



**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS y NATURALES**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA**

**TESINA PRESENTADA PARA OBTENER EL GRADO  
ACADÉMICO DE LICENCIADO EN GEOLOGÍA**

**“SEDIMENTOLOGÍA DE LA FORMACIÓN EL SAUZAL (NEÓGENO) Y  
UNIDADES EQUIVALENTES, AFLORANTES EN LA ZONA DE 25 DE MAYO  
(LA PAMPA), ARGENTINA”**

Adrián Leonel Zabala Perouene

Santa Rosa (La Pampa)

Argentina

2015

## **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 la Cátedra de Sedimentología dependiente del Departamento de Geología, durante el período comprendido entre el 01/04/2015 y el 1/12/2015, bajo la dirección del Dr. Ricardo Melchor y la codirección de la Dra. Graciela Visconti.

## Índice

<b>Resumen</b> .....	pág. 4
<b>Abstract</b> .....	pág. 4
<b>Introducción</b> .....	pág. 6
<b>Objetivos</b> .....	pág. 8
<b>Hipótesis</b> .....	pág. 8
<b>Descripción geológica y geomorfológica del área de estudio</b> .....	pág. 9
Ubicación.....	pág. 9
Geomorfología.....	pág. 10
Marco Geológico.....	pág. 11
<b>Materiales y Metodología</b> .....	pág. 15
<b>Resultados</b> .....	pág. 17
Perfiles.....	pág. 17
Descripción e interpretación de facies.....	pág. 25
Asociaciones de facies.....	pág. 39
Correlaciones de perfiles sedimentológicos.....	pág.47
<b>Discusión</b> .....	pág.49
<b>Conclusiones</b> .....	pág.51
<b>Agradecimientos</b> .....	pág.52
<b>Bibliografía</b> .....	pág.53

## **Resumen**

En esta Tesina se realizó el análisis paleoambiental detallado de las sedimentitas continentales de la Formación El Sauzal (Mioceno superior), aflorantes entre las localidades de Gobernador Ayala y Colonia 25 de Mayo, suroeste de la provincia de La Pampa. Para ello, se relevaron tres perfiles sedimentológicos denominados Punto 607 (P 607; 37°34'16,72"S - 68° 3'1,57"O); Puesto Soarzo (PS; 37°39'47,77"S - 67°46'31,40"O) y Punto Panorámico (PP; 37°40'28,60"S - 67°45'55,02"O), registrando la litología, el tamaño de grano, las estructuras sedimentarias y el contenido fósil. También se efectuó la medición de direcciones en las estructuras internas y en la fábrica de los conglomerados, que permitieron determinar las paleocorrientes. Se definieron doce facies sedimentarias, que se agruparon en siete asociaciones de facies, correlacionándolas entre los perfiles obtenidos. Las asociaciones de facies reconocidas incluyen faja de canales entrelazados arenosos y permanentes (AF1), planicie de inundación pedogenizada (AF2), lagos de planicie de inundación (AF3), dunas eólicas (AF4), interduna seca y húmeda (AF5), sistema fluvial gravoso (AF6) y lagos salinos (AF7). Los resultados alcanzados permitieron establecer que en la base de la formación se desarrolló un sistema fluvial de canales permanentes y barras con diseño entrelazado, que drenaban hacia el este. Por encima se depositó un campo de dunas eólicas con áreas de interduna húmeda y seca. En algunas de las secciones se observa la posterior reinstauración de un sistema fluvial arenoso y, finalmente, un sistema fluvial gravoso posiblemente entrelazado. Este último sistema depositacional correspondería a condiciones de sedimentación contrastantes con el resto de la sucesión y debería distinguirse como una unidad litoestratigráfica separada. El factor extrínseco que controló la sedimentación de la sucesión fue el clima, que evolucionó hacia una aridización general del sistema. Por su parte, el desarrollo del sistema fluvial gravoso sería una respuesta al tectonismo en el piedemonte andino o a aporte de materiales gravosos en periodos glaciarios y retrabajo fluvial en periodos interglaciarios.

## **Abstract**

This work presents a detailed paleoenvironmental analysis of the continental El Sauzal Formation (upper Miocene) that crop outs between the Colonia 25 de Mayo and Gobernador Ayala localities, southwestern La Pampa province. Three sedimentologic sections were measured, named Punto 607 (P 607; 37°34'16.72"S - 68° 3'1.57"W); Puesto Soarzo (PS; 37°39'47.77"S - 67°46'31.40"W) and Punto Panorámico (PP; 37°40'28.60"S -

67°45'55.02"W). Measurements were conducted with a standard methodology recording lithology, grain size, sedimentary structures and fossil content, as well as directional structures and gravel fabric to infer paleocurrent directions. Twelve sedimentary facies were recognized, and were grouped into seven facies associations, including permanent fluvial channel belt (AF1), pedogenized floodplain (AF2), floodplain lakes (AF3), eolian dunes (AF4), wet and dry interdunes (AF5), gravelly fluvial system (AF6) and saline lakes (AF7). The lower part of the analyzed section was deposited by a sandy and permanent fluvial system with braided bars that drained toward the east. This system is replaced by an eolian dune field with dry (low-relief sandy areas) and wet interdune areas (ponds). In some sections, the eolian deposits are covered by a new sandy fluvial channel belt and, finally, by a gravelly fluvial system. The deposits of the later system should be considered as a separate lithostratigraphic unit. The main extrinsic controlling factor during deposition of the El Sauzal Formation was climate, which evolved to drier conditions up section. In addition, the conglomeratic package of the top of most sections can be a response to tectonism in the Andean piedmont or to input of gravel-sized detritus during glacial periods and fluvial reworking during interglacial periods.

## Introducción

Las sedimentitas del Neógeno aflorantes en el suroeste de La Pampa han sido tradicionalmente adjudicadas a la Formación El Sauzal (Linares et al., 1980; Melchor y Casadío, 2000; Espejo y Silva Nieto, 2004). Esta unidad incluye una sucesión de areniscas y pelitas macizas o entrecruzadas y una capa cuspidal de conglomerados con abundante cemento carbonático que han sido adjudicados en otras áreas a los Rodados Patagónicos (o unidades equivalentes).

Esta sucesión fue estudiada en primer término por Wichmann (1928), quién describió a grandes rasgos todo el paquete sedimentario, hallando restos de placas de la coraza de *Eutatus*. Más tarde, Sobral (1942) coincidió con las descripciones de Wichmann (1928), pero añadió que: “las dos camadas cuspidales (conglomerado y caliza conglomerádica) no pertenecen a la serie, pues el conglomerado está separado de las areniscas calcáreas por una marcada discordancia y en todos los casos observados estos son más antiguos que el basalto que se encuentra por encima”. Sobral (1942) consideró que el origen del manto conglomerádico correspondería a un aumento de caudal de los ríos Colorado y Negro en las crecientes durante el Pleistoceno, explicando la cantidad de cañadones entre ambos. Sin embargo, Linares et al. (1980) discreparon con la existencia de una discordancia, y consideraron a los conglomerados como los términos cuspidales de la Formación El Sauzal, los que habrían tenido su origen luego de la depositación de los sedimentos silicoclásticos (pelitas y areniscas) y antes de labrarse las depresiones alargadas.

La información acerca del paleoambiente depositacional de la unidad es escasa y fragmentaria, no existiendo estudios de detalle de la misma, especialmente en el área de trabajo. Franchi et al. (1984) describieron la unidad en la provincia de Río Negro y la asociaron a depósitos fluviales incluyendo lagunas y pantanos. También ha sido reconocida en el valle del río Colorado en las provincias de Río Negro y Neuquén, aunque en afloramientos saltuarios (Rodríguez et al., 2007). Más tarde Melchor y Casadío (2000), estudiaron los afloramientos ubicados en la margen sur del Gran Salitral (La Pampa) e infirieron un ambiente depositacional principalmente continental fluvial, de tipo efímero, con algunos episodios lacustres someros de agua fría y pH alcalino; evidenciados por la presencia de diatomeas. Recientemente, se ha dado a conocer un breve análisis de facies de una sección sedimentaria próxima a la localidad de El Sauzal, en la provincia de La

Pampa, interpretándose como un sistema de fajas de canales entrelazadas arenosas de baja energía que alternan con áreas de intercanal pelíticas, en los que la avulsión de canales era un proceso frecuente (Tedesco et al., 2015).

Melchor y Casadío (2000) y Espejo y Silva Nieto (2004) coincidieron en que los depósitos conglomerádicos del techo de esta unidad serían parte de un extenso abanico aluvial o un abanico aluvial extendido (Linares et al., 1980), donde las depresiones alargadas que se presentan en el relieve actual constituirían rasgos erosivos labrados con posterioridad a la depositación aluvial.

Sobre la edad de la Formación El Sauzal ha habido diferentes apreciaciones. Wichmann (1928) y Sobral (1942) denominaron a esta sucesión como “Depósitos Pliocénicos”. Utilizando relaciones estratigráficas, Vilela y Riggi (1953) opinaron que sería equivalente a una edad mamífero Chasiquense (Mioceno tardío). Espejo y Silva Nieto (1996; 2004) la consideraron más joven y la asignaron al Pleistoceno inferior alto. El hallazgo inédito de restos del roedor octodóntido *Xenodontomys ellipticus* (C. Montalvo, comunicación personal, 2015) permite sugerir para la unidad una edad mamífero Huayqueriense (Mioceno tardío).

La Formación El Palo, también de posible origen fluvial, contiene numerosos cuerpos de arenisca gris-azulada en estratos entrecruzados y con intercalaciones de fangolita castaña, lentes de caliza impura, caliche, concreciones de manganeso y niveles de paleosuelos (Franchi et al., 1984). Asimismo, esta unidad al igual que la Formación El Sauzal en La Pampa, se encuentra sepultada por una extensa carpeta subhorizontal de grava de 10-15 m de espesor, denominada Formación Bayo Mesa, también equivalente a los Rodados Patagónicos (Franchi et al., 1984; Rodríguez et al., 2007).

El estudio de esta unidad permitirá completar el esquema de la evolución ambiental detallada de la provincia de La Pampa y zonas cercanas, durante el Mioceno tardío.

## **Objetivos**

Los objetivos propuestos para la concreción de esta tesina fueron los siguientes:

- 1) Realizar un mapeo de la Formación El Sauzal y otras unidades neógenas del área de estudio, a fin de definir su distribución areal y sus relaciones estratigráficas.
- 2) Interpretar los ambientes depositacionales de la Formación El Sauzal y unidades correlacionables en el área de estudio.

## **Hipótesis de trabajo**

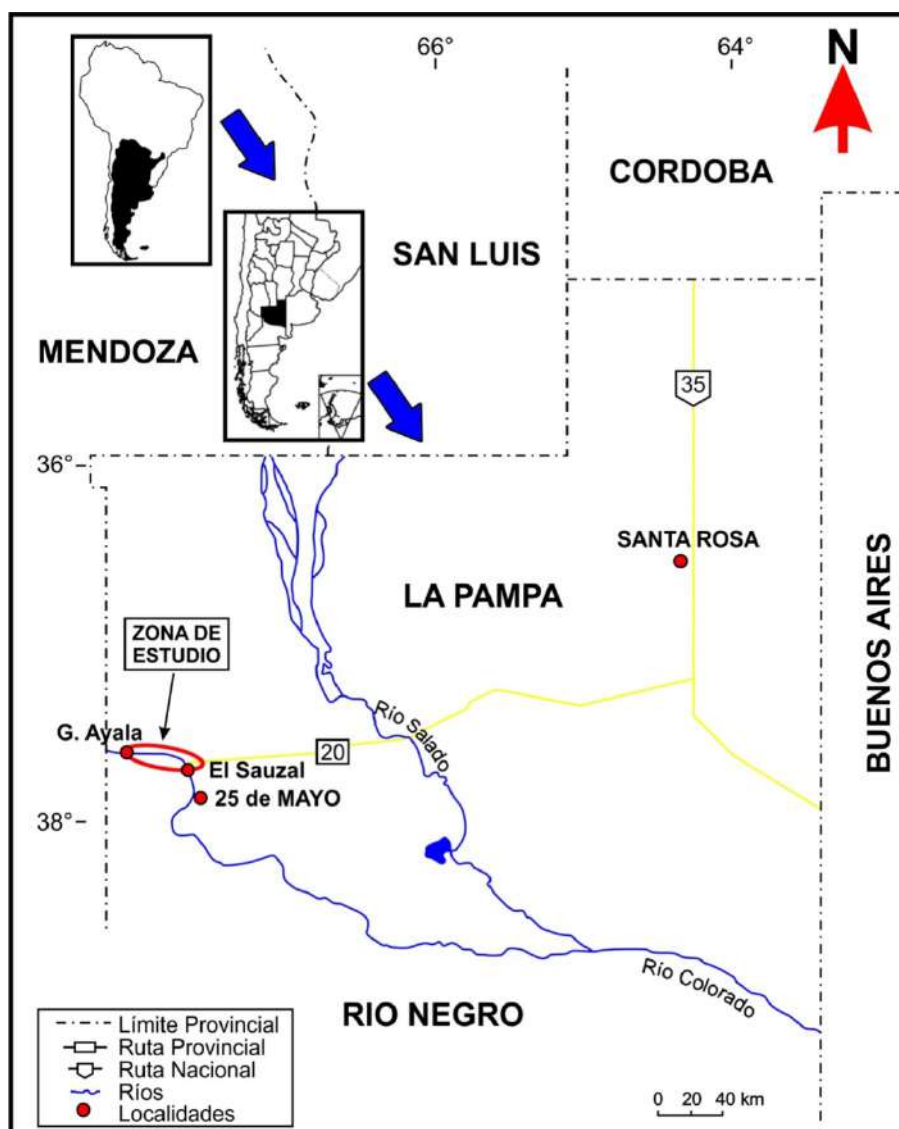
Los depósitos de la Formación El Sauzal representan un sistema fluvial meandroso desarrollado bajo un clima semiárido. Esta hipótesis se ha construido sobre la base de la información previa de la unidad y observaciones preliminares inéditas.



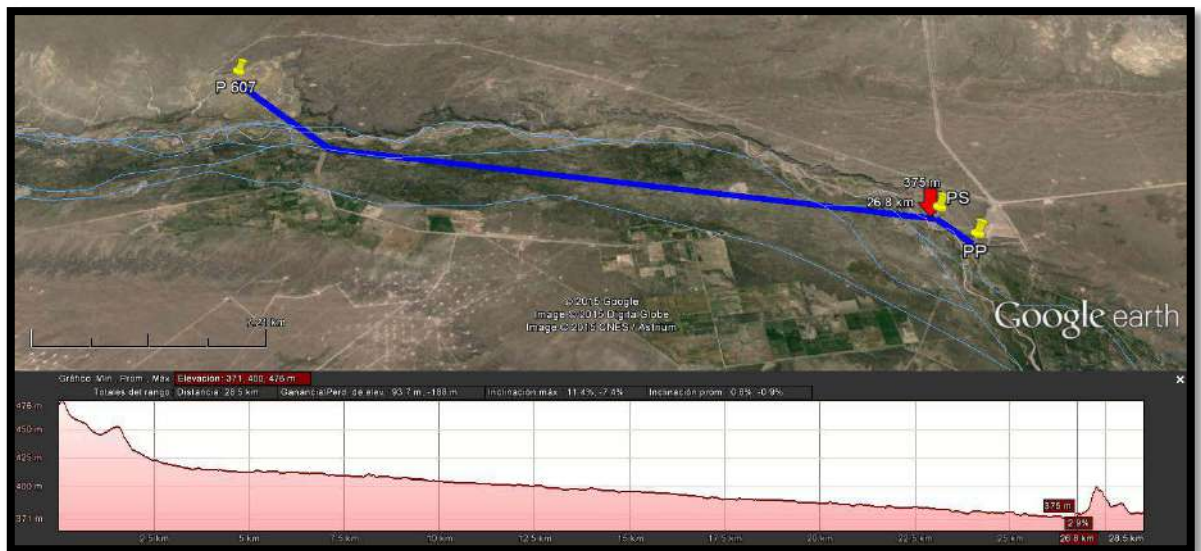
## Descripción geológica y geomorfológica del área de estudio

### Ubicación

Los afloramientos estudiados en esta tesina se encuentran ubicados en las cercanías de la ciudad de Colonia 25 de Mayo, en el SO de la provincia de La Pampa (Figuras 1 y 2). Situándose sobre la margen izquierda del río Colorado, desde las cercanías del cruce de la ruta provincial 20 y nacional 151 hasta las proximidades de Colonia Gobernador Ayala, extendiéndose unos 30 km en línea recta entre los lugares mencionados. Los perfiles fueron denominados Punto 607 (P 607;  $37^{\circ}34'16.72''S$  -  $68^{\circ}3'1.57''O$ ); Puesto Soarzo (PS;  $37^{\circ}39'47.77''S$  -  $67^{\circ}46'31.40''O$ ) y Punto Panorámico (PP;  $37^{\circ}40'28.60''S$  -  $67^{\circ}45'55.02''O$ ).



**Figura 1:** Mapa de ubicación del área de estudio dentro de la provincia de La Pampa.



**Figura 2:** Mapa de ubicación y elevación de los perfiles medidos en una transecta O-E, no rectilínea dentro de la provincia de La Pampa, a orillas del río Colorado. (P 607: Punto 607; PS: Puesto Soarzo y PP: Punto Panorámico)

### Geomorfología

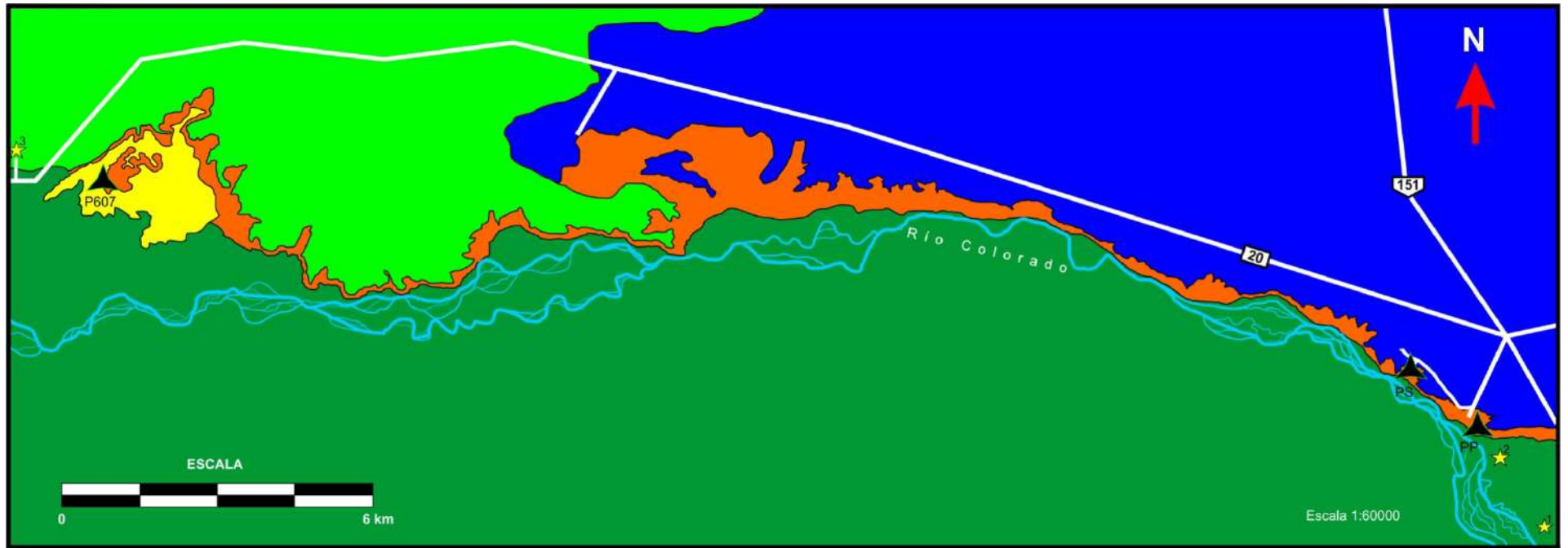
La zona de estudio corresponde a la subregión de Terrazas y paleocauces con rodados de vulcanitas (INTA, Provincia de La Pampa y Universidad Nacional de La Pampa, 1980), considerada por Calmels (1996) como parte de la unidad geomorfológica denominada Paleo abanico del río Colorado. Esta subregión se encuentra bien delimitada y está estrechamente vinculada con la historia del río Colorado, cuyo accionar dejó su impronta en el paisaje mediante geoformas bien características. En general tiene una pendiente regional con inclinación NO-SE; las cotas de mayor altura se registran en los alrededores de Colonia El Sauzal (400 m), las de menor altura en el extremo SE del dominio (entre los 66° y 65° de longitud, a orillas del río Colorado).

Regionalmente constituye una inmensa planicie elaborada y recortada por la acción hídrica. Las geoformas positivas del paisaje son terrazas y mesetas alargadas y la mayoría se disponen en sentido NO-SE. Las geoformas negativas más comunes son paleocauces, cañadones, bajos sin salida y la planicie aluvial actual del río Colorado.

## **Marco Geológico**

Los afloramientos estudiados se encuentran en el borde oriental del área que ocupa la cuenca Neuquina, pero no forman parte del relleno de dicha cuenca. El relleno sedimentario de la misma se desarrolló entre el Triásico Tardío y el Paleoceno temprano, e incluye sedimentitas marinas y continentales silicoclásticas, carbonáticas y evaporíticas, acumuladas durante las distintas fases de evolución tectónica (Digregorio y Uliana, 1980; Uliana y Dellapé, 1981). Por su parte, los depósitos estudiados corresponden a sedimentitas continentales neógenas. Los mismos han sido considerados como parte del relleno de una cuenca de antepaís andina de edad neógena y separada de la cuenca Neuquina (Folguera y Zárate, 2011; Folguera et al., 2015).

Las tareas de esta tesina se desarrollaron entre las localidades de Gobernador Ayala y cercanías de 25 de Mayo, en el suroeste de La Pampa (Figura 3). La sucesión estratigráfica local está compuesta por la Formación Allen, la Formación El Sauzal, los “Rodados Patagónicos”, el Basalto El Corcovo y depósitos recientes del río Colorado (Figura 4). La Formación Allen (Campaniano-Masstrichtiano) constituye el registro de la primera transgresión atlántica para la cuenca Neuquina (Figura 5). Esta unidad está compuesta por arcilitas (frecuentemente bentoníticas), areniscas y, en menor proporción, calizas y evaporitas, con abundantes restos fósiles (Gerling, 2014 y referencias allí citadas; Gerling et al., 2014). El ambiente depositacional para el sector sur-oeste de la provincia de La Pampa comenzó con un sistema de fajas de canal fluvial, evolucionó a un sistema de albufera y finalizó con un ambiente de sabkha (Gerling, 2014 y referencias allí citadas; Gerling et al., 2014).



**Figura 3:** Mapa Geológico de la zona de estudio entre Gobernador Ayala y Colonia 25 de Mayo. En la figura 4 se muestran las referencias a las unidades estratigráficas correspondientes.

<b>Unidad Estratigráfica</b>	<b>Cronoestratigrafía</b>	<b>Color</b>
<b>“Depósitos del Río Colorado”</b>	Reciente	
<b>Basalto “ El Corcovo”</b>	Pleistoceno medio	
<b>“Rodados Patagónicos”: Formación Tehuelche</b>	Plioceno superior - Pleistoceno inferior	
<b>Formación El Sauzal</b>	Mioceno superior	
<b>Formación Allen</b>	Campaniano - Maastrichtiano	

**Figura 4:** Cuadro estratigráfico de las unidades aflorantes en la zona de estudio. El color corresponde al mapa de la Figura 3.

La Formación El Sauzal se apoya de manera discordante sobre la Formación Allen en las cercanías de la localidad Gobernador Ayala (P607), la que es parte del relleno de la cuenca Neuquina (Figuras 3 a 5). La potencia de las secciones medidas decrece de este a oeste en la región estudiada, variando entre 38 m y 12 m.

En este trabajo se separan los sedimentos silicoclásticos areno-pelíticos de la Formación El Sauzal de los conglomerados suprayacentes, los que están limitados por una discordancia erosiva. Esta postura se fundamenta en que dichas capas conglomerádicas han sido profusamente reconocidas en el sur de La Pampa y buena parte del norte de la Patagonia como una unidad distintiva (Martínez et al., 2009; Martínez y Kutschker, 2011). Esta cobertura conglomerádica discontinua es conocida como “Rodados Patagónicos” o Formación Tehuelche, del Plioceno superior-Pleistoceno inferior (Groeber, 1939; Tapia, 1939; Vilela y Riggi, 1956). Está conformada por conglomerados continentales de origen fluvial, de tamaño de grano grava fina a gruesa, con matriz arenosa y cemento calcáreo. El paleoambiente depositacional para un afloramiento de la unidad ubicado al sur de Puelches (La Pampa) ha sido interpretado como fluvial permanente; constituido por canales entrelazados y barras gravosas (González, 2014; González et al., 2015). En este contexto, los depósitos fueron generados por flujos diluidos con baja y alta concentración de sedimentos, y por flujos de detritos. La composición de los clastos, en conjunto con los



datos de paleocorrientes y el conocimiento paleogeográfico y paleogeológico del Cenozoico tardío sugieren que, en su mayoría, los detritos proceden de la erosión de rocas volcánicas de la Cordillera de Los Andes y el piedemonte asociado. No obstante, también se reconocen aportes locales, a partir de la erosión de rocas volcanoclásticas y metamórficas (González, 2014; González et al., 2015).



**Figura 5:** Contacto entre la Formación El Sauzal (capas rojizas) y la Formación Allen (capas amarillas) en cercanías a la localidad de Gobernador Ayala. La piqueta mide 33 cm.

Por encima de los “Rodados Patagónicos” se encuentra una colada de lava basáltica de baja viscosidad, correspondiente al Basalto “El Corcovo”. El contacto entre ellos, es una capa de color rojo oscuro, producto de efecto térmico (Bernardi et al., 2015). El espesor que alcanza el basalto por encima de los rodados tiene un rango de 7 a 10 metros. Se ha obtenido una edad radimétrica por el método K-Ar de  $0,84 \pm 0,05$  Ma (Bertotto et al., 2006), que permite asignarlo al Pleistoceno.

### **Materiales y Metodología**

De acuerdo a los objetivos planteados, la presente tesina, consta de tres etapas de trabajo:

#### **Etapa 1: Trabajo en Gabinete**

Esta etapa consistió fundamentalmente en la recopilación de información bibliográfica acerca de la geología del área de estudio, teniendo en cuenta aspectos sedimentológicos, estratigráficos y geomorfológicos. Se utilizaron las imágenes satelitales de Google Earth ®, para facilitar la ubicación del acceso a los perfiles y la elaboración del mapa geológico de base.

#### **Etapa 2: Trabajo en el Campo**

El relevamiento del área de estudio, se realizó en un solo viaje de campaña de cuatro días, en los cuales se realizaron tres perfiles sedimentológicos detallados empleando técnicas estándar, siendo geo-referenciados con GPS Garmin Map 78. Los aspectos considerados de cada estrato fueron espesor (se utilizó báculo de Jacob y cinta métrica), litología, granulometría (escala de Udden-Wentworth), geometría de los planos de estratificación (Collinson y Thompson, 1982), estructuras sedimentarias (Collinson y Thompson, 1982), color según la carta de colores de roca Rock Color Chart (Goddard et al., 1980) y contenido fósil.

Se confeccionó un registro fotográfico de las estructuras sedimentarias y demás características relevantes con una cámara réflex Nikon D80 Lente: 35-50 mm y se realizó

un muestreo litológico de los estratos de interés. También se obtuvieron fotografías para la confección de un fotomosaico, para estudiar la geometría bidimensional y superficies limitantes de las facies de canal fluvial. Los datos relevados en el campo también incluyeron mediciones para la obtención de direcciones de paleocorrientes y la orientación del fotomosaico (Figura 11).

Para la medición de dirección y sentido de paleocorrientes se siguió la metodología de Bossi (2007), empleando una brújula tipo Brunton. Los datos medidos en el campo fueron: rumbo del buzamiento y buzamiento del eje A de clastos imbricados en distintos sectores de los cuerpos sedimentarios (Potter y Pettijohn, 1977).

### **Etapas 3: Trabajo de Gabinete-Laboratorio**

En esta etapa se digitalizaron los datos obtenidos en la campaña y se graficaron los perfiles sedimentarios con el programa Corel Draw X7 ®.

A partir de dichas secciones se caracterizó la sucesión y analizó la evolución del ambiente depositacional de la Formación El Sauzal en las localidades estudiadas. Las facies individuales fueron descritas e interpretadas, utilizando fundamentalmente criterios de campo. Los rasgos sedimentológicos considerados para definir las facies sedimentarias fueron: litología, textura, color, espesor, estructuras sedimentarias, características de los contactos, forma de los bancos y contenido paleontológico. Posteriormente se definieron las asociaciones de facies para lograr una correcta interpretación del ambiente. Para la nomenclatura de las facies individuales se utilizó un criterio personal, adaptado del código de facies de Miall (1978).

Sobre el fotomosaico ensamblado a partir de fotos de campo, se dibujaron las superficies limitantes externas de los depósitos, interpretándose a los cuerpos como canales o barras siguiendo criterios esencialmente geométricos (e.g. Bridge et al., 2000, Georgieff y Gonzalez Bonorino, 2002; Lámina II).

Se hicieron dos secciones delgadas para identificar los minerales constituyentes de las areniscas, con el fin de poder clasificarlas petrográficamente. La litología se determinó mediante el empleo de lupa binocular y observaciones al microscopio petrográfico (Nikon Eclipse E400POL).



Finalmente se contrastaron los resultados con la hipótesis planteada, se procedió a la discusión de los resultados y se elaboraron las conclusiones.

## **Resultados**

### **Perfiles**

En la siguiente sección se describen los tres perfiles sedimentológicos levantados en la zona de Colonia 25 de Mayo y Gobernador Ayala (Figuras 6; 7a; 7b; 8a y 8b). Los perfiles son del tipo estándar, con distribución granulométrica en el eje horizontal y el espesor en el eje vertical. En el eje vertical se encuentran las facies con su nomenclatura y las asociaciones de facies con su sigla y color correspondiente. Los espesores totales para cada perfil son: Punto Panorámico 38 metros; Puesto Soarzo 37,5 metros; Punto 607 11,5 metros. Solamente en Punto 607 aparece aflorando la infrayacente Formación Allen, el contacto entre ambas unidades se muestra en la Figura 5.

Los perfiles Puesto Soarzo y Punto Panorámico poseen semejanzas en su desarrollo litológico vertical, predominando los cuerpos arenosos en la base, continúan con la presencia de pelitas de color pardo rojizo, por encima vuelven a tener participación las areniscas con entrecruzamientos y finalmente en la parte alta, sepultando a los sedimentos areno-peliticos, se encuentran los cuerpos gravosos. El perfil Punto 607 comienza con cuerpos arenosos, siendo característica la ausencia de las pelitas rojizas y culmina con un importante depósito de evaporitas.

Se utilizó una escala vertical 1:50 para todos los perfiles y las referencias generales para todos ellos se encuentran en la Figura 9.

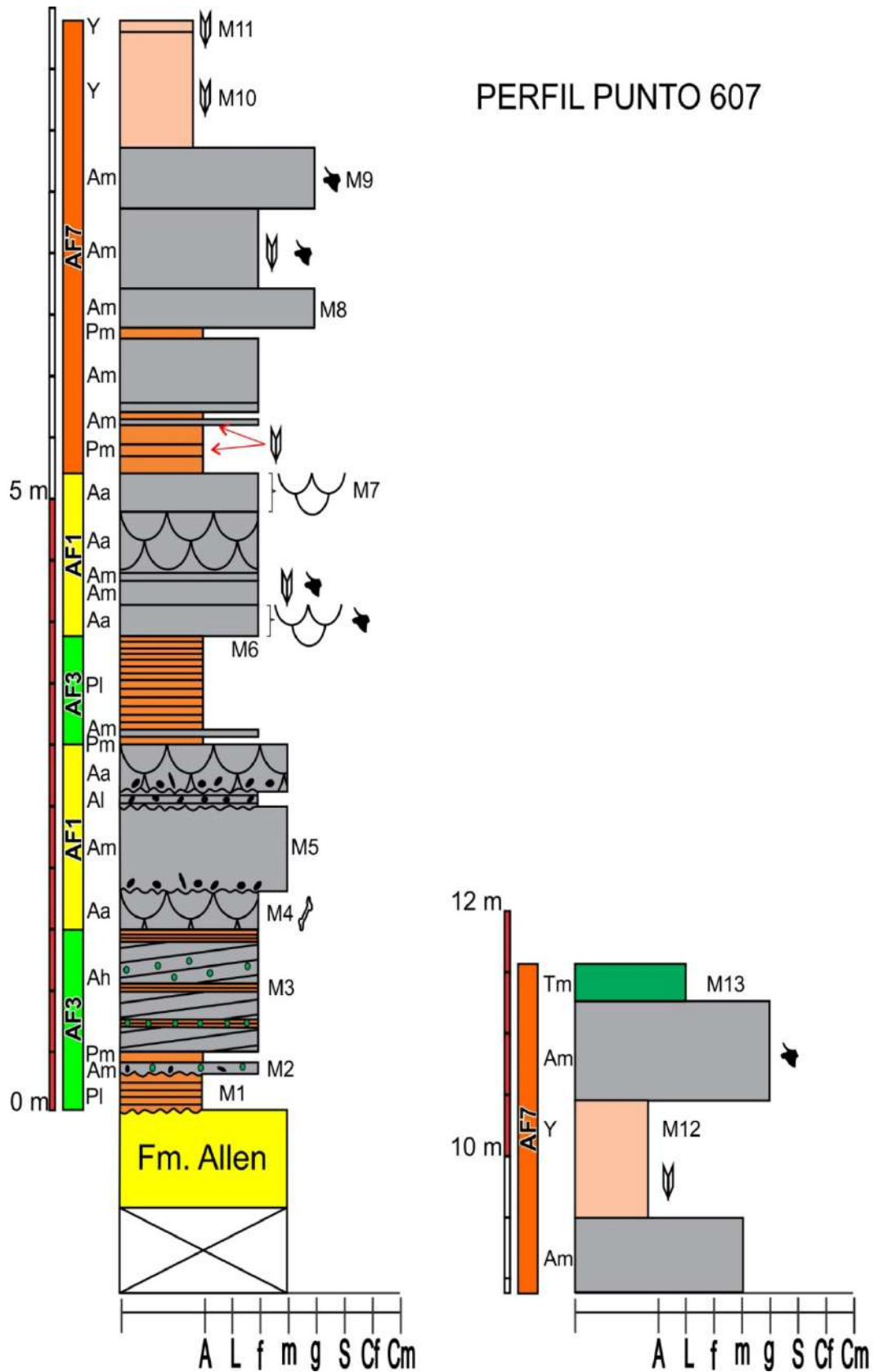


Figura 6: Perfil "Punto 607" de la Formación El Sauzal (referencias en Figura 9).

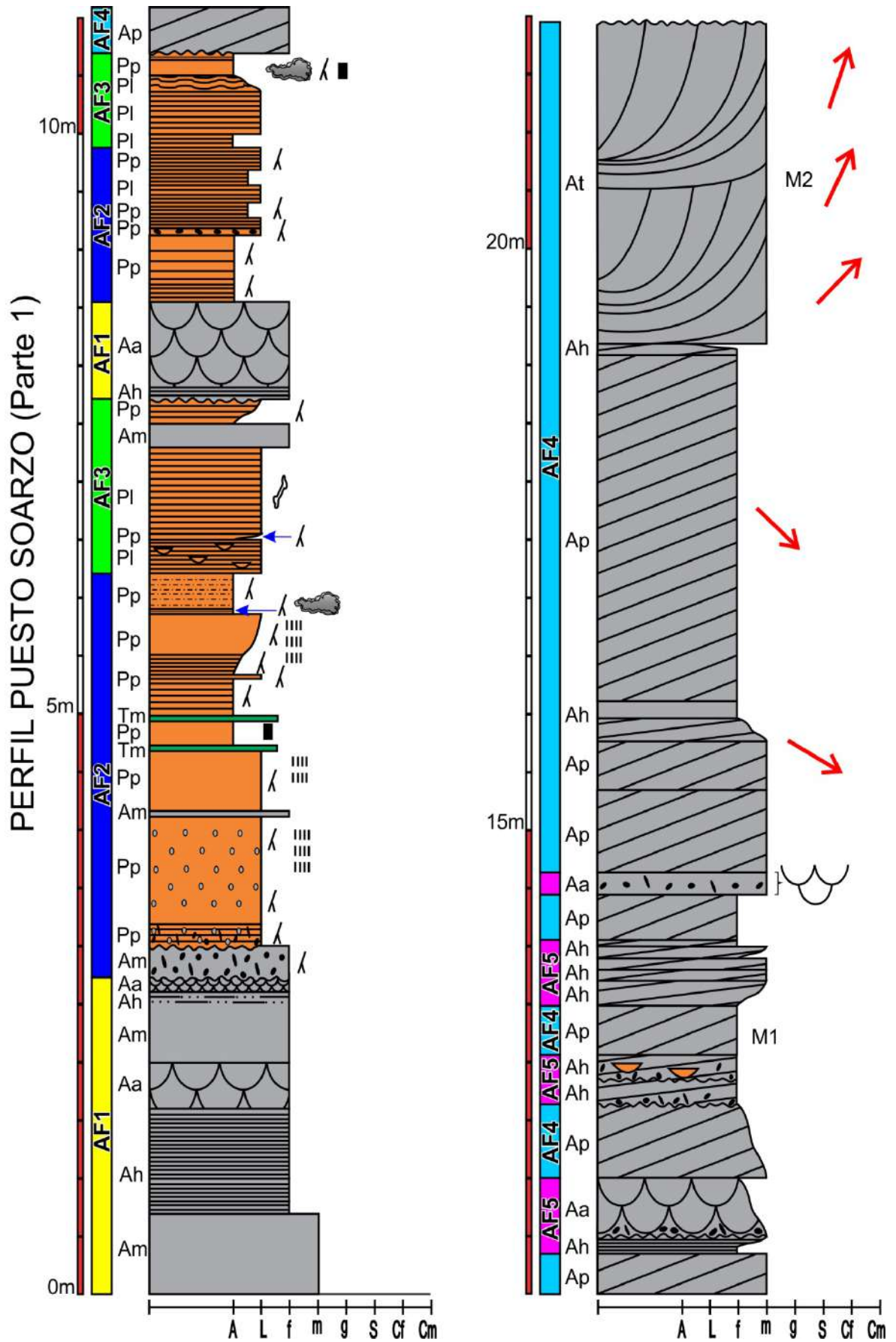


Figura 7a: Perfil "Puesto Soarzo" de la Formación El Sauzal (referencias en Figura 9).

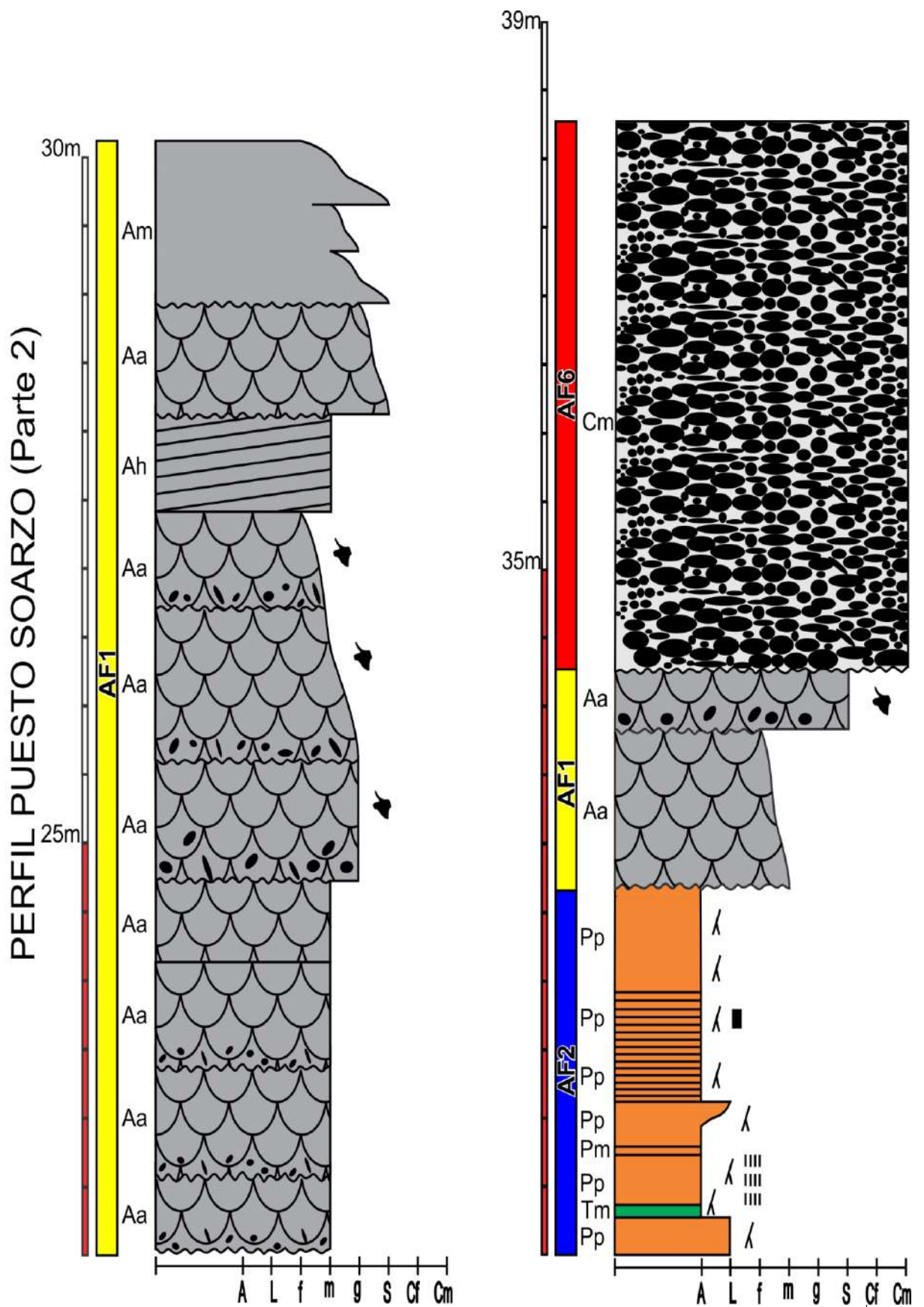


Figura 7b: Perfil "Puesto Soarzo" de la Formación El Sauzal (referencias en Figura 9)





9).

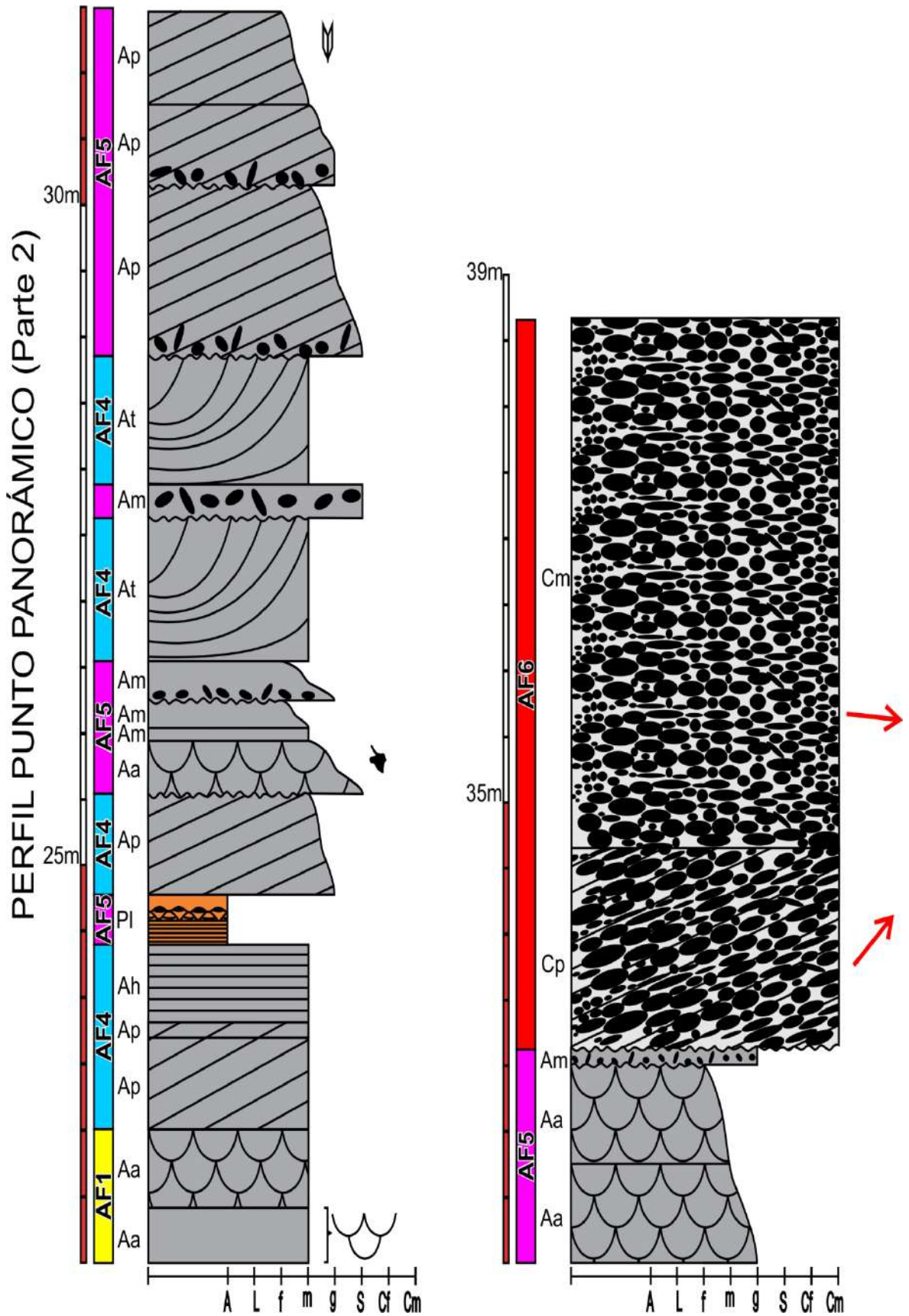


Figura 8b: Perfil “Punto Panorámico” de la Fm. El Sauzal (referencias en Figura 9).

# Referencias de los perfiles



## Estructuras sedimentarias

-  Estratificación paralela horizontal
-  Laminación paralela horizontal
-  Laminación paralela deformada
-  Estratificación entrecruzada tangencial
-  Laminación ondulítica
-  Estratificación entrecruzada en artesa
-  Estratificación entrecruzada tabular planar
-  Estratificación entrecruzada planar de bajo ángulo
-  Laminación difusa
-  Macizo
-  Cubierto


## Símbolos

-  Moteado
-  Clastos de toba
-  Trazas de raíces
-  Intraclastos
-  Extraclastos
-  Yeso
-  Lente arcilloso
-  Moteado Fe/Mn
-  Paleosuelos
-  Peds granulares
-  Peds prismáticos
-  Excavaciones fósiles

## Contactos

-  Contacto erosivo
-  Contacto neto

## Restos fósiles

-  Huesos de vertebrados

## Paleocorrientes



## Litología

-  Arenisca
-  Pelitas
-  Toba
-  Yeso
-  Conglomerado

M: muestras

Facies: Aa, Am, Ah, At, Ap,  
Pp, Pm, Pl, Tm, Y,  
Cm, Cp.

## Asociaciones de facies

- AF1: Faja de canales fluviales permanentes
- AF2: Planicie de inundación fluvial pedogenizada
- AF3: Lagos de planicie de inundación
- AF4: Campo de dunas eólicas
- AF5: Zonas de interduna
- AF6: Sistema fluvial gravoso
- AF7: Lagos salinos



# Referencias de los perfiles



## Estructuras sedimentarias

-  Estratificación paralela horizontal
-  Laminación paralela horizontal
-  Laminación paralela deformada
-  Estratificación entrecruzada tangencial
-  Laminación ondulítica
-  Estratificación entrecruzada en artesa
-  Estratificación entrecruzada tabular planar
-  Estratificación entrecruzada planar de bajo ángulo
-  Laminación difusa
-  Macizo
-  Cubierto


## Símbolos

-  Moteado
-  Clastos de toba
-  Trazas de raíces
-  Intraclastos
-  Extraclastos
-  Yeso
-  Lente arcilloso
-  Moteado Fe/Mn
-  Paleosuelos
-  Peds granulares
-  Peds prismáticos
-  Excavaciones fósiles

## Contactos

-  Contacto erosivo
-  Contacto neto

## Restos fósiles

-  Huesos de vertebrados

## Paleocorrientes



## Litología

-  Arenisca
-  Pelitas
-  Toba
-  Yeso
-  Conglomerado

M: muestras

Facies: Aa, Am, Ah, At, Ap,  
Pp, Pm, Pl, Tm, Y,  
Cm, Cp.

## Asociaciones de facies

- AF1: Faja de canales fluviales permanentes
- AF2: Planicie de inundación fluvial pedogenizada
- AF3: Lagos de planicie de inundación
- AF4: Campo de dunas eólicas
- AF5: Zonas de interduna
- AF6: Sistema fluvial gravoso
- AF7: Lagos salinos

**Figura 9:** Referencias de los perfiles sedimentológicos.



## Descripción e interpretación de facies

En cada uno de los perfiles realizados se describieron e interpretaron las litofacies que se resumen en la Tabla 1; la posición estratigráfica de las mismas puede observarse en la Figura 6, 7a, 7b, 8a, 8b y 14. Se definieron doce facies sedimentarias utilizando como criterios la litología, la granulometría, textura, color, espesor, estructuras sedimentarias, características de los contactos, forma de los bancos y contenido paleontológico; las que fueron agrupadas en siete asociaciones de facies.

Código	Litología	Estructura	Interpretación	Abundancia (%)
At	Arenisca gruesa a fina	Estratificación entrecruzada tangencial	Migración de dunas 2D subaéreas	5,55%
Am	Arenisca gruesa a fina	Maciza	Flujos unidireccionales diluidos con alta concentración de sedimentos	10,37%
Ah	Arenisca mediana a fina	Estratificación y laminación horizontal y estratificación entrecruzada planar de bajo ángulo	Migración de formas de fondo de bajo relieve, en un fondo plano de alta velocidad, por corrientes subaéreas y subáreas	5,98%
Ap	Arenisca gruesa a fina	Estratificación entrecruzada tabular planar	Migración de dunas 2D subaéreas	11,46%
Aa	Arenisca gruesa a fina	Estratificación entrecruzada en artesa	Migración de dunas 3D subáreas	29,73%
Pp	Arcilitas y Limolitas	Macizas o con laminación y rasgos pedogénicos	Decantación subárea de sedimento suspendido y posterior desarrollo de suelos	15,8%
Pm	Arcilitas y Limolitas	Maciza, algunas bioturbadas	Decantación subárea y posterior bioturbación	2,9%
Pl	Arcilitas y limolitas	Laminación horizontal	Decantación subárea de material detrítico de grano fino	4,66%
Tm	Toba	Maciza	Caída de ceniza volcánica	0,8%
Y	Yeso o Anhidrita	Textura en empalizada y en abanico	Precipitación de sulfatos en cuerpos de agua	2,25%
Cm	Conglomerado	Maciza	Flujo diluido de alta energía	8,85%
Cp	Conglomerado	Estratificación entrecruzada planar	Migración de barras gravosas durante períodos de alta descarga por fluidos diluidos, traccionales, turbulentos.	1,65%

**Tabla 1:** Resumen de facies reconocidas con detalle de la litología, estructura sedimentaria, interpretación y abundancia (porcentaje de cada facies respecto a la suma total de los espesores de los tres perfiles).

A continuación, se procede a la descripción e interpretación de cada una de las facies reconocidas.

- ***Facies de arenisca con estratificación entrecruzada tangencial (At). Lámina I (A).***

#### Descripción

Arenisca gruesa a fina, con estratificación entrecruzada tangencial, de color gris claro (N7), bien seleccionada y con clastos subredondeados. Capas con contactos netos. Una característica general observada es que presentan contactos erosivos en sus techos. Los buzamientos medidos en las caras de avalancha son de entre 20° y 25°; con una paleocorriente con sentido promedio SO-NE (azimuth promedio N30°; n=3). Esta facies es observable solamente en los perfiles Punto Panorámico y Puesto Soarzo. En el perfil Puesto Soarzo se midió el *set* más potente de esta facies, con un espesor de 1,5 metros. El espesor porcentual es de 5,5%.

#### Interpretación

Sobre la base de la buena selección, inclinación de las caras de avalancha y potencia de los *sets*, se la interpreta como depósitos de carga de fondo, resultado de la migración de dunas 2D subaéreas (dunas de cresta recta). La presencia de caras de avalancha tangenciales sugiere óndulas regresivas en la base de las mismas originadas por una celda de separación de flujo. Son ocasionadas por flujos diluidos traccionales, newtonianos y turbulentos (Collinson y Thompson, 1989; Leeder, 1999).



- ***Facies de arenisca maciza (Am). Lámina II (A y B).***

### Descripción

Arenisca gruesa a fina maciza, de color rosa anaranjado grisáceo (5YR 7/2), moderadamente seleccionada, con clastos de grava subredondeados y de baja esfericidad, predominando las transiciones de arenisca mediana a fina. Generalmente exhibe contactos netos y se presenta friable, solo se encuentran con un grado mayor de consolidación aquellas que poseen cementación por carbonatos. Esta facies se observa con poca frecuencia en los perfiles Puesto Soarzo y Punto Panorámico, sin embargo, es una de las facies predominantes en el perfil Punto 607, su espesor porcentual es de 10,37%. En el perfil Punto 607 se distinguen intraclastos pelíticos, bases erosivas y extraclastos de grava fina en algunos estratos, como así también yeso y fragmentos retrabajados de tobas. Cabe destacar que los intraclastos pelíticos en su mayoría muestran marcas de raíces y moteados en su interior.

### Interpretación

Este tipo de estructura maciza en areniscas portadoras de clastos gravosos sugiere que fueron depositadas por corrientes con una concentración de sedimentos relativamente alta, lo cual impidió el desarrollo de formas de fondo (Miall, 1996). Alternativamente, podría ocurrir que la falta de cementación impida observar las estructuras sedimentarias primarias. La presencia de intraclastos pelíticos y las bases erosivas, indicarían que el fluido que depositó a esta facies correspondería a un medio sub-ácueo; erosionando un fondo cohesivo, el cual pertenecería a un suelo, por las marcas de raíces halladas dentro de los intraclastos pelíticos.



- ***Facies de arenisca con estratificación y laminación horizontal y estratificación entrecruzada planar de bajo ángulo (Ah). Lámina III (A, B y C).***

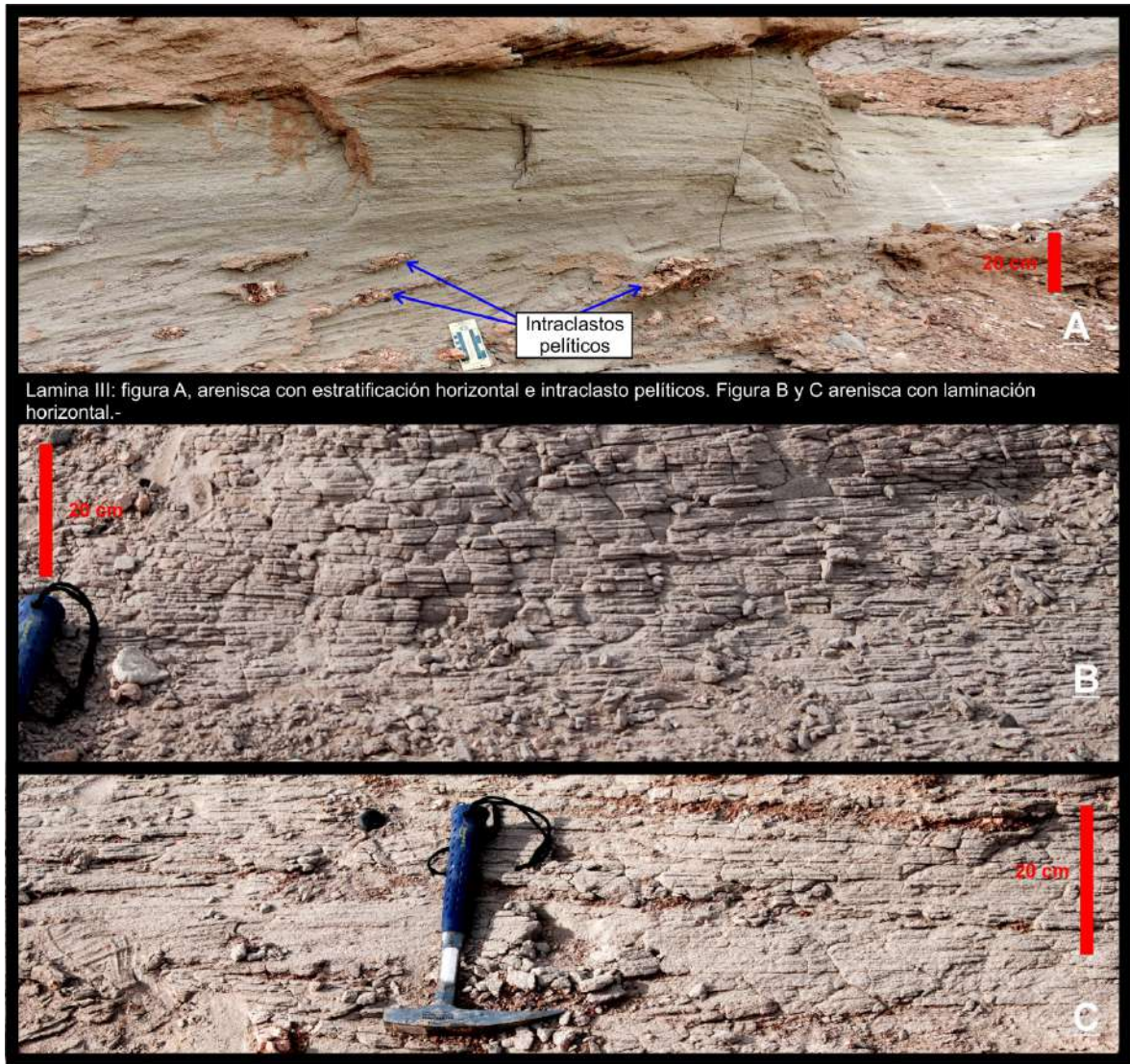
#### Descripción

Arenisca mediana a fina, con estratificación y laminación horizontal y estratificación entrecruzada planar de bajo ángulo, de color gris claro (N7). Las capas con laminación horizontal muestran gradación directa de intralámina. Son depósitos moderadamente seleccionados, con clastos subangulosos y de baja esfericidad. Generalmente son depósitos friables, excepto aquellas capas que se encuentran cementadas por carbonatos. Presentan contactos netos, en algunos casos puntuales se observan bases erosivas con intraclastos pelíticos, lentes arcillosos, excavaciones tubulares pequeñas generadas por organismos y fragmentos retrabajados de toba. El espesor de las capas varía entre 1 cm y 10 cm; y el espesor de los paquetes con esta facies tiene un rango de 20 cm a 50 cm. Esta facies se registró en los tres perfiles, siendo característica del perfil Puesto Soarzo. Se encuentra asociada verticalmente a las facies Ap, Aa y At. El espesor porcentual es de 5,98%.

#### Interpretación

Esta facies se produjo por la migración de formas de fondo de bajo relieve tanto por corrientes subácueas como por viento. El escaso espesor de estas facies en las secciones estudiadas es la razón por la cual se la describe de manera conjunta. Las capas con estratificación horizontal y tamaño de grano mediano, posiblemente reflejan transporte eólico en condiciones de fondo plano de alta velocidad, por reptación (Mountney, 2006). Las restantes ocurrencias reflejarían transporte por corrientes de agua en condiciones de fondo plano.





- *Facies de arenisca con estratificación entrecruzada tabular planar (Ap). Lámina IV (A).*

#### Descripción

Arenisca gruesa a fina, con estratificación entrecruzada tabular planar, de color gris claro (N7), muy bien seleccionada con clastos subredondeados de alta esfericidad. Los depósitos son friables y de contactos netos, predominan las transiciones entre areniscas medianas y finas y los buzamientos de las caras de avalancha rondan alrededor de los 20°, arrojando una paleocorriente con sentido SO-NE (azimuth promedio N125°; n=2). Solo en el perfil Punto Panorámico se observó una sabulita que grada a una arenisca mediana, con presencia de intraclastos pelíticos y base erosiva. En el perfil Puesto Soarzo se observó que algunos estratos cuentan con gradación directa de intralámina; mientras que otros presentan

gradación inversa de intralámina. El *set* más potente fue medido en este último perfil y alcanza aproximadamente 3 m de espesor. Esta facies no se registra en el perfil Punto 607. El espesor porcentual para la misma es de 11,46%.

#### Interpretación

El significativo espesor de los *sets* entrecruzados arenosos, la buena selección de la arenisca y la inclinación de las láminas frontales son compatibles con la migración de dunas eólicas bidimensionales. Las transiciones de areniscas medianas a finas, sugerirían una pérdida de energía del flujo. La presencia de láminas con gradación inversa o directa denota que las formas de fondo migraron con el desarrollo de flujo y caída de granos en sus caras de avalancha, respectivamente (Mountney, 2006).



- ***Facies de arenisca con estratificación entrecruzada en artesa (Aa). Lámina V (A y B).***

#### Descripción

Arenisca gruesa a fina de color gris claro (N7), con estratificación entrecruzada en artesa. Los depósitos varían de bien a moderadamente seleccionados, los clastos son subangulosos a subredondeados y de baja esfericidad. En cortes delgados de esta facies se observa que se trata de arenitas líticas volcánicas y arenitas arcósicas con cemento esparítico (Figura 10, A y B). Los *sets* tienen una tendencia granodecreciente hacia el techo, con bases erosivas y abundante presencia de intraclastos pelíticos y extraclastos subangulosos de tamaño sábulo. Generalmente son friables, aunque algunas capas se encuentran muy cementadas

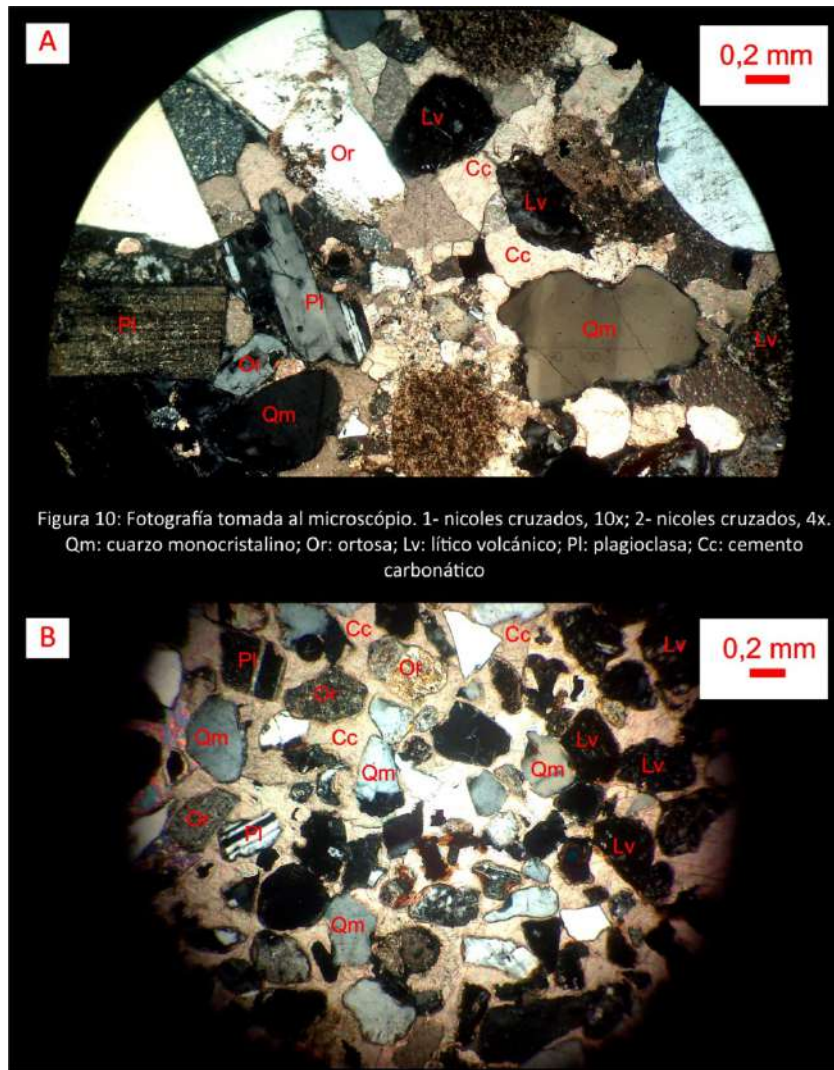


por carbonato. También se identificaron pequeñas excavaciones de organismos, incluyendo ejemplares comparables con la icnoespecie *Spongelliomorpha carlsbergi* (en la base de la capa). Contiene intraclastos pelíticos cuyo tamaño varía desde 0,5 a 20 cm, presentando una forma elipsoidal. Se realizaron dos mediciones de paleocorrientes en artesas y se obtuvo que el eje de las artesas tenía un azimuth N30°. Esta facies es la predominante en todos los perfiles medidos, con el mayor espesor porcentual calculado, de 29,73%; en promedio la potencia de los *sets* es de 50 cm.

#### Interpretación

Las capas de arenisca con estratificación entrecruzada en artesa e intraclastos sugieren migración de dunas 3D subácueas en flujos unidireccionales diluidos encauzados con baja concentración de sedimento en condiciones de bajo régimen de flujo (Miall, 1996).





- ***Facies de pelita con rasgos pedogénicos (Pp). Lámina VI (A).***

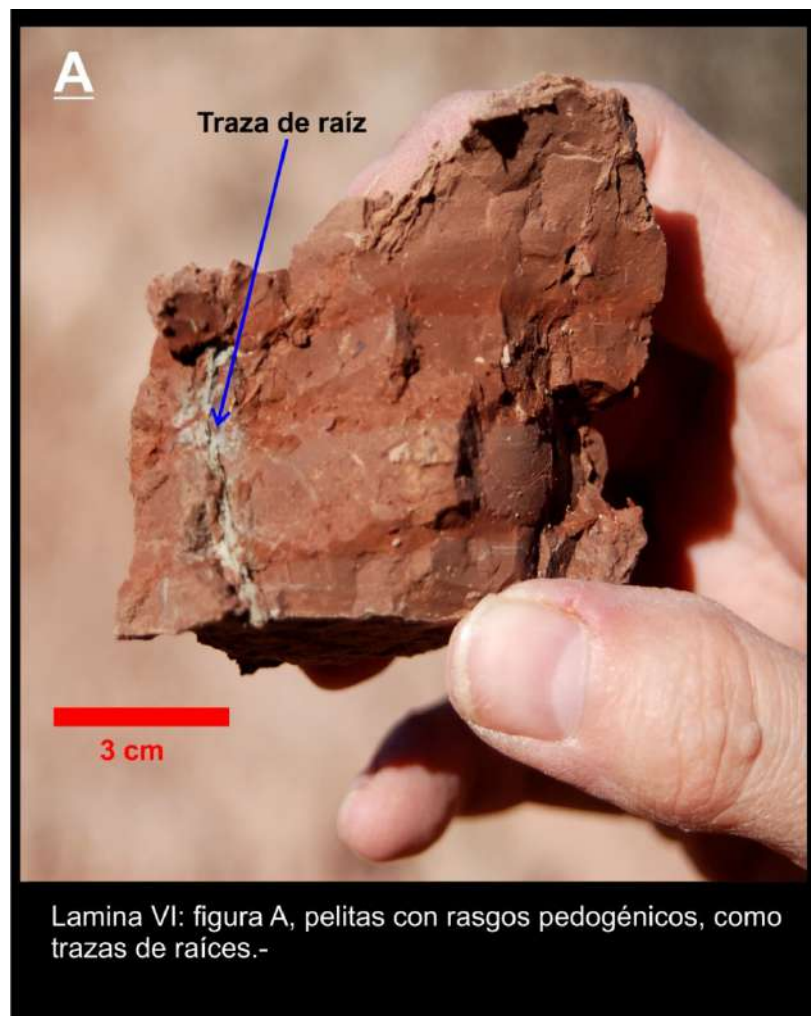
#### Descripción

Arcilitas y limolitas macizas o laminadas, de color pardo rojizo moderado (10R 4/6) que gradan a un pardo rojizo pálido blanquecino hacia el techo. Poseen buena continuidad lateral y una geometría aproximadamente tabular. Son frecuentes los moteados de hierro y manganeso, marcas milimétricas de raíces; como así también los *peds* de tipo granular y prismático. Abundan los intraclastos pelíticos arcillosos con marcas de raíces. Esta facies generalmente se presenta en sucesiones con una tendencia estratocreciente. Es muy abundante y sólo aparece en los perfiles Puesto Soarzo y Punto Panorámico con un espesor porcentual de 15,8%.



### Interpretación

Esta litofacies es interpretada como producto de la decantación de sedimento suspendido en cuerpos de agua someros (Collinson y Thompson, 1982). La interpretación está sustentada en las características diagnósticas que presenta, tales como buena continuidad lateral, geometría aproximadamente tabular, presencia de *peds* de estructura bien definida (granular y prismática en este caso), moteados de hierro y manganeso; y evidencias de orificios provocados por raíces (Retallack, 1988). Los cambios verticales de coloración en la misma litofacies podrían indicar el movimiento vertical de arcillas y coloides desde horizontes superiores que han sido lixiviados (Visconti, 2007). Los colores más claros en el techo de los paleosuelos indicarían concentración de carbonatos en la parte alta de los mismos. La redistribución de óxidos e hidróxidos de Mn está asociada a la saturación periódica de agua en el suelo (Kemp y Zárate, 2000), sugiriendo fluctuaciones de la capa freática.



- ***Facies de pelita laminada (Pl). Lámina VII (A).***

#### Descripción

Arcilitas y limolitas, de color pardo rojizo moderado (10R 4/6) dispuestas en láminas con contactos netos. En esta facies también se incluyen las siguientes ocurrencias: 1) limolitas laminadas con lentes arcillosos (perfiles Puesto Soarzo y Punto Panorámico); 2) limolitas con rellenos de grietas de desecación verticales de hasta 30 cm de largo y laminación deformada por carga (Puesto Soarzo); y 3) arcilita con laminación horizontal que grada a una laminación ondulática, la cual está marcada por materia orgánica. Esta facies aparece en todos los perfiles con una participación del 4,66%, los estratos más potentes se registran en el perfil Punto Panorámico. En Puesto Soarzo se encontraron durante las tareas de campo restos de un Mesoterino, Notoungulata (C. Montalvo, comunicación verbal, 2015).

#### Interpretación

Esta facies registra la decantación sub-ácuea de material detrítico de grano fino (Collinson y Thompson, 1982), con posterior exposición sub-aérea del sustrato sin disturbio pedogenético, lo cual es indicado por la ocasional presencia de grietas de desecación. La deformación por carga sería producto de la presión ejercida por las capas superiores (Collinson y Thompson, 1982).

- ***Facies de pelita maciza (Pm). Lámina VII (B).***

#### Descripción

Arcilitas y limolitas macizas, de color pardo rojizo moderado (10R 4/6), con contactos netos y sucesiones de arreglo estrato-creciente. Los únicos rasgos distintivos son, en algunos casos, la presencia de carbonatos no pedogénicos cementando sus techos y la presencia de intraclastos pelíticos. Esta facies, aunque escasa, aparece en todos los perfiles, teniendo una abundancia de 2,9% del espesor medido.

#### Interpretación

Representan depósitos finos transportados por corrientes subácueas y probablemente producto de decantación en cuerpos de agua estancados. Esta facies tendría una génesis similar a la precedente, pero sin una posterior modificación pedogenética. La ausencia de estructuras sedimentarias también podría deberse a bioturbación, aunque no se distinguen estructuras biogénicas discretas.

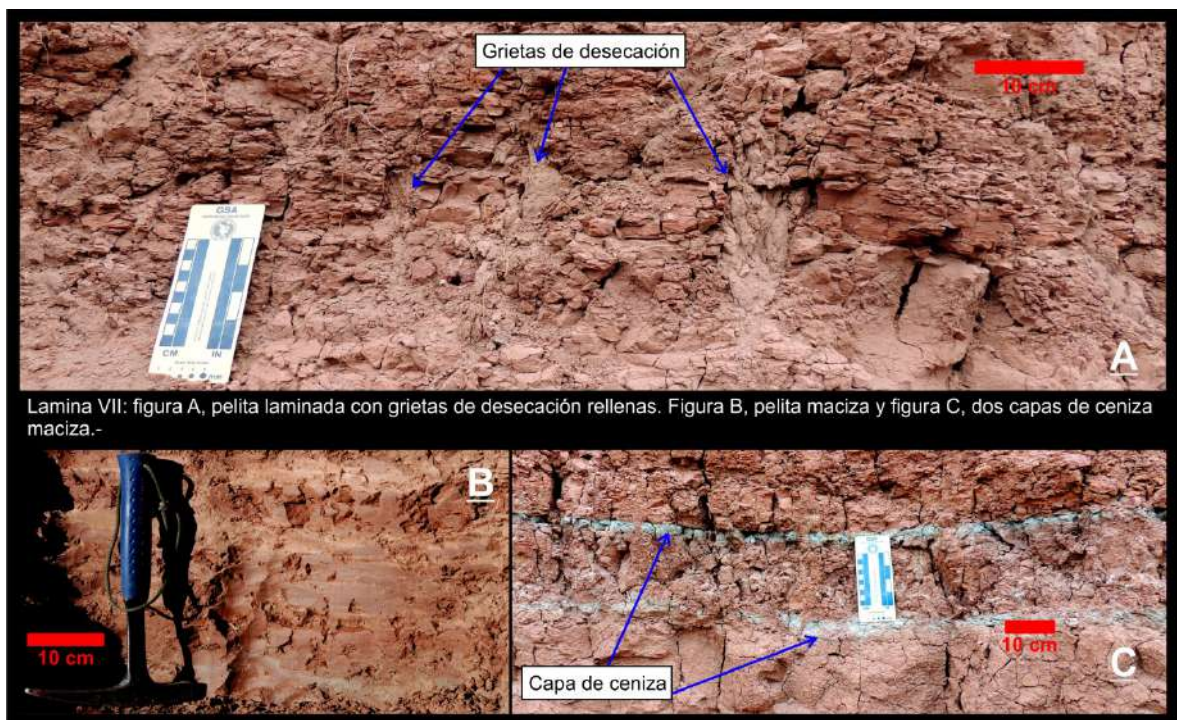
- *Facies de toba maciza (Tm). Lámina VII (C).*

### Descripción

Toba maciza, de color gris verdoso pálido (5GY 8/1). Los estratos son de unos pocos centímetros (generalmente no más de 3 cm) de potencia. Se observa en el perfil Punto Panorámico y Puesto Soarzo. Solo en un caso se pudieron ver marcas de raíces y en el perfil Punto 607 aflora un estrato de toba cementada con carbonatos, de unos 40 cm de espesor. Su espesor porcentual es del 0,8%.

### Interpretación

Se la interpreta como un depósito de caída de cenizas en un ambiente subácueo (como lo sugiere la alternancia con sedimentos pelíticos laminados), producto de erupciones volcánicas ácidas (color claro de la toba) (Teruggi et al., 1978). La ausencia de mezcla con detritos epiclásticos sugiere que son depósitos primarios. En ocasiones estos depósitos primarios poseen desarrollo de pedogénesis sobreimpuesta, sugerido por la presencia de moteados y marcas de raíces. El color verdoso podría evidenciar que el depósito sufrió parcialmente una alteración química en un ambiente subácueo.





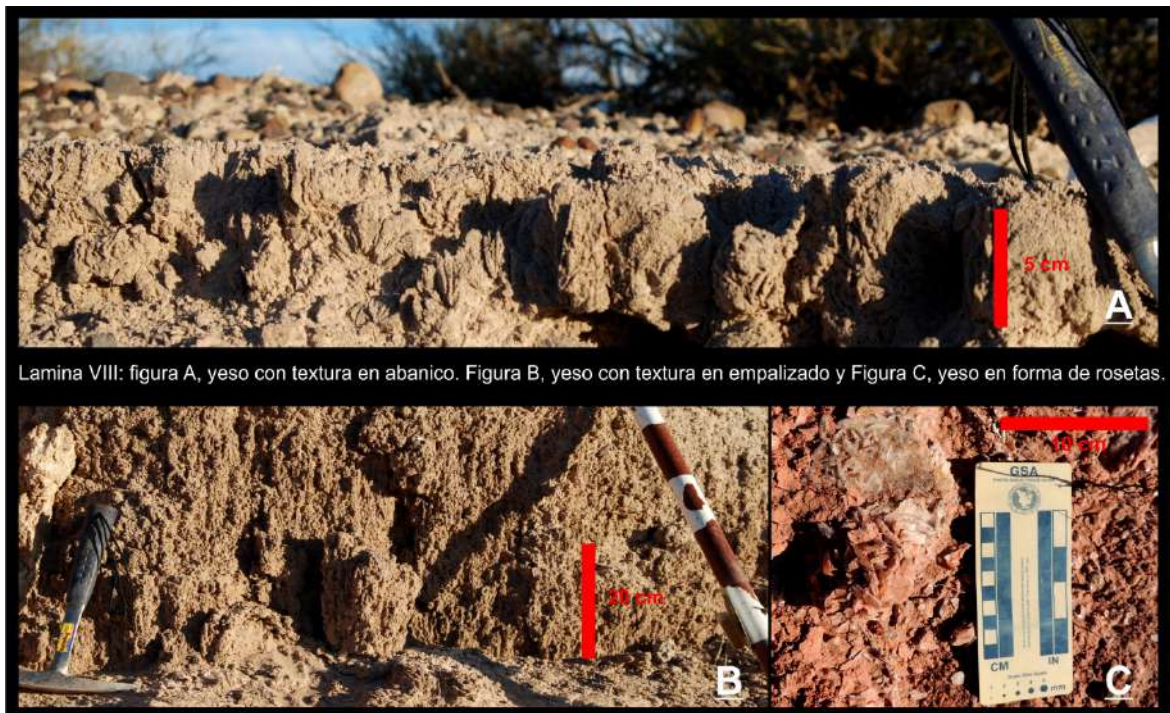
- *Facies de Yeso (Y). Lámina VIII (A, B y C).*

### Descripción

Costra de yeso impuro, de color rosado grisáceo (5YR 8/1) con espesor total de 1,5 metros. Se pueden distinguir capas con textura en empalizada (más común) y una capa con textura en abanico. El yeso aparece asociado con carbonatos. Se incluyen en esta facies limolitas con abundantes rosetas de yeso de hasta 5-10 cm de diámetro. Esta facies aparece únicamente en el perfil Punto 607, con escaso espesor, de 2,25%.

### Interpretación

La costra de yeso impuro con textura en empalizada y en abanico, se corresponden con las texturas de yeso precipitado en un medio subácueo (Kendall, 1992). Las formas en empalizada se asocian a sectores de la zona subfótica, en tanto los hábitos en abanico corresponderían a la zona fótica (Kendall, 1992). Las rosetas de yeso se relacionan con el ascenso y descenso de aguas capilares saturadas en sulfatos de calcio, que producen en los intersticios de sedimentos detríticos la precipitación química de sulfatos (Warren, 2005).



- ***Facies de conglomerado macizo (Cm). Lámina IX (A).***

#### Descripción

Conglomerado macizo con clastos redondeados de baja esfericidad y mal seleccionado. Algunas capas muestran tendencia granodecreciente y son muy potentes, de unos 5 metros de espesor. Se encuentran apoyados sobre depósitos arenosos mediante un contacto erosivo y constituyen la parte superior de los afloramientos. La matriz es arenosa y exhibe un cemento carbonático que incrementa su participación hacia arriba. El crecimiento de carbonato desplaza a los clastos, generando conglomerados matriz soportada hacia arriba. Sin embargo, en los sectores inferiores del estrato, donde poseen escasa cementación, se aprecia claramente que son depósitos clasto sostén. Esta facies aparece en los perfiles Punto Panorámico y Puesto Soarzo con un espesor porcentual de 8,25%. La paleocorriente medida presenta sentido O-E (azimuth promedio N275°; n=2).

#### Interpretación

Por las características de esta facies, el proceso que originó los depósitos fue un flujo diluido de alta energía, probablemente encauzado (Miall, 1996).

- ***Facies de conglomerado con estratificación entrecruzada planar (Cp). Lámina IX (A).***

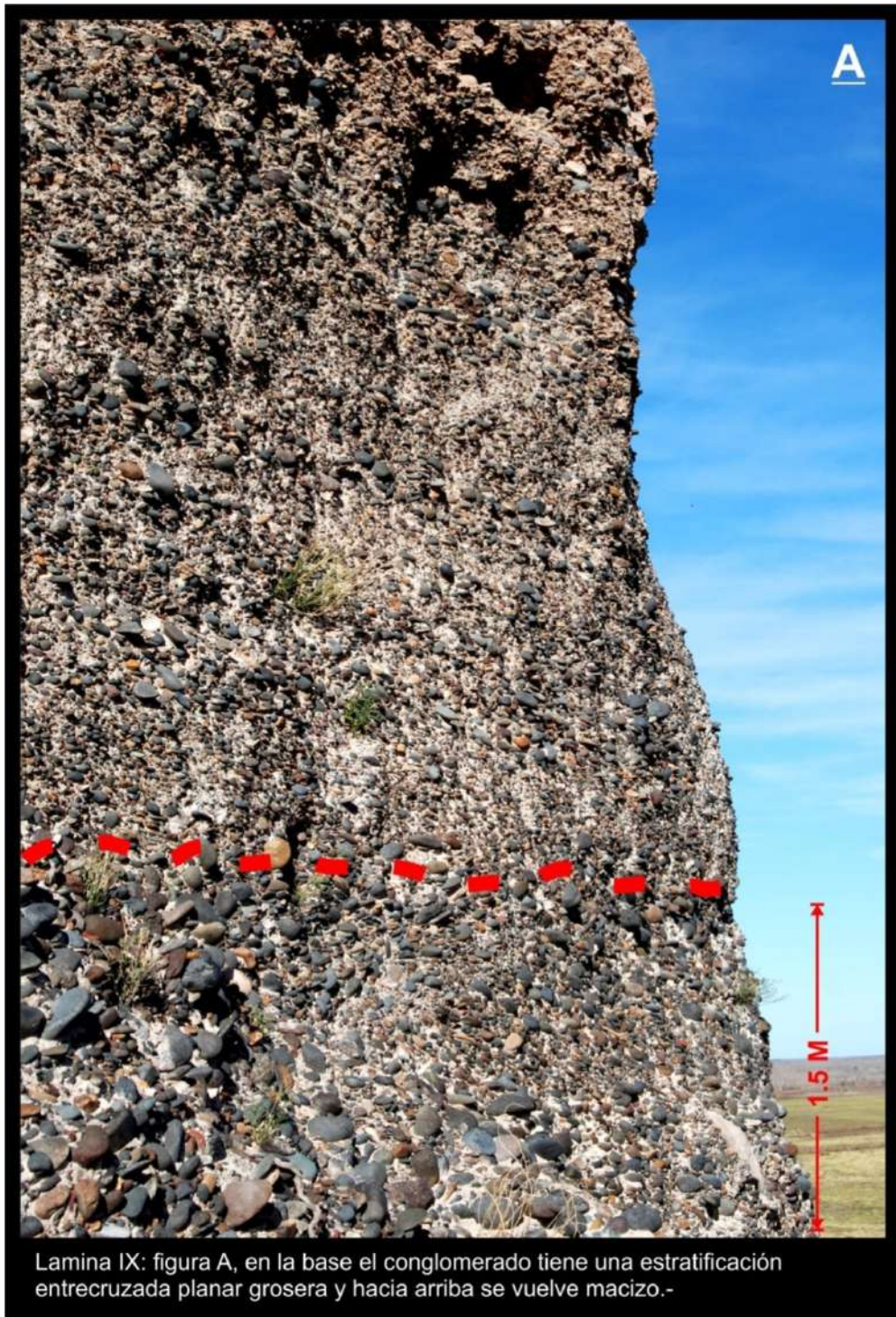
#### Descripción

Conglomerado con estratificación entrecruzada planar grosera. Los clastos son redondeados de baja esfericidad; conglomerado mal seleccionado pero con una tendencia granodecreciente. Posee un espesor de 1,5 metros y contacto basal erosivo. Exhiben cementación carbonática en la parte superior del estrato que disminuye hacia la base. Muchos de los clastos se encuentran imbricados. A partir de esta imbricación se determinó una paleocorriente local con azimuth N50° y un buzamiento promedio de 20° (n=4). El tamaño máximo de los clastos, inferido a partir del eje mayor de los clastos imbricados, permite distinguir dos poblaciones: una que tiene un rango de 3 cm a 6 cm y otra de 8 cm a 12 cm. Esta facies aparece únicamente en el perfil Punto Panorámico con un 1,65%, donde se apoya en la facies Am (arenisca maciza) y es cubierta por la facies Cm (conglomerado macizo).



### Interpretación

Esta facies es resultado de la migración de barras gravosas con acreción aguas abajo o barras longitudinales (Miall, 1996) durante períodos de alta descarga. Son originadas por flujos diluidos traccionales, newtonianos, turbulentos y encauzados (Collinson y Thompson, 1989; Leeder, 1999; Collison et al. 2006).



Lamina IX: figura A, en la base el conglomerado tiene una estratificación entrecruzada planar grosera y hacia arriba se vuelve macizo.-

### Asociaciones de facies

Las doce facies sedimentarias definidas se agruparon en siete asociaciones de facies (AF). En la Tabla 2 se resumen las características de cada una de ellas; a continuación se procede a la descripción detallada e interpretación de las mismas.

Asociaciones de facies	Facies	Interpretación	Abundancia (%)
AF1	Dominan Aa y Am Subordinadas Ah, Pl y Tm	Faja de canales permanentes entrelazados	38,4%
AF2	Mayormente Pp, Pl y Tm; en menor medida Am, Ah y Pm	Llanura de inundación con sectores pedogenizados	13,8%
AF3	Pm, Am, Pl, Ah y Pp	Llanura de inundación con lagos someros	10,4%
AF4	Ap, At y Ah	Campo de dunas eólicas	15,3%
AF5	Am, Pl, Aa, Ap, Pm y Ah	Zona de interduna seca y húmeda	4%
AF6	Cp y Cm	Sistema fluvial permanente, gravoso y dominado por carga de fondo.	10,7%
AF7	Am, Pm, Y y Tm	Lagos salinos	7,3%

**Tabla 2:** Tabla de asociaciones de facies, interpretación y abundancia.

- *Asociación de facies 1 (AF1). Faja de canales fluviales permanentes*

#### Descripción

La AF1 está constituida principalmente por areniscas con intraclastos pelíticos y bases erosivas, con tendencia granodecreciente, donde los constituyentes mayoritarios son las facies Aa y Am. Otras facies incluidas en esta asociación, aunque en baja proporción, son: Pl, Ah y Tm. La granulometría varía de arenisca gruesa a fina para las facies arenosas. La AF1 tiene una abundancia de 34,5% en el perfil Puesto Soarzo, un 46,6% en el perfil Punto Panorámico y un 24,6% en el perfil Punto 607.

En una de las exposiciones de esta asociación de facies correspondiente al Perfil Punto Panorámico, fue posible observar la jerarquía de las superficies limitantes de los cuerpos sedimentarios y confeccionar un fotomosaico con dirección N155° (Figura 11). En dicho fotomosaico se observan cuerpos arenosos con geometría plano-cóncava y plano-convexa, con intraclastos pelíticos; en los cuales predominan las facies Aa y es posible que existan otros cuerpos similares asociados, cuya geometría no se aprecia de manera completa (Figura 11). Las paleocorrientes medidas en la estratificación entrecruzada en artesa, indican que el paleoflujo medio fue hacia el NE.

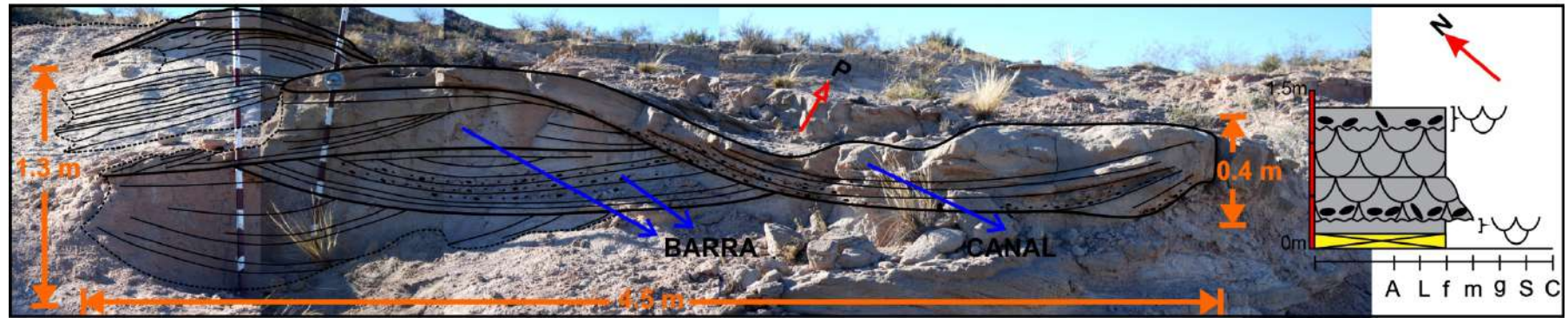
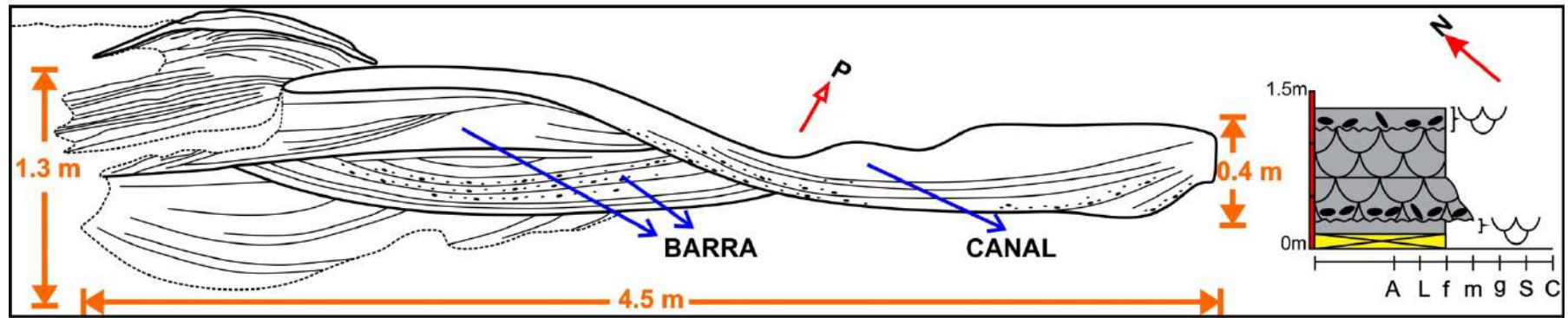
#### Interpretación

Los cuerpos arenosos con bases erosivas e intraclastos pelíticos inmediatamente por encima de la misma, que presentan en su totalidad estratificación entrecruzada en artesa (generada por flujos diluidos con baja concentración de sedimentos) y con tendencia granodecreciente sugieren que se trata de depósitos de faja de canal fluvial (Bridge, 1993; Miall, 1996). La ausencia de evidencias de exposición sub-aérea en la base de los cuerpos canalizados indica que la escorrentía fue permanente.

En el fotomosaico se observa un relleno de canal con intraclastos pelíticos en la base, que corta a una barra arenosa, que se posiciona a la izquierda del mismo (*crossbar channel*), por encima y por debajo posiblemente se aprecian dos canales más; por lo cual correspondería a un sistema multicanalizado del tipo entrelazado (Bridge, 2006). Esta interpretación se realiza sobre la base de consideraciones estrictamente geométricas observadas en el campo. Esta asociación correspondería a depósitos de faja de canales permanentes, de un sistema multicanalizado del tipo entrelazado, al menos en la parte baja del perfil Punto Panorámico. Las restantes ocurrencias de esta asociación de facies aparecen con similares atributos, por lo que puede tratarse del mismo tipo de ríos, los cuales drenarían hacia el NE.

Para ilustrar esta interpretación se ha recurrido a un ejemplo actual en la zona de estudio: el Río Colorado, que pudo observarse desde la barranca donde se levantó el perfil de Puesto Soarzo (Figuras 12 y 13).

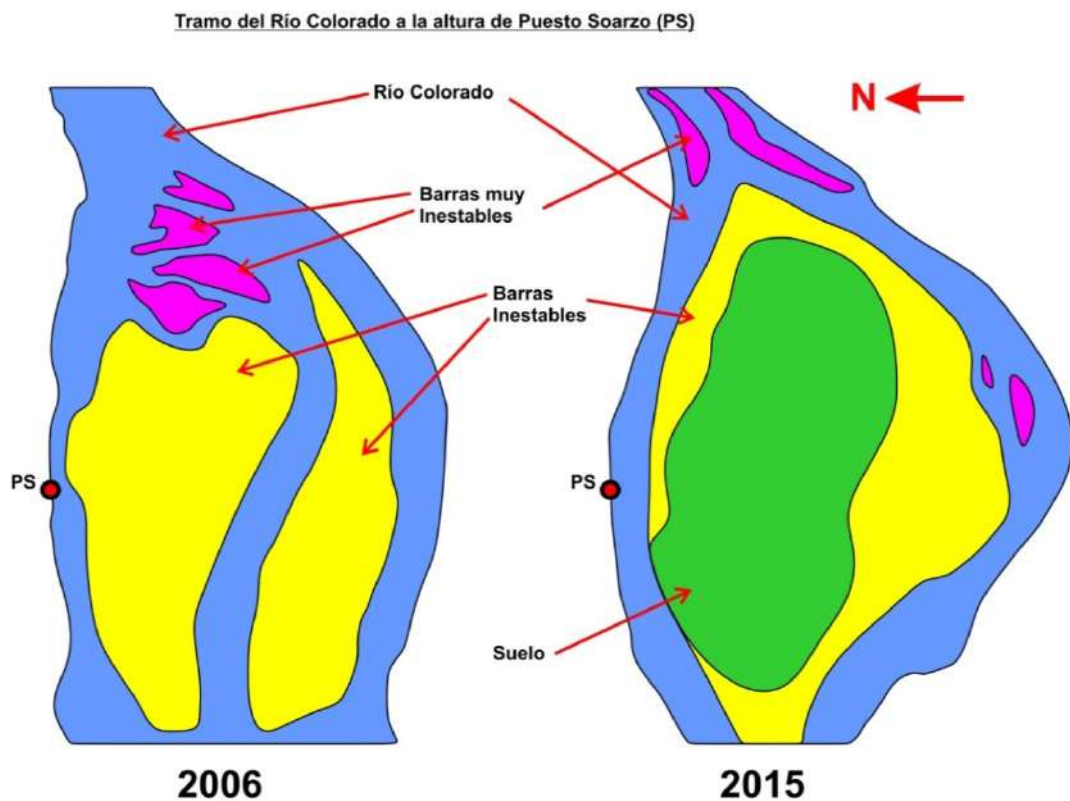




**Figura 11:** Fotomosaico con su perfil vertical representado a la derecha del dibujo, donde se distingue el canal y la barra. La orientación del afloramiento es N155.



**Figura 12:** Dos imágenes satelitales que muestran la evolución del ambiente para el mismo sector desde el 2006 al 2015. Se observa como los depósitos se estabilizaron y fueron colonizados por la vegetación, para transformarse en suelos. PS: Puesto Soarzo.



**Figura 13:** En un lapso de casi 10 años se puede observar a través de imágenes satelitales como ha ido evolucionando el sistema. En amarillo se ven las barras arenosas, las cuales fueron colonizadas y pedogenizadas posteriormente (en verde).

Este ejemplo sería análogo para el ambiente fluvial de la Formación El Sauzal. La migración de los canales y barras (AF1), permitió que algunas zonas se inundaran (AF3), mientras que otras fueran pedogenizadas (AF2) y viceversa, para los depósitos de la base de la misma. También es posible observar un canal que disecta una barra entrelazada en 2006 que luego se torna inactivo y es pedogenizado, en 2015. En particular, lo esquematizado en el fotomosaico y el correspondiente diagrama (Figura 11) sería comparable a la barra entrelazada que es disectada por un canal secundario en la imagen del año 2006 (Figura 12 y 13).

- ***Asociación de facies 2 (AF2). Planicie de inundación fluvial pedogenizada***

Descripción

La AF2 se encuentra formada en su mayor parte por las facies Pp, Pl y Tm; en menor medida aparecen las facies Am, Ah y Pm. La mayoría de las facies presentan rasgos pedogénicos (marcas de raíces, moteados, manchas de Fe/Mn) y las que no presentan dichos rasgos, se encuentran asociadas en la secuencia. Las Pp es la más distintiva de esta asociación. La granulometría varía de arenisca mediana a fina para las facies arenosas. Esta asociación de facies aparece en el perfil Puesto Soarzo con una abundancia de 19,3% y en el perfil Punto Panorámico con un 12,3% de abundancia.

Interpretación

Esta asociación de facies indica un paleoambiente de llanura de inundación, caracterizado por desbordes de los canales activos (AF1), donde se produjo mayoritariamente la sedimentación de materiales limosos y arcillosos, transportados por el agua, dando origen a las diferentes estructuras sedimentarias, en zonas de bajo gradiente; como así también la sedimentación de las areniscas macizas y tobas (Miall, 1996). Durante los períodos de estabilidad del paisaje, con condiciones climáticas favorables y disminución o interrupción de la sedimentación, la vegetación pudo desarrollarse y formar suelos (Kraus, 1999).

- ***Asociación de facies 3 (AF3). Lagos de planicie de inundación***

Descripción

Esta asociación de facies comprende las facies Pm, Am y Pl en mayor medida y escasamente se encuentran las facies Ah y Pp. Aparece en ciclos granodecrecientes. El

carácter principal de esta asociación se debe a ausencia de rasgos pedogénicos, aunque se aclara que en un caso particular se observaron marcas de raíces y moteado, correspondiente a la facies Pp. La granulometría para las facies arenosas es arena fina. La asociación de facies aparece con una abundancia del 6% en el perfil Puesto Soarzo, con un 11,8% en el perfil Punto Panorámico y con un 20,3% en el perfil Punto 607.

#### Interpretación

El predominio de pelitas con laminación horizontal, así como la escasa participación de areniscas laminadas, alude a sedimentación en un ambiente lacustre relativamente somero o charcos (Talbot y Allen, 1996). La presencia de un paleosuelo o rasgos pedogénicos indica la reducción del área del lago y la colonización del sustrato por plantas.

- ***Asociación de facies 4 (AF4). Campo de dunas eólicas***

#### Descripción

Esta asociación incluye las facies Ap, At y Ah. La granulometría para las facies arenosas varía de arenisca gruesa a fina. Se encuentran muy bien seleccionadas. La AF4 se encuentra verticalmente relacionada con la AF5; esto se puede observar en los perfiles Puesto Soarzo con una abundancia de 24,9% y Punto Panorámico con una abundancia de 10,3%. Se midieron dos direcciones de paleocorrientes: una con n azimuth N30° y otra con Azimuth N125°.

#### Interpretación

Dicha asociación de facies fue generada en un campo de dunas como lo demuestra la muy buena selección de las facies. Las areniscas que presentan estratificación entrecruzada tabular planar de alto ángulo fueron producidas por la migración de dunas 2D, la presencia de caras de avalancha tangenciales sugiere óndulas regresivas en la base de las mismas originadas por una celda de separación, que se vinculan con vientos de mayor velocidad que aquellos que producen las dunas 2D. Las capas con estratificación horizontal reflejan transporte en condiciones de fondo plano de alta velocidad, posiblemente por reptación (Mountney, 2006). Esta asociación de facies está genéticamente relacionada con la asociación de facies de interduna. Las dunas migraban hacia el SE en un principio y luego habrían cambiado su dirección migrando hacia el NE.

- ***Asociación de facies 5(AF5). Zonas de interduna***

#### Descripción

Esta asociación incluye las facies Am, Pl, Aa, Ap, Pm, Tm y Ah. La asociación de facies del sistema de interdunas se caracteriza por la presencia de areniscas con estratificación horizontal o de bajo ángulo, con base erosiva y ausencia de restos orgánicos; y la facies de pelitas laminadas. La AF5 se encuentra verticalmente relacionada con la AF4 con la cual alterna. Esta asociación de facies se puede observar en los perfiles: Puesto Soarzo con una abundancia de 4,9% y en Punto Panorámico con una abundancia de 4,2%.

#### Interpretación

La asociación con dunas eólicas sugiere que se trata de depósitos de interduna. Los intervalos de arenisca con estratificación horizontal corresponderían a interduna seca, en tanto los intervalos pelíticos (Pl y Pm), como los arenosos (Am, Aa y Ap) representan interdunas húmedas, incluyendo lagos someros y ríos efímeros (Mountney, 2006). Los escasos paleosuelos pobremente desarrollados son compatibles con un clima árido a semi-árido y con intervalos cortos de estabilidad del relieve. Los niveles de tobas registrados en esta asociación de facies indican vulcanismo explosivo coetáneo con la sedimentación.

- ***Asociación de facies 6 (AF6). Sistema fluvial gravoso***

#### Descripción

Esta asociación incluye solo dos facies Cp y Cm. Estas facies se encuentran en la parte alta de los perfiles Puesto Soarzo con una abundancia de 10,4% y en Punto Panorámico con abundancia de 14,8%. La base de dicha asociación es erosiva, por encima del contacto erosivo se ubica Cp y luego Cm. Sus clastos imbricados son uno de los rasgos más importantes; las paleocorrientes que se midieron para esta asociación de facies tienen un azimuth N50°.

#### Interpretación

Esta asociación de facies se interpreta como depósitos fluviales, con un predominio de flujos diluidos gravosos de alta energía (Miall, 1996). Este flujo sufrió una pérdida de energía con el tiempo, la cual se detecta por la gradación directa observada en campo. Posteriormente se habría originado la cementación de los conglomerados por la percolación de carbonatos, concomitante con la formación del calcrete que se encuentra por encima. Este proceso de calcretización es el responsable de la cementación carbonática

que exhiben los conglomerados. La imbricación de clastos permite obtener el sentido de la paleocorriente, deduciendo que estos flujos drenarían hacia el E con una componente hacia el N. Resumiendo, se estaría ante un sistema fluvial permanente, gravoso, dominado por carga de fondo.

- ***Asociación de facies 7 (AF7). Lagos salinos***

Descripción

Esta asociación incluye tres facies: Am, Pm, Y y Tm; siendo predominante la facies de yeso (Y). Se encuentran en el techo del perfil Punto 607 ocupando un 55 % del mismo.

Interpretación

Estos depósitos corresponderían a lagos salinos, dada la preponderancia de depósitos evaporíticos. En este contexto las facies silicoclásticas representan las zonas marginales del lago, incluyendo flujos fluviales (Am) y planicie fangosa (Pm) con precipitación de yeso en los sedimentos (rosetas de yeso en limolita). Los depósitos del centro del lago corresponden a la facies Y, que representa la precipitación subácuea de yeso (Kendall, 1992). La transición vertical de una textura en empalizada a en abanico puede sugerir la somerización del lago salino.

## **Correlación de los perfiles sedimentológicos**

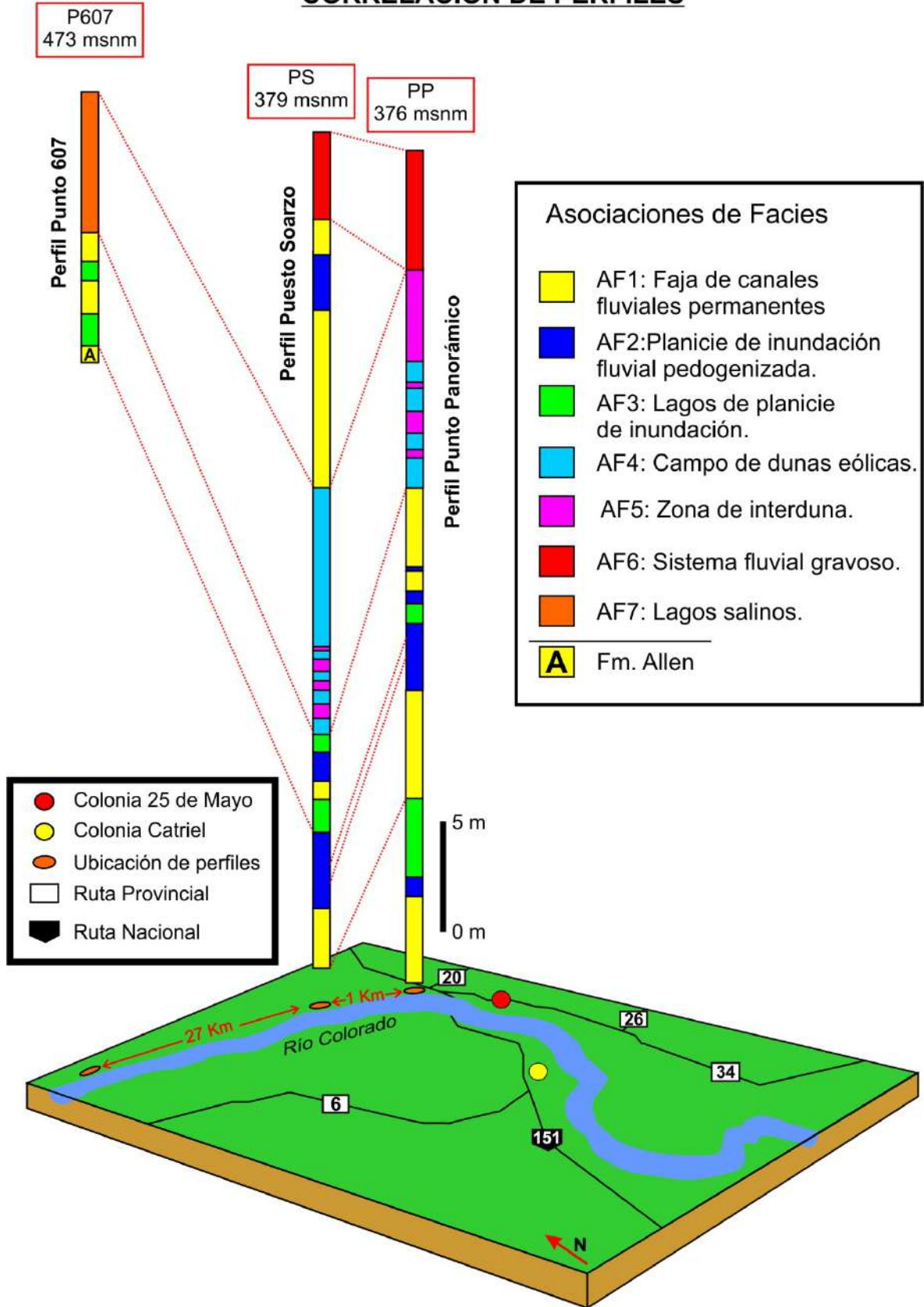
Se realizó la correlación de los tres perfiles relevados en el área de estudio, teniendo en cuenta las cotas topográficas del techo de las secciones medidas y asumiendo que el tectonismo no ha afectado significativamente a la sucesión, dado que no existen indicios de deformación y la sucesión es subhorizontal. El perfil Punto 607 se encuentra sobre la cota 473 msnm, con una diferencia notable de cotas respecto a los dos restantes; para el perfil Puesto Soarzo se registra una cota de 379 msnm y 376 msnm para el perfil Punto Panorámico. El perfil Punto 607 representaría los depósitos de un área elevada, respecto a los demás, donde posiblemente se habría registrado el mismo tiempo geológico con espesores mucho más reducidos (intervalo “condensado”).

Para la correlación de los mismos se tuvieron en cuenta las observaciones realizadas en el campo, tales como la geometría, las estructuras de los cuerpos y los contactos erosivos; además de las relaciones verticales y las asociaciones de facies. Para la correlación de los perfiles Puesto Soarzo y Punto Panorámico se consideraron también los depósitos piroclásticos de caída.

En la Figura 14 se muestra un esquema de los perfiles sedimentológicos estudiados, con sus cotas sobre el nivel del mar (msnm), correlacionados según los criterios antes descritos y su posición respecto al terreno, con rutas de accesos, localidades cercanas y distancia entre los mismos



## CORRELACIÓN DE PERFILES



**Figura 14:** Correlación de las secciones estudiadas.



## Discusión

La Formación El Sauzal (Mioceno tardío) está caracterizada por areniscas grises y pelitas rojizas y apoya discordantemente sobre la Formación Allen (Campaniano-Maastrichtiano; Gerling, 2014; Gerling et al. 2014) en el sector occidental del área de estudio y es cubierta por el Basalto El Corcovo de edad pleistocena (Bernardi et al., 2015). De acuerdo a los antecedentes disponibles, es posible que la Formación El Sauzal en el SO de La Pampa, sea parcialmente correlacionable con la Formación El Palo propuesta por (Uliana, (1979), identificada en las provincias de Río Negro y Neuquén. Existe un notorio contraste composicional y granulométrico entre los términos superiores gravosos de la unidad y los sedimentos arenoso-pelíticos infrayacentes, los que están separados por una superficie erosiva de continuidad regional. Además, en el sector SE de La Pampa (La Adela), un paquete gravoso similar apoya sobre una unidad diferente, la Formación Río Negro. En consecuencia, existen argumentos suficientes para considerar al paquete conglomerádico como una unidad diferente de la Formación El Sauzal. Dicho paquete conglomerádico cuspidal pertenece a los “Rodados Patagónicos” o Formación Tehuelche (Espejo y Silva Nieto, 2004) y, es potencialmente comparable con la Formación Bayo Mesa de la provincia de Río Negro.

Las asociaciones de facies descriptas pueden reagruparse en tres sistemas depositacionales mayores: 1) un sistema fluvial arenoso, que es de carácter entrelazado, al menos en la parte baja de la sucesión. Este sistema depositacional involucra la faja de canales fluviales permanentes (AF1), la planicie de inundación pedogenizada (AF2) y los lagos de planicie de inundación (AF3); 2) un sistema depositacional eólico, compuesto por un campo de dunas eólicas (AF4) y facies de interduna seca y húmeda (AF5). Tentativamente se asigna a este sistema la asociación de facies de lagos salinos (AF7), la que podría considerarse asociada al sistema eólico en un emplazamiento de extraduna; y 3) un sistema fluvial gravoso permanente, representado por la AF6.

La distribución vertical de los depósitos muestra que los sistemas depositacionales evolucionaron a lo largo del tiempo. Mientras que actuaron procesos similares para los perfiles Puesto Soarzo y Punto Panorámico, en el perfil Punto 607 se produjo una sedimentación condensada, posiblemente por la ubicación topográfica más alta de dicha sección respecto al nivel de base del ambiente depositacional. En principio, se discutirá la evolución paleoambiental para los perfiles Puesto Soarzo y Punto Panorámico, para luego

comparar con el perfil Punto 607. Para los dos primeros, la sedimentación comenzó a partir de fajas de canales fluviales permanentes entrelazados (AF1) y de llanura de inundación con etapas de pedogénesis (AF2), producto de una estabilidad de las condiciones climáticas y disminución o interrupción de la sedimentación. Más tarde, los depósitos de desborde de los ríos se acumularon en la planicie pero no sufrieron pedogénesis, dando lugar a lagos en la planicie de inundación (AF3). Posteriormente, en el sitio de estos dos perfiles, se reinstauraron las condiciones de sedimentación iniciales registrándose nuevamente depósitos de una faja de canal fluvial, posiblemente de diseño entrelazado, con planicies semejantes a las de la etapa anterior. Luego del ambiente fluvial se desarrolló un ambiente eólico, representado por campos de dunas (AF4) e interdunas (AF5), que se registra más claramente en el Perfil Puesto Soarzo. Dentro de las interdunas se pudieron identificar intervalos pelíticos que representan interdunas húmedas (lagos someros y ríos efímeros) e intervalos de arenisca con estratificación horizontal que corresponderían a interduna seca. Sobreyaciendo y erosionando a los depósitos eólicos se encuentra nuevamente una faja de canales fluviales permanentes (AF1). Estos depósitos muestran la particularidad de poseer abundantes intraclastos pelíticos, y son distintivos de la parte alta de la unidad en los perfiles analizados y en otras localidades cercanas. Finalmente aparecen los conglomerados con fábrica clasto sostén (AF6), que corresponden a sistemas fluviales entrelazados de alta energía, que erosionaron a la sección inferior. El contraste granulométrico y composicional con los sedimentos areno-pelíticos infrayacentes podría explicarse mediante dos mecanismos alternativos: 1) con una reactivación tectónica que puso a disposición un gran volumen de material gravoso y 2) con el retrabajo de depósitos morénicos y sedimentos crioclásticamente generados durante estadios interglaciares (Martínez y Kutschker 2011; González, 2014). Las evidencias disponibles en el presente trabajo, especialmente el carácter local de las observaciones realizadas, no permiten descartar ninguna de las hipótesis planteadas. La cementación carbonática que muestra este paquete conglomerádico hacia el techo es resultado de un proceso de formación de calcretes que tuvo lugar antes de la efusión del Basalto El Corcovo.

En la base del perfil Punto 607 se encuentra el contacto con la infrayacente Formación Allen. Por encima de ésta, predominaron los depósitos de faja de canales fluviales permanentes (AF1) y los lagos de llanura de inundación (AF3). Con respecto a los demás perfiles, el perfil Punto 607 se encuentra a una cota mayor (100 metros de diferencia), lo cual podría explicar la escasa representación de las facies fluviales de la

base de los perfiles mencionados previamente. No es posible inferir si esta faja de canales corresponde al mismo sistema fluvial de los anteriores perfiles o es un tributario del mismo. El perfil Punto 607 culmina con un importante depósito de lagos salinos (AF7), que se habrían desarrollado en una depresión endorreica, tanto de manera subácuea (yeso en abanico y de hábito en empalizada) como en los espacios porales del sedimento (yeso en roseta). En cuanto al yeso, componente principal en AF7, es posible que el suministro del mismo corresponda a los niveles superiores de la Formación Allen, tales como los descritos por Gerling (2014) en zonas cercanas.

En un contexto general la evolución climática para la zona de estudio daría como resultado una tendencia a la aridización, denotada por condiciones más húmedas en la base de la Formación El Sauzal (AF1; AF2 y AF3) y una tendencia a la aridez a medida que se llega a su techo. Los campos de dunas (AF4) e interdunas (AF5), como así también los lagos salinos (AF7), estarían representando las condiciones climáticas más secas.

Entre los controles extracuencales que podrían haber influenciado a los sistemas depositacionales, se considera que las variaciones climáticas predominaron ampliamente sobre el volcanismo (se registraron algunos aportes mínimos de caídas de cenizas), siendo inexistentes las evidencias del accionar de la tectónica y de los cambios absolutos del nivel del mar. La presencia del paquete conglomerádico cuspidal habría estado vinculado a tectonismo en el piedemonte andino o a fenómenos climáticos vinculados con glaciaciones pleistocenas.

### **Conclusiones**

- 1- La Formación El Sauzal posee una amplia distribución areal en el suroeste de la provincia de La Pampa, con afloramientos que se encuentran mayormente expuestos en las bardas que limitan el río Colorado. La misma se apoya discordantemente sobre la Formación Allen (Cretácico Superior), en el sector oriental del área de estudio.
- 2- Las sedimentitas que componen la Formación El Sauzal son principalmente areniscas entrecruzadas de color gris y pelitas rojizas macizas o laminadas, con una proporción muy subordinada de toba y yeso.
- 3- El ambiente depositacional es fluvial con escasa participación de depósitos eólicos. Comenzó con una faja de canales fluviales permanentes, de tipo entrelazado (con direcciones de paleocorrientes hacia el este) y de llanura de

inundación dentro de la cual se formaron lagos y desarrollaron paleosuelos. Posteriormente evolucionó a un sistema eólico de campos de dunas e interdunas (con lagos, ríos efímeros y planicies arenosas) y finaliza con un retorno a un sistema fluvial.

- 4- Los conglomerados suprayacentes no son incluidos dentro de la Formación El Sauzal y corresponderían a la Formación Tehuelche o “Rodados Patagónicos”.
- 5- Durante la depositación de la Formación El Sauzal, se registra una progresiva aridización, siendo el clima el control extrínseco predominante.

### Agradecimientos

Deseo expresar mi sincero agradecimiento a las personas e instituciones que se detallan a continuación. Todas ellas han contribuido de diferentes maneras para la concreción de este trabajo.

- A **Ricardo Melchor y Graciela Visconti**, Director y Codirectora respectivamente. Me han brindado la confianza, sus conocimientos, su ayuda y su tiempo, para que pueda concluir con éxito mi trabajo; como así también toda esa enseñanza que va más allá de lo académico, por eso y por todo, les agradezco sinceramente.
- A **Nahuel Espinoza** que participó de la campaña y colaboró en todo aquello que fue necesario.
- A **Aldo Martín Umazano, Claudia Montalvo y Walter Bertotto** por su predisposición y la información brindada.
- A **Universidad Nacional de La Pampa** por la formación académica, entre ellos agradezco a cada uno de los profesores que me formaron y que siempre recordaré.
- A mi **Familia** por dar todo para que logre mi título y por el aguante, gracias de corazón.
- A mis **Amigos y Compañeros** a cada uno gracias por todo, nada de todo esto sería tan lindo sino fuera por ustedes. Gracias por el apoyo siempre.

## Bibliografía

- Bernardi, M., Bertotto, G., Jalowitzki, T., Orihashi, Y. y Ponce, A., 2015.** Emplacement history and inflation evidence of a long basaltic lava flow located in Southern Payenia Volcanic Province, Argentina. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 293: 46-56.
- Bertotto, G.W., Orihashi, Y., Nagao, K. y Motoki, A., 2006.** New K-Ar ages on retroarc basalts of Mendoza-La Pampa. Segundo Encuentro Científico del ICES Noviembre 2006, Buenos Aires.
- Bossi, G.E., 2007.** Análisis de Paleocorrientes. Ediciones Magna, 200 pp., San Miguel de Tucumán.
- Bridge, J.S., 1993.** Description and interpretation of fluvial deposits: a critical perspective. *Sedimentology* 40: 801–810.
- Bridge, J.S., 2006.** Fluvial Facies Models: Recent Developments. En: Posamentier, H.W. y Walker, R.G. (Eds.), *Facies Models Revisited*. Society for Sedimentary Geology, p. 85-170.
- Bridge, J.S., Jalfin, G.A. y Georgieff, S.M., 2000.** Geometry, lithofacies, and spatial distribution of cretaceous fluvial sandstone bodies, San Jorge basin, Argentina: Outcrop analog for the hydrocarbon-bearing Chubut Group. *Journal of Sedimentary research* 70: 341-359.
- Calmels, A. P., 1996.** Bosquejo geomorfológico de la Provincia de La Pampa. Universidad Nacional de La Pampa. 110 p.
- Collinson, J.D. y Thompson, D.B., 1982.** *Sedimentary Structures*. George Allen & Unwin, 194 pp., Londres.
- Collinson, J.D. y Thompson, D.B., 1989.** *Sedimentary Structures*. Routledge, 207 pp.
- Collinson, J.D., Mountney, N. y Thompson, D.B., 2006.** *Sedimentary Structures*. Terra Publishing, 292 pp.
- Digregorio, J.H. y Uliana, M.A., 1980.** Cuenca Neuquina. Segundo Simposio de Geología Regional Argentina: 985-1032.



- Espejo, P.M. y Silva Nieto, D.G., 1996.** Hoja Geológica 3966-II Puelches (1:250.000), Provincias de La Pampa y Río Negro. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina. Dirección Nacional del Servicio Geológico, Boletín 216: 1-35. Buenos Aires.
- Espejo, P.M. y Silva Nieto, D.G., 2004.** Hoja Geológica 3966-I, Gobernador Duval, provincia de La Pampa. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina. (Escala 1:250.000). Servicio Geológico Minero Argentino, Instituto de Geología y Recursos Minerales.
- Folguera, A. y Zárata, M., 2011.** El corrimiento Santa Isabel, posible frente orogénico del bloque de San Rafael. 18° Congreso Geológico Argentino. Simposio S12. Tectónica Andina: 85-86.
- Folguera, A., Alvarado, P., Arriagada, C. y Ramos, V., 2015.** Tectonics of the Argentine and Chilean Andes: An introduction. *Journal of South American Earth Sciences* 64: 452-466.
- Franchi, M.R., Nullo, F.E., Sepúlveda, E.G. y Uliana, M.A., 1984.** Las sedimentitas terciarias. En: *Geología y Recursos Naturales de la provincia de Río Negro*. En Ramos, V.A. (Ed.): 9° Congreso Geológico Argentino, Relatorio I – 9: 215-266. S. C. de Bariloche.
- Georgieff, S.M. y Gonzalez Bonorino, G., 2002.** Facies y geometrías de los depósitos aluviales cuaternarios en la quebrada del Portezuelo, sierra de Mojotoro, provincia de Salta, Argentina. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 9: 31-42.
- Gerling, E.L., 2014.** Paleoambientes sedimentarios de la Formación Allen (Campaniano-Maastrichtiano), en la provincia de La Pampa, norte de Patagonia, Argentina. Tesis de grado inédita. Universidad Nacional de La Pampa. Santa Rosa, La Pampa, 63 pp.
- Gerling, E.L., Visconti, G., Parras, A.M. y Varela, J.A., 2014.** Análisis paleoambiental de la Formación Allen (Campaniano-Maastrichtiano) en el suroeste de la provincia de La Pampa, cuenca Neuquina, Argentina. XIV Reunión Argentina de Sedimentología, Puerto Madryn. Resúmenes, Pág. 155.
- Goddard, E.N., Parker, T.D., De Ford, R.K., Rove, O.N., Singewald, J.T. y Overbeck, R.M., 1980.** The Rock Color Chart. Geological Society of America, Boulder, 8 p.
- González, M.G., 2014.** Sedimentología de los “rodados patagónicos” en un paleocauce del Río Colorado, provincia de La Pampa. Tesis de grado inédita. Universidad Nacional de La Pampa. Santa Rosa, La Pampa, 54 p.

- González, M.G., Visconti, G. y Umazano, A.M., 2015.** Facies, geometrías y ambiente depositacional de los “Rodados Patagónicos” en un paleocauce del río Colorado, Pliopleistoceno de la provincia de La Pampa. III Simposio del Mioceno-Pleistoceno del Centro y Norte de Argentina. 19 al 17 de septiembre de 2015, Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes. Libro de Resúmenes, pp. 22-23.
- Groeber, P., 1939.** Mapa geológico de Mendoza. Physis, 1º, XIV, Sec. Geología y Paleontología, 14(46): 171-220. Buenos Aires.
- INTA, Provincia de La Pampa y Universidad Nacional de La Pampa, 1980.** Inventario integrado de los recursos naturales de la provincia de La Pampa. Buenos Aires, 487 p.
- Kemp, R.A. y Zárate, M.A., 2000.** Pliocene pedosedimentary cycles in the southern Pampas, Argentina. *Sedimentology* 47: 3-14.
- Kendall, A.C., 1992.** Evaporites. En: Walker, R.G. and James, N.P. (Eds.). *Facies models: response to sea-level change: Geological Association of Canada, Geotext 1*, p. 375-409.
- Kraus, M.J., 1999.** Paleosols in clastic sedimentary rocks: their geologic applications. *Earth-Science Reviews* 47: 41–70.
- Leeder, M.R., 1999.** *Sedimentology and sedimentary basins.* Oxford, U. K., Blackwell, 592 p.
- Linares, E., Llambías, E.J. y Latorre, C., 1980.** Geología de la provincia de La Pampa, República Argentina y geocronología de sus rocas metamórficas y eruptivas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 35: 87–146.
- Martínez, O. A., Rabassa, J. y Coronato, A., 2009.** Charles Darwin and the first scientific observations on the Patagonian Shingle Formation (Rodados Patagónicos). *Revista de la Asociación Argentina* 64 (1): 90-100.
- Martínez, O. A. y Kutschker, A., 2011.** The ‘Rodados Patagónicos’ (Patagonian shingle formation) of Eastern Patagonia: environmental conditions of gravel sedimentation. *Biological Journal of the Linnean Society* 103: 336-345.
- Mountney, N., 2006.** Eolian facies models. En: Posamentier, H.W. y Walker, R.G. (Eds.), *Facies Models Revisited.* Society for Sedimentary Geology, 19-83.
- Melchor, R.N. y Casadío, S., 2000.** Descripción Geológica de la Hoja 3766-III “La Reforma” (1:250.000), Provincia de la Pampa. *Boletín del Servicio Geológico Minero Argentino* 295: 1–70.

- Miall, A., 1978.** Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. En Miall, A. (Ed.): Fluvial sedimentology. Canadian Society Petroleum Geologists Memoirs 5: 597-604.
- Miall, A., 1996.** The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology. Springer-Verlag, 582 pp., Berlin.
- Potter, P.E. y Pettijohn, F.J., 1977.** Paleocurrent and basin analysis. Springer Verlag, 425 p.
- Retallack, G.J., 1988.** Field recognition of paleosols. Geological Society of America. Special Paper 216. 20 p.
- Rodríguez, M.F., Leanza H.A. y Salvarredy Aranguren, M., 2007.** Descripción Geológica de la Hoja 3969-II "Neuquén" (1:250.000), Provincias del Neuquén, Río Negro y La Pampa. Boletín del Servicio Geológico Minero Argentino 370: 1-165.
- Sobral, J.M., 1942.** Geología de la comarca del territorio de La Pampa situada al occidente del Chadi-Leuvú. Boletín de Informaciones Petroleras, 212:33-81. Buenos Aires.
- Talbot, M.R. y Allen, P.A., 1996.** Lakes. En Reading, H. G. (Ed.): Sedimentary Environments. Processes, Facies and Stratigraphy: 83-123.
- Tapia, A. 1939.** Chacharramendi y alrededores: Physis, 19 (46): 221-224.
- Tedesco, A.M., Wilson, C.G.J., Escosteguy, L., Etcheverría, M. y Folguera, A., 2015.** Descripción e interpretación paleoambiental de la Formación El Sauzal al norte de la localidad de 25 de Mayo, provincia de La Pampa. VI Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología. Resumen: 72. Ushuaia.
- Teruggi, M.E., Mazzoni, M.M., Spalletti, L.A., y Andreis, R.R., 1978.** Rocas piroclásticas. Interpretación y Sistemática. Asociación Geológica Argentina. Serie "B" N°5. Buenos Aires. 58 p.
- Uliana, M.A., 1979.** Geología de la región comprendida entre los ríos Colorado y Negro, provincias del Neuquén y Río Negro. Tesis Doctoral, inédita. Universidad Nacional de La Plata. La Plata. 117 p.
- Uliana, M.A. y Dellapé, D.A., 1981.** Estratigrafía y evolución paleoambiental de la sucesión maastrichtiana-eoterciaria del engolfamiento neuquino. (Patagonia Septentrional). Actas del 8° Congreso Geológico Argentino (San Luis), 3: 673-711.
- Vilela, C.R. y Riggi, J.C. 1953.** Descripción Geológica de las Hojas 33 h, Sierra de Lihuel Calel y 33 i, Sierra Chica. Instituto Nacional de Geología y Minería. Carpeta 353. 132 p. (Inédito).

**Vilela, C.R. y Riggi, J.C., 1956.** Rasgos geológicos y petrográficos de las sierras de Lihuel Calel. Revista de la Asociación Geológica Argentina 11(4): 217-272.

**Visconti, G., 2007.** Sedimentología de la Formación Cerro Azul (Mioceno superior) de la provincia de La Pampa, Argentina. Tesis Doctoral inédita Universidad de La Pampa, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales: 208 p.

**Warren, J. K., 2005.** Evaporites: sediments, resources and hydrocarbons. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 1019 pp. Germany.

**Wichmann, R., 1928.** Contribución a la geología de los departamentos Chical-Có y Puelén, de la parte occidental de La Pampa Central. Publicación de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrogeología, 40: 1-33. Buenos Aires.