversales de la provincia de La Pampa.

BEC: Bajo El Carbón; BED: Bajo El Durazno; BG: Bajo El Guanaco; CH: Cachirulo; A°Q: Arroyo Quehué; N: Naicó; LCh: Laguna Chillhué; PB: Padre Buodo; Gua: Guatraché; H: Hucal.

A partir de una prospección geológica regional realizada, desde 2009 hasta 2011, en el marco del proyecto “El ciclo sedimentario continental Cenozoico tardío de la región central de Argentina”, (Proyecto N° 186, Departamento de Ciencias Naturales, Facultad de

Ciencias Exactas y Naturales), ejecutado entre otros por los directores de esta tesis, se han identificado depósitos de litologías pelítico-psamíticas incluidas en la Fm. Cerro Azul, comparables a las descritas por Visconti (2007) y Visconti *et al.* (2010), en diferentes localidades de los valles transversales de la Pampa: Bajo del Carbón, Bajo del Durazno y El Guanaco en el Valle de Nerecó; Cachirulo en el Valle de Chapalcó; arroyo Quehué y Naicó en el Valle de Quehué; Laguna Chillhué e inmediaciones del paraje Padre Buodo en el Valle Argentino; Guatraché y Hucal en el Valle de Hucal (Figura 1). En el interior del Bajo del Durazno, área de cabecera del Valle de Nerecó, Mehl (2005) y Mehl y Zárate (2007) describieron estos depósitos en el sector más deprimido del mismo y vincularon su génesis con un sistema depositacional de tipo palustre. Estos, junto con otros cuya formación se habría producido por la acción de corrientes efímeras de baja sinuosidad, se interpretaron como unidades estratigráficas que apoyan sobre la Fm. Cerro Azul y fueron asignados en sentido amplio al Cenozoico tardío (Mehl, 2005; Mehl y Zárate, 2007).

En todos los casos observados, los depósitos pelítico-psamíticos presentan ubicaciones y expresiones geomorfológicas aparentemente similares, aunque sus cotas difieren sustancialmente en cada una de estas localidades. De estos depósitos, se han recolectado restos fósiles de roedores miocenos en las localidades de El Guanaco, Chillhué y Naicó, entre otras, que han permitido proponer para la región un esquema biocronológico-bioestratigráfico de detalle para el lapso del Mioceno tardío, piso-edad Huayqueriense (Montalvo *et al.*, 2008; Verzi *et al.*, 2008).

Teniendo en cuenta la información existente y las observaciones realizadas acerca de la geología de los depósitos de la Fm. Cerro Azul, surgen interrogantes respecto de la homogeneidad regional en la disposición espacio-temporal de los depósitos sedimentarios pelítico-psamíticos interpretados como facies palustres. En este sentido es válido cuestionar si la ubicación estratigráfica basal de estos depósitos pelítico-psamíticos de la Fm. Cerro Azul, observada en algunas localidades de estudio de la provincia, puede hacerse extensiva a todos los afloramientos terciarios existentes en la región. ¿Representan, los depósitos, las secciones basales de mayor antigüedad relativa de la Fm. Cerro Azul aflorantes en la sucesión sedimentaria? ¿Son en cambio, depósitos pelíticos palustres acumulados en algún momento del Mioceno tardío en los valles transversales de la Fm. Cerro Azul y por lo tanto de menor antigüedad relativa que los afloramientos de la misma unidad en las márgenes superiores de los valles? ¿Se repitió el mismo ambiente de sedimentación en el intervalo del Mioceno tardío generando depósitos de características litológicas similares, por lo tanto a diferentes cotas? Estas preguntas son relevantes no sólo

para el debate sobre la génesis de los valles transversales de La Pampa, sino también en relación con el marco estratigráfico del esquema biocronológico propuesto para la región basado en rasgos evolutivos de roedores. A partir de lo expuesto se plantearon las hipótesis de trabajo y los objetivos de la investigación desarrollada.

1.1. Hipótesis y objetivos

1.1.1. Hipótesis

El análisis de la información existente, así como las observaciones preliminares efectuadas en el área de estudio, permiten plantear las siguientes hipótesis de trabajo en relación con la ubicación estratigráfica de los depósitos pelítico-psamíticos:

- Los depósitos pelítico-psamíticos representan la sección basal de la Fm. Cerro Azul (Figura 2.a).
- Los depósitos pelítico-psamíticos corresponden a depósitos acumulados en los valles transversales que se excavaron en la Fm. Cerro Azul en algún momento del Mioceno tardío y por lo tanto representan niveles de menor antigüedad relativa de la unidad (Figura 2.b).
- Los depósitos pelítico-psamíticos se encuentran en diferentes posiciones estratigráficas de la Fm. Cerro Azul, sugiriendo repetición de ambientes de sedimentación durante el Mioceno tardío (Figura 2.c).

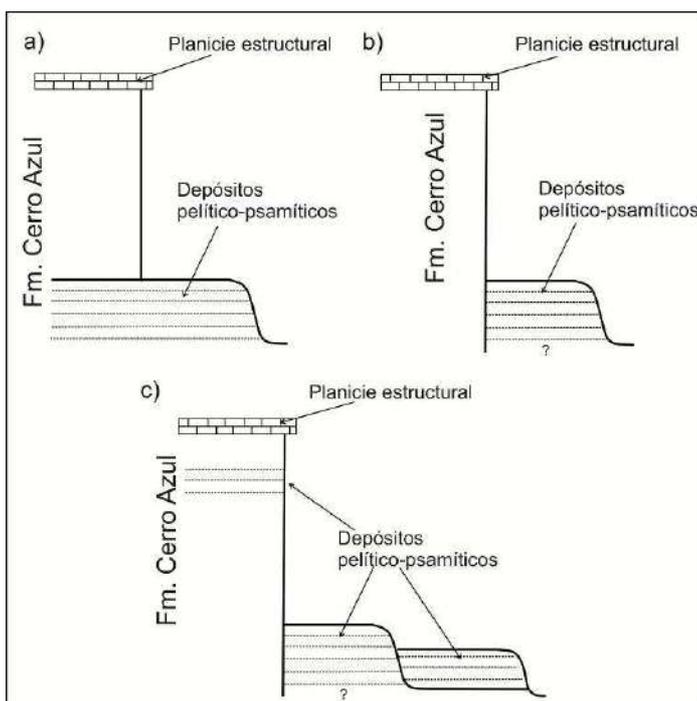


Figura 2. Representación esquemática de las hipótesis. **a:** Los depósitos pelítico-psamíticos representan la sección basal de la Fm. Cerro Azul. **b:** Los depósitos pelítico-psamíticos corresponden a niveles de menor antigüedad relativa de la unidad. **c:** Los depósitos pelítico-psamíticos sugieren repetición de ambientes de sedimentación durante el Mioceno tardío.

1.1.2. Objetivos

Objetivos generales

- Contribuir al conocimiento general de la estratigrafía de los depósitos aflorantes en el interior de los valles transversales de La Pampa.
- Contribuir a la reconstrucción paleoambiental-paleoclimática del Cenozoico tardío de la región central de Argentina.

Objetivos particulares

- Establecer las relaciones espacio-temporales de los cuerpos pelítico-psamíticos de la Fm. Cerro Azul aflorantes en el interior de los valles transversales de La Pampa.
- Inferir la génesis de los depósitos pelítico-psamíticos aflorantes en los valles transversales de La Pampa.
- Inferir el contexto paleoambiental en el que se desarrollaron los depósitos.

1.2. Área de Estudio

El área de estudio está comprendida aproximadamente entre los 36°15'-38°15' S y 63°-66° O. Se analizaron depósitos aflorantes en nueve localidades (Tabla 1; Figura 3).

Localidad	Coordenadas	Cota (msnm)	Valle
Carro Quemado (CQ)	35°31'30.42'' S, 65°17'19.42''O	274,3 ± 5,2	V. de Nerecó
Bajo del Carbón (BEC)	36°42'5.88'' S, 65°25'52.98''O	317 ± 9,9	V. de Nerecó
Bajo El Guanaco (BG)	36°19'1.03'' S, 64°16'41.73''O	153 ± 5,3	V. de Nerecó
Hucal 1 (H1)	37°48'20.76''S, 64°0'21.91''O	154 ± 5,2	V. de Hucal
Hucal 2 (H2)	37°46'39.96''S, 63°59'44.30''O	137 ± 7,8	V. de Hucal
Naicó 1 (N1)	36°54'46.56''S, 64°21'49.26''O	136,2 ± 4,5	V. de Quehué
Naicó 2 (N2)	36°55'2.40'' S y 64°22'49.80''O	129,5 ± 4,9	V. de Quehué
Naicó 3 (N3)	36°55'2.70''S, 64°24'15.90''O	121 ± 5	V. de Quehué
Cachirulo (CH)	36°44'35.80''S, 64°22'08.40''O	161	V. de Chapalcó

Tabla 1. Ubicación general, cota y coordenadas de las localidades de estudio.

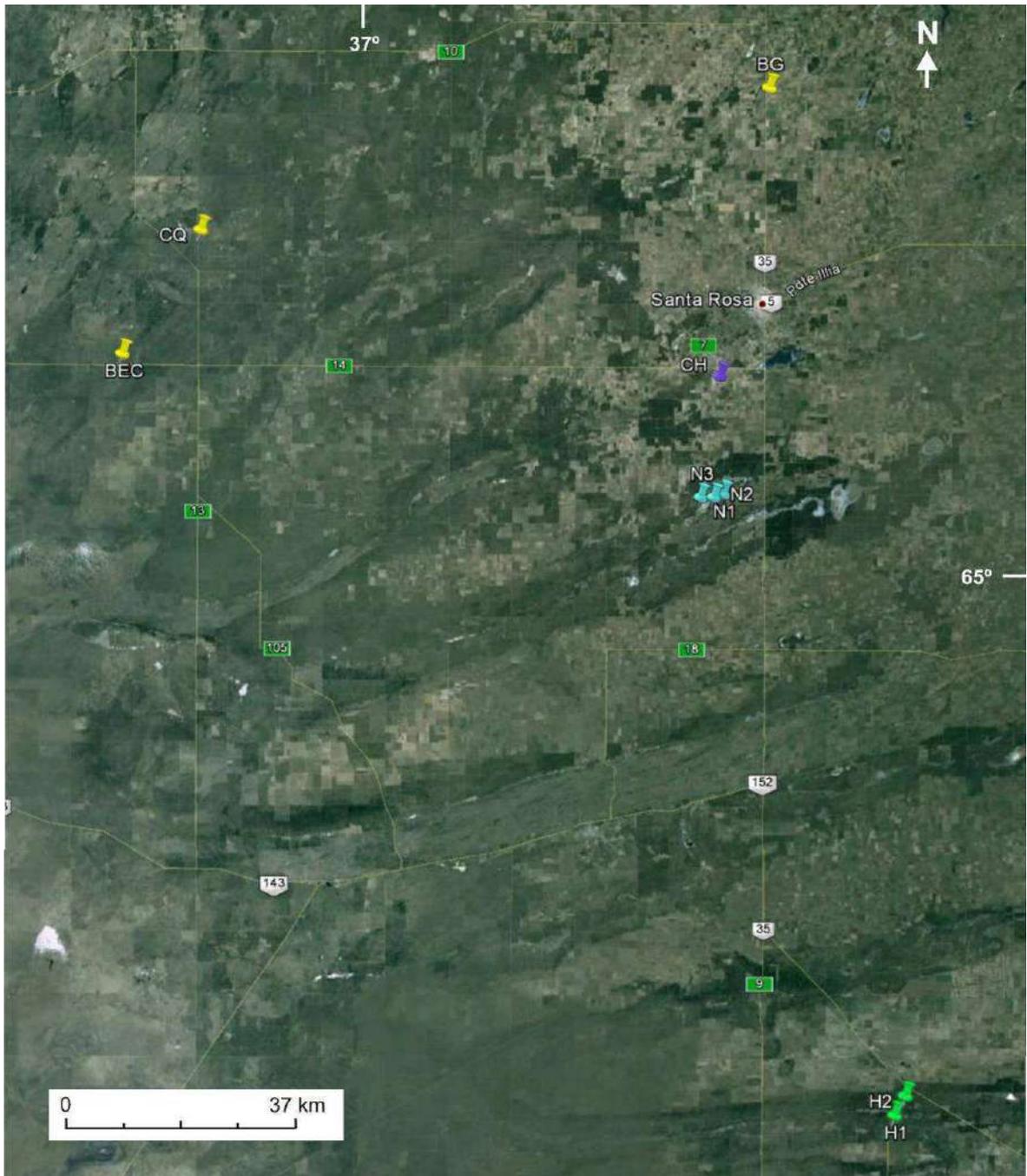


Figura 3. Ubicación de las localidades de muestreo. Tomado de *Google Earth*. (BEC: Bajo El Carbón; CQ: Carro Quemado; BEG: Bajo El Guanaco; CH: Cachirulo; N1: Naicó 1; N2: Naicó 2; N3: Naicó 3; H1: Hucal 1; H2: Hucal 2).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Análisis de antecedentes

- Recolección de la información bibliográfica existente, édita e inédita, sobre la geología, geomorfología y cartografía del área de estudio para su posterior análisis.

2.2. Geomorfología

- Análisis topográfico, fotolectura y fotointerpretación de fotografías aéreas del Instituto Geográfico Nacional, provistas por la Dirección General de Catastro de la provincia de La Pampa, de las localidades de estudio y sectores aledaños. Las actividades de fotolectura y fotointerpretación se llevaron a cabo en la Dirección General de Catastro de la provincia de La Pampa. Se confeccionaron fotomosaicos y se analizaron las fotografías aéreas a partir de pares estereoscópicos. Las unidades geomorfológicas identificadas fueron graficadas sobre láminas de acetato tamaño A4. Los bajos del Durazno y El Carbón, así como las zonas aledañas a la localidad de Carro Quemado, fueron consideradas como el área más representativa de las localidades de estudio. Por ello, se elaboró un mapa geomorfológico del área, graficando la información obtenida a través de la fotointerpretación con el programa de dibujo CorelDraw X3 (Lámina II).

- Recopilación de hojas topográficas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) en escala 1:100000, existentes en el archivo de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la provincia de La Pampa: 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.

- Utilización del *software Google Earth*, tanto para la ubicación de los lugares de estudio como para complementar la descripción geomorfológica realizada a partir de las actividades de fotointerpretación. Además, se contó con imágenes radar del área de estudio, cuyos archivos digitales se encuentran disponibles en el sitio *web* de la NASA (Administración Aeronáutica y Espacial Nacional de los EE.UU).

2.3. Tareas de Campo

- Ajuste y verificación de los mapas geomorfológicos fotointerpretados de los sitios

analizados: Bajo del Durazno, del Carbón, del Guanaco, Carro Quemado, Hucal, Naicó y Cachirulo.

- Levantamiento y análisis estratigráfico y sedimentológico de 8 columnas estratigráficas: Carro Quemado (CQ); Bajo el Carbón (BEC); Bajo el Guanaco (BG); Hucal (H1 y H2); Naicó (N1 y N3); Cachirulo (CH), de altura variable de acuerdo con el espesor de los depósitos expuestos en las distintas localidades analizadas. Se empleó un sistema de posicionamiento global GARMIN para ubicar geográficamente los perfiles en las localidades de estudio seleccionadas (Tabla 1; Figura 3)

Dado que los afloramientos exhiben desarrollo de perfiles de suelo y paleosuelos se utilizó una aproximación sedimento-pedológica (raíces, estructura pedológica y consistencia entre otras características) para la descripción de atributos. Así, se determinó en cada uno de las columnas descriptas: textura de campo, presencia de nódulos y concreciones, rasgos pedológicos, espesor, geometría y estructura de las unidades de sedimentación identificadas, relaciones estratigráficas, forma (suave, ondulado, irregular y quebrado) y tipo (abrupto, claro, gradual y difuso) de los contactos de acuerdo con Catt (1990).

- Recolección de muestras de sedimentos representativas de las unidades identificadas en las columnas estratigráficas con el fin de determinar sus atributos litológicos en gabinete.

- Recolección de restos de vertebrados fósiles. Los mismos fueron entregados a la Dra. Claudia Montalvo -cátedra Paleontología II de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNLPam- para su posterior estudio e ingreso a la colección paleontológica.

- Extracción de tres muestras de sedimento para efectuar análisis de mineralogía de arcilla por difracción de rayos-X en el perfil Carro Quemado, por ser éste uno de los perfiles más representativos de los depósitos analizados en el área de estudio. Los análisis difractométricos se realizaron en el laboratorio del Centro de Investigaciones Geológicas de La Plata.

2.4. Tareas de Laboratorio

- Análisis granulométrico de las muestras de sedimento con la determinación de porcentajes de arcilla, limo y arena presentes (Anexo: Tabla A) con un contador de partículas láser marca *Malvern Mastersizer Hydro 2000*. Se realizó un pretratamiento de las muestras para eliminar agentes cementantes y/o aglutinantes. Para ello, se trataron previamente 20 gr de cada muestra con ácido clorhídrico al 10 % para eliminar carbonato de calcio (CaCO_3); agua oxigenada de 100 volúmenes o menos de acuerdo al grado de

reacción alcanzado para eliminar materia orgánica (MO); cuando las muestras presentaban cristales de yeso (CaSO_4) visibles a ojo desnudo, se vertió 1 gr de sedimento en 1000 ml agua destilada con el fin de lograr la disolución de los cristales de yeso observados. Luego de 20 horas se descartó el líquido sobrenadante. En todos los casos las muestras se secaron en estufa entre 40-60 °C durante 24 hs.

- Clasificación textural de los sedimentos según la clasificación de Folk (1954/1974).
- Determinación del contenido cuantitativo de carbonato presente (carbonato de calcio y/o magnesio) mediante la utilización de un calcímetro digital. Por cada muestra se utilizó 1 gr de sedimento y 18 ml de ácido clorhídrico (HCl) al 15 %.
- Determinación del contenido cuantitativo de MO por titulación con el método de Walkley-Black, la técnica consiste en la oxidación del carbono por vía húmeda. Se pesaron 5 gr de sedimento por cada muestra; fueron tratados previamente con ácido acético al 6% y secados en estufa a 40 °C, para eliminar carbonato de calcio y evitar que el carbono contenido en el dióxido de carbono del carbonato que pudiera estar presente, fuera medido durante la titulación. Luego se pesó 1 gr de ese sedimento que se colocó en un erlenmeyer de 125 ml, se adicionaron 10 ml de dicromato de potasio ($8 \text{K}_2\text{Cr(VI)}_2\text{O}_7$) y 20 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado. Al término de 30 minutos de reposo se agregaron 200 ml de agua destilada y se tomaron 10 ml de esta solución a la que se agregó 1 ml de ácido fosfórico (H_3PO_4) concentrado y 3 gotas de sulfato de difenilamina (indicador; $(\text{C}_6\text{H}_5)_5\text{NH}$). Por último, el dicromato de potasio no usado durante la oxidación del carbono se tituló con sal de Mohr ($0.1 \text{N Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), este valor fue utilizado para realizar el cálculo del porcentaje de carbono orgánico total (%C) presente en la muestra. Considerando que la MO tiene un promedio del 58 % de C se multiplica el % C por 1,72 ($1/0,58$) para determinar el % de MO.
- Determinación del color de los sedimentos (en seco, en húmedo y sin contenido de MO-carbonatos de calcio-yeso) por comparación visual con la carta de colores de Munsell (Munsell Color X-Rite, 2000).
- Determinación cualitativa de la concentración de nódulos/moteados y raíces por comparación visual con la carta de abundancias de Catt (1990).
- Digitalización en planilla de cálculo de los resultados obtenidos en laboratorio utilizando el programa Microsoft EXCEL. Representaciones gráficas de los mismos con el programa SigmaPlot 10.0 y Corel Draw 12.

2.5. Análisis litofacial

Se definieron y describieron ocho litofacies sobre la base de la textura y estructura de los depósitos analizados siguiendo los lineamientos propuestos por Miall (2006). La nomenclatura de las litofacies propuestas indica en las dos primeras siglas (o alternativamente en la primera) la textura, en la tercera la estructura del depósito y en un subíndice algún rasgo peculiar que resalta alguna característica secundaria y diagnóstica en cada litofacies (ej. Afm_f: arena fina limosa maciza y de consistencia firme). Se interpretó en cada caso el proceso que las habría originado (Miall, 2006; Reading, 1996; Nichols, 2009). Con el objetivo de jerarquizar el significado de las litofacies (proceso sedimentario), y siguiendo propuestas de investigación recientes (Limarino *et al.*, 2002; Marensi *et al.*, 2005; Tripaldi *et al.*, 2010), se las agrupo en Facies, y a su vez éstas en Asociaciones de Facies; en ambos casos para inferir subambientes y ambientes de depositación respectivamente.

3. MARCO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO REGIONAL

El área de estudio incluye varias localidades de la región centro-oriental de la provincia de La Pampa (Figura 1) que, de acuerdo con Folguera y Zárate (2011), está comprendida en el ámbito del Bloque central de La Pampa, deformado y ascendido durante el Mioceno tardío por la orogenia andina. El basamento, aflorante en el borde occidental del bloque y a profundidades variables entre 150 y 200 metros hacia el este, ha sido considerado como la extensión austral del bloque de Sierras Pampeanas en la región oriental y central de La Pampa (Kostadinoff *et al.*, 2001; Tickyj *et al.*, 2002; Delpino *et al.*, 2005). Desde el punto de vista geomorfológico, el bloque constituye una planicie estructural (Calmels 1996) con una leve inclinación hacia el este (Calmels y Casadío, 2004), las cotas mayores oscilan entre 400 y 350 msnm al oeste (área de valle Daza) y las menores rondan los 150 msnm en el sector oriental.

La región forma parte del denominado “Sistema de las mesetas con depresiones transversales” (Calmels y Casadío, 2004); de acuerdo con INTA (1980) está comprendida en la “Subregión de colinas y lomas” y “Subregión de las mesetas y valles”, ambas dentro de la “Región Oriental” de la provincia (Figura 4). En general, el relieve de la Subregión de colinas y lomas está compuesto por lomas y colinas con un diámetro promedio de 1 a 2 km, mientras que la Subregión de las mesetas y valles, se caracteriza por la presencia de

mesetas, valles y cordones medanosos.

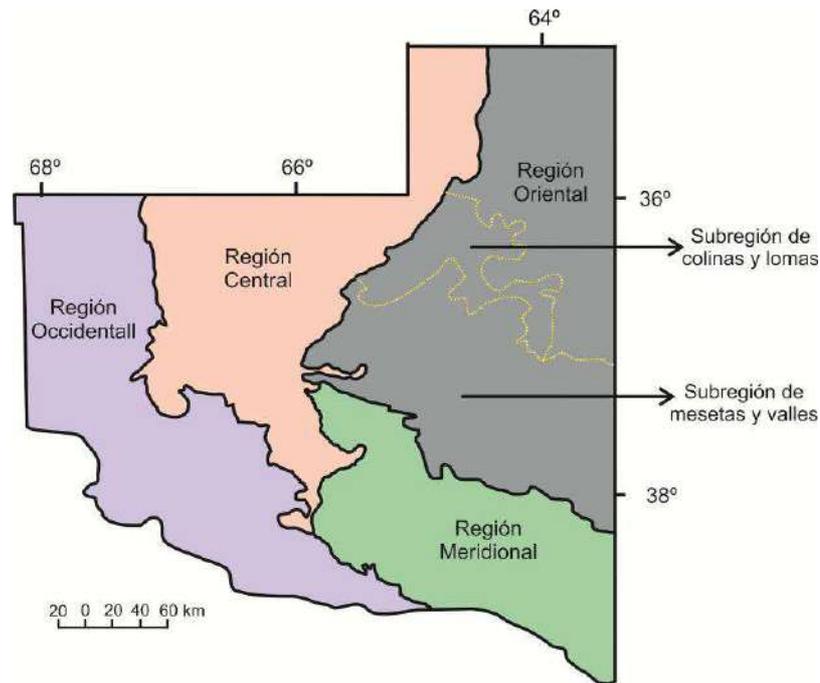


Figura 4. Regiones y subregiones fisiográficas de La Pampa. Modificado de INTA (1980).

Los valles transversales (Figura 1), de rumbo OSO-ENE y marcado paralelismo (Terraza *et al.*, 1981), están dispuestos con una distribución en forma de abanico desde el sector central hacia el oriente de la provincia (Calmels, 1996; Calmels y Casadío, 2004). Tienen una longitud aproximada entre 100 y 150 km y la anchura varía entre 5 y 15 km; el relieve relativo entre la planicie y los sectores más bajos de los valles varía entre 50 y 100 m.

La red de drenaje está compuesta por escasos cursos efímeros de diseño sub-paralelo, cuyos caudales esporádicos son producto de precipitaciones excepcionales, características del clima semiárido que domina la región. Estos cursos, han formado cañadones, cárcavas o zanjones por donde escurre el agua hacia los sectores más deprimidos de los valles, los cuales albergan lagunas, salinas o salitrales, permanentes o temporarios (Terraza *et al.*, 1981).

En las laderas de los valles está expuesta la Fm. Cerro Azul. Según Visconti (2007) los afloramientos de esta unidad son sub-horizontales, cubren amplias extensiones de la provincia de La Pampa y tienen un espesor aproximado de 100 m. La unidad comprende “limolitas arenosas y areniscas limosas” de color pardo rosado a rojizo, con intercalaciones de “arcilitas” de color rojo más oscuro en los estratos basales (Linares *et al.*, 1980; Visconti *et al.*, 2010; Visconti, 2007). De acuerdo con Llambías (1975) los sedimentos de

la Fm. Cerro Azul se componen de "...limos arenosos de color pardo rosados a rojizos, sin estratificación interna o muy poco visible, con frecuentes clastos de arcillas rojizas del tamaño de una nuez, dispuestos horizontalmente...". Según Visconti (2007), los "depósitos arcillosos" que se concentran en la base de la sucesión y que son objeto de estudio en esta investigación, presentan laminación. La autora describe que los sedimentos de la Fm. Cerro Azul suelen ser friables o bien estar cementados por carbonatos, presentar concreciones de carbonatos y desarrollo de paleosuelos.

La sucesión remata en una costra calcárea de potencia y características variables, comúnmente denominada "tosca". Tradicionalmente este depósito calcáreo ha sido considerado como el término cuspidal de la Fm. Cerro Azul (Linares *et al.*, 1980). Sin embargo, Vogt *et al.* (1999 en Folguera y Zárata, 2009) interpretaron una relación de discordancia entre la "tosca", a la que atribuyen una génesis vinculada con cambios climáticos, y los depósitos limo arenosos infrayacentes; señalando además que dicho contacto involucra un hiatus estratigráfico.

La costra calcárea de la Fm. Cerro Azul está cubierta por arena muy fina de naturaleza eólica y de espesor variable entre 0,30 y 1 m (Calmels y Casadío, 2004). Estos depósitos eólicos fueron reunidos en la Formación Meauro, unidad asignada al Pleistoceno superior-Holoceno (Giai, 1975; Melchor y Llambías, 2004, en Umazano *et al.*, 2010).

4. RESULTADOS

4.1. Valle de Nerecó

El Valle de Nerecó está ubicado en el extremo norte del sistema de valles transversales de La Pampa (Figura 1), se extiende en sentido SO-NE con una longitud de más de 120 km y una anchura que varía de 30 a 15 km en el mismo sentido, respectivamente. Aproximadamente los Bajos del Durazno y del Carbón se encuentran en el área de cabecera del valle, en el extremo NE del mismo se ubica el Bajo del Guanaco; en todos los casos las depresiones se encuentran limitadas por la planicie estructural. En los dos primeros bajos, las cotas en las márgenes varían entre 350 y 380 msnm; mientras que las zonas más bajas se encuentran aproximadamente a 245 msnm en el Bajo del Durazno, y 315 msnm en el Bajo del Carbón; ambos están separados por un umbral de aproximadamente 10 metros de altura relativa (Mehl, 2005). El Bajo del Guanaco exhibe una profundidad relativa variable entre 55 y 30 m, dada por la diferencia de altura existente

entre la superficie de la planicie estructural, que se encuentra a una cota aproximada de entre 200 y 175 msnm, y el área más deprimida del mismo a 145 msnm.

En general, se observa que a partir del margen de la planicie estructural existe una pendiente abrupta que conforma las paredes del valle; al pie de ésta se encuentran lomadas elongadas, disectadas, de cumbres planas y pendientes muy suaves en dirección a las zonas más deprimidas, que conforman un sistema de elevaciones dentro del valle. En particular, en el área de cabecera del valle (Bajo del Durazno, sector occidental) las lomadas tienen una disposición radial y han sido asignadas a sistemas de elevaciones con un rango cronológico amplio (Mio-Pleistoceno), de acuerdo con las edades de las unidades estratigráficas infrayacente y suprayacente Fm. Cerro Azul (Mioceno tardío) y Fm. Meauco (Pleistoceno tardío-Holoceno) (Mehl, 2005; Mehl y Zárate, 2007). Progresivamente, una serie de elevaciones con distinta morfología dan lugar al segundo sistema de elevaciones antes de alcanzar la zona más deprimida del valle. En el Bajo El Guanaco, los sectores de menor cota presentan desarrollo de lagunas (e.j. Laguna El Guanaco), circundados por un sistema de elevaciones de cumbre planas y extensiones variables.

Se levantaron tres perfiles de detalle en los depósitos correspondientes al sistema de elevaciones de menor cota.

4.1.1. Carro Quemado (Tabla 1). La sección, con una longitud aproximada de 100 metros, se ubica en el Bajo del Durazno, en un corte NO-SE de la ruta provincial N° 105 (Figura 5.a). El depósito, con un espesor de 3,46 m y sin base expuesta, comprende arenas finas limosas que apoyan sobre los depósitos pelítico-psamíticos, el contacto es abrupto y suave a irregular. La cubierta de arena fina limosa (Figura 5.b y 5.c) sueltas y macizas de 43 cm de espesor; tienen color castaño a castaño grisáceo (10YR 5/3 y 10YR 5/2) en húmedo y seco respectivamente, y castaño muy pálido (10YR 7/3) luego del pretratamiento. El contenido de nódulos de carbonato e intraclastos de material pelítico-psamítico en este depósito es escaso, y el de raíces actuales es abundante; los porcentajes de carbonato y de MO en la masa son de 2,5 y 0,6, respectivamente (Anexo: Tabla B).

En los depósitos pelítico-psamíticos infrayacente, de 3,03 m de espesor, dominan limos arenosos (Figura 5.c) con intercalaciones de arena fina limosa, limo y fango, de consistencia friable a muy firme y estructura en bloques angulares. Los colores pasan de castaño-castaño amarillentos (10YR 5/2 y 10YR 5/4) en húmedo, a castaño pálido (10YR 6/3) en seco y castaño muy pálido (10YR 7/3) luego del pretratamiento. La presencia de

carbonato en el perfil disminuye de techo a base, tanto en el caso de los nódulos como del carbonato en la masa de sedimento con valores máximos y mínimos de 4,7 y 0,1, respectivamente; el contenido de yeso es escaso en el sector superior; y las pátinas de manganeso, cutanes y *slickensides* son más abundantes en el sector inferior. El porcentaje de MO varía entre 0 a 1,17 %, observándose los mayores valores en tres niveles del perfil (profundidad: 0.90 m, 1.60 m y 2.30 m) que exhiben además colores más oscuros y una consistencia firme en comparación con los sedimentos supra e infrayacentes (Anexo: Tabla B). Los límites de estos niveles son claros y suaves en el techo, y transicionales y suaves en la base.

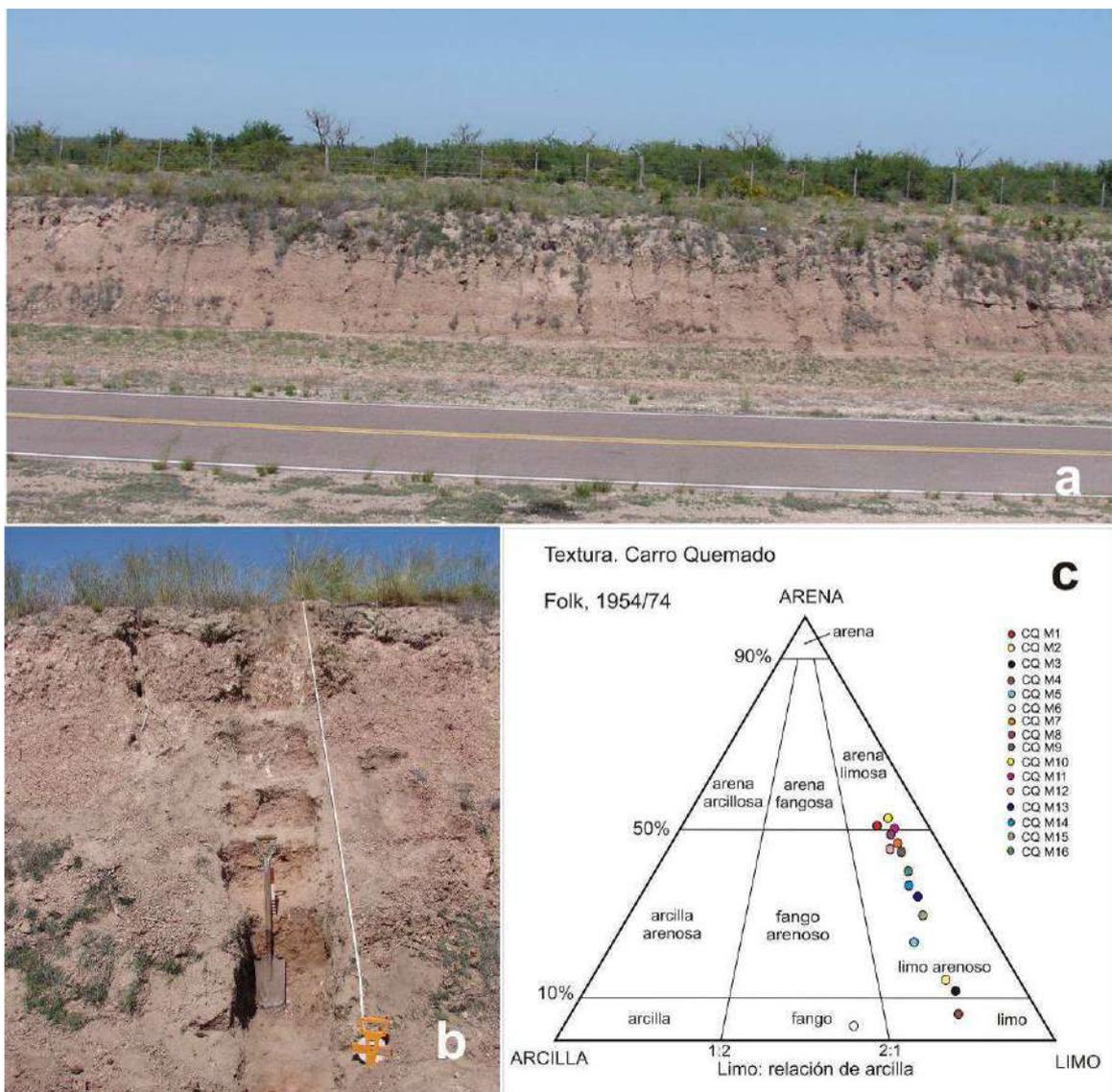


Figura 5. Localidad Carro Quemado. **a.** Vista de los depósitos pelítico-psamíticos, las flechas indican la presencia de paleosuelos. **b.** Vista del perfil CQ. **c.** Clasificación textural de los sedimentos según Folk (1954/1974); de techo a base: CQ M1 a CQ M16.

A partir del análisis litofacial se agrupó a la cubierta de arena fina limosa en la litofacies **Afm**; en los depósitos pelítico-psamíticos se diferenciaron la litofacies **Lab_c** en el sector superior, e inmediatamente por debajo la litofacies **Lab_{mf}** (Tabla 2. Anexo: Tabla B).

Litofacies	Descripción	Interpretación
Afm	Arena fina limosa y limo arenoso macizos. Depósitos de grano suelto y/o friable. Presencia moderada de raíces actuales y en ocasiones con intraclastos de arcilla y nódulos de carbonatos.	Decantación de partículas por agradación vertical. Procesos post-depositacionales (bioturbación) podrían conducir a la pérdida de alguna posible estructura primaria del depósito. Procesos pedogenéticos, evaporación en ambientes de agua someras y/o movimiento de agua a través del depósito sedimentario.
Afm_f	Arena fina limosa maciza. Consistencia firme.	Decantación de partículas en un medio de baja energía.
Afb	Arena fina limosa, en ocasiones con intercalaciones de limo arenoso, de consistencia firme a muy firme y estructura en bloques angulares. Presencia de pátinas de manganeso y cutanes.	Decantación del material por pérdida de energía del agente que lo transportaba (flujos fluidos de baja energía?). La expansión-contracción de arcillas puede generar estructura en bloques angulares (secundaria).
Lab_c	Limo arenoso, en ocasiones con intercalaciones de limo, fango y/o arena fina limosa. Consistencia friable a firme o firme. Estructura en bloques angulares. Presencia de carbonato en forma de nódulos o concreciones de tamaño y forma variable. También se observan pátinas de manganeso, cutanes y en algunos casos <i>slickensides</i> .	Decantación de partículas en un ambiente de baja energía. La variabilidad en el tamaño de las partículas puede deberse a variaciones en la energía del agente de transporte. La expansión-contracción de arcillas puede generar estructura en bloques angulares (secundaria). Procesos pedogenéticos, evaporación en ambientes de agua someras y/o movimiento de agua a través del depósito sedimentario.
Lab_{mf}	Limo arenoso con intercalaciones de limo y arena fina limosa. Consistencia firme a muy firme. Estructura en bloques angulares con pátinas de manganeso, cutanes en las caras de los bloques y en algunos casos <i>slickensides</i> . Escaso contenido de nódulos de carbonato.	Decantación de partículas en un ambiente de baja energía. La variabilidad en el tamaño de las partículas puede deberse a variaciones en la energía del agente de transporte. La expansión-contracción de arcillas puede generar estructura en bloques angulares (secundaria).
Lam_i	Limo arenoso macizo de consistencia firme a grano suelto con intraclastos de sedimentos pelítico-psamíticos, ocasionales nódulos de manganeso y escasos nódulos de carbonato.	Decantación de partículas en un ambiente de baja energía. Retrabajamiento (flujo de detritos, bioturbación?) de los sedimentos depositados previamente -intraclastos de arcilla-.
Lb_{fc}	Limo macizo en ocasiones con intercalaciones de limo arenoso y estructura en bloques, consistencia firme a muy firme, con abundante contenido en nódulo de carbonato.	Decantación de partículas en un medio de baja energía. La expansión-contracción de arcillas puede generar estructura en bloques angulares (secundaria). Procesos pedogenéticos, evaporación en

		ambientes de agua someras y/o movimiento de agua a través del depósito sedimentario.
LI	Limo arenoso de consistencia firme y estructura sedimentaria de tipo laminar planar (de 1 a 2 cm.)	Decantación de material en suspensión en medio ácuo.

Tabla 2. Descripción e interpretación de las litofacies identificadas en los depósitos analizados en los valles transversales.

4.1.2. Bajo El Carbón (Tabla 1). La sección analizada se ubica en un corte de la ruta provincial N° 14 de dirección E-O y unos 50 m de longitud (Figura 6.a y 6.b). El depósito, de 4,34 m de espesor y sin base expuesta, comprenden arenas finas limosas que apoyan sobre los depósitos pelítico-psamíticos inferiores; el contacto entre estos dos depósitos es abrupto y suave a irregular. La cubierta de arena fina limosa (Figura 6.c) suelta y maciza, de más de 1 m de potencia, presenta colores que varían entre castaño grisáceo (10YR 5/2) en húmedo, gris castaño claro (10YR 6/2) en seco y castaño pálido (10YR 6/3) luego del pretratamiento. La presencia de nódulos de carbonato e intraclastos de material pelítico-psamítico en este depósito es escasa, y la de raíces actuales es abundante (Anexo: Tabla C).

Los depósitos pelítico-psamítico infrayacentes, de 3,20 m de espesor, se componen de limos con intercalaciones de arenas finas limosas que pasan hacia abajo en forma transicional a limos arenosos (Figura 6.c). Exhiben consistencia firme y estructura en bloques angulares, presentan colores castaño-castaño amarillento claro (10YR 6/4y 10YR 5/3) en húmedo y castaño muy pálido (10YR 7/3 y 10YR 7/4) en seco y luego del pretratamiento. Los porcentajes de carbonato en la masa varían entre 12,8 y 0,6 %; los valores mayores se corresponden con un aumento en la concentración de nódulos de carbonato en el sector superior. El contenido de materia orgánica varía entre 0,7 y 0,84 % a lo largo del perfil. La presencia de pátinas de manganeso y cutanes es en general escasa (Anexo: Tabla C).

El análisis litofacial permitió identificar a la cubierta de arena fina limosa como la litofacies **Afm**; mientras que los depósitos pelítico-psamíticos se agruparon en tres litofacies, en el sector superior la litofacies **Lami**, en el sector medio la litofacies **Lb_{fc}** y en el sector inferior la litofacies **Lab_{mf}** (Tabla 2. Anexo: Tabla C).

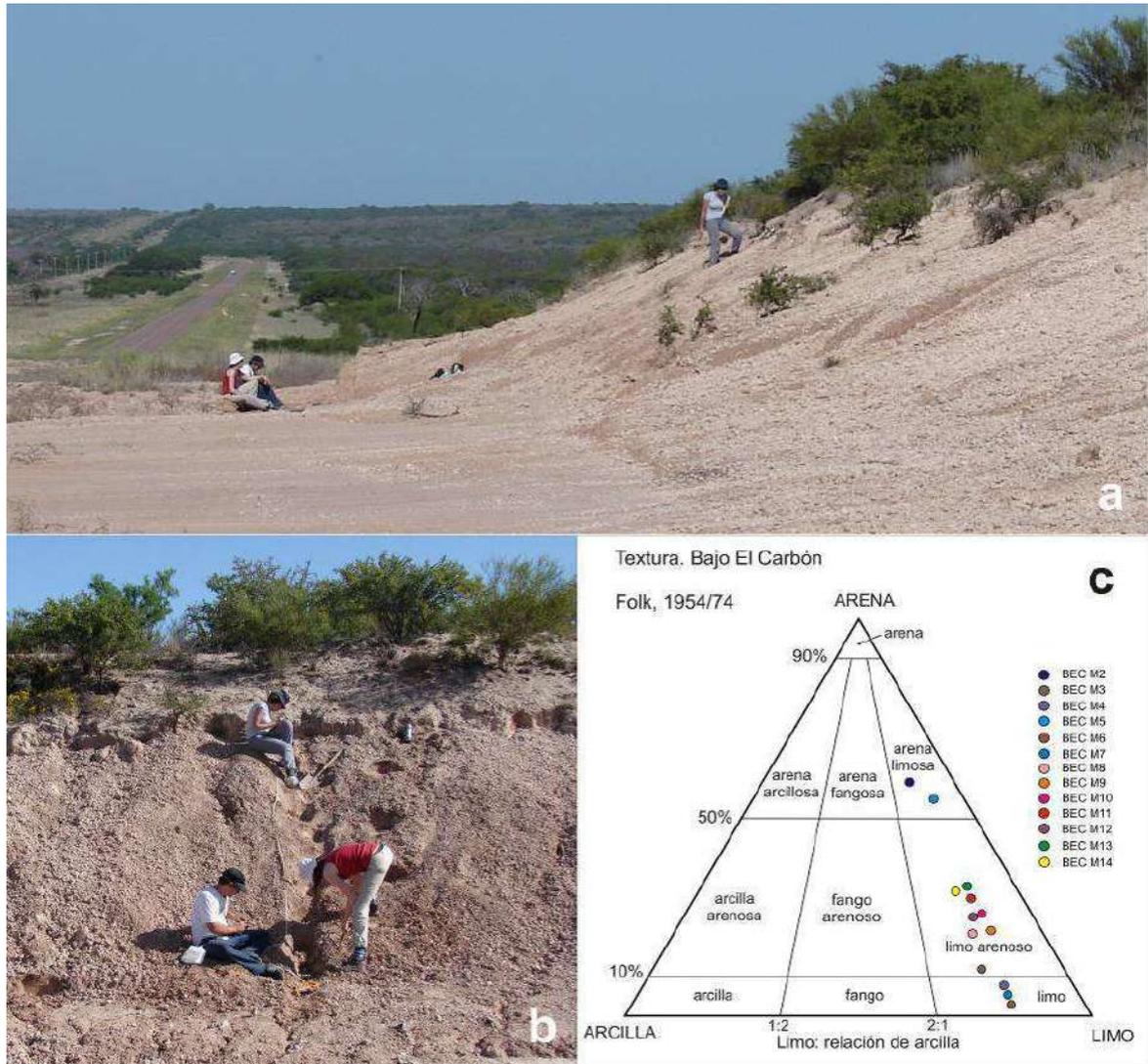


Figura 6. Localidad Bajo El Carbón. **a.** Vista hacia el E del bajo del Carbón y de la sección analizada. **b.** Vista del perfil BEC. **c.** Clasificación textural de los sedimentos según Folk (1954/1974); de techo a base: BEC M2 a BEC M14.

4.1.3. Bajo El Guanaco (Tabla 1). La sección analizada está ubicada en un corte de la ruta nacional N° 35, de rumbo N y unos 50 m de longitud, donde aflora una sucesión sedimentaria de 5,5 m de potencia sin base expuesta (Figura 7.a y 7.b). De techo a base, se observa una cubierta de arena fina limosa suelta (Figura 7.c), maciza, de 80 cm de espesor, y color gris castaño claro (10YR 6/2) en húmedo y seco, y castaño pálido (10YR 6/3) luego del pretratamiento. Este depósito se caracteriza por la abundancia de nódulos de carbonato, mientras que el porcentaje de carbono en la masa es bajo; presenta, además, escasos intraclastos de material pelítico-psamítico, y abundantes raíces actuales en correspondencia con el mayor contenido de MO en el perfil (Anexo: Tabla D). El límite inferior del depósito es abrupto y suave a irregular.

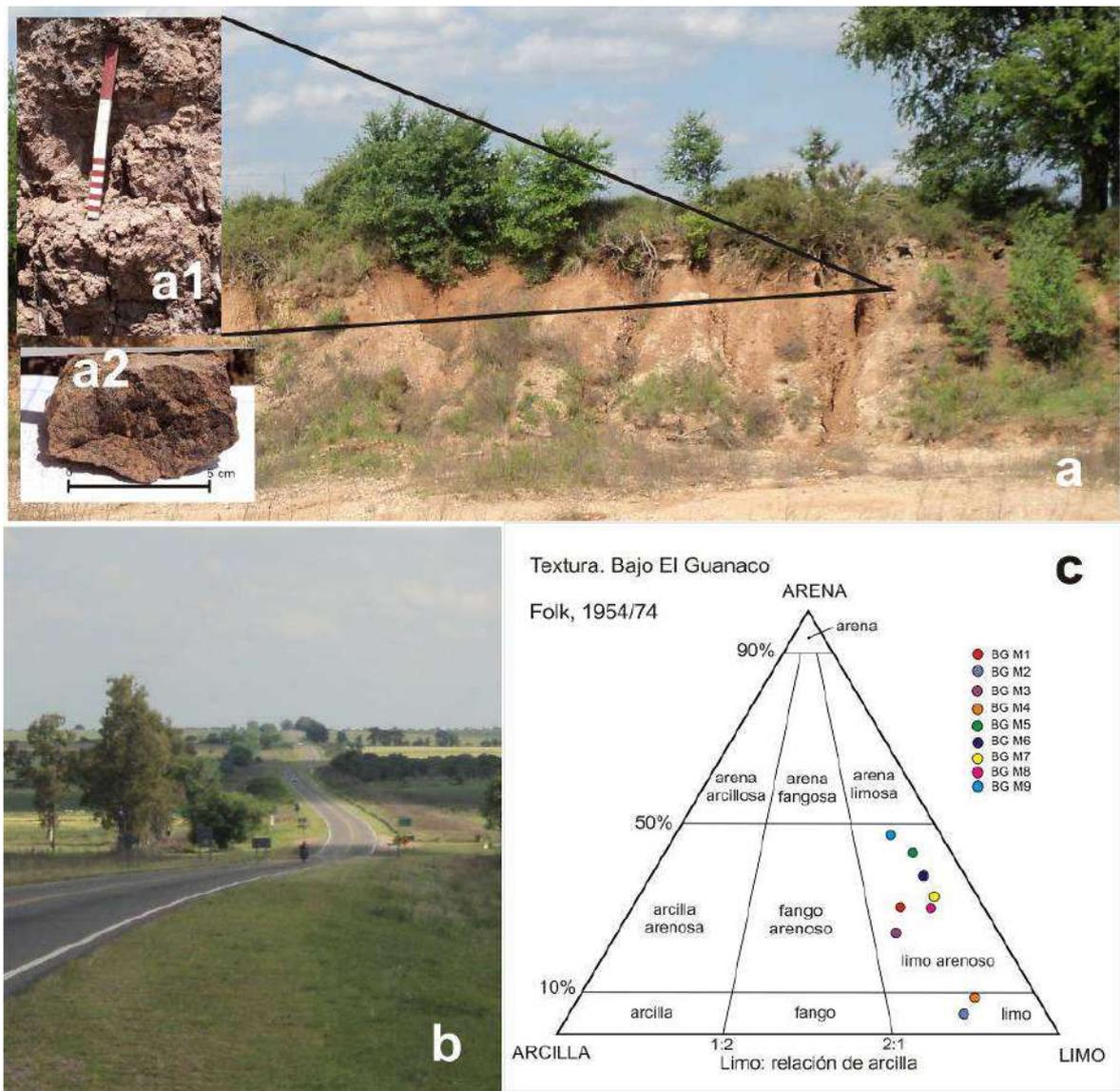


Figura 7. Localidad Bajo El Guanaco. **a.** Vista de los depósitos aflorantes; **a1:** estructura laminar; **a2:** bloque angular con pátinas de manganeso y cutanes. **b.** Vista hacia el sur del bajo. **c.** Clasificación textural de los sedimentos, según Folk (1954/1974); de techo a base: BG M1 a BG M8.

Los depósitos pelítico-psamíticos infrayacentes se encuentran representados en el sector superior por limos-limos arenosos que pasan en forma transicional a limos arenosos en el sector inferior (Figura 7.c); exhiben consistencia firme, estructura sedimentaria de tipo laminar planar en el sector superior (Figura 7.a1) y bloques angulares (Figura 7.a2) en el inferior. Los colores varían entre castaño-amarillentos en húmedo (10YR 5/4), castaño amarillento claro (10YR 6/4) en seco, y castaño muy pálido (10YR 7/3) luego del pretratamiento. Los porcentajes de carbonato fluctúan entre 1,3 y 7,4 %; los mayores valores no se corresponden con la abundancia de nódulos de carbonato observada en el sector superior del depósito. El contenido de materia orgánica varía entre 0,13 y 0,40 %. A

lo largo del perfil la presencia de pátinas de manganeso y cutanes (en algunos casos se observaron *slickensides*) es escasa (Anexo: Tabla D).

A partir del análisis litofacial se agrupó al depósito cuspidal de arena fina limosa en la litofacies **Afm**. El sector superior de los depósitos pelítico-psamíticos se asignó a la litofacies **LI**, el sector medio a la litofacies **Lab_c** y al sector inferior a la litofacies **Lab_{mf}** (Tabla 2. Anexo: Tabla D).

4.2. Valle de Hucal

El valle de Hucal está ubicado en el extremo sur del sistema de valles transversales (Figura 1), exhibe una dirección predominante E-O, con una longitud de 100 km y una anchura aproximada de 7 km. Debido a la pendiente general de la planicie estructural, la cota máxima de la superficie limitante con el valle varía en sentido longitudinal de oeste a este, desde 320 msnm a 160 msnm aproximadamente. El área más deprimida del valle, en el extremo oriental del mismo y localizado a unos 30 km de la localidad de estudio, se encuentra aproximadamente a 95 msnm, allí se ha desarrollado una laguna. En los sectores muestreados el relieve relativo existente entre el techo de los depósitos analizados en Hucal 1 y Hucal 2 y la superficie de la planicie estructural (aproximadamente 190 msnm) varía entre 35 y 55 metros respectivamente.

En un corte transversal del valle en sentido norte a sur, se observa un sistema de elevaciones cuyas cumbres exhiben una leve inclinación hacia el sector central del valle. Un segundo sistema de elevaciones de menor altura relativa, con cumbres planas, se presenta actualmente disectado por la acción de la erosión hídrica, generando en sectores un microrelieve asimilable al de las huayquerías (Figura 8). En el sector de estudio, este sistema de elevaciones circunda la zona más deprimida del valle, cubierta por una faja de médanos (ubicada entre H1 y H2) de orientación O-E. En otros sectores deprimidos del valle se forman salinas y/o lagunas.



Figura 8. Microrelieve asimilable a huayquerías de los depósitos de Hucal 2.

4.2.1. Hucal

Se levantaron y muestrearon dos perfiles de detalle, Hucal 1 y Hucal 2, correspondientes al sistema de elevaciones de menor cota dentro del valle. Los perfiles están expuestos en cortes, de orientación SO-NE y aproximadamente 50 m de longitud, de la ruta nacional N° 154; Hucal 2 se sitúa al NO de Hucal 1, a una distancia de aproximadamente 3,5 km.

Hucal 1 (Tabla 1). El afloramiento analizado presenta 3,52 m de potencia y base no expuesta (Figura 9.a y 9.b). El sector superior presenta un depósito suelto y macizo de arena fina y limo arenoso (Figura 9.c), de 1,55 m de espesor; exhibe una zona cementada con calcáreo de alrededor de 2-3 cm de potencia en el sector medio. El color es castaño oscuro a claro (10YR 3/3 y 7,5YR 6/4) en húmedo, castaño grisáceo (10YR 5/2) en seco y castaño rojizo a gris rosado (2,5YR 5/4 y 7,5YR 7/2) luego del pretratamiento. Presenta carbonato sólo en la masa, con porcentajes entre 2,4 y 3,4 %; y entre 0,54 a 0,03 % de MO; el contenido de pántinas de manganeso, intraclastos de material pelítico-psamítico y raíces actuales es escaso (Anexo: Tabla E).

Los sedimentos cuspidales pasan a través de un límite abrupto y suave a irregular a un depósito infrayacente de 2 m de espesor, constituido en el sector superior por limos arenosos con intercalaciones de arena fina limosa que pasa hacia abajo gradualmente a arenas finas limosas (Figura 9.c). Este presenta colores que varían de castaño amarillento claro (10YR 6/4) en húmedo a castaño claro (10YR 6/3) en seco, y castaño muy pálido

(10YR 7/3) luego del pretratamiento. La consistencia del mismo es firme, presenta estructura en bloques angulares, y escaso contenido de pátinas de manganeso y cutanes. La abundancia de nódulos de carbonato es escasa en el sector superior y nulo en el inferior (Anexo: Tabla E).

De acuerdo con el análisis litofacial, la cubierta de arena fina limosa está representada por la litofacies **Afm**; mientras que en los depósitos pelítico-psamíticos se diferenció en el sector superior la litofacies **Lab_{mf}** y en el sector inferior la litofacies **Afb** (Tabla 2. Anexo: Tabla E).

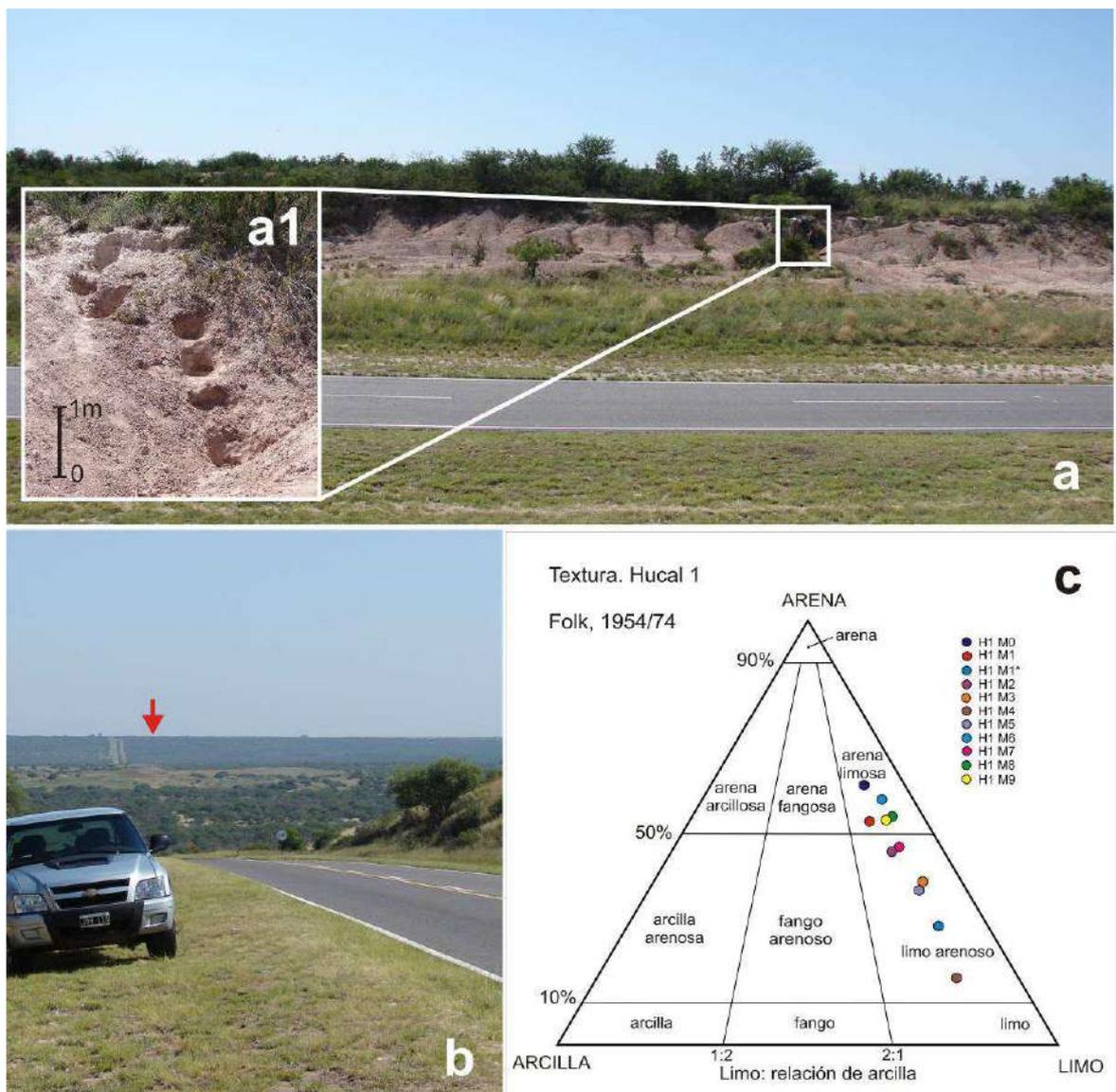


Figura 9. Localidad Hucal 1. **a.** Vista de los depósitos aflorantes; **a1:** detalle del perfil.
b. Vista del bajo hacia el noreste, la flecha indica la superficie de la planicie estructural.
c. Clasificación textural de los sedimentos según Folk (1954/1974); de techo a base: H1 M0 a H1 M9.

Hucal 2 (Tabla 1). Los depósitos aflorantes exponen un espesor de 2,10 m, sin base expuesta (Figura 10.a y 10.b), y comprenden limos arenosos que apoyan sobre depósitos pelítico-psamíticos infrayacentes mediante un contacto abrupto y suave a irregular. La cubierta limo arenosa (Figura 10.c) maciza, de consistencia suelta en el sector superior pasa a firme en el sector inferior. Los colores varían entre castaño-castaño grisáceo (10YR 5/4 y 10YR 5/2) en húmedo y seco a castaño pálido-gris claro (10YR 6/3 y 10YR 7/2) luego del pretratamiento. El porcentaje de carbonato en la masa es de aproximadamente 3 %, mientras que el contenido en nódulos de carbonato -al igual que el de intraclastos de material pelítico-psamítico- es escaso. Los porcentajes de MO varían entre 0,84 y 0,44 %; en el sector superior abundan las raíces (Anexo: Tabla F).

Los depósitos pelítico-psamíticos infrayacentes están constituidos principalmente por arenas finas limosas y en menor medida limos arenosos (Folk, 1954/1974. Figura 10.a, 10.b y 10.c); exhiben consistencia firme y estructura en bloques angulares. Los colores varían entre castaño pálido (10YR 6/3) en húmedo a castaños muy pálido (10YR 7/3) luego del pretratamiento. Los porcentajes de carbonato y los de MO, pasan de arriba hacia abajo, de 3,3 a 0,9 %, y de 0,23 a 0,7 %, respectivamente. La presencia de nódulos de carbonato, pátinas de manganeso y cutanes en el depósito es escasa (Anexo: Tabla F).

A partir del análisis litofacial la cubierta limo arenosa se agrupó en la litofacies **Afm** y los depósitos pelítico-psamíticos en la litofacies **Afb** (Tabla 2. Anexo: Tabla F).

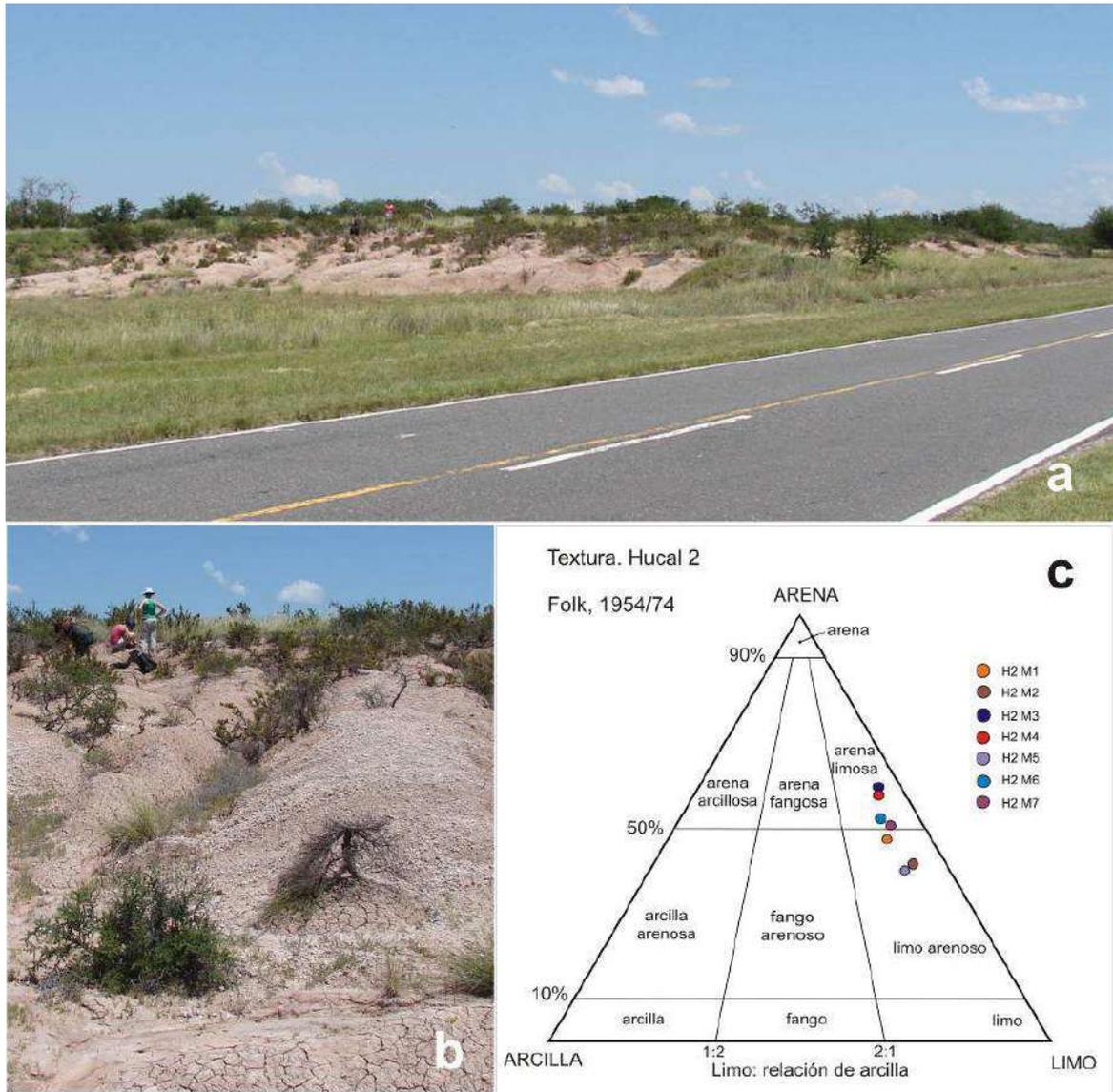


Figura 10. Localidad Hucal 2. **a-b.** Vista del afloramiento y detalle del perfil H2.
c. Clasificación textural de los sedimentos según Folk (1954/1974); de techo a base: H2 M1 a H2 M7.

4.3. Valle de Quehué

El valle de Quehué, de orientación SO-NE, presenta una longitud aproximada de 120 km y una anchura promedio de 15 km. La planicie estructural que limita el valle presenta una altura de 380 msnm hacia el oeste y de 150 msnm hacia el este; la cota del sector más deprimido del valle, en el centro del mismo y al este de la ruta nacional N° 35, es de 115 msnm aproximadamente, allí se ubican lagunas salitrosas. En el paraje de Naicó, aproximadamente 15 km al oeste de la ruta nacional N° 35, la diferencia de altura entre el techo de las secuencias analizadas y la superficie de la planicie estructural (aproximadamente 210 msnm) es de 75, 80 y 90 metros, para las localidades Naicó 1,

Naicó 2 y Naicó 3 respectivamente.

El relieve interno del valle se caracteriza por un sistema de elevaciones localizadas en las proximidades de las paredes del valle. En el sector de estudio se observa un umbral topográfico (~ 150 msnm) cubierto por un manto eólico; éste funciona como divisoria de aguas de dos sectores deprimidos elongados en la dirección del eje del valle, con cotas aproximadas de 120 y 130 msnm hacia el norte y sur respectivamente, en los que se forman lagunas y/o salitrales. Las columnas litoestratigráficas descritas (Naicó 1, y Naicó 3) corresponden a depósitos que componen un segundo sistema de elevaciones de cumbres planas y de menor altura relativa al citado en primer término, que rodean el sector deprimido septentrional (Figura 11).



Figura 11. Valle de Quehué, ubicación de la planicie estructural y de las localidades de estudio (N1: Naicó 1; N2: Naicó 2; N3: Naicó 3). Tomado de *Google Earth*.

4.3.1. Naicó

Se levantaron dos perfiles de detalle y se recolectaron muestras en los depósitos observados en Naicó 1 y Naicó 3, correspondientes al sistema de elevaciones de menor cota dentro del valle. Los depósitos quedan expuestos en afloramientos de cerca de 50 m

de longitud en cada localidad; en el caso de Naicó 1, el corte de camino es de sentido E-O, mientras que en Naicó 3, el corte de sentido N-S, se encuentra a la vera de las vías ferroviarias.

Naicó 1 (Tabla 1). El afloramiento expuesto y analizado presenta 2,3 m de espesor y base cubierta (Figura 12.a y 12.b). Comprende en el sector superior un depósito de arenas finas limosas y macizas (Figura 12.c) de 1,2 m de espesor; presenta colores que varían entre castaño grisáceo (10YR 5/2) en húmedo y seco a castaño pálido (10YR 6/3) luego del pretratamiento. Los contenidos de carbonatos en la masa son de 2 %, mientras que los de materia orgánica alcanzan un 0,5 % (Anexo: Tabla G). La cubierta de arena fina limosa apoya a través de un contacto abrupto y suave a irregular sobre depósitos pelítico-psamíticos.

Los depósitos pelítico-psamíticos infrayacentes, de 1,1 m de espesor, están compuestos en el sector superior por arenas finas limosas firmes y macizas, que pasan transicionalmente hacia el sector inferior a limos muy firmes (Figura 12.c) con estructura de bloques angulares. El color es homogéneo a lo largo del depósito (castaño-castaño oscuro -7,5YR 4/4- en húmedo, castaño pálido -10YR 6/3- en seco y castaño amarillento claro -10YR 6/4- luego del pretratamiento). Los porcentajes de carbonato varían entre 3,1 y 1,9 %, y los de materia orgánica entre 0,17 a 0,1 %. El sector inferior del depósito exhibe abundantes nódulos de carbonato, mientras que no se observó en el sector superior (Anexo: Tabla G).

A partir del análisis litofacial, las arenas finas limosas de la cubierta superior se agruparon en la litofacies **Afm**; el sector superior de los depósitos pelítico-psamíticos se agrupó en la litofacies **Afm_f**, y el sector inferior de los mismos en la litofacies **Lb_{fc}** (Tabla 2. Anexo: Tabla G).

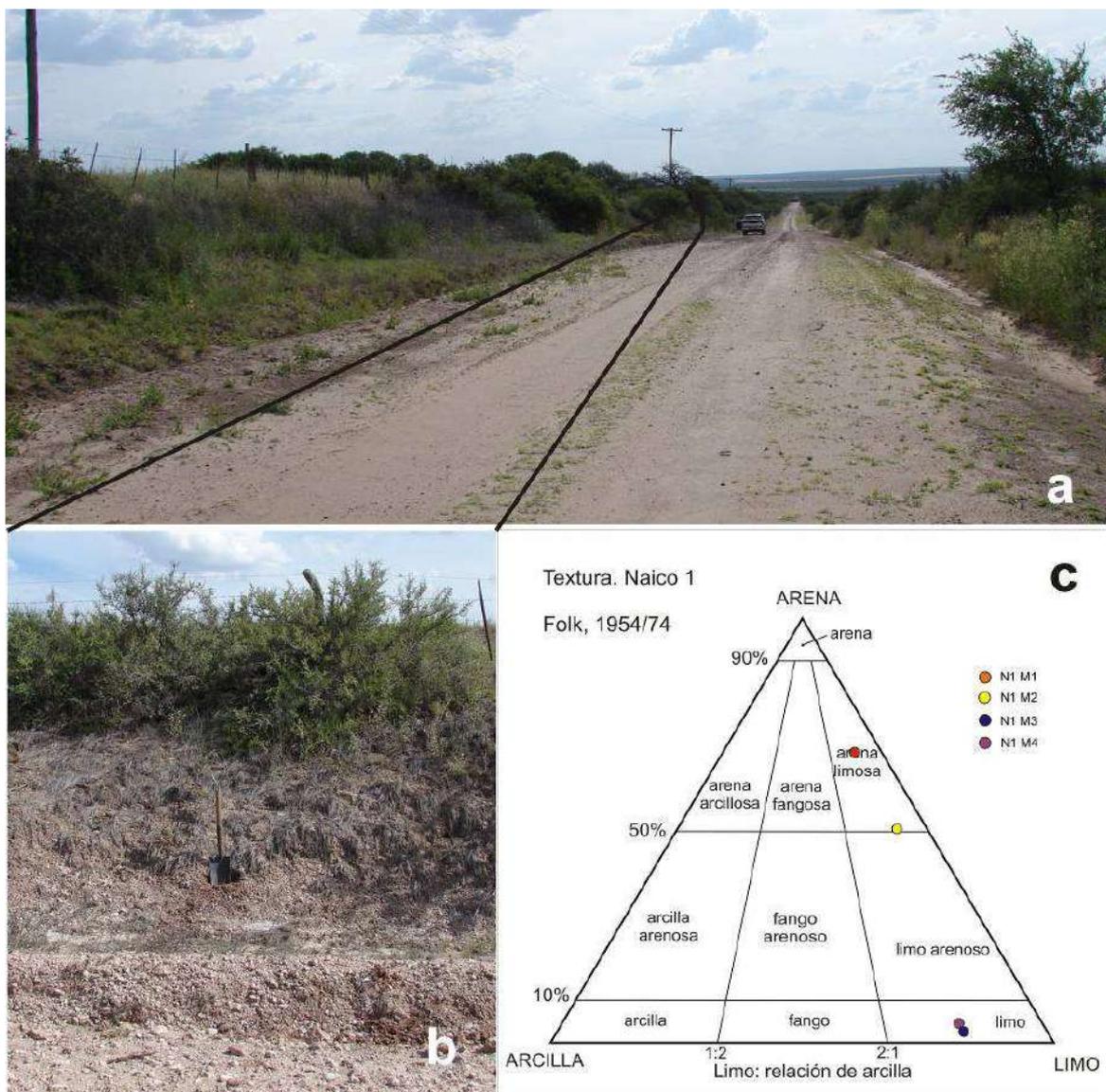


Figura 12. Localidad Naicó 1. **a-b.** Vista hacia el oeste del valle de Quehué en Naicó y del perfil N1. **c.** Clasificación textural de los sedimentos según Folk (1954/1974); de techo a base: N1 M1 a N1 M4.

Naicó 3 (Tabla 1). El perfil analizado, de 3,7 m de espesor y sin base expuesta (Figura 13.a y 13.b), presenta una cubierta de limos arenosos que apoya sobre depósitos pelítico-psamíticos mediante un contacto abrupto y suave a irregular. La cubierta de limos arenosos (Figura 13.c), sueltos y macizos muestran colores variables entre gris castaño claro (10YR 6/2) en húmedo y seco a castaño pálido (10YR 6/3) luego del pretratamiento. El porcentaje de carbonato en la masa es de 4,4 %, y el de materia orgánica es de 0,44 %; se observaron escasa cantidad de raíces actuales (Anexo: Tabla H).

Los depósitos pelito-psamíticos infrayacentes, de aproximadamente 3 m de espesor, están compuestos por limos y limos arenosos (Figura 13.c), de consistencia firme y

estructura maciza; el color castaño amarillento (10YR 5/4) en húmedo pasa a castaño muy pálido (10YR 7/3 y 10YR 7/4) en seco y luego del pretratamiento. Los porcentajes de carbonato en la masa varían entre 2,8 y 0,1%, y los de materia orgánica entre 0,23 y 0,10 %. El perfil se caracteriza por la abundancia de nódulos de carbonato en el sector superior del depósito, algunos de ellos alcanzan hasta 10 cm de diámetro y son poco friables (Anexo: Tabla H).

A los depósitos limo arenosos del depósito cuspidal se los agrupó en la litofacies **Afm**, mientras que los sedimentos pelítico-psamíticos inferiores se incluyeron en la litofacies **Lb_{fc}** (Tabla 2. Anexo: Tabla H).

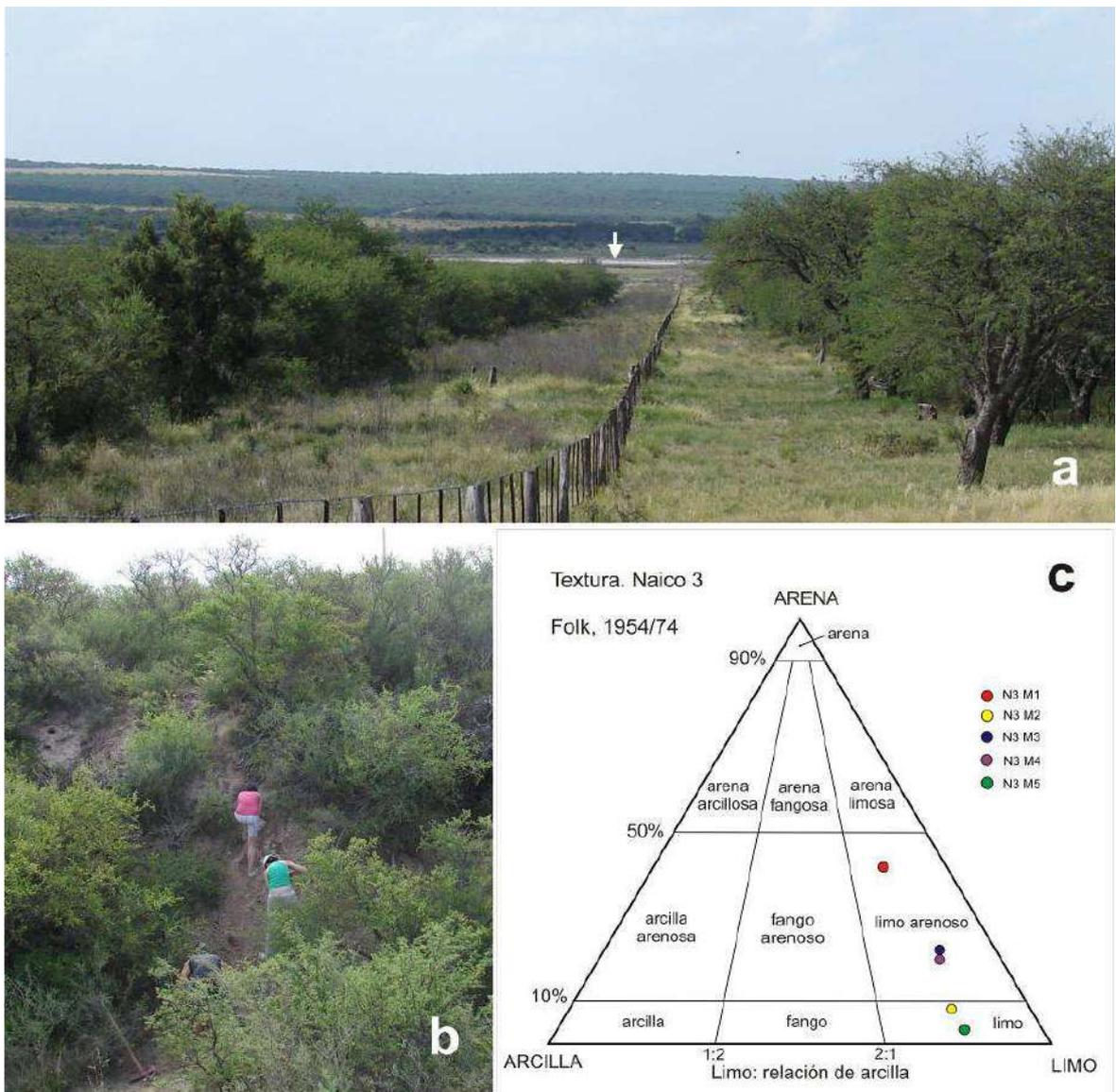


Figura 13. Localidad Naicó 3. **a-b.** Vista hacia el este de la laguna Naicó (flecha) y del perfil N3. **c.** Clasificación textural de los sedimentos según Folk (1954/1974); de techo a base: N3 M1 a N3 M5.

4.4. Valle de Chapalcó

El valle de Chapalcó está ubicado hacia el sur del valle de Nerecó, en el sector centro-este de la provincia (Figura 14). Presenta la misma dirección (SO-NE) que el valle Daza-Chillén, del que se encuentra separado por un sector de la planicie estructural a 340 msnm aproximadamente (Figura 14). Su longitud y anchura son de alrededor de 80 y 10 km respectivamente. La planicie estructural limita el valle con una cota máxima de 340 msnm al oeste, y 160 msnm al este; el área más deprimida del valle se emplaza a unos 130 msnm en el área conocida como Bajo Giuliani, en cercanías de la localidad de Santa Rosa. En el sector muestreado, localidad de Cachirulo, la diferencia altimétrica entre el tope de la sucesión sedimentaria analizada y la superficie de la planicie estructural (aprox. 180 msnm) es de alrededor de 25 m; los flancos del valle exhiben pendientes abruptas. Allí se identificaron dos sistemas de elevaciones; el de mayor altura relativa, de aspecto mesetiforme, que pertenecería a los depósitos terciarios que conforman la planicie estructural; y los de menor altura relativa, que marginan el sector más deprimido, y corresponden a los depósitos pelítico-psamíticos estudiados (Figura 15.a).

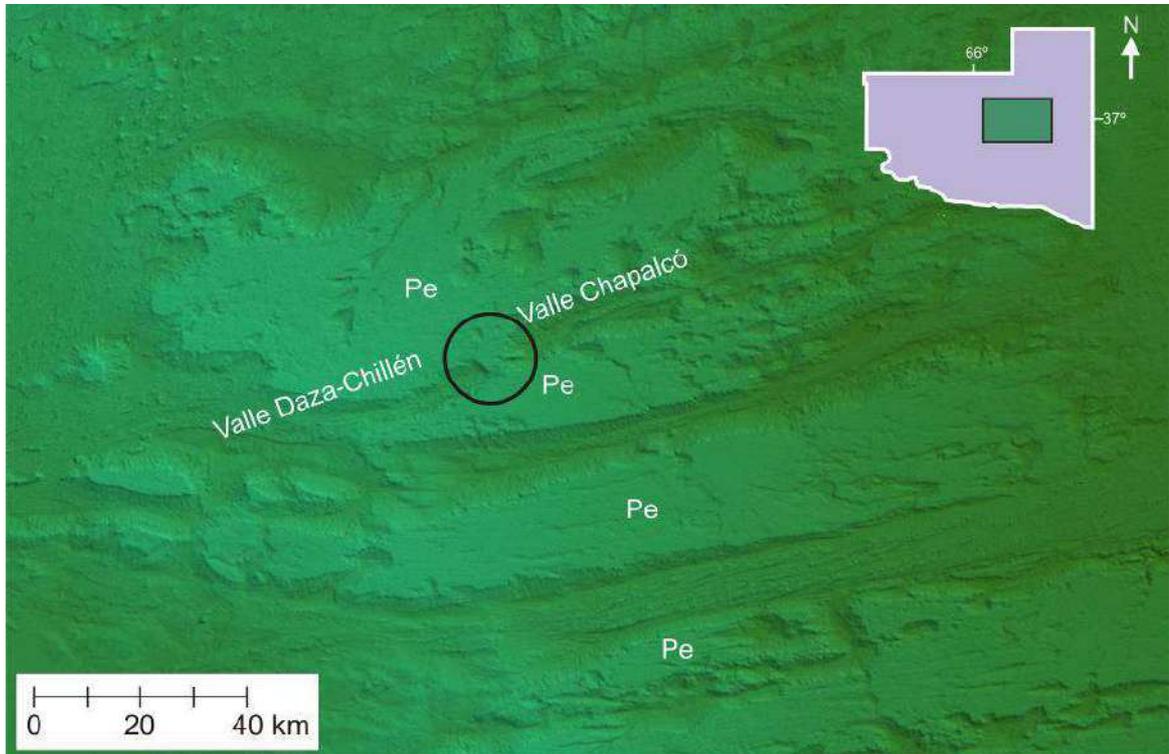


Figura 14. Imagen radar de los valles Daza-Chillén y Chapalcó, y de la divisoria de aguas (círculo) compuesta por la planicie estructural (Pe).

4.4.1. Cachirulo (Tabla 1). La sección, con una longitud de unos 20 m y 1,41 m de espesor y sin base expuesta (Figura 15.a y 15.b), aflora a 3 km de la ruta provincial N° 14, en un corte de camino vecinal de orientación aproximada E-O. Una cubierta limo arenosa, de 0,37 m de espesor, apoya sobre depósitos pelítico-psamíticos a través de un contacto abrupto y suave a irregular. Los limos arenosos, sueltos y macizos (Figura 15.c), presentan color gris castaño claro (10YR 6/2) en húmedo y seco, y castaño amarillento claro (10YR 6/4) luego del pretratamiento. El contenido de nódulos de carbonato, intraclastos de material pelítico-psamítico y raíces actuales en este depósito es escaso. Los porcentajes de carbonato y de materia orgánica en la masa son de 2,7 y 0,3 %, respectivamente (Anexo: Tabla I).

Los depósitos pelítico-psamíticos infrayacentes están compuestos por limos arenosos y arenas finas limosas (Figura 15.c). El sector superior y medio presentan consistencia firme, con estructura sedimentaria de tipo laminar planar que cambia en forma clara a estructura maciza. El sector inferior, de consistencia muy firme, pasa en forma transicional una estructura de bloques angulares. Los límites de estos sectores son de tipo transicional y forma suave. El color dominante a lo largo del depósito es castaño amarillento-amarillento claro (10YR 5/4 y 10YR 6/4) en húmedo y seco, y castaño muy pálido (10YR 7/4) luego del pretratamiento. El contenido de nódulos calcáreos y de pátinas de manganeso es escaso en todo el depósito, mientras que en el sector superior y medio la presencia de yeso es más abundante que en el inferior. Los valores de carbonato en la masa varían entre 4,7 y 0,1 %; y los de materia orgánica entre 0,17 y 0,03 %. (Anexo: Tabla I).

En esta localidad se identificaron cuatro litofacies; la cubierta de los limos arenosos corresponde a la litofacies **Afm**. Los depósitos pelítico-psamíticos del sector superior se agruparon en la litofacies **Ll**, los del sector medio en litofacies **Lam_i**, y los del sector inferior en la litofacies **Afb** (Tabla 2. Anexo: Tabla I).

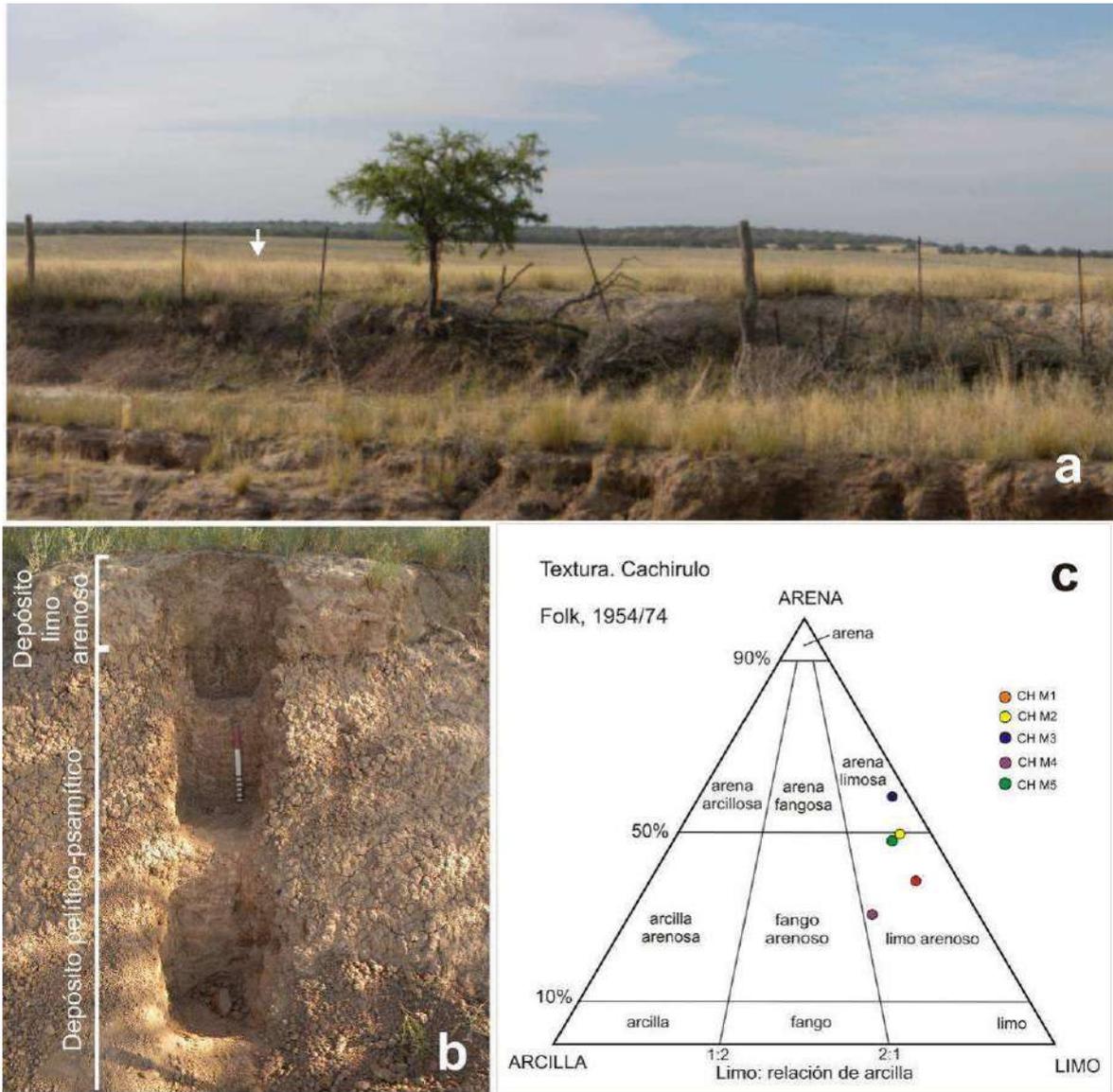


Figura 15. Localidad Cachirulo. **a.** Vista hacia el noroeste del bajo de Cachirulo y de la superficie del sistema de elevaciones analizado (flecha). **b.** Vista del perfil CH. **c.** Clasificación textural de los sedimentos según Folk (1954/1974); de techo a base: CH M1 a CH M5.

4.5. Síntesis de los depósitos pelítico-psamíticos

En todos los casos analizados (Lámina I), los depósitos pelítico-psamíticos están cubiertos a través de un contacto de tipo abrupto y forma suave a irregular por un manto de arenas limosas y limos arenosos, sueltas y macizas; los colores son castaños grisáceos o grises castaños claros (10YR 5/2 y 10YR 6/2) que pasan a castaños pálidos (10YR 6/3) luego del pretratamiento. En estos depósitos de cubierta los porcentajes de carbonato en la masa varían entre los 2 y 4 %, y los de MO entre 0,3 y 0,8 %. En general, presentan

abundantes raíces actuales, e intraclastos de sedimentos pelítico-psamíticos procedentes del depósito infrayacente. Constituyen el material parental del suelo actual.

Los depósitos pelítico-psamíticos analizados están compuestos por limos arenosos, limos y en menor medida arenas finas limosas y fango, sin base expuesta y con espesores aflorantes variables entre 2 y 4 m en las distintas localidades de estudio. Entre los atributos analizados se observa que los sedimentos de color castaño-castaño amarillentos (10YR 5/3, 10YR 5/6 y 10YR 6/4) en húmedo-seco pasan, luego de la eliminación del carbonato y materia orgánica (pretratamiento), a un color castaño pálido-muy pálido (10YR 6/3, 10YR 7/3 y 10YR 7/4). La estructura dominante es en general de bloques angulares; varias localidades exhiben cutanes y slickensides; en algunos sectores los perfiles presentan estructura sedimentaria de tipo laminar planar (BG y CH) y/o maciza (BEC, H1, H2, N1, N3, CH). El contenido de nódulos y/o concreciones de carbonato varía entre escaso y abundante. Si bien el contenido de MO es similar en las diferentes secciones analizadas, se observa un aumento en determinados niveles que exhiben, además, mayor abundancia de cutanes, como por ejemplo en las localidades de Carro Quemado y Bajo El Guanaco. Estos niveles son continuos lateralmente y exhiben geometría tabular; los sedimentos presentan mayor consistencia y coloración más oscura (10YR 5/3: castaño) en comparación con el resto del perfil (10YR 5/4: castaño amarillento; 10 YR 6/4: castaño amarillento claro). La estructura dominante en estos niveles es de bloques angulares y predominan los limos arenosos con porcentajes de arcilla variables entre 10 y 38 %.

Los nódulos de carbonato observados en los distintos perfiles analizados, presentan en general morfologías que varían desde subesféricas a cilíndricas, con superficies subredondeadas a subangulares; en el caso de los nódulos subesféricos el diámetro promedio alcanza 2-3 cm, mientras que en los cilíndricos la longitud promedio del eje mayor es de aproximadamente 5 cm. De acuerdo con la morfología exhibida, éstos nódulos pueden asimilarse a los caliches nodulares descritos por Esteban y Klappa (1983).

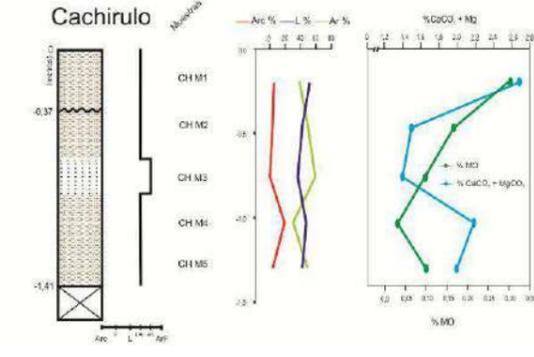
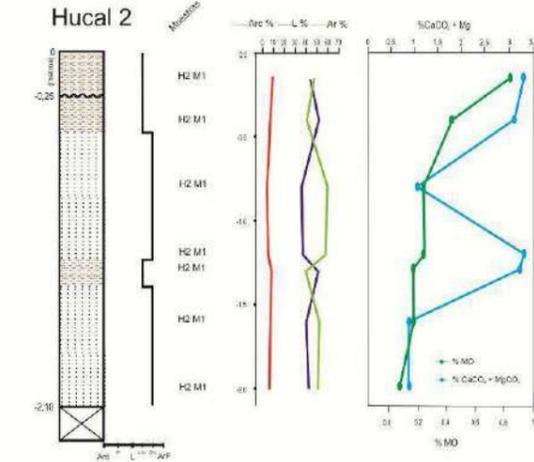
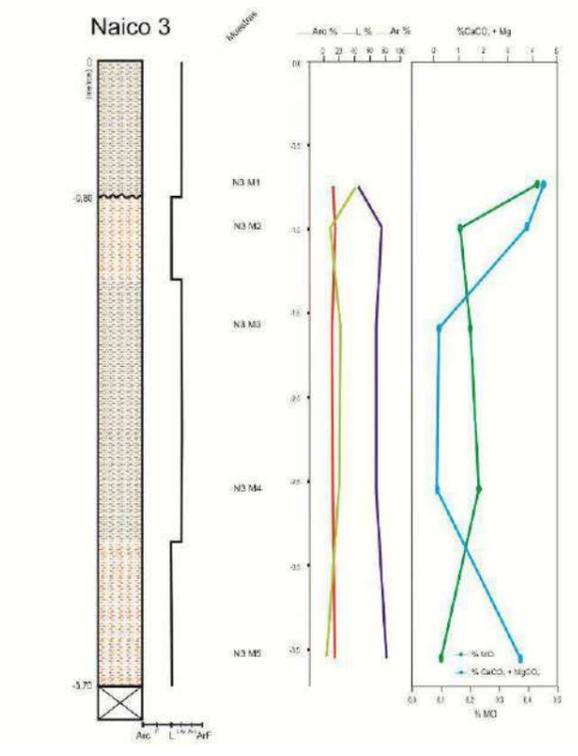
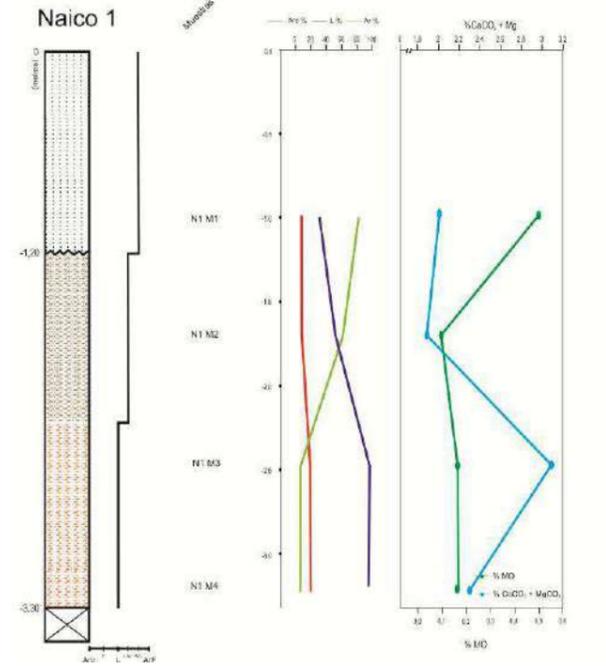
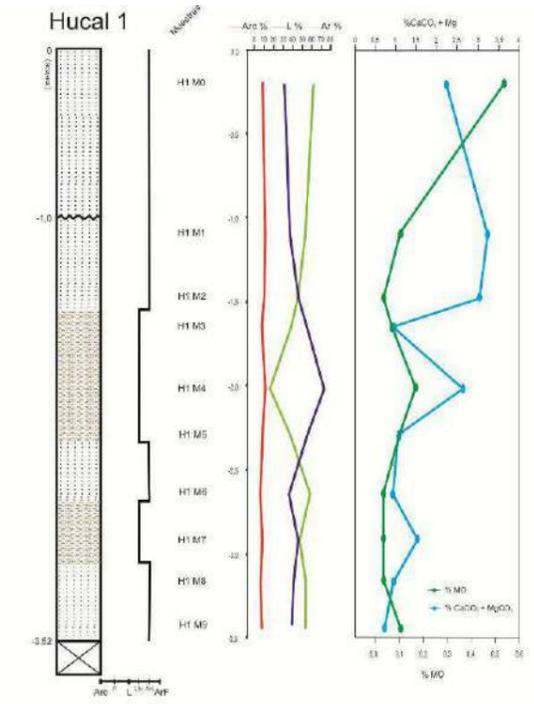
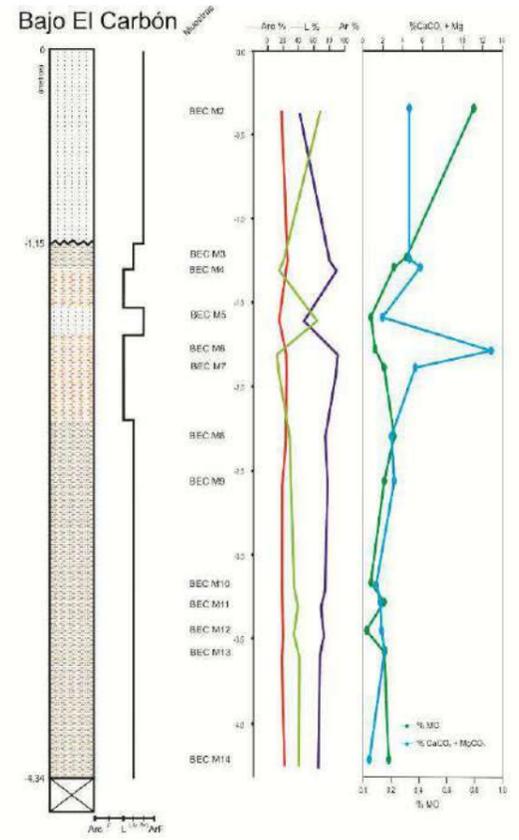
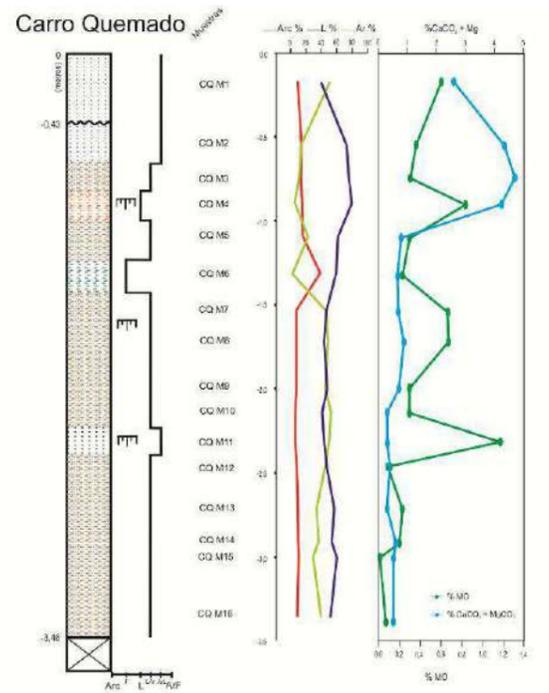
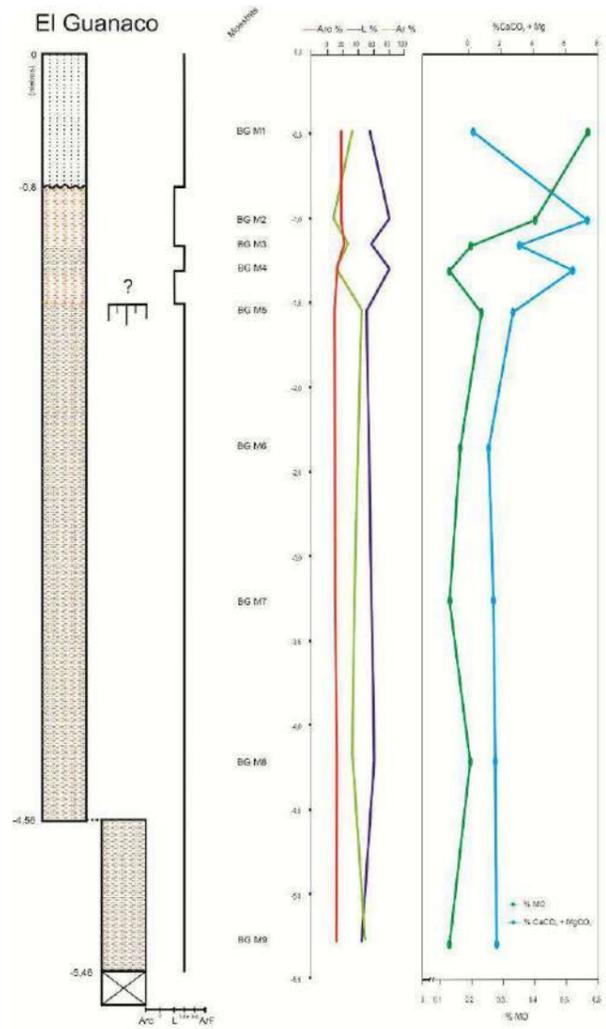


Lámina I

Referencias:

- Ar: Arena
- AfL: Arena fina limosa
- LA: Limo arenoso
- L: Limo
- F: Fango
- Arc: Arcilla
- % MO: Porcentaje de materia orgánica
- % CaCO₃ + MgCO₃: Porcentaje de carbonato de calcio y magnesio

- ☒ No expuesto/cubierto
- ▨ Arena fina limosa
- ▩ Limo arenoso
- ▧ Limo
- ▦ Fango
- ▭ Paleosuelo
- ~ Contacto de tipo abrupto y forma suave a irregular

0m
0.5m
1m

4.6. Análisis mineralógico por difracción de rayos X

En el perfil de Carro Quemado el análisis por difracción de rayos X de tres muestras de sedimento, representativas del depósito pelítico-psamítico del afloramiento, permitió identificar la existencia de minerales de cuarzo, plagioclasas y feldespatos potásicos, y en menor medida arcilla, micas, calcita y zeolitas, en roca total. El análisis de los minerales de arcilla reveló la presencia de un 60-65 % de esmectita, 25-30 % de illita y mica, 10 % de interstratificados de illita-esmectita, y trazas (<1%) de caolinita (Tabla 3).

Muestra	Roca Total																	Arcillas													
	Feld			Carbonat			Ceolitas			Sulfat			Arc y y			Arc y y			Interstratificados			Cr	K	Cr							
	Q	K	Pl	Ca	D	Sid	A	Cl	L	Y	Ah	Ha	Py	Hm	Ot	Mi	IS	CS	%	Cr	CE				%	Cr	CE	Cl	Cr	K	Cr
	ma	e	ea	t			me			e					e	e	25	B													
CQ ES 1-2	ma	e	ea	t			me								e	e	25	B	65	M	10	M	NC						T		
CQ ES 3-4	e	e	ea	t			me								e	e	30	B	60	M	10	M	NC						T		
CQ ES 6	a	e	a	t	t		t	me							e	e	25	B	65	M	10	M	NC						T		

Q: Cuarzo	A: Analcima	I: Illita	ea: extremadamente abundante >75%
Feld: Feldespatos	Cl: Clinoptilolita	Mi: Mica	ma: muy abundante 50 a 75%
K: Feldespato potásico	L: Laumontita	Sm: Esmectita	a: abundante 30 a 50%
Pl: Plagioclasa	Y: Yeso	IS: Interstratificado Illita-Esmectita	m: moderado 15 a 30%
Carbonat: Carbonatos	Ah: Anhidrita	CE: Capas expansivas	e: escaso 5 a 15%
Ca: Calcita	Py: Pirita	CS: interstratíf. Clorita-Esmectita	me: muy escaso 1 a 5%
D: Dolomita	Hm: Hematita	KS: interstratíf. Caolinita-Esmectita	t: trazas <1%
Sid: Siderita	Ot: Otros	K: Caolinita	Ha: Halita
Dw: Dawsonita	Arc: Arcillas	Cr: Cristalinidad	

Tabla 3. Resultados mineralógicos obtenidos por Difracción de Rayos X en tres muestras de sedimento del perfil Carro Quemado.

5. DISCUSIÓN

5.1. Geomorfología de los valles transversales

El análisis de las localidades estudiadas permitió elaborar un esquema geomorfológico general para los valles transversales (Figura 16), con variaciones locales menores. Los sectores más proximales de las paredes de valle (Figura. 16), conforman superficies de erosión actualmente activas, como lo demuestra la existencia de cárcavas paralelas (Figura 16) elaboradas en el sustrato conformado por los sedimentos limo arenosos de la Formación Cerro Azul. La costra calcárea que corona esta unidad (Figura 16), de mayor resistencia relativa a la erosión, genera un borde protuberante con aleros y cornisas. Así, la Fm. Cerro Azul forma un frente disectado que ha sido generado como consecuencia del ensanchamiento por erosión lateral durante el proceso general de excavación de los valles; a estos sectores corresponden los afloramientos de la unidad señalados en el mapa geológico presentado por Linares *et al.* (1980) y en el mapa geológico de la Provincia de La Pampa (Servicio Geológico Minero Argentino, 1999).

A continuación de los sectores proximales de paredes de valle (Figura 16), se sitúan elevaciones de alturas relativas decrecientes hacia los sectores de menor cota de los valles; constituyen un rasgo morfológico destacable por ser comunes a todos los valles analizados. Estas elevaciones se caracterizan por cumbres aplanadas con una muy moderada inclinación en la dirección de la pendiente de los ejes de los valles o bien, como en el caso del Bajo del Durazno (Lámina II), inclinadas en dirección a los sectores topográficamente más bajos. La altimetría de las elevaciones permite agruparlas en dos sistemas principales cuya expresividad morfológica está parcialmente enmascarada por las cubiertas medanosas y/o los mantos de arena del Pleistoceno tardío-Holoceno.

El sistema de elevación de mayor cota relativa (Figura 16) conforma superficies de aspecto mesetiforme, muy ligeramente inclinadas en dirección del gradiente general de los valles y en ocasiones relativamente extensas (más de 1 km de anchura). En algunos cortes artificiales de moderada extensión, afloran depósitos asignables a la Fm. Cerro Azul, cubiertos por los depósitos arenosos del Pleistoceno tardío-Holoceno.

El sistema de elevación de menor cota topográfica (Figura 16) margina los sectores más deprimidos de los valles donde escurren cursos efímeros o en el caso de los bajos, se sitúan lagunas temporarias o salinas (Figura 16). A este sistema de elevaciones

corresponderían los depósitos pelítico-psamíticos aquí estudiados, que exhiben un relieve de planicie suavemente ondulado y disectado (Lámina II).

Se presentan variaciones locales al esquema mencionado en las localidades de Naicó (valle de Quehué) y Hucal. En la primera, las superficies de los depósitos pelítico-psamíticos de los perfiles N1, N2 y N3 (Figura 17) exhiben diferencias altimétricas entre sí. Esto determina el desarrollo de un relieve escalonado, que sugiere la existencia de un subsistema de elevaciones. En el caso de la localidad de Hucal (Figura 17), también se observa una diferencia altimétrica entre las superficies de los depósitos analizados (H1 y H2) que respondería asimismo a un subsistema de elevaciones.

En consecuencia, desde el punto de vista geomorfológico, la configuración topográfica escalonada de los valles, permite inferir la existencia de, al menos, tres episodios principales de excavación durante su evolución (Figura 20). Los depósitos pelítico-psamíticos analizados están vinculados con el segundo episodio de excavación que en algunos valles (Quehué y Hucal) habría consistido quizás de más de un pulso de incisión. Este escalonamiento interno fue mencionado por varios autores quienes le dieron distintas interpretaciones. Tapia (1939) describió la existencia de niveles escalonados que fueron asignados a niveles de piedemonte; posteriormente Vogt *et al.* (1999) indicaron la presencia de siete niveles escalonados en el relieve del Bloque de Chadileuvú. Por su parte, Mehl (2005) y Mehl y Zárate (2007) describen tres sistemas de elevaciones para el Bajo del Durazno, en cercanías al área de cabecera del Valle de Nerecó. Finalmente, Vogt *et al.* (2010), identificaron un nivel de terraza aluvial desarrollado a lo largo del *talweg* de los valles, consistente de sedimentos, carentes de carbonato, que interpretaron como derivados de los afloramientos miocenos de la Fm. Cerro Azul.

El sistema de elevaciones de mayor cota es el de mayor edad relativa. Las observaciones efectuadas sólo permitieron determinar que está compuesto por depósitos atribuibles a la Fm. Cerro Azul (edad Mioceno tardío), pero no fue objeto de estudio en este trabajo. En orden cronológico decreciente, continuaría el sistema de elevaciones de menor cota, integrado por los depósitos pelítico-psamíticos analizados, también pertenecientes a la Fm. Cerro Azul. Posteriormente comenzó un nuevo ciclo de degradación/agradación representado por las zonas más bajas ocupadas por los cursos efímeros, así como las salinas y/o lagunas actuales. La edad de este ciclo estaría acotada por la edad de los depósitos vinculados. En la depresión de la Laguna Don Tomás (Valle de Chapalcó), los sedimentos que suprayacen en discordancia a la Fm. Cerro Azul son portadores de fauna de edad Lujanense (Montalvo *et al.*, 2007; Montalvo *et al.*, 2009)

asignable al Pleistoceno tardío.

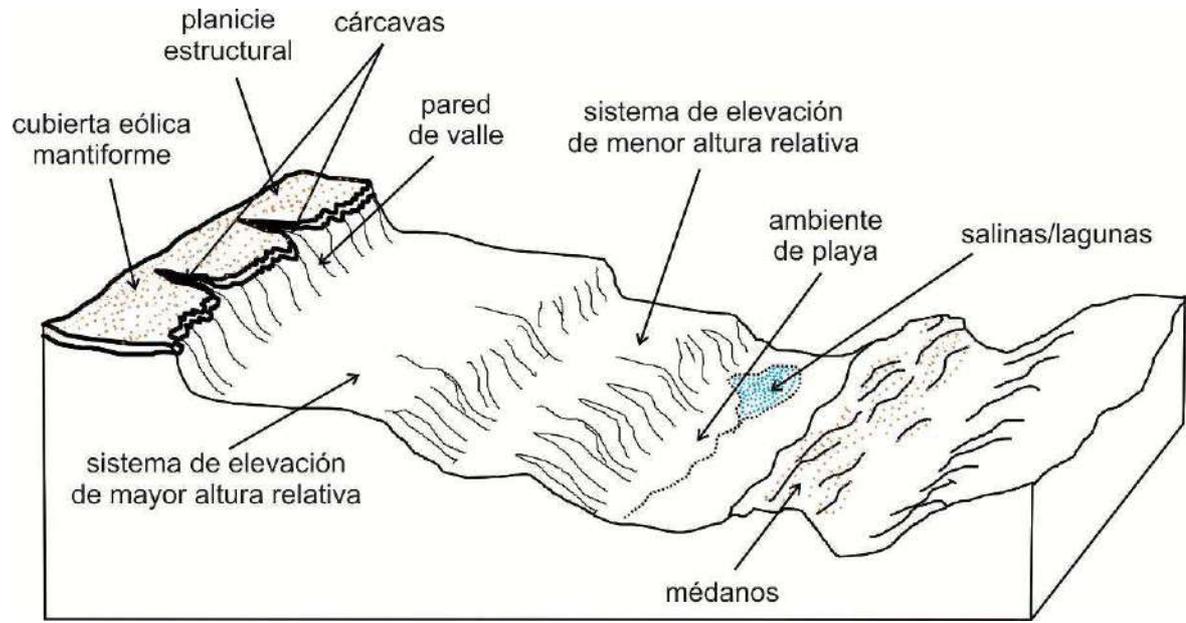


Figura 16. Esquema geomorfológico general de los valles transversales.

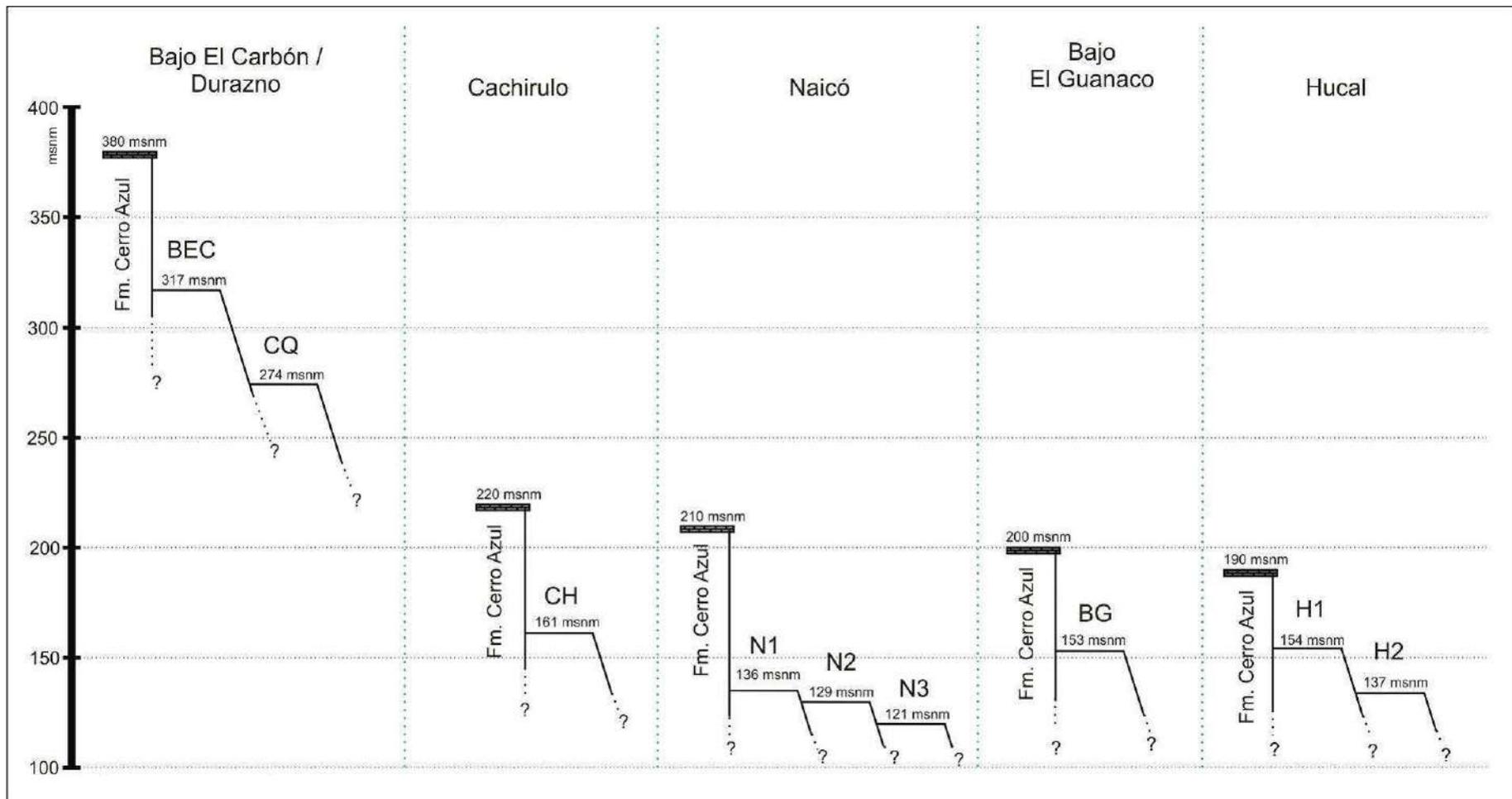


Figura 17. Esquema representativo de la ubicación topográfica de los depósitos analizados y su posición respecto de la planicie estructural (Fm Cerro Azul con costra calcárea) . msnm: metros sobre el nivel del mar.

5.2. *Estratigrafía de los depósitos*

Los depósitos pelítico-psamíticos analizados se encuentran cubiertos en discordancia, en todos los casos considerados, por un manto de arena fina limosa correlacionable con la Fm. Meauco (Pleistoceno Superior-Holoceno) según el esquema regional. De acuerdo con los restos fósiles exhumados en algunas localidades, los depósitos pelítico-psamíticos se habrían acumulado en algún momento del Mioceno tardío (Verzi *et al.*, 2008). La base de los depósitos pelítico-psamíticos no está expuesta en las localidades analizadas. En la localidad de Quehué, en el valle homónimo, depósitos comparables a los estudiados, suprayacen facies fluviales de la Fm. Cerro Azul, aflorantes en el cauce del arroyo efímero actual (Mehl, 2011, pág. 216 Figura 10.3). Por otro lado, en la laguna de Chillhué, Visconti (2007) y Folguera (2011) señalan que los depósitos pelítico-psamíticos forman la base de la sucesión expuesta en la margen noroccidental, cubiertos por depósitos acumulados en ambiente fluvial. La sucesión mencionada compone una elevación de aspecto mesetiforme que rodea a la depresión actual y forma parte del sistema de elevaciones de menor cota del Valle de Utracán, similar a la configuración geomorfológica descripta en las localidades de estudio.

La expresión geomorfológica de los depósitos pelítico-psamíticos conformando sistemas de elevaciones, su distribución ubicua en todos los valles y sus bajos, a diferentes cotas desde el sector oeste hacia el este del área de estudio (Figura 17), sugieren que están asociados con el proceso de agradación vinculado con el segundo episodio de excavación de los valles (Figura 20). No representan entonces el nivel estratigráfico basal de la sucesión, sino depósitos acumulados en el interior los valles. En relación con ello, Folguera (2011) señala, a partir del análisis regional de los afloramientos, las relaciones estratigráficas y los espesores de la Fm Cerro Azul, así como las edades inferidas sobre la base de los restos fósiles exhumados (Verzi, 1999; Verzi y Montalvo, 2008; Verzi *et al.*, 2008), que la sección basal de la unidad está expuesta en el margen occidental del Bloque de La Pampa Central (área de Valle Daza), con restos de fauna chasiquense; hacia el este del Bloque, próximo al límite con la cuenca de Macachín, están expuestos los términos más jóvenes, portadores de fauna huayqueriense (Figura 18).

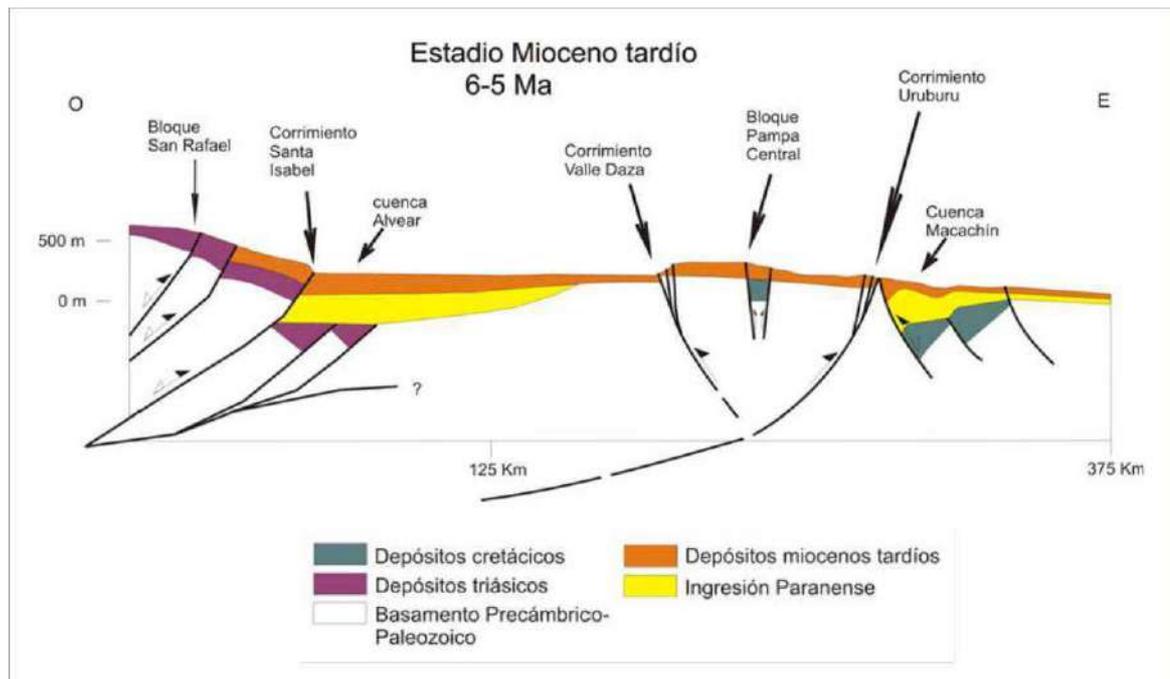


Figura 18. Esquema del sector central de Argentina con el desarrollo del Bloque de La Pampa central, para el Mioceno superior. Tomado de Folguera (2011).

Los casos más ilustrativos de la ubicación general de los depósitos están representados por el Bajo del Carbón y el Bajo del Durazno (Figura 19), en las cabeceras del valle de Nerecó, separados por una distancia de 3-4 km. Ambos exhiben un relieve interno aterrazado integrado por sendos sistemas de elevaciones compuestas por los depósitos pelítico-psamíticos que marginan los sectores más bajos; la diferencia altimétrica entre los afloramientos es de aproximadamente 40 m lo que señala que se trata de afloramientos de depósitos independientes, acumulados en dos depresiones diferentes (Lámina II y Figura 19).

En el área del Bajo del Durazno, Mehl (2005) y Mehl y Zárate (2007) mencionaron afloramientos de los depósitos pelítico-psamíticos analizados que interpretaron como una facies lateral de uno de los ciclos de agradación/degradación identificados. Las nuevas exposiciones a lo largo de los cortes de la ruta 105 (CQ), no disponibles durante el desarrollo de aquellos trabajos, permitieron establecer que los depósitos pelítico-psamíticos conforman también la divisoria de aguas (aproximadamente a 275 msnm) que separa el Bajo del Durazno del de Carro Quemado (Figura 20.C). Estas exposiciones permitieron establecer, además, que los depósitos constituyen el sustrato de los tres sistemas de elevaciones descriptos y por lo tanto son de mayor edad relativa (Mioceno tardío) a la propuesta por Mehl (2005) y Mehl y Zárate (2007).

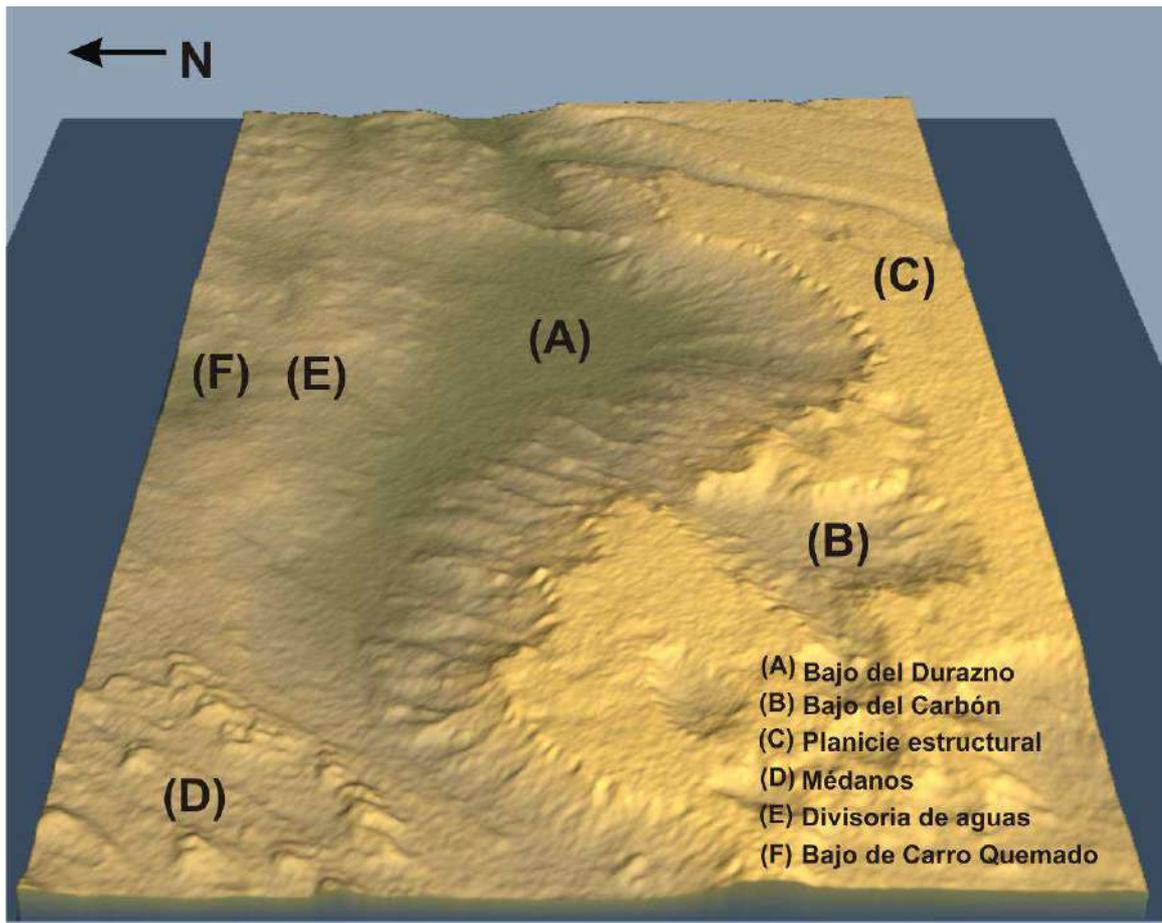


Figura 19. Imagen radar del Bajo del Durazno, Carbón y Carro Quemado.



Figura 20. Escalonamiento observado en el interior de los valles transversales pampeanos. Planicie estructural: flecha roja. Niveles topográficos: flecha negra. Piso actual del valle: flecha amarilla **A:** Bajo del Carbón, vista hacia el este. **B:** Bajo el Durazno, vista hacia el sur. **C:** Divisoria de aguas del Bajo del Durazno y del de Carro Quemado, vista al norte sobre la ruta provincial N° 105-13. **D:** Bajo El Guanaco, vista hacia el sur (Tomado de Folguera, 2011). **E:** Naicó 3, vista hacia el este. **F:** Hucal 1, vista hacia el NE, véase además la cadena de médanos desarrollada en el interior del valle.

5.3. Ambiente de sedimentación

El análisis litofacial de los depósitos pelítico-psamíticos permitió describir e interpretar dos Facies (**A** y **B**) en los depósitos analizados. La **Facies A**, integrada por las litofacies **Afb**, **Afm_f**, **Lab_c**, **Lab_{mf}** y **Lb_{fc}**, se reconoció en los perfiles ubicados en las localidades de CQ, BEC, BG, CH, N1, N3, H1 y H2. Esta Facies correspondería a sedimentos depositados en ambientes de baja energía con drenaje deficiente, desarrollando áreas inundables. Por su parte, las **Facies B**, compuesta por las litofacies **Lam_i** y **LI**, fue descripta para los perfiles de BG y CH. Se infiere a partir de ella el desarrollo de canales abandonados y/o de naturaleza efímera y de muy escasa expresión morfológica; éstos habrían transportado sedimentos finos movilizados por suspensión hacia las áreas más deprimidas de los valles. Las Facies A y B constituyen en conjunto una **Asociación de Facies (AF1)**, reconocida en todas las localidades de estudio, que representaría un ambiente general de baja energía, donde los lapsos con mayor aporte de agua se habrían relacionado con periodos de mayor precipitación.

En relación de discordancia, y mediando un prolongado hiatus estratigráfico, acotado entre el Mioceno tardío y el Pleistoceno tardío, se depositaron las arenas finas limosas y limos arenosos macizos de grano suelto de la litofacies **Afm**. Estos depósitos, incluidos en la **Facies C**, se han interpretado como mantos de arena generados por agradación vertical en superficies parcialmente vegetadas. El conjunto de los depósitos arenosos que conforman las cadenas de médanos desarrolladas en el interior de los valles transversales (Figura 20.F), y ésta litofacies permitirían definir una segunda **Asociación de Facies (AF2)** representativa de un ambiente de agración eólica durante el Pleistoceno tardío (Fm. Meauco).

Si se considera la variación de los atributos analizados en función de la profundidad se puede inferir que la mayor concentración de materia orgánica y de cutanes en algunas de las secciones estudiadas, así como la coloración más oscura respecto de los sedimentos supra e infrayacentes, es el resultado de procesos pedogenéticos que modificaron los sedimentos pelítico-psamíticos. En los casos de Carro Quemado y el Bajo del Guanaco, constituyen niveles diferenciables con continuidad lateral a lo largo del afloramiento que corresponderían, por lo tanto, a diferentes paleosuelos (Figura 21). Ello indicaría variaciones en la tasa de sedimentación durante el proceso de acumulación con intervalos de mayor predominio pedogenético. En los demás casos analizados (Bajo El Carbón, Hucal 1 y 2, Naicó 1 y 3, Cachirulo) los procesos pedogenéticos habrían actuado imprimiendo

rasgos pedológicos a lo largo de todo el depósito, sin llegar a identificarse niveles individuales. En este caso podrían representar situaciones con tasas de sedimentación y pedogénesis comparables.



Figura 21. Depósitos analizados en la localidad de Carro Quemado. Las flechas indican los niveles con rasgos pedogenéticos.

Si bien las acumulaciones calcáreas contenidas en los depósitos estudiados no han sido analizadas en detalle en esta contribución, es posible proponer que los nódulos de carbonato se vincularían ya sea con procesos pedogenéticos, o bien con la circulación de agua subterránea a través de los sedimentos (Esteban y Klappa, 1983).

Los distintos minerales presentes en los depósitos pelítico-psamíticos aportan datos sobre el origen de los sedimentos; las plagioclasas provienen de rocas ígneas y metamórficas (Deer *et. al.*, 1992); y la alta relación entre plagioclasas y feldespatos potásicos indicaría un origen a partir de arcos volcánicos (Dickinson y Suckzek, 1979; Scasso y Limarino, 1997).

Los minerales de arcilla están estrechamente relacionados con las condiciones climáticas (Camilión, 1993) y pueden ser indicadores de cambios climáticos de húmedo a árido, aunque si los mismos son de corta duración podrían no ser registrados (Birkeland, 1999). El conjunto mineralógico de arcillas aquí analizado (Tabla 3) es similar al identificado por Visconti (2007) en los sedimentos de la Fm. Cerro Azul, y es interpretado como producto de una meteorización moderada en climas subhúmedos a semiáridos, ya que la esmectita acompañada de otros minerales de arcilla tales como illita e interstratificados es común en suelos de climas templados (Thiry, 2000; en Visconti,

2007). Sin embargo, estudios realizados sobre sedimentos limos arcillosos asignados al “Post-pampeano” (Holoceno), en el NE de la provincia de Buenos Aires, han establecido que el contenido de illita, montmorillonita y caolinita corresponde a arcillas de tipo residual y heredada de las áreas fuentes, en este caso por erosión de sedimentos del Pampeano inferior de la provincia de Entre Ríos (González Bonorino, 1965; Vargas Gil *et. al.*, 1972; en Camilión, 1993); o bien, pueden proceder de la meteorización de rocas del basamento en otro tipo de ambiente. Asimismo, pocos autores han sugerido, y con dudas, procesos de transformación y neoformación para los minerales de arcilla de la Fm. Pampeano.

MAPA GEOMORFOLÓGICO DEL BAJO EL CARBÓN, EL DURAZNO Y ÁREA DE CARRO QUEMADO

- REFERENCIAS:
-  Planicie estructural con costra calcárea
 -  Ladera/pendiente de ladera
 -  Cárcava
 -  Línea de escurrimiento
 -  Línea de escurrimiento débil
 -  Laguna/salital
 -  Elevaciones internas
 -  Ruta provincial (RP)
 -  Camino
 -  Ubicación del perfil
- altura relativa
-  Planicie estructural
 -  Bajo

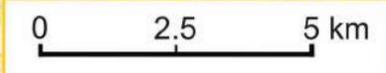
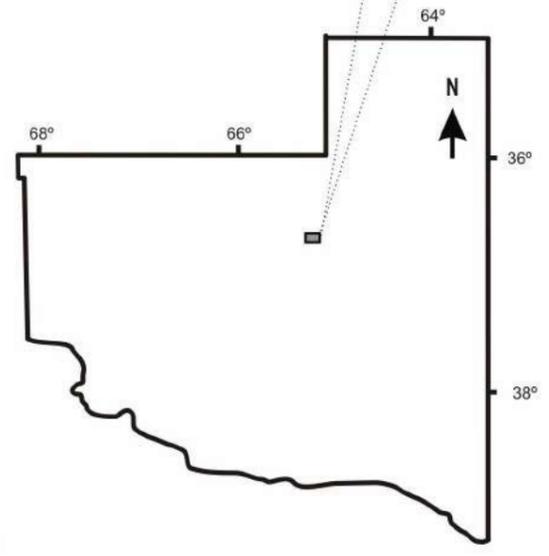
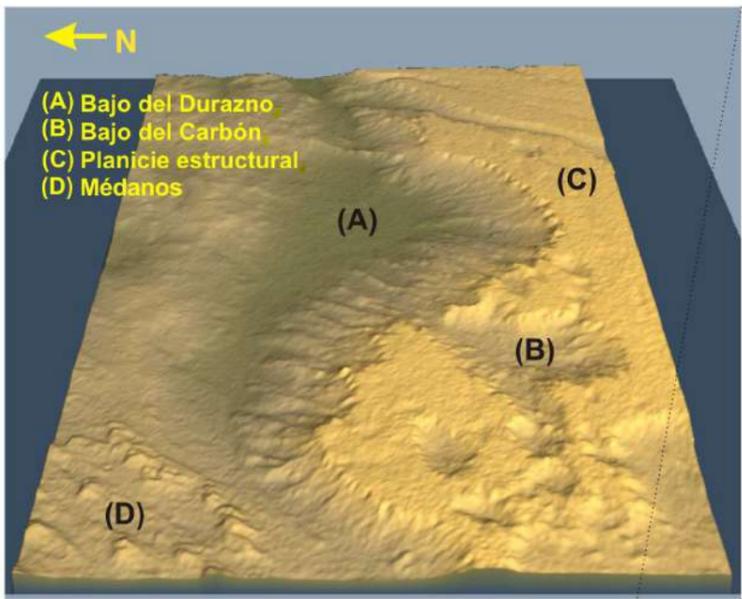
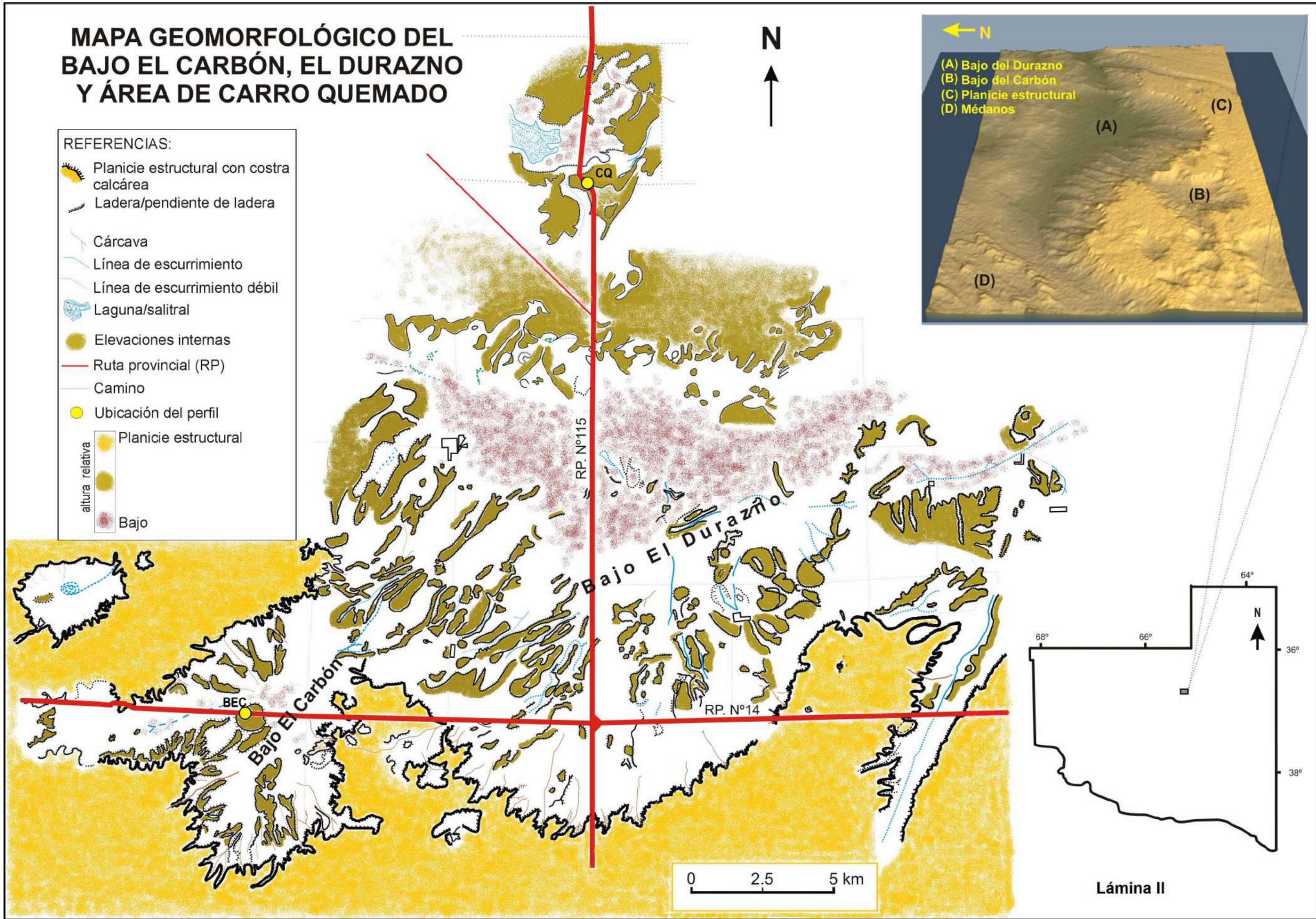


Lámina II

6. CONCLUSIONES

Los estudios realizados permiten sustentar como más probable la hipótesis de trabajo que plantea que los depósitos pelítico-psamíticos analizados se acumularon en el interior de los valles transversales en algún momento del Mioceno tardío. En consecuencia, representarían los depósitos de menor edad relativa de la Fm. Cerro Azul, siendo más antiguos los niveles aflorantes en las paredes de los valles. Con posterioridad a la acumulación de los depósitos pelítico-psamíticos se registra un prolongado hiatus estratigráfico. La sedimentación se habría reanudado en el Pleistoceno tardío, con la depositación de las arenas eólicas de la Fm. Meauco y de depósitos aluviales de la misma edad en el interior de algunos de los valles (Mehl *et al.*, 2008, Mehl, 2011). Las causas de este hiatus podrían vincularse con la actividad tectónica (Vogt *et al.*, 2010; Folguera, 2011).

El relieve escalonado observado en el interior de los valles, correspondería a diferentes niveles aterrazados generados durante el proceso general de excavación de los mismos, que se habría iniciado en algún momento del Mioceno tardío. Esto avala la propuesta de un origen erosivo para los valles transversales de La Pampa como plantearon varios autores oportunamente.

En futuros trabajos podría plantearse, una subdivisión estratigráfica de la Fm. Cerro Azul en unidades litoestratigráficas de menor jerarquía (por ejemplo miembros) o bien utilizar los criterios que definen alonidades, es decir sobre la base, en este caso, de superficies de discontinuidad con expresión geomorfológica (NASCN, 1983).

Se plantea la inquietud de realizar futuros estudios que permitan inferir la génesis de los nódulos calcáreos y de los paleosuelos observados. Como así aquellos tendientes a ajustar la interpretación del ambiente de sedimentación de los depósitos pelítico-psamíticos y de los procesos postdepositacionales que los han afectado.

7. AGRADECIMIENTOS

Al director de esta tesina, Dr. Marcelo Zárate, por su dedicación, guía y estímulo.

A la co-directora, Dr. Adriana Mehl, por su predisposición, dedicación y paciencia permanente.

A Leonel Zabala y Pedro Di Liscia que me acompañaron y ayudaron durante las tareas de campo.

A Graciela Visconti y Claudia Montalvo por la bibliografía prestada.

A Daniel Poiré, por facilitarme los datos de los análisis de rayos x.

A la Dirección General de Catastro de la provincia de La Pampa, Administración Provincial del Agua (APA) y Subsecretaría de Recursos Hídricos de la provincia de La Pampa.

A la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

Muy especialmente a mi familia y amigos que me han brindado su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Abello, A., Montalvo, C.I. y Goin, F. 2002. Marsupiales del Mioceno superior de Caleufú (La Pampa, Argentina). *Ameghiniana* 39: 433-442.
- Birkeland, P. T., 1999. Soils and geomorphology. (3ra. edición). Editorial Oxford University Press, 430 pp.
- Camilión, M. C., 1993. Clay mineral composition of pampean loess (Argentina). *Quaternary International*, 17: 27-31.
- Calmels, A. P. (1996). Bosquejo Geomorfológico de la Provincia de La Pampa UNLPam. Santa Rosa, 110 pp.
- Calmels, A. P. y Casadío, S. A. (2004). Compilación Geológica de la provincia de La Pampa. Santa Rosa, La Pampa, 322 pp.
- 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.
- Catt, J.A., 1990. Paleopedology manual. *Quaternary International* 6. Pergamon Press. Oxford, 95 pp.
- 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* n. s. 4: 35-43.
- Deer, W. A., Howie, R. A. y Zuzmann, R., 1992. The Rock Forming Minerals. Editorial Longman Scientific and Technical (2da. edición). 696 p.
- Delpino, S., Ferracutti, G., Kostadinoff, J. y Bierg, E. 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 (3). 535-551.
- Dickinson, W. R. y Suckzek, C. A., 1979. Plate tectonic and sandstone composition. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 63: 2164-2182.
- Esteban, M and Klappa, C. F. (1983): Subaerial exposure environment. In: *Carbonate depositional environments* (P. A. Scholle, D. G. Bubout and C. H. Moore, Eds.), Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem., 33: 1-54.
- Folguera, A. 2011. La reactivación neógena de La Pampa Central. Tesis doctoral (inérita). Universidad de Buenos Aires. 192 pp.
- Folguera, A. y Zárate, M. 2009. La sedimentación neógena continental en el sector extrandino de Argentina central. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 64: 692-

712.

Folguera, A. y Zárata, M. 2011. Neogene sedimentation in the Argentine foreland between 34°30'S and 41°S and its relation to the Andes evolution. *Cenozoic Geology of the Central Andes of Argentina*, 123-134.

Folk, R. L. 1954. The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. *Journal of Geology*, V. 62: 344-359.

Giai, S.B. (1975): Plan de investigación de aguas subterráneas (PIAS). Informe inédito, Dirección de Aguas Subterráneas de La Pampa, 56 pp.

Goin, F., Montalvo, C.I. y Visconti, G. 2000. Los marsupiales (Mammalia) del Mioceno superior de la Formación Cerro Azul (provincia de La Pampa, Argentina). *Estudios Geológicos* 56: 101-126.

INTA - Gobierno de La Pampa – UNLPam (1980). Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa. Buenos Aires, 493 pp.

Kostadinoff, J., Llambías, E., Raniolo, L. A. y Alvarez, G. T. 2001. Interpretación geológica de la información geofísica de la provincia de La Pampa: *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 56 (4): 481-493

Limarino, C. O., Césari, S. N., Net, L. I., Marensi, S. A., Gutierrez, R. P. and Tripaldi, A., 2002. The Upper Carboniferous postglacial transgression in the Paganzo and Río Blanco Basins (Northwestern Argentina): facies and stratigraphic significance. *Journal of South American Earth Sciences* 15(4): 445-460.

Linares, E., Llambías E. J. y Latorre, C. O. 1980. Geología de la provincia de La Pampa. República Argentina, y geocronología de sus rocas metamórficas y eruptivas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 35 (1): 87 – 146.

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.*

Marensi, S.A, Limarino, C.O, Tripaldi, A. and Net, L.I., 2005. Fluvial systems variations in the Río Leona Formation: Tectonic and eustatic controls on the Oligocene evolution of the Austral (Magallanes) Basin, southernmost Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 19(3): 359-372.

Mehl, A. E., 2005. Estratigrafía y Paleoambientes del Bajo del Durazno, Departamento Loventué, provincia de La Pampa. Tesis de grado, inédita. UNLPAM, Santa Rosa, La Pampa.

Mehl, A.E. y Zárata, 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.

Mehl, A.E. y Zárata, M.A. 2008. Sucesiones aluviales del Pleistoceno tardío-Holoceno del Valle de Quehué, La Pampa, Argentina. XII Reunión Argentina de Sedimentología. Capital Federal, Buenos Aires. Actas de Resúmenes: pág. 115.

Mehl, A.E., 2011. Sucesiones aluviales del Pleistoceno tardío-Holoceno, Valle de Uco (provincia de Mendoza): inferencias paleoambientales y paleoclimáticas. Tesis doctoral. Universidad Nacional de La Plata. Inédita. 355 pp.

Melchor, R.N. y Llambías, E.J. 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. Printed in Italy, 582 pp.

Montalvo, C.I. y Casadío, 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., Visconti, G., Púgener, L. y Cardonatto, M. 1995. Mamíferos de Edad Huayqueriense (Mioceno tardío), Laguna Chillhué, provincia de La Pampa. 4° *Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses* (Junín), *Actas* 1: 73-79.

Montalvo, C.I., Cardonatto, M., Visconti, G., Verzi, D.H. y Vucetich, M.G. 1996. Vertebrados de la Formación Cerro Azul (Mioceno tardío) del Valle de Quehué, provincia de La Pampa, Argentina. 6° *Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales* (Santa Rosa), *Actas*: 159-165.

Montalvo, C.I., Mehl, A., Zárata, M.A. 2007. Mamíferos del Pleistoceno tardío-Holoceno en el valle de Quehué, La Pampa, Argentina. 6° *Jornadas Geológicas Bonaerenses*. Mar del Plata, Buenos Aires, 12 al 14 diciembre de 2007.

Montalvo, C.I., Zárata, M.A., Bargo, M.S. y Mehl, A., 2009. Registro sedimentario y mamíferos Pleistocenos, depresión de la laguna Don Tomás, Santa Rosa, La Pampa, Argentina. *IV Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología. Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. II Reunión sobre el Cuaternario de América del Sur*. La Plata, Argentina. 21 al 23 de septiembre de 2009. Acta de resúmenes: resumen n° 270.

Montalvo C.I., Melchor, R.N., Visconti, G. y Cerdeño, E. 2008. Vertebrate taphonomy in loess-paleosol deposits: a case study from the Late Miocene of central

Argentina. *Geobios* 41: 133-143.

Munsell Color X-Rite, 2000. Munsell Soil Color Charts, revised washable edition. Grand Rapids.

NACSN, 1983, North American Stratigraphic Code, 1983: AAPG Bulletin, v. 67, p. 841-875.

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.

Scasso, R. A. y Limarino, C. O., 1997. *Petrología y Diagénesis de Rocas Clásticas. Asociación Argentina de Sedimentología, Publicación Especial 1. 257 p.*

Servicio Geológico Minero, de Industria y Comercio Argentino y Gobierno de la provincia de La Pampa (1999). *Mapa Geológico de la provincia de La Pampa (1:750.000)*.

Tapia, A. 1939. Chacharramendi y alrededores. *Physis, Revista de la Sociedad Geológica Argentina de Ciencias Naturales (Sección Geológica y Paleontológica)* XIX (46): 221-224.

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^o Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 183-192*, San Luis.

Tickyj, H., Llambías, E.J. y Melchor, R.N., 2002. Ordovician Rocks from La Pampa province, Argentina. En Aceñolaza, F. G (ed). *Aspects of the Ordovician System in Argentina*. INSUGEO, Serie Correlación Geológica 16: 257-266.

Tripaldi, A., Zárate, M., Brook, G.A., 2010. SUCESIONES EÓLICAS Y FLUVIALES DEL PLEISTOCENO TARDÍO-Holoceno DE LA PLANICIE SANRAFAELINA: PALEOAMBIENTES Y PALEOCLIMA. En: Zárate, M., Gil, G. y Neme, G. (comps.), *Condiciones paleoambientales y ocupaciones humanas durante la transición Pleistoceno–Holoceno y Holoceno de mendoza*. Sociedad Argentina de Antropología. Buenos Aires. Pag. 95-122.

Umazano, A. M., Giai, S. B., Melchor, R. N., González, M. G., Grill, S. C. y Visconti, G. 2010. Paleosuelos y depósitos lacustres en el manto de arena del Pleistoceno superior-Holoceno en el centro de La Pampa, Argentina: Significado paleoambiental y paleoclimático. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 23 (3-4): 89-99.

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.H., Montalvo, C.I. y Vucetich, M.G. 1999. Afinidades y significado evolutivo de *Neophanomys biplicatus* (Rodentia, Octodontidae) del Mioceno tardío-Plioceno temprano de Argentina. *Ameghiniana*, 36 (1): 83-90.

Verzi, D.H.; Montalvo, C.I. y Tiranti, S.I. 2003. Un nuevo *Xenodontomys* (Rodentia, Octodontidae) del Mioceno tardío de La Pampa, Argentina. Patrón evolutivo y bioestratigrafía. *Ameghiniana*, 40 (2): 229-238.

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.H., 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) de la provincia de La Pampa, Argentina. Tesis doctoral (inédita). Universidad de Buenos Aires. 203 pp.

Visconti, G., Melchor, R. N., Montalvo, C. I., Umazano, A. M. y De Elorriaga, E. E. 2010. Análisis litoestratigráfico de la Formación Cerro Azul (Mioceno superior) en la provincia de La Pampa. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 67 (2): 257-265.

Vogt, T., Carballo, O. y Calmels, A.P. 1999. Un esbozo de la explicación de la génesis de las toscas de la meseta de La Pampa. *1º Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología*, Actas 195-206, La Pampa.

Vogt, H., Vogt, T. y Calmels, A. P. 2010. Influence of the post-Miocene tectonic activity on the geomorphology between Andes and Pampa Depressed in the area of Provincia de La Pampa, Argentina. *Geomorphology* 121, issues 3-4: 152-166.

9. ANEXO

9.1. Análisis granulométrico

Localidad	Muestra	LMF	LF	LM	LG	AMF	AF	AM	AG	ARCILLA (%)	LIMO (%)	ARENA (%)
Carro Quemado (CQ)	M1	5,5	7,57	10,92	15,43	24,98	20,55	5,4	0	9,65	39,42	50,93
	M2	10,64	16,11	22,55	22,95	10,89	2,27	0,59	0	14	72,25	13,75
	M3	10,26	16,17	24,1	25,01	10,56	0,6	0	0	13,3	75,54	11,16
	M4	12,15	19,56	26,99	20,27	5,33	0,18	0	0	15,52	78,97	5,51
	M5	6,68	11,47	18,33	24,64	20,33	2,19	0,32	0	16,04	61,12	22,84
	M6	7,09	12,42	20,82	18,41	2,64	0	0	0	38,62	58,74	2,64
	M7	5,43	8,86	13,44	18,25	19,63	14,67	10,2	1,78	7,74	45,98	46,28
	M8	5,57	8,76	12,89	16,1	16,64	15,27	13,76	3,18	7,83	43,32	48,85
	M9	5,38	8,64	13,59	19,8	20,82	13,87	8,95	1,18	7,77	47,41	44,82
	M10	4,63	7,73	12	16,41	18,68	17,38	13,87	2,8	6,5	40,77	52,73
	M11	4,38	7,3	12,2	19,47	21,91	15,54	10,67	2,18	6,35	43,35	50,3
	M12	5,8	9,35	13,88	17,61	17,03	12,67	12,51	3,13	8,02	46,64	45,34
	M13	6,59	10,22	15,82	23,76	21,33	7,32	4,2	1,03	9,73	56,39	33,88
	M14	6,93	10,44	14,99	20,83	20,43	10,84	4,75	0,54	10,25	53,19	36,56
	M15	7,37	11,32	16,84	24,17	20,03	6,64	2,34	0,31	10,98	59,7	29,32
	M16	5,95	9,64	14,8	21,03	20,24	11,04	7,41	1,15	8,74	51,42	39,84
Bajo El Carbón (BEC)	M2	4,98	6,37	7,29	12,97	29,72	23,73	5,47	0,36	9,11	31,61	59,28
	M3	11,71	15,66	22,32	21,7	8,4	2,37	0,68	0	17,16	71,39	11,45
	M4	11,68	18,35	27,12	21,72	5,39	0,67	0,19	0	14,88	78,87	6,25
	M5	4,45	7,11	11,27	16,3	20,18	20,48	12,71	1,57	5,93	39,13	54,94
	M6	15,38	26,01	27,52	12,6	2,78	0,29	0	0	15,42	81,51	3,07
	M7	11,08	18,92	28,1	21,65	5,34	0,09	0	0	14,82	79,75	5,43
	M8	6,73	11,54	19,38	27,18	19,32	1,18	0,01	0	14,66	64,83	20,51
	M9	7,13	12	20,89	28,57	17,31	3,2	0,74	0,04	10,12	68,59	21,29
	M10	7,11	11,67	19,16	26,4	19	5,57	1,09	0	10	64,34	25,66
	M11	7,06	11	17,86	24,11	17,83	8,03	3,4	0,23	10,48	60,03	29,49
	M12	7,5	11,05	18,51	26,63	17,89	4,99	1,8	0,1	11,53	63,69	24,78
	M13	6,39	9,62	16,26	25,34	21,01	8,85	2,73	0,04	9,76	57,61	32,63
	M14	8,73	12,08	15,53	19,39	16,98	10,33	3,88	0,11	12,97	55,73	31,3
	Bajo El Guanaco (BG)	M1	9,23	11,38	14,77	17,87	18,58	10,37	1,54	0,25	16,01	53,25
M2		12,33	19,34	26,05	20,7	5,36	0,18	0,19	0	15,85	78,42	5,73
M3		6,78	10,19	15,67	22,72	20,96	3,53	0,22	0	19,93	55,36	24,71
M4		8,06	14,07	26,62	29,85	9,68	0,02	0	0	11,7	78,6	9,7
M5		4,9	7,77	13,6	23,1	21,26	11,01	8,92	2,24	7,2	49,37	43,43
M6		5,57	9,1	15,21	24,32	20,34	8,15	7,45	2,14	7,72	54,2	38,08
M7		5,84	9,51	16,25	27,15	23,2	8,24	1,76	0	8,05	58,75	33,2
M8		6,94	10,37	16,86	25,24	18,72	7,53	4,04	0,22	10,08	59,41	30,51
M9		6,67	8,73	11,65	15,76	15,61	13,5	15	3,52	9,56	42,81	47,63
Huacal 1 (H1)	M0	5,16	6,49	7,89	10,97	16,79	27,91	16,94	0,21	7,64	30,51	61,85
	M1	6,66	8,28	9,81	11,18	14,55	24,72	13,96	0,01	10,83	35,93	53,24
	M1*	5,91	8,43	16,7	31,49	23,07	5,03	0,05	0	9,32	62,53	28,15
	M2	6,39	8,76	12,53	16,41	16,56	18,27	10,8	0,41	9,87	44,09	46,04
	M3	5,2	8,47	14,84	25,65	24,67	9,69	3,57	0,5	7,41	54,16	38,43
	M4	8,22	11,89	21,35	30,89	15,83	0,15	0	0	11,67	72,35	15,98
	M5	5,33	8,47	14,45	25,93	23,88	8,21	4,56	1,05	8,12	54,18	37,7
	M6	4,19	6,59	10,25	14,79	19,66	21,59	14,85	2,34	5,74	35,82	58,44
	M7	5,05	8,23	13,19	18,57	20,74	16,09	9,28	1,04	7,81	45,04	47,15
Huacal 2 (H2)	M8	4,23	7,02	11,61	17,08	20,34	18,39	12,94	2,44	5,95	39,94	54,11
	M9	5,4	7,93	11,25	14,57	17,05	18,98	15,03	2,48	7,31	39,15	53,54
	M1	6,14	9,15	13,38	15,08	17,66	21,29	8,6	0,01	8,69	43,75	47,56
	M2	5,05	9,34	16,39	21,18	19,16	12,73	7,99	0,95	7,21	51,96	40,83
	M3	2,92	5,1	9,82	18,03	23,15	20,66	14,14	2,08	4,1	35,87	60,03
	M4	3,83	6,29	10,62	16,26	19,09	19,89	16,02	2,84	5,16	37	57,84
	M5	6,37	9,89	14,91	20,11	20,12	13,09	6,48	0,59	8,44	51,28	40,28
	M6	4,21	6,99	11,54	17,57	19,95	18,46	13,62	0,31	7,35	40,31	52,34
Naico 1 (N1)	M7	5,16	8,25	12,36	17,24	17,32	15,11	14,65	3,63	6,28	43,01	50,71
	M1	4,21	5,67	7,4	8,42	25,68	34,99	7,96	0	5,67	25,7	68,63
	M2	5,16	8,25	12,36	17,24	17,32	15,11	14,65	3,63	6,28	43,01	50,71
	M3	17,7	23,03	25,44	13,62	2,69	0,96	0,28	0	16,28	79,79	3,93
Naico 3 (N3)	M4	11,91	17,45	26,97	22,95	4,63	0	0	0	16,09	79,28	4,63
	M1	7,86	9,47	11,95	16,61	22,5	17,18	2,38	0	5,67	25,7	68,63
	M2	12	17,9	24,44	22,16	7,9	0,45	0	0	6,28	43,01	50,71
	M3	7,15	11,81	19,6	29,34	19,58	2,86	0	0	16,28	79,79	3,93
	M4	8,51	13,52	20,02	26,16	17,52	2,52	0	0	16,09	79,28	4,63
Cachirulo (CH)	M5	11,85	20,81	29,51	19,47	3,36	0,3	0,03	0	14,67	81,64	3,69
	M1	5,33	9,48	16,33	21,37	21,65	13,73	4,09	0,13	7,89	52,51	39,6
	M2	4,5	7,89	12,92	18,28	21,07	18,67	10,22	0,74	5,71	43,59	50,7
	M3	2,19	6,28	12,41	16,74	20,27	20,12	15,73	3,4	2,86	37,62	59,52
	M4	2,97	8,24	15,41	20,83	23,28	7,7	0,65	0	20,92	47,45	31,63
M5	3,14	8,14	13,98	18,04	19,24	15,57	12,94	2,13	6,82	43,3	49,88	

Tabla A. Textura de las muestras (LMF: Limo muy fino; LF: Limo fino; LM: limo mediano; LG: Limo grueso; AMF: Arena muy fina; AF: Arena fina; AM: Arena mediana; AG: Arena gruesa).

9.2. Tabla con atributos litológicos, contenido de carbonato y MO, y litofacies

Perfil CQ																
Profundidad (cm.)	Muestra	Textura	Consistencia	Estructura	Color			Carbonatos %	% MO	Yeso	Nódulos de Carbonato	Páinas de Manganeso	Cutanes	Intraclastos	Raíces	Litofacies
					Húmedo	Seco	Sin carbonato - MO									
0-43	M1	AfL	s	m	10 YR 4/3	10 YR 5/2	10 YR 7/3	2,5	0,60	-	X	-	-	X	XX	Afm
43-177	M2	AfL	f	ba	7,5 YR 5/2	7,5 YR 7/2	7,5 YR 7/4	4,3	0,37	X	XX	X	X	-	-	Lab _c
	M3	LA			7,5 YR 5/4	7,5 YR 7/2	7,5 YR 7/4	4,7	0,30							
	M4	L			7,5 YR 6/2	7,5 YR 7/2	7,5 YR 7/4	4,2	0,84							
	M5	LA			10 YR 5/3	7,5 YR 6/4	10 YR 7/4	0,6	0,30							
	M6	F			10 YR 5/4	7,5 YR 6/4	10 YR 7/4	0,5	0,23							
	M7	LA			10 YR 6/4	10 YR 6/4	10 YR 7/4	0,5	0,67							
177-192	M8	LA	fr	ba	10 YR 6/4	10 YR 6/3	10 YR 7/4	0,7	0,67	-	X	-	-	-	-	Lab _{mf}
192-256	M9	LA	mf	ba	10 YR 5/4	10 YR 6/3	10 YR 7/3	0,5	0,30	-	-	XX	XX	-	-	
	M10	LA			10 YR 5/4	10 YR 6/3	10 YR 7/3	0,1	0,30							
	M11	AfL			10 YR 5/4	10 YR 6/4	10 YR 7/4	0,1	1,17							
	M12	LA			10 YR 6/4	10 YR 6/3	10 YR 7/4	0,2	0,10							
265-321	M13	LA	f	ba	10 YR 6/4	10 YR 6/4	10 YR 7/4	0,1	0,23	-	-	-	X	-	-	
	M14	LA			10 YR 5/4	10 YR 6/3	10 YR 7/4	0,4	0,20							
321-346+	M15	LA	f	ba	10 YR 5/4	10 YR 6/3	10 YR 7/4	0,3	0,00	-	-	-	XX s	-	-	
	M16	LA			10 YR 5/3	10 YR 6/4	10 YR 7/4	0,3	0,07							

TABLA B: Perfil Carro Quemado. AfL: Arena fina limosa. LA: Limo arenoso. L: Limo. F: Fango. s: grano suelto. f: firme. mf: muy firme. fr: friable. m: macizo. ba: bloques angulares. l: laminar. (-) nulo. (X) escaso. (XX) abundante. (XXX) muy abundante. s: *slickensides*. 10YR 4/3: Castaño-castaño claro. 10YR 5/2: Castaño grisáceo. 10YR 5/3: Castaño. 10YR 5/4: Castaño amarillento. 10YR 6/3: Castaño pálido. 10YR 6/4: Castaño amarillento claro. 10YR 7/3: Castaño muy pálido. 10YR 7/4: Castaño muy pálido. 7,5YR 5/2: Castaño. 7,5YR 5/4: Castaño. 7,5YR 6/2: Gris rosado. 7,5YR 6/4: Castaño claro. 7,5YR 7/2: Gris rosado. 7,5 YR 7/4: Rosado.

Perfil BEC																
Profundidad (cm.)	Muestra	Textura	Consistencia	Estructura	Color			% Carbonatos	% MO	Yeso	Nódulos de Carbonato	Pátinas de Manganeso	Cutanes	Intraclastos	Raíces	Litofacies
					Húmedo	Seco	Sin carbonato - MO									
0-115	M2	AfL	s	m	10 YR 5/2	10 YR 6/2	10 YR 6/3	4,6	0,84	-	X	-	-	X	XX	Afm
115-130	M3	LA	f	m	10 YR 7/3	10 YR 7/3	10 YR 7/3	4,6	0,34	-	X	-	-	X	-	Lam _i
130-220	M4	L	f	ba	10 YR 6/2	10 YR 6/3	10 YR 7/3	5,7	0,23	-	XX	X	X	-	-	Lb _{fc}
	M5	AfL			10 YR 6/4	10 YR 6/3	10 YR 7/6	1,9	0,07							
	M6	L			10 YR 6/4	10 YR 7/3	10 YR 7/3	12,8	0,10							
	M7	L			10 YR 5/4	10 YR 6/3	10 YR 7/3	5,2	0,17							
220-434+	M8	LA	f	ba	10 YR 6/4	10 YR 7/3	10 YR 7/4	2,8	0,23	-	X	X	X	-	-	Lab _{mf}
	M9	LA			10 YR 6/4	10 YR 6/3	10 YR 7/4	3,1	0,17							
	M10	LA			10 YR 6/3	10 YR 7/3	10 YR 7/4	1,3	0,07							
	M11	LA			10 YR 5/3	10 YR 7/3	10 YR 7/4	1,7	0,17							
	M12	LA			10 YR 6/4	10 YR 7/3	10 YR 7/3	1,8	0,03							
	M13	LA			10 YR 5/3	10 YR 6/3	10 YR 7/4	2,1	0,17							
	M14	LA			10 YR 5/4	10 YR 6/3	10 YR 7/4	0,6	0,20							

TABLA C: Perfil Bajo El Carbón. AfL: Arena fina limosa. LA: Limo arenoso. L: Limo. F: Fango. s: grano suelto. f: firme. mf: muy firme. fr: friable. m: macizo. ba: bloques angulares. l: laminar. (-) nulo. (X) escaso. (XX) abundante. (XXX) muy abundante. s: *slickensides*. 10YR 5/2: Castaño grisáceo. 10YR 5/3: Castaño. 10YR 5/4: Castaño amarillento. Castaño. 10YR 6/2: Gris castaño claro. 10YR 6/3: Castaño pálido. 10YR 6/4: Castaño amarillento claro. 10YR 7/3: Castaño muy pálido. 10YR 7/4: Castaño muy pálido. 10YR 7/6: Amarillento.

Perfil BG																
Profundidad (cm.)	Muestra	Textura	Consistencia	Estructura	Color			% Carbonatos	% MO	Yeso	Nódulos de Carbonato	Pátinas de Manganeso	Cutanes	Intraclastos	Raíces	Litofacies
					Húmedo	Seco	Sin carbonato - MO									
0-80	M1	LA	s	m	10 YR 6/2	10 YR 6/2	10 YR 6/3	0,3	0,57	-	XX	-	-	X	XX	Afm
80-200	M2	L	f	l	10 YR 6/4	10 YR 7/3	10 YR 7/3	7,4	0,40	-	X	X	-	-	-	Ll
	M3	LA			10 YR 5/4	10 YR 6/4	10 YR 7/4	3,2	0,20							
	M4	L			10 YR 5/6	10 YR 6/4	10 YR 6/4	6,5	0,13							
	M5	LA			10 YR 5/4	10 YR 6/4	10 YR 7/3	2,8	0,23							
200-456	M6	LA	f	ba	10 YR 7/3	10 YR 7/4	10 YR 6/4	1,3	0,17	-	XX	X	Xs	-	-	Lab _c
	M7	LA			10 YR 6/4	10 YR 7/3	10 YR 7/3	1,6	0,13							
	M8	LA			10 YR 5/4	10 YR 6/4	10 YR 7/3	1,7	0,20							
456-546+	M9	LA	f	ba	10 YR 5/4	10 YR 6/3	10 YR 7/3	1,8	0,13	-		X	-	-	-	Lab _{mf}

Tabla D: Perfil Bajo El Guanaco. AfL: Arena fina limosa. LA: Limo arenoso. L: Limo. F: Fango. s: grano suelto. f: firme. mf: muy firme. fr: friable. m: macizo. ba: bloques angulares. l: laminar. (-) nulo. (X) escaso.

(XX) abundante. (XXX) muy abundante. s: *slickensides*. 10YR 5/4: Castaño amarillento. 10YR 5/6: Castaño amarillento. 10YR 6/2: Gris castaño claro. 10YR 6/3: Castaño pálido. 10YR 6/4: Castaño amarillento claro. 10YR 7/3: Castaño muy pálido. 10YR 7/4: Castaño muy pálido.

Perfil H1																
Profundidad (cm.)	Muestra	Textura	Consistencia	Estructura	Color			Carbonatos %	% MO	Yeso	Nódulos de Carbonato	Pátinas de Manganeso	Cutanes	Intraclastos	Raíces	Litofacies
					Húmedo	Seco	Sin carbonato - MO									
0-100	M0	AfL	s	m	10 YR 3/3	10 YR 5/2	2,5 YR 5/4	2,4	0,54	-	-	-	-	-	X	Afm
100-155	M1	AfL	s	m	10 YR 7/3	10 YR 7/3	10 YR 7/3	3,4	0,10	-	-	X	-	X	X	
	M2	LA			7,5 YR 6/4	7,5 YR 6/4	7,5 YR 7/2	3,2	0,03	-	-	-	-	-	-	-
155-270	M3	LA	f	ba	10 YR 6/4	10 YR 6/3	10 YR 7/3	1,1	0,07	-	X	X	X	-	-	Lab _{mf}
	M4	LA			10 YR 6/4	10 YR 6/3	7,5 YR 7/2	2,8	0,17							
	M5	LA			10 YR 6/4	10 YR 6/3	10 YR 7/3	1,2	0,10							
	M6	AfL			10 YR 6/4	10 YR 6/3	10 YR 7/3	1,1	0,03							
	M7	LA			10 YR 6/4	10 YR 6/3	10 YR 7/3	1,7	0,03							
270-352+	M8	AfL	f	ba	10 YR 6/4	10 YR 6/3	10 YR 7/3	1,1	0,03	-	-	X	X	-	-	Afb
	M9	AfL			10 YR 6/3	10 YR 6/3	10 YR 7/3	0,9	0,10							

TABLA E: Perfil Hucal 1. AfL: Arena fina limosa. LA: Limo arenoso. L: Limo. F: Fango. s: grano suelto. f: firme. mf: muy firme. fr: friable. m: macizo. ba: bloques angulares. l: laminar. (-) nulo. (X) escaso. (XX) abundante. (XXX) muy abundante. s: *slickensides*. 10YR 3/3: Castaño oscuro. 10YR 5/2: Castaño grisáceo. 10YR 5/4: Castaño amarillento. 10YR 6/3: Castaño pálido. 10YR 6/4: Castaño amarillento claro. 10YR 7/2: Gris claro. 10YR 7/3: Castaño muy pálido. 7,5YR 6/4: Castaño claro. 7,5YR 7/2: Gris rosado.

Perfil H2																
Profundidad (cm.)	Muestra	Textura	Consistencia	Estructura	Color			Carbonatos %	% MO	Yeso	Nódulos de Carbonato	Pátinas de Manganeso	Cutanes	Intraclastos	Raíces	Litofacies
					Húmedo	Seco	Sin carbonato - MO									
0-25	M1	LA	s	m	10 YR 5/2	10 YR 5/2	10 YR 7/2	3,3	0,84	-	X	-	-	X	XX	Afm
25-47	M2	LA	f	m	10 YR 5/4	10 YR 6/4	10 YR 6/3	3,1	0,44	-	X	-	-	-	-	
47-210+	M3	AfL	f	ba	10 YR 5/4	7,5 YR 6/4	10 YR 7/3	1,1	0,23	-	X	X	X	-	-	Afb
	M4	AfL			10 YR 5/4	7,5 YR 6/4	10 YR 7/3	3,3	0,23							
	M5	LA			10 YR 6/3	10 YR 7/3	10 YR 7/3	3,2	0,17							
	M6	AfL			10 YR 6/3	10 YR 7/3	10 YR 7/4	0,9	0,17							
	M7	AfL			10 YR 6/3	10 YR 7/3	10 YR 7/4	0,9	0,07							

TABLA F: Perfil Hucal 2. AfL: Arena fina limosa. LA: Limo arenoso. L: Limo. F: Fango. s: grano suelto. f: firme. mf: muy firme. fr: friable. m: macizo. ba: bloques angulares. l: laminar. (-) nulo. (X) escaso. (XX) abundante. (XXX) muy abundante. s: *slickensides*. 10YR 5/2: Castaño grisáceo. 10YR 5/4: Castaño

amarillento. 10YR 6/3: Castaño pálido. 10YR 6/4: Castaño amarillento claro. 10YR 7/2: Gris claro. 10YR 7/3: Castaño muy pálido. 10YR 7/4: Castaño muy pálido. 7,5YR 6/4: Castaño claro.

Perfil N1																
Profundidad (cm.)	Muestra	Textura	Consistencia	Estructura	Color			% Carbonatos	% MO	Yeso	Nódulos de Carbonato	Pátinas de Manganeso	Cutanes	Intraclastos	Raíces	Litofacies
					Húmedo	Seco	Sin carbonato - MO									
0-120	M1	AfL	s	m	10 YR 5/2	10 YR 5/2	10 YR 6/3	2,0	0,50	-	-	-	-	-	X	Afm
120-220	M2	AfL	f	m	7,5 YR 4/4	10 YR 6/3	7,5 YR 6/4	1,9	0,10	-	-	-	-	-	-	Afm _f
220-230+	M3	L	mf	ba	7,5 YR 5/4	10 YR 6/3	7,5 YR 7/4	3,1	0,17	-	XX	-	-	-	-	Lb _{fc}
	M4				7,5 YR 4/4	10 YR 6/3	7,5 YR 6/4	2,3	0,17							

TABLA G: Perfil Naicó 1. AfL: Arena fina limosa. LA: Limo arenoso. L: Limo. F: Fango. s: grano suelto. f: firme. mf: muy firme. fr: friable. m: macizo. ba: bloques angulares. l: laminar. (-) nulo. (X) escaso. (XX) abundante. (XXX) muy abundante. s: *slickensides*. 10YR 5/2: Castaño grisáceo. 10YR 6/3: Castaño pálido. 7,5YR 4/4: Castaño-castaño oscuro. 7,5YR 5/4: Castaño. 7,5YR 6/4: Castaño claro. 7,5 YR 7/4: Rosado.

Perfil N3																
Profundidad (cm.)	Muestra	Textura	Consistencia	Estructura	Color			% Carbonatos	% MO	Yeso	Nódulos de Carbonato	Pátinas de Manganeso	Cutanes	Intraclastos	Raíces	Litofacies
					Húmedo	Seco	Sin carbonato - MO									
0-80	M1	LA	s	m	10 YR 6/2	10 YR 6/2	10 YR 6/3	4,4	0,44	-	-	-	-	-	X	Afm
80-370+	M2	L	f	ba	10 YR 5/3	10 YR 6/3	7,5 YR 6/4	3,8	0,17	-	XX	-	-	-	-	Lb _{fc}
	M3	LA			10 YR 5/4	10 YR 6/4	10 YR 7/4	0,2	0,20							
	M4	LA			10 YR 5/4	10 YR 7/3	10 YR 7/4	0,1	0,23							
	M5	L			10 YR 6/4	10 YR 7/3	7,5 YR 7/4	3,5	0,10							

TABLA H: Perfil de Naicó 3. AfL: Arena fina limosa. LA: Limo arenoso. L: Limo. F: Fango. s: grano suelto. f: firme. mf: muy firme. fr: friable. m: macizo. ba: bloques angulares. l: laminar. (-) nulo. (X) escaso. (XX) abundante. (XXX) muy abundante. s: *slickensides*. 10YR 5/3: Castaño. 10YR 5/4: Castaño amarillento. 10YR 6/2: Gris castaño claro. 10YR 6/3: Castaño pálido. 10YR 6/4: Castaño amarillento claro. 10YR 7/3: Castaño muy pálido. 10YR 7/4: Castaño muy pálido.

Perfil CH																		
Profundidad (cm.)	Muestra	Textura	Consistencia	Estructura	Color			% Carbonatos	% MO	Yeso	Nódulos de Carbonato	Pátinas de Manganeso	Cutanes	Intraclastos	Raíces	Litofacies		
					Húmedo	Seco	Sin carbonato - MO											
0-37	M1	LA	s	m	10 YR 6/2	10 YR 6/2	10 YR 6/4	2,7	0,30	-	X	-	-	X	X	Afm		
37-115	M2	LA	f	l	10 YR 4/3	10 YR 6/3	7,5 YR 6/4	1,5	0,17	XX	X	X	-	-	-	LI		
	M3	AfL		m	7,5 YR 5/4	7,5 YR 6/4	10 YR 7/4	1,4	0,10							X	-	Lam _i
	M4	LA			7,5 YR 5/4	7,5 YR 6/4	10 YR 7/4	2,2	0,03							-	X	-
115-141+	M5	AfL	mf	ba	7,5 YR 5/4	7,5 YR 6/4	10 YR 7/4	2,0	0,10	X	X	X	-	-	-	Afb		

TABLA I: Perfil Cachirulo. AfL: Arena fina limosa. LA: Limo arenoso. L: Limo. F: Fango. s: grano suelto. f: firme. mf: muy firme. fr: friable. m: macizo. ba: bloques angulares. l: laminar. (-) nulo. (X) escaso. (XX) abundante. (XXX) muy abundante. s: *slickensides*. 10YR 4/3: Castaño-castaño claro. 10YR 6/2: Gris castaño claro. 10YR 6/3: Castaño pálido. 10YR 6/4: Castaño amarillento claro. 10YR 7/4: Castaño muy pálido. 7,5YR 5/4: Castaño. 7,5YR 6/4: Castaño claro. 7,5 YR 7/4: Rosado.