



**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS y NATURALES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA**

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

**“PALEOAMBIENTES SEDIMENTARIOS DE LA FORMACIÓN ALLEN
(CAMPANIANO-MAASTRICHTIANO), EN LA PROVINCIA DE LA PAMPA, NORTE
DE PATAGONIA, ARGENTINA”**

Enzo Lautaro GERLING

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

2014

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 el Departamento de Geología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa, durante el período comprendido entre Junio de 2013 y Febrero de 2014, bajo la dirección de la Dra. Ana Parras y bajo la codirección de la Dra. Graciela Visconti."

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a las personas e instituciones que formaron parte directa o indirectamente de mi formación y de la realización de este trabajo:

- A **Ana Parras y Graciela Visconti**, directora y codirectora respectivamente. Brindaron su apoyo y ayuda más allá de sus competencias como Directora y Codirectora, tanto en lo académico como en lo personal.
- A la **Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNLPam**, por la formación académica, el apoyo financiero, principalmente a través del proyecto de investigación N°229 dirigido por la Dra. Ana Parras, y por el uso de las instalaciones y del instrumental.
- A **mis Padres**, por el apoyo siempre incondicional, brindándome todas las comodidades para estudiar y lograr esta formación universitaria.
- A **Julio Adrián Varela, María Belén Zentner y María Gabriela Gonzalez**, compañeros y amigos que participaron de las campañas y colaboraron con sus conocimientos.
- A **Ramón Alberto Sosa**, por la buena predisposición con la captura y procesamiento de imágenes al microscopio.
- A la empresa **José Cholino Hnos., especialmente al Lic. Ricardo Caba**, por permitir el ingreso a los afloramientos dentro de la cantera.
- A **José Morales**, por permitir el ingreso a los afloramientos dentro de su propiedad.
- A **los profesores** que tuve a lo largo de la carrera, que me formaron en el ámbito profesional.
- A mis **Amigos y Compañeros**. Aquellos con los que cursé y compartí experiencias en el ámbito universitario y en la vida.

ÍNDICE

Resumen-Abstract.....	2
Introducción.....	4
Objetivos.....	6
Hipótesis.....	6
Área de estudio.....	7
Marco geológico.....	8
Materiales y métodos.....	10
Descripción de las sucesiones sedimentarias.....	12
Análisis de facies.....	14
Análisis de paleocorrientes.....	29
Análisis petrográfico.....	30
<i>Descripción petrográfica</i>	31
<i>Procedencia</i>	42
Discusión.....	44
Conclusiones.....	48
Bibliografía citada.....	49
Anexo I: Perfiles sedimentológicos.....	54
Anexo II: Tablas de componentes básicos y composición modal.....	62

RESUMEN

Las sedimentitas de la Formación Allen, depositadas durante el Campaniano-Maastrichtiano en la cuenca Neuquina, han sido estudiadas por numerosos autores, con diversas interpretaciones paleoambientales. Si bien los trabajos han sido significativos a nivel de cuenca, existen muy pocos referidos a secciones aflorantes en la provincia de La Pampa. Mediante esta tesina se realizaron nuevas investigaciones en este sector de la cuenca, con el objetivo de contribuir al conocimiento de los paleoambientes depositacionales existentes durante el Cretácico Tardío en el norte de Patagonia. Para ello se realizó un estudio sedimentológico detallado de las sedimentitas asignadas a la Formación Allen, en localidades ubicadas en el sector suroccidental de la provincia de La Pampa; particularmente en cercanías del Yacimiento Pampa del Medanito, Gobernador Ayala y Minera José Cholino Hermanos. Se determinó un ambiente depositacional de fajas de canal en la base de la sucesión, que evolucionó a un ambiente de albúfera que pudo tener asociado un ambiente eólico, finalizando con un ambiente característico de *sabkha*. Por otra parte, los estudios de procedencia permitieron atribuir a estas sedimentitas un origen vinculado al arco volcánico andino. Los resultados obtenidos permitieron mejorar las correlaciones estratigráficas existentes, como así también ajustar las reconstrucciones paleogeográficas previas para los estadios iniciales de la primera ingresión procedente del océano Atlántico en el norte de Patagonia.

ABSTRACT

Sedimentary rocks included in the Allen Formation –deposited in the Neuquén basin during the Campanian-Maastrichtian– have been studied by many authors, who provided different paleoenvironmental interpretations. While work at a basin-scale has been significant, there are very few references to sections outcropping in the province of La Pampa. This thesis deals with sections in this sector of the basin, contributing to the existing knowledge of Late Cretaceous paleoenvironments in northern Patagonia. Sediments assigned to the Allen Formation exposed at localities in the southwestern area of the province of La Pampa were studied in detail from sedimentological points of view. The localities surveyed were the vicinity of Yacimiento Pampa del Medanito, Gobernador Ayala and Minera José Cholino Hermanos. A deposition environment of channel belts was identified at the base of the succession. This evolved into a lagoon probably associated to

an eolian environment, ending in a typically sabkha environment. Sandstone provenance study indicated the source area lies along the Andean volcanic arc. Results enable improved stratigraphic correlation and more precise paleogeographic reconstructions of the area prior to the early stages of the first Atlantic ocean flooding of northern Patagonia.

INTRODUCCIÓN

Las sedimentitas de la Formación Allen (Campaniano-Maastrichtiano) constituyen el registro de la primera transgresión atlántica para la cuenca Neuquina. Esta unidad está compuesta por arcilitas (frecuentemente bentoníticas), areniscas y, en menor proporción, calizas y evaporitas, con importantes restos de vertebrados, invertebrados y vegetales. Estas rocas fueron incluidas en las “Capas de Jagüel” por Windhausen (1914) y más tarde separadas de las mismas por Wichmann (1927) e incluidas en una facies no marina a la que denominó “Facies Lacustre Senoniana de los Estratos con Dinosaurios”. La unidad fue considerada por numerosos autores como parte del Grupo Neuquén hasta que Andreis *et al.* (1974) sugirieron que no pertenecía al mismo ciclo sedimentario. Posteriormente Uliana y Dellapé (1981) incluyeron formalmente a la Formación Allen dentro del Grupo Malargüe. En cuanto al ambiente depositacional de la unidad, existen controversias entre diferentes autores; Andreis *et al.* (1974) y Uliana y Dellapé (1981) argumentaron que el registro sedimentológico de la unidad evidencia un ambiente fluvial con acción mareal en la base, que se profundiza en el sector medio y culmina con un ambiente tipo *sabkha* hacia el techo. Barrio (1990) infirió que la unidad registra la transición de un ambiente submareal a intermareal que evoluciona hacia un ambiente tipo *sabkha*. Por su parte, Hugo y Leanza (2001) propusieron un ambiente depositacional fluvial a lagunar, Bertels (1968) un ambiente deltaico y Ramos (1981) un ambiente lacustre. Los estudios recientes de Armas y Sánchez (2013), sugirieron el desarrollo de un ambiente de playa y eólico costero para la Formación Allen en la localidad de Paso Córdoba en la provincia de Río Negro.

El registro paleontológico es muy abundante e incluye restos de vegetales, moluscos, huesos de cocodrilos, placas de tortugas, dientes de peces pulmonados, restos de plesiosaurios, saurópodos y hadrosaurios (Coria *et al.*, 2012), así como también ostrácodos, foraminíferos, polen y dinoflagelados (Rodríguez *et al.*, 2007).

La edad de la Formación Allen es un tema controversial, pero estaría acotada entre el Campaniano medio temprano y el Maastrichtiano tardío, en base a los análisis magnetoestratigráficos realizados en la infrayacente Formación Anacleto (Dingus *et al.*, 2000) y al contenido micropaleontológico de la suprayacente Formación Jagüel (Náñez y Concheyro, 1997; Concheyro *et al.*, 2002).

Si bien la Formación Allen ha sido muy estudiada en varios sectores de la cuenca Neuquina, existe poca información proveniente de los afloramientos de la provincia de La Pampa, ya sea por falta de relevamiento, por problemas de accesibilidad o porque las

sedimentitas están parcialmente cubiertas por vegetación. Estos afloramientos, aislados y discontinuos, se encuentran expuestos en el suroeste de la provincia (Casadío, 1994; Rodríguez *et al.*, 2007), particularmente en el Yacimiento Pampa del Medanita, Gobernador Ayala y en la Cantera José Cholino Hermanos. Los mismos ofrecen una excelente oportunidad para contribuir al conocimiento de los paleoambientes depositacionales existentes en el área durante el Cretácico Tardío. Los resultados obtenidos permiten mejorar las correlaciones estratigráficas existentes y ajustar las reconstrucciones paleogeográficas previas para los estadios iniciales de la primera ingresión procedente del océano Atlántico en el norte de Patagonia.

OBJETIVOS

Objetivo General

El objetivo general de esta Tesina es determinar las condiciones paleoambientales en que se depositaron las sedimentitas de la Formación Allen (Campaniano-Maastrichtiano) aflorantes en el sector suroccidental de la provincia de La Pampa, ajustando las reconstrucciones paleogeográficas previas para los estadios iniciales de la primera ingresión procedente del océano Atlántico en el área señalada.

Objetivos Particulares

1. Elaborar columnas estratigráficas detalladas en localidades ubicadas en proximidades de Gobernador Ayala, Yacimiento Pampa del Medanito y en la cantera José Cholino Hermanos.
2. Determinar paleocorrientes en las secciones que presenten estructuras sedimentarias aptas para tales mediciones.
3. Realizar análisis petrográficos de las distintas litologías para determinar la composición de las rocas, su clasificación y, en los casos en que las muestras sean adecuadas, determinar su procedencia.
4. Identificar facies y asociaciones de facies sedimentarias, interpretando los procesos que las generaron y los ambientes de sedimentación.
5. Determinar las condiciones paleoambientales bajo las cuales se depositaron los sedimentos, e identificar los cambios del nivel del mar producidos durante la depositación de los mismos.

HIPÓTESIS

“En la Provincia de La Pampa las sedimentitas de la Formación Allen (Campaniano-Maastrichtiano) fueron depositadas durante un ciclo completo de cambio del nivel del mar, evidenciando un ambiente marino marginal con dominio fluvial en su base, un incremento de la influencia marina en su sector medio y una restricción de la cuenca, con el desarrollo de un ambiente tipo *sabkha* hacia el techo”

AREA DE ESTUDIO

Las sucesiones sedimentarias estudiadas se encuentran ubicadas en el margen norte del río Colorado, en el sector sur-oeste de la provincia de La Pampa (figuras 1a y 1b). Las mismas conforman bardas y barrancos de pequeñas dimensiones. Cuatro de los perfiles se ubican aproximadamente a 27,5 km al sur de la ciudad de 25 de Mayo, en cercanías de Colonia Chica. Dos de ellos, Cholino I y Cholino II, están situados dentro de la cantera de bentonita perteneciente a José Cholino Hnos., con coordenadas S 37°59'02" - O 67°47'7,47" y S 37°59'11,2" - O 67° 47' 85,1", respectivamente (figura 2b). Los perfiles El Medanito I y El Medanito II, están ubicados a 0,9 y 1,5 km al noreste del puesto perteneciente a la familia Morales, en el ámbito del Yacimiento Pampa de Medanito, con coordenadas S 37°32'59,12" - O 68°1'33,20" y S 38°1'40,8" - O 67°50'28", respectivamente (figura 1b). Los restantes dos perfiles, Gobernador Ayala I y Gobernador Ayala II se encuentran ubicados a 2,4 y 5,4 km al este de una capilla en ruinas, perteneciente al poblado de Gobernador Ayala. Las coordenadas geográficas son S 37°32'59,12" - O 68°1'33,20" y S 37°34'58" - O 68°2' 27,22", respectivamente (figura 1b).

La accesibilidad a los perfiles es buena, producto de la cercanía a rutas provinciales y picadas elaboradas para la importante actividad minera e hidrocarburífera actual de la zona. La vegetación achaparrada característica del área permite llegar caminando a los afloramientos.

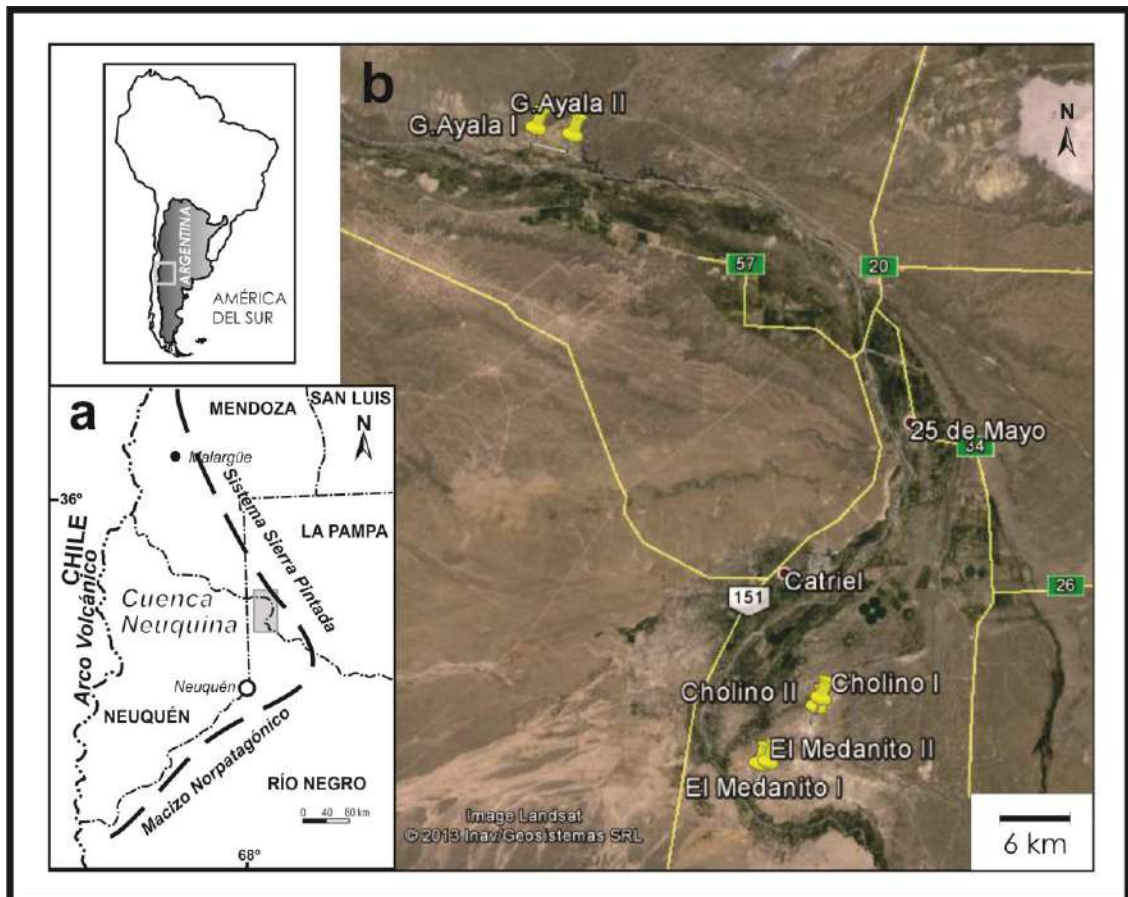


Figura 1. a) Ubicación del área de estudio dentro del ámbito de la cuenca Neuquina (modificado de Parras y Griffin, 2013). b) Ubicación geográfica de los perfiles relevados.

MARCO GEOLÓGICO

La cuenca Neuquina se encuentra ubicada en el sector centro occidental de la Argentina, entre los 32° y 41° de latitud sur, ocupando aproximadamente 120.000 km², y extendiéndose sobre las provincias de Neuquén, Río Negro, Mendoza y La Pampa (figura 1a). Su emplazamiento está restringido al borde occidental de la placa sudamericana, entre el arco volcánico al oeste y el antepaís, constituido por el macizo de Somun Curá al sur y el Sistema de Sierra Pintada al noreste (figura 1a).

El basamento de la cuenca está formado por rocas metamórficas, plutónicas, volcánicas y sedimentarias cuyas edades oscilan entre el Precámbrico y el Triásico Tardío (Digregorio y Uliana, 1980; Franzese *et al.*, 2007; Tunik *et al.*, 2010). El relleno sedimentario de la misma se desarrolló entre el Triásico Tardío - Paleoceno temprano e incluye sedimentitas marinas y continentales silicoclásticas, carbonáticas y evaporitas, acumuladas durante las distintas fases de evolución tectónica (Digregorio y Uliana, 1980; Uliana y Dellapé, 1981).

La evolución de la cuenca Neuquina puede resumirse en tres etapas; una de rift que se inicia a fines del Triásico, asociada a un régimen de tipo extensional, particularmente transcurría sobre zonas de debilidad preexistentes (Ramos y Folgueras, 2005). Como resultado se generaron una serie de hemigrábenes rellenos por depósitos fluviales, aluviales y lacustres. La siguiente fase de postrift se inicia con el hundimiento térmico de la cuenca y la ingesión marina desde el proto-Pacífico, a través de canales entre los arcos emergentes producto de la convergencia de placas. En la etapa de antepaís, iniciada a fines del Cretácico, el arco migró hacia el antepaís, consecuente con la deformación y progresiva elevación de la región andina (figura 2a). A fines del Cretácico, estos eventos tectónicos en conjunto con el ascenso eustático del Maastrichtiano originaron una nueva transgresión marina, que provino por primera vez desde el Atlántico. Esta transgresión produjo el traslape de las sedimentitas sobre los bordes de la cuenca, como así también importantes cambios en los patrones de circulación oceánica y de dispersión faunística (Casadío, 1998). En Patagonia norte y central se desarrollaron facies fluviales, estuáricas, de llanuras de mareas y lagunares (Andreis *et al.*, 1974; Uliana y Dellapé, 1981; Barrio, 1990; Hugo y Leanza, 2001), en las que aparecen reptiles marinos (ictiosaurios y plesiosaurios), de agua dulce y terrestres, como tortugas y ofidios (Gasparini *et al.*, 2001).

El relleno sedimentario de la cuenca fue dividido por Groeber (1946) en tres ciclos sedimentarios denominados “Jurásico”, “Ándico” y “Riograndico”. El ciclo Riograndico fue dividido en dos subciclos, el inferior conformado por el Grupo Neuquén (Digregorio, 1972) y el superior por el Grupo Malargüe (Uliana y Dellapé, 1981). Este último está integrado en la parte oriental de la cuenca por las Formaciones Allen, Jagüel, Roca y El Carrizo, mientras que en el occidente cordillerano está constituido por las Formaciones Loncoche, Jagüel, Roca y Pircala (figura 2b).

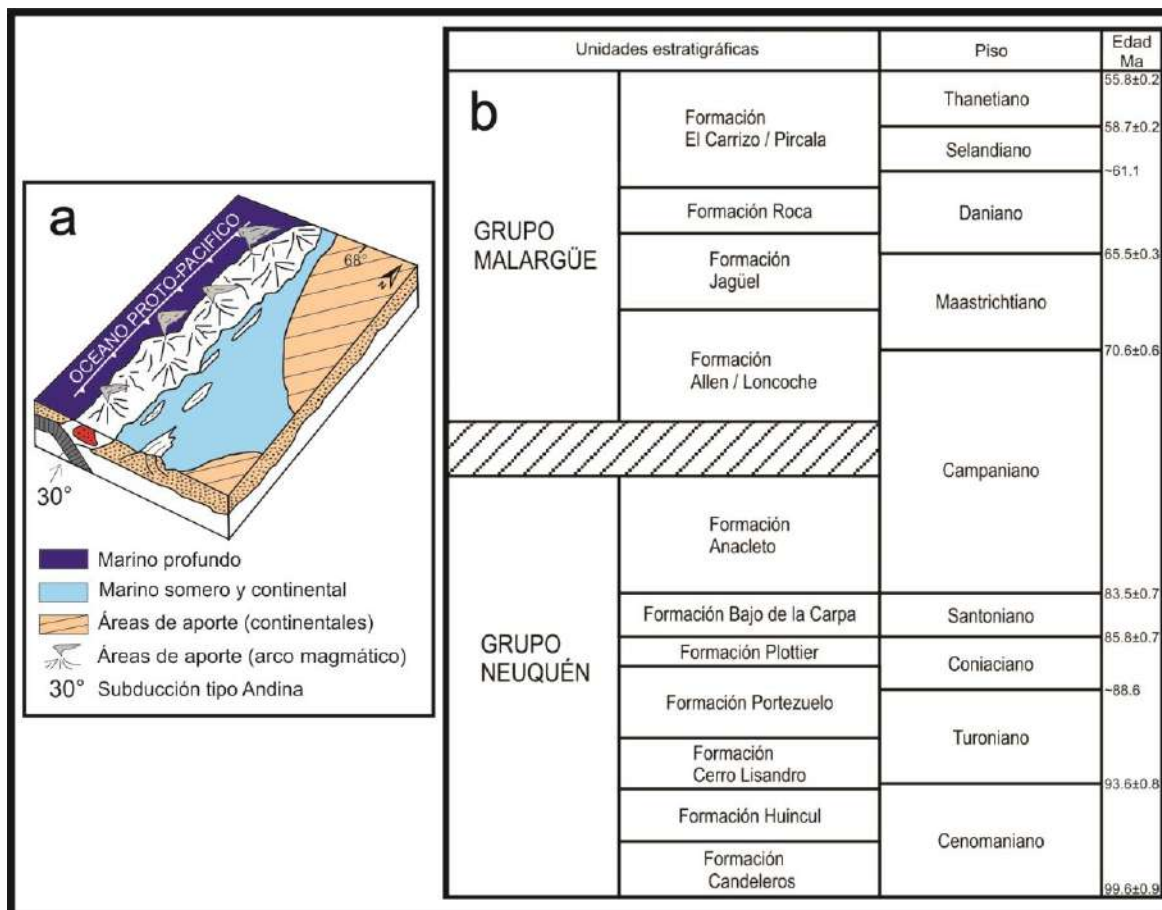


Figura 2. a) Bloque diagrama mostrando la configuración de la cuenca durante la etapa de antepaís (Cretácico Tardío), con desarrollo de régimen compresional. Durante esta etapa se formó completamente el arco magmático y la cuenca se desconectó del océano proto-Pacífico, produciéndose sedimentación netamente continental (Grupo Neuquén), posteriormente afectada por la ingesión atlántica (Grupo Malargüe). Diagrama modificado de Howell *et al.* (2005). b) Estratigrafía del Grupo Neuquén y del Grupo Malargüe tomado de Carignano y Varela (2011).

MATERIALES Y MÉTODOS

En función de los objetivos propuestos se estableció una secuencia de trabajo que puede discriminarse en tres etapas:

Etapa A: Tareas de gabinete

Consistió en recopilar datos bibliográficos acerca de la geología del área de estudio y sedimentológicos de sucesiones potencialmente similares. Además, se obtuvo la cartografía del área a fin de ubicar de manera adecuada los lugares a prospectar.

Etapa B: Trabajo de campo

Esta etapa constó del relevamiento del área de estudio, el cuál demandó dos campañas de cinco y tres días respectivamente, en las cuales se realizaron seis perfiles sedimentológicos detallados empleando técnicas estándar, siendo geo-referenciados con GPS (Garmin 60 CX maps). 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 *Rock Color Chart* (Goddard *et al.*, 1980) y contenido fósil. También se efectuó un muestreo sistemático de las sedimentitas, estrato por estrato.

Se realizó la medición de dirección y sentido de paleocorrientes en estructuras sedimentarias siguiendo metodología de Bossi (2007), empleando una brújula tipo *Brunton*.

Se generó un registro fotográfico de cada estrato con cámara Lumix (Panasonic) de 12mpx.

Etapa C: Tareas de gabinete y laboratorio

En esta etapa se continuó consultando bibliografía de manera exhaustiva y se precisó la ubicación de los seis perfiles de manera digital por medio del programa *Google Earth (MR)*, con el fin de generar un mapa general de distribución de los mismos.

Se confeccionaron catorce cortes delgados de roca, con espesor normal (20 μm), de los cuales siete pertenecen a perfil El Medanito I (EMI-m1, EMI-m6, EMI-m7, EMI-m10, EMI-m14, EMI-m15 y EMI-m16), seis pertenecen al perfil El Medanito II (EMII-m1, EMII-m2, EMII-m6, EMII-m8, EMII-m11 y EMII-m13) y uno pertenece al perfil Gobernador Ayala I (GA-m14). La litología se determinó mediante el empleo de lupa binocular y observaciones al microscopio petrográfico (Nikon Eclipse E400POL). Con la finalidad de obtener la composición modal de las areniscas se procedió a realizar un conteo de trescientos puntos por corte delgado, utilizando un contador de puntos marca *Prior Modelo G*. Posteriormente se caracterizaron texturalmente las muestras y se infirieron los principales procesos diagenéticos. Para la determinación composicional se valió del software *tri draw*, de las clasificaciones de Folk *et al.* (1970) y de la clasificación de Dott (1964) modificada por Pettijohn *et al.* (1972, 1987).

Para obtener el marco tectónico de área de aporte se introdujeron los resultados en los diagramas triangulares de Dickinson *et al.* (1983).

Los datos de paleocorrientes obtenidos en el campo fueron ploteados con los *software* libres *Stereonet* y *Oriana 4.02*.

A fin de caracterizar y analizar la evolución del ambiente depositacional de la Formación Allen en las localidades estudiadas, se describieron e interpretaron facies individuales, utilizando fundamentalmente criterios de campo. Los rasgos sedimentológicos considerados para definir las facies sedimentarias fueron: textura, color, espesor, estructuras sedimentarias, características de los contactos, forma de los bancos y contenido paleontológico. Posteriormente se analizó la asociación de facies para lograr una correcta interpretación del ambiente. Para la nomenclatura de las facies individuales se utilizó una letra mayúscula, acompañada en ocasiones por un subíndice; en tanto, para las asociaciones de facies se emplearon dos letras mayúsculas, sin seguir ningún código patrón.

Finalmente se contrastaron los resultados con la hipótesis planteada, se procedió a la discusión de los resultados y se elaboró la conclusión.

DESCRIPCIÓN DE LAS SUCESIONES SEDIMENTARIAS

A continuación se describen sucintamente las secciones relevadas en las distintas localidades. Los detalles pueden apreciarse en el Anexo I.

Perfil Gobernador Ayala I:

Este perfil presenta la base cubierta. Comienza con una arenisca gruesa que pasa transicionalmente a arenisca fina de 70 cm de espesor. Por encima, se dispone, en contacto erosivo, un conglomerado fino con estratificación entrecruzada en artesa e intraclastos en la base, de aproximadamente 70 cm de espesor. Le siguen 4 m de arenisca gruesa que pasa a mediana. Las mismas exhiben concreciones carbonáticas. La sucesión culmina con 3,6 m de conglomerados, de base erosiva, con estratificación entrecruzada en artesa. En este último estrato fue posible medir 9 direcciones de paleocorrientes (Ver Anexo I).

Perfil Gobernador Ayala II:

Este perfil presenta una base cubierta y comienza con escasos centímetros de arenisca mediana. Suprayacen, en contacto erosivo, 4 m de conglomerados gruesos con estratificación entrecruzada en artesa y concreciones calcáreas, dispuestos en 7 sets. De estas estructuras se obtuvieron 4 direcciones de paleocorrientes. Continúan 3 m cubiertos sobre los que se presentan 19 m de areniscas medianas macizas, con dos intercalaciones de

conglomerados gruesos con estratificación entrecruzada en artesa similares a los de la segunda capa (un estrato a los 13 m y otro a los 20 m). La sección culmina con 6 m de pelitas con laminación ondulosa (ver Anexo I).

Perfil Cholino I:

La sección, de base cubierta, comienza con 3 m de pelitas con laminación ondulosa. Por encima se disponen 1,60 m de pelitas con laminación lenticular. Suprayacen conglomerados con estratificación entrecruzada en artesa y base erosiva, seguidos por 2 m de pelitas con laminación ondulosa que pasa a lenticular hacia el techo. Hacia la mitad de esta capa se desarrollan en forma aislada domos estromatolíticos de 40 cm de espesor (ver Anexo I).

Perfil CholinoII:

La sección, de base cubierta, comienza con 7 m de pelitas con laminación ondulosa que presentan una intercalación de areniscas medianas con laminación ondulítica. Luego de 3 m cubiertos continúan 3 m de las pelitas con laminación ondulosa. Suprayacen dos capas de areniscas finas con laminación *flaser* sobre la que se presentan domos estromatolíticos aislados de 20 cm. Continúa una sucesión de capas alternantes de pelitas con laminación ondulosa, lenticular y *flaser* hasta los 17 m, donde se dispone otro nivel de estromatolitos dómicos. La sucesión culmina a los 18 m de pelitas con laminación lenticular (ver Anexo I).

Perfil El Medanito I:

El perfil presenta base cubierta sobre la cual se desarrollan 70 cm de areniscas finas con laminación ondulosa, que pasan a pelitas con laminación ondulosa y *flaser* hasta los 3,5 m. Las mismas son cortadas por conglomerados finos con contacto erosivo en la base. Por encima se presentan, en contacto erosivo, 1,65 m de arenisca gruesa con estratificación entrecruzada planar a la que suceden, también en contacto erosivo, aproximadamente 50 cm de arenisca gruesa con estratificación entrecruzada de bajo ángulo. Continúan pelitas laminadas con estructuras en *tepee*. La sucesión culmina con aproximadamente dos metros de sulfato de calcio con estructura enterolítica (ver Anexo I).

Perfil El Medanito II:

La sucesión apoya sobre el Grupo Neuquén en discordancia erosiva. Sobre ésta se disponen 3 m de conglomerados que pasan transicionalmente a areniscas gruesas con estratificación entrecruzada en artesa. Continúan areniscas gruesas macizas que pasan transicionalmente a areniscas finas. Estas capas alternantes se repiten hasta los 10,5 m. La sección culmina con 2,5 m de pelitas con laminación ondulosa y *flaser* con intercalaciones de pequeños estratos conglomerádicos, macizos y con contactos erosivos (ver Anexo I).

ANÁLISIS DE FACIES

Se definieron once facies sedimentarias, las que fueron agrupadas en cuatro asociaciones de facies.

La tabla 1 resume las características y la interpretación de cada una de las facies individuales; en tanto, el Anexo 1 muestra las facies de cada localidad en el contexto de las secciones sedimentarias detalladas. A continuación, se procede a la descripción e interpretación de cada una de las facies reconocidas.

Descripción e interpretación de facies

Facies C: Conglomerado y arenisca gruesa con estratificación entrecruzada en artesa

Descripción

Conglomerado y arenisca gruesa, color rosa anaranjado grisáceo (5YR 7/2), con estratificación entrecruzada en artesa, base erosiva con presencia de intraclastos pelíticos y extraclastos líticos subredondeados a subangulares, y concreciones carbonáticas (figuras 3a y 3b). La mayoría de los estratos son granodecrecientes. En el perfil El Medanito II y Gobernador Ayala II hay restos fósiles de huesos indeterminados (figura 3c). Los datos de paleocorrientes denotan una dirección principal desde NE a SO. Esta facies puede observarse en los perfiles El Medanito II y Gobernador Ayala I y II.

Interpretación

La estratificación entrecruzada en artesa es producida por la migración de dunas 3D sub-ácueas en flujos unidireccionales diluidos con baja concentración de sedimentos (Miall,

1996). Los intraclastos pelíticos en la base de los estratos certifican el carácter erosivo del contacto inferior. La gradación normal denota una pérdida de energía a lo largo del tiempo.

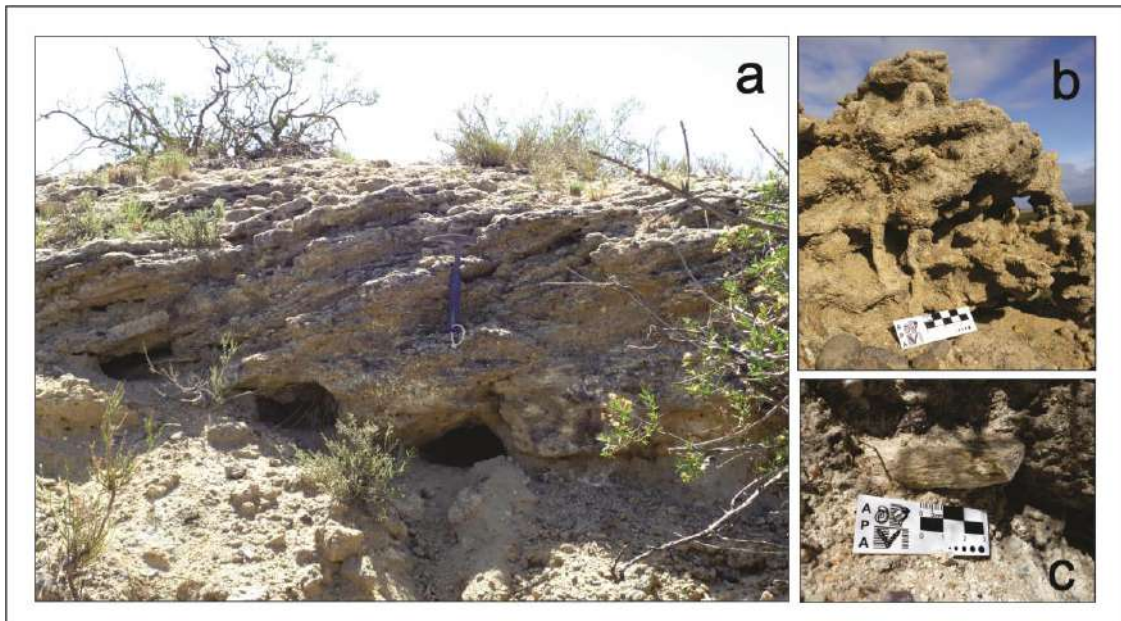


Figura 3. Facies C. a) Estratificación entrecruzada en artesera en conglomerado de Gobernador Ayala I. b) Concreciones en el perfil Gobernador Ayala II. c) Fragmento de hueso fósil en conglomerado de Gobernador Ayala II. En la escala de las fotografías b y c cada segmento representa 1 cm.

Facies A: Arenisca maciza o con gradación directa

Descripción

Arenisca mediana a fina maciza, ocasionalmente con gradación normal, de color naranja muy pálido (10YR 8/2) y rosa anaranjado grisáceo (5YR 7/2), clasto sostén, con presencia de concreciones carbonáticas en la mayoría de los perfiles (figura 4). Se observa en Gobernador Ayala I, Gobernador Ayala II y El Medanito I.

Interpretación

La estructura maciza es producida por flujos unidireccionales diluidos con alta concentración de sedimentos (Miall, 1996). Los estratos granodecrecientes reflejan flujos progresivamente más débiles durante la sedimentación (Bridge, 2006). Estos generalmente se hacen mas finos corriente abajo cuando el flujo pierde energía en esa dirección.

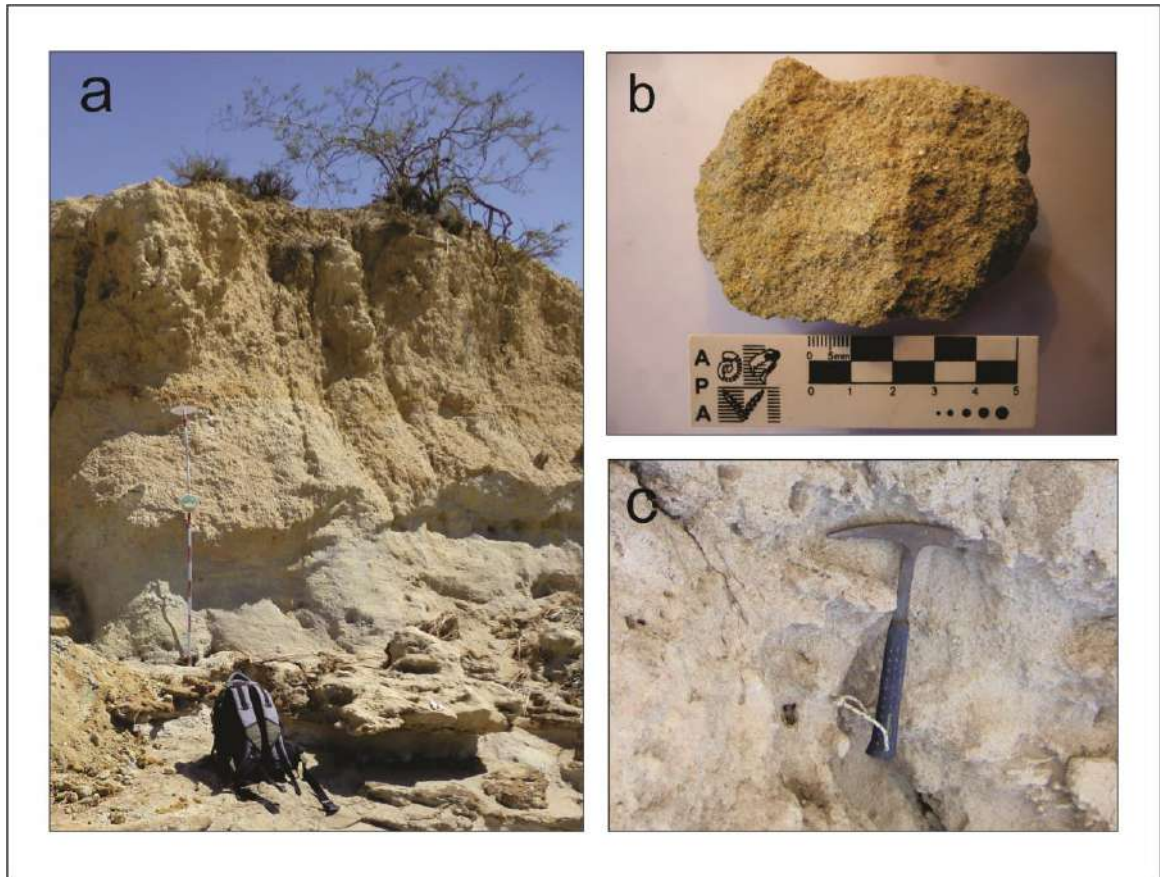


Figura 4. Facies A. a) Arenisca maciza en el perfil Gobernador Ayala I. b) Muestra de mano (m1) tomada del perfil Gobernador Ayala I. c) Arenisca maciza del perfil El Medanito II. En la fotografías b, cada segmento de la escala representa 1 cm.

Facies Ha: Heterolítica con laminación flaser

Descripción

Arenisca fina y limolita de colores naranja amarillento oscuro (10YR 6/6) y naranja grisáceo (10YR 7/4), con laminación *flaser* y ondulitas simétricas (figura 5). Se identificó en El Medanito II y Cholino II.

Interpretación

La presencia de laminación *flaser* indica una mayor proporción de arena, depositada como carga de fondo y, en menor cuantía, materiales más finos originados por decantación. Se infiere un retrabajo continuo por óndulas de oscilación, como lo denotan las ondulitas simétricas (Arche, 2010).

Facies Hb: Heterolítica con laminación ondulosa

Descripción

Limolita y arenisca fina, con laminación ondulosa y ondulitas simétricas, color gris oliva claro (5Y6/1) (Figura 5). Se observa en El Medanito I, El Medanito II, Perfil Gobernador Ayala II y Cholino I y II.

Interpretación

La presencia de laminación ondulosa indica alternancia de arenas depositadas como carga de fondo y pelitas de decantación en proporciones similares, que sufren un retrabajo de olas constante (Arche, 2010).

Facies Hc: Heterolítica con laminación lenticular

Descripción

Arcilita y escasa limolita, de colores naranja amarillento oscuro (10YR6/6), amarillo grisáceo (5Y 8/4) y gris oliva claro (5Y 6/1) (figura 5), con laminación lenticular. Se observan ondulitas simétricas en numerosos estratos. Está presente en los perfiles Cholino I y II.

Interpretación

La laminación lenticular se presenta como intercalaciones de pelitas decantadas en mayor proporción que las capas delgadas de limolitas depositadas por procesos tractivos (Arche, 2010).



Figura 5. Facies Ha, Hb y Hc. Fotografía del perfil Cholino II donde se aprecia en su base estructura heterolítica con laminación lenticular (Hc), seguido de una heterolítica con laminación *flaser* (Ha), culminando con heterolítica con laminación ondulosa (Hb). Cada segmento de la escala representa 1 cm.

Facies B: Conglomerado y arenisca gruesa con laminación entrecruzada en artesa

Descripción

Conglomerado y arenisca gruesa de color gris muy claro (N8) y amarillo grisáceo (5Y8/4). En algunos sets se aprecia laminación entrecruzada en artesa, base erosiva con intraclastos pelíticos subangulosos inmediatamente por encima de la base, matriz tobácea y una buena selección granulométrica (figura 6). La geometría es lenticular. Los lentes son de pequeño tamaño, no superando los 10 cm de altura y los 50 cm de ancho. Esta facies aparece en los perfiles Medanito I y II.

Interpretación

La laminación entrecruzada en artesa evidencia migración de óndulas 3D sub-ácueas por procesos tractivos unidireccionales de bajo régimen de flujo (Allen, 1982; Miall, 1996).

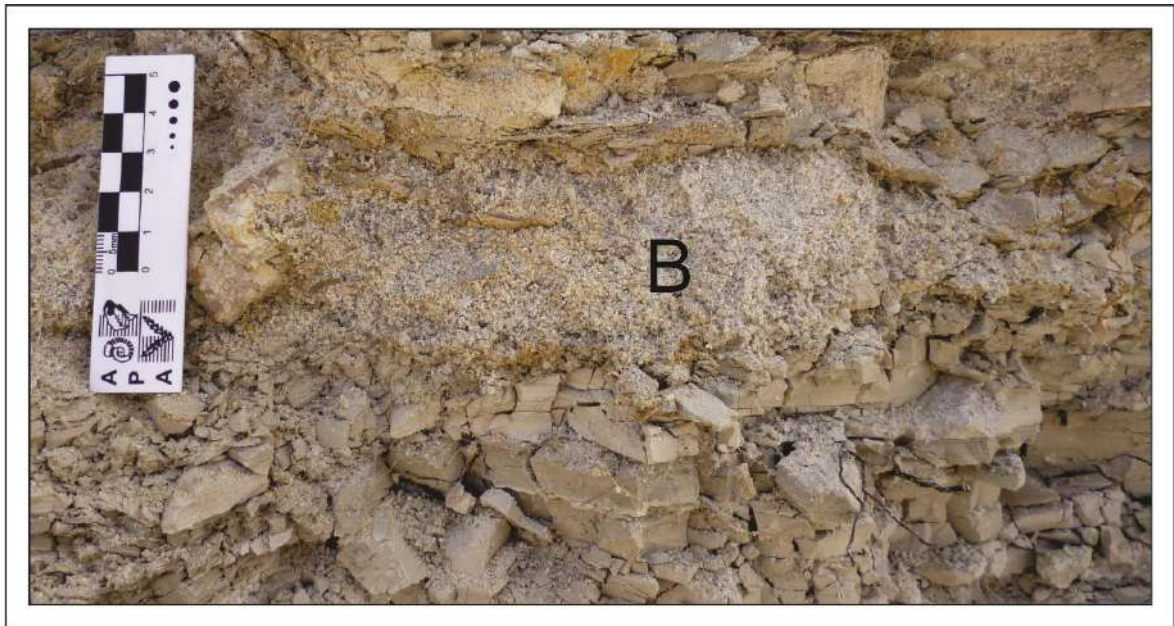


Figura 6. Facies B. Fotografía correspondiente al perfil El Medanito II apreciándose conglomerados con matriz tobácea y base erosiva. En la escala cada segmento representa 1 cm.

Facies S: Caliza estromatolítica

Descripción

Caliza estromatolítica caracterizada por macroestructuras biogénicas en domos aislados sobre el plano de estratificación (figura 7). Las mismas no superan los 30 cm de altura y su radio aproximado es de 35 cm. La mesoestructura, o estructura interna, presenta láminas irregulares convexas hacia arriba que no superan el centímetro de espesor. Se encuentra presente en los Perfiles Cholino I y II.

Interpretación

Estas estructuras organosedimentarias litificadas laminadas, se forman por la actividad de microorganismos que atrapan y fijan el sedimento, y producen la precipitación de minerales carbonáticos (Warren, 2005; Rodríguez-Martínez *et al.*, 2010).

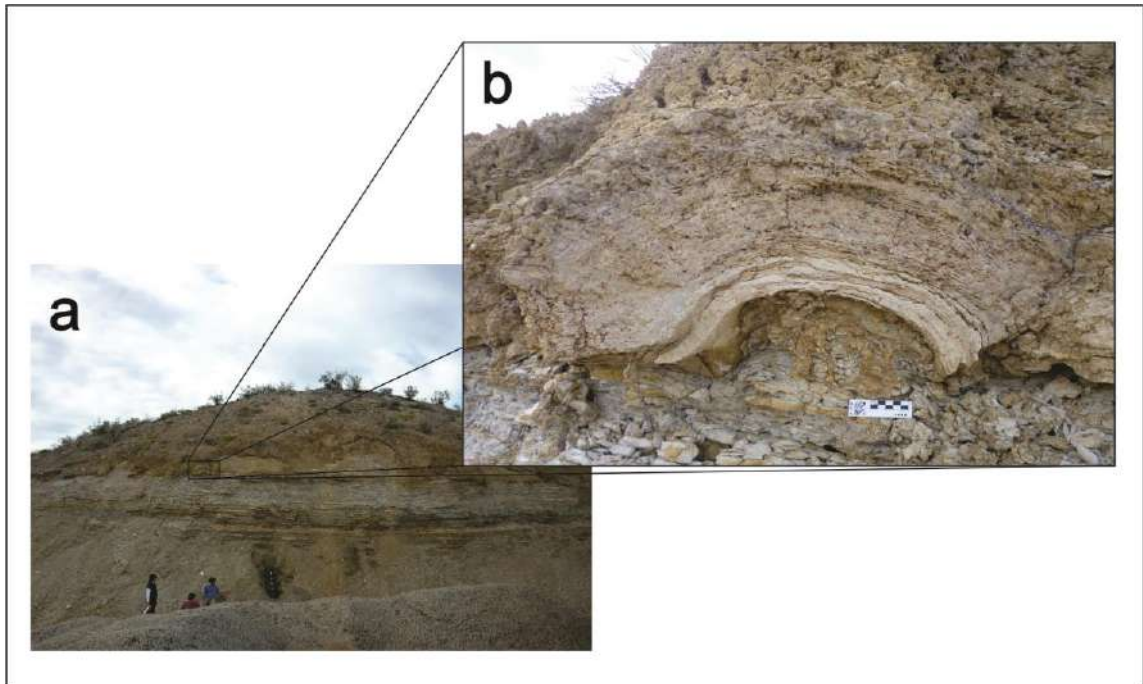


Figura 7. Facies S. a) Vista general del perfil Cholino I. b) Detalle del estromatolito dómico laminado del sector superior del perfil Cholino I. En la escala cada segmento representa 1 cm.

Facies P: Limolita con estructura tepee

Descripción

Limolita de color amarillo moderado (5Y 7/6) con estructuras *tepee* (figuras 8 y 9). Su espesor es de 50 cm. Se observa en el Perfil El Medanito I.

Interpretación

Polígonos de costras de limolita con forma de “V” invertida en exposiciones verticales de dos dimensiones (Adams y Frenzel, 1950). Son comúnmente generados por episodios repetitivos de humectación y desecación (Warren, 2005).

Facies Y: Sulfato de calcio con estructura enterolítica

Descripción

Sulfatos de calcio con un espesor total de 1,80 m (figura 9). Presentan estructura enterolítica que se desarrolla a lo largo de todo el estrato. Entre estas estructuras se encuentran pequeñas acumulaciones de limolitas que no superan los 5 cm de espesor. Se presenta en el Perfil Medanito I.

Interpretación

El ascenso y descenso de aguas capilares saturadas en sulfatos de calcio producen en los intersticios de sedimentos detríticos la precipitación química de yeso o anhidrita. El continuo crecimiento de nódulos de sulfato de calcio desplaza al sedimento, hasta llegar a producir la coalescencia de dichos nódulos y generar textura enterolítica (Warren, 2005).

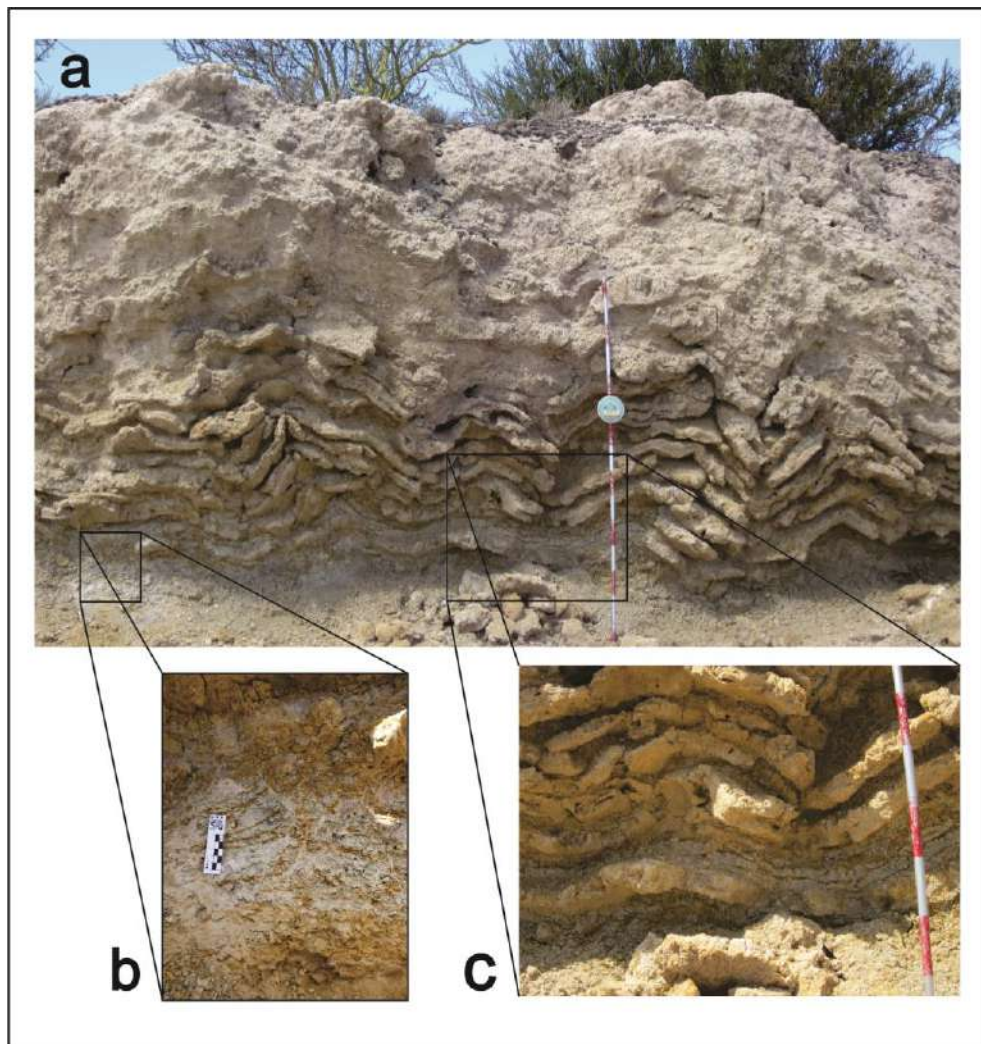


Figura 8. a) Vista general del techo del perfil El Medanita I. b) Detalle de estructuras *tepee* (facies P). c) Detalle de estructura enterolítica (facies Y). En la escala de la figura b cada segmento representa 1 cm.

Facies D: Arenisca mediana con estratificación entrecruzada tabular planar de gran escala

Descripción

Arenisca mediana con estratificación entrecruzada tabular planar, con gradación inversa, de color pardo amarillento pálido (10YR 6/2). Presenta buzamiento alto de las caras de

avalancha (figura 9). El espesor es de 1,65 m. La base es erosiva. Los clastos son subangulares con buena selección. Puede observarse en el perfil El Medanito I.

Interpretación

La estratificación entrecruzada tabular planar con buzamiento alto de las caras de avalancha, se origina principalmente por migración de dunas subaéreas. Los procesos corresponden al flujo de granos en dunas de crestas rectas (Mountney, 2006).

La gradación inversa de intralámina se produce por la migración de óndulas generadas por procesos de saltación, donde los granos impactan con ángulos altos (óndulas balísticas). El alto ángulo de impacto sobre la cara de barlovento de las óndulas promueve la reptación de los granos más gruesos hacia la cresta de la óndula, dejando como resultado una gradación inversa (Mountney, 2006).

Facies I: Arenisca mediana con estratificación de bajo ángulo

Descripción

Areniscas medianas de color pardo amarillento pálido (10YR 6/2) con estratificación de bajo ángulo y pequeñas óndulas de crestas bajas (figura 9). El depósito en general presenta una buena selección con clastos subangulares. Su base es erosiva y se observan pequeñas concentraciones de clastos tamaño grava. Se pueden apreciar intercalaciones de láminas con sedimentos arenosos más gruesos. Se observa en el perfil El Medanito I.

Interpretación

Esta facies se produce por la migración de formas de fondo eólicas de bajo relieve (Mountney, 2006).



Figura 9. Ejemplo de facies D, I y P. Fotografía tomada en el perfil El Medanito I.

Facies	Descripción	Interpretación	Perfiles
C	Conglomerado y arenisca gruesa con estratificación entrecruzada en artesa	Migración de dunas 3D subácueas en flujos unidireccionales diluidos con baja concentración de sedimentos	EMII, GAI, GAI
A	Arenisca mediana a fina maciza con gradación directa	Depósitos generados por flujos unidireccionales diluidos con alta concentración de sedimentos	EMII, GAI, GAI
Ha	Arenisca y limolita con laminación flaser	Predominio de flujos tractivos sobre procesos de decantación	EMII, CHII
Hb	Arenisca fina y limolita con laminación ondulosa	Equivalencia de procesos tractivos y de decantación	EMI, EMI, CHI, CHII, GAI
Hc	Limolita y arcilita con laminación lenticular	Predominio de procesos de decantación sobre flujos tractivos	CHI, CHII
B	Conglomerado y arenisca gruesa con laminación entrecruzada en artesa	Migración de ondulaciones 3D en flujos unidireccionales	EMI, EMII
S	Caliza estromatolítica en domos biogénicos con mesoestructura en laminas irregulares convexas hacia arriba	Precipitación de minerales carbonáticos producida por microorganismos algales	CHI, CHII
P	Limolita con estructuras <i>tepee</i>	Sucesivos episodios de humectación y desecación	EMI
Y	Sulfato de calcio con estructura enterolítica	Precipitación química de sulfatos, crecimiento y coalescencia de nódulos	EMI
D	Arenisca mediana con estratificación entrecruzada tabular planar de gran escala	Migración de dunas bidimensionales subaéreas	EMI
I	Arenisca mediana con estratificación de bajo ángulo	Migración de formas de fondo eólicas de bajo relieve	EMI

Tabla I. Resumen de la descripción e interpretación de facies. EMI: El Medanita I, EMII: El Medanita II, CHI: Cholino I, CHII: Cholino II, GAI: Gobernador Ayala I y GAI: Gobernador Ayala II.

Paleoambientes de sedimentación

Las cuatro asociaciones de facies definidas se denominan: De fajas de canal, de albúfera, eólica y de *sabkha*. Su distribución en el tiempo y el espacio (figura 10) permitió explicar la evolución del sistema depositacional.

Asociación de facies de fajas de canal (AF)

Descripción

Esta asociación de facies comprende a las facies C y A. Está presente en los perfiles de Gobernador Ayala I, Gobernador Ayala II y El Medanito II donde se presenta como una alternancia de las facies mencionadas. Toda la asociación se caracteriza por una granulometría que varía desde conglomerádica a arenosa, y presenta comúnmente concreciones calcáreas. En el perfil Gobernador Ayala I esta asociación ocupa la totalidad del mismo, mientras que en los restantes constituye la base (figura 10).

Interpretación

En esta asociación de facies se interpreta que la sedimentación fue generada en un ambiente sub-ácueo, específicamente por flujos unidireccionales diluidos.

Las facies C está caracterizada por la presencia de una base erosiva e intraclastos pelíticos inmediatamente por encima de la misma, presentando en su totalidad estratificación entrecruzada en artesa generada por flujos diluidos con baja concentración de sedimentos (Miall, 1996). En los perfiles de Gobernador Ayala se puede apreciar la geometría de algunas canalizaciones. En los demás perfiles es difícil obtener datos de la geometría debido a la mala exposición de los mismos.

La Facies A está caracterizada por una estructura maciza con gradación directa. Estos estratos granodecrecientes fueron generados por flujos diluidos con alta concentración de sedimentos.

Esta asociación correspondería a depósitos de fajas de canal.

Asociación de facies de Albufera (AL)

Descripción

Esta asociación de facies comprende las facies B, Ha, Hb, Hc y S. Esta asociación está presente en los perfiles de Gobernador Ayala II, Cholino I, Cholino II, El Medanito I y el Medanito II, no estando todas las facies presentes en la totalidad de los perfiles (figura 10).

La asociación esta caracterizada por la alternancia cíclica de litologías pelíticas y arenosas en distintas proporciones (Ha, Hb y Hc), denotando dos ciclos de somerización (figura 10); las mismas están surcadas por canales conglomerádicos de pequeñas dimensiones (B), que no se encuentran presentes en los perfiles Gobernador Ayala II y Cholino II (figura 6). En

los perfiles Cholino I y Cholino II, donde la potencia de esta asociación es importantes, se presentan construcciones biohermales hacia el techo, identificadas como domos estromatolíticos aislados con mesoestructura convexa irregular hacia arriba (S) (figura 7).

Interpretación

Esta asociación de facies representa una albúfera, sometida al influjo mareal, que se manifiesta por la presencia de facies con ondulitas simétricas y estructuras heterolíticas (Ha, Hb y Hc). Las mismas indican una disminución de la carga de fondo y un aumento de los procesos de decantación (Arche, 2010). Estas facies se encuentran surcadas por depósitos lenticulares de base erosiva que presentan laminación entrecruzada en artesa e intraclastos pelíticos, que corresponden a canales de drenaje de marea (B).

Esta asociación también está caracterizada por estromatolitos (S), generados por precipitación química, dando lugar a formas dómicas de zonas de baja energía (James, 1983).

La asociación de albúfera habría comenzado a desarrollarse concomitantemente con un evento transgresivo que se evidencia en los perfiles Gobernador Ayala II y El Medanito II, donde hacia el tope del mismo las estructuras heterolíticas ondulosas suceden a la asociación de fajas de canal (Anexo 1).

En el perfil Cholino I se pueden observar dos ciclos evidenciado por los dos niveles de estromatolitos (S) y el pasaje de facies más profundas (Ha y Hb) a más someras (Hc) (figura 10a).

Asociación de Facies Eólica (AE)

Descripción

Esta asociación de facies se encuentra desarrollada solo en el perfil El Medanito I, involucrando las facies I y D (figura 8). Es una asociación caracterizada por litologías muy uniformes dado que pertenecen a sistemas depositacionales eólicos, ubicados en cercanías de la línea de costa.

Interpretación

Las facies de arenisca (D e I) fueron generadas en ambiente eólico como lo demuestra su granulometría uniforme y muy buena selección. Las areniscas que presentan estratificación entrecruzada tabular planar de alto ángulo fueron producidas por la migración de dunas

eólicas, mientras que las areniscas con laminación de bajo ángulo, con base erosiva y ausencia de restos orgánicos corresponden a migración de óndulas de interduna seca (Ahlbrandt y Fryberger, 1982).

Esta asociación erosiona a la facies heterolítica con laminación ondulosa en el perfil El Medanito I. Esta evidencia aislada no permite inferir la posición exacta del sistema eólico, ya que podría corresponder tanto a una isla barrera asociada al sistema de albúfera, ubicarse entre la albúfera y la costa o formar parte de un sistema eólico asociado a las evaporitas del techo del perfil.

Asociación de Facies de Sabkha (AK)

Descripción

Esta asociación de facies comprende las facies P e Y, desarrollándose en el techo del perfil El Medanito I. Consiste de una sucesión con base limolítica de 50 cm de espesor con estructuras *tepee* (facies P), seguido por 1,80 mts. de sulfato de calcio con estructura enterolítica (facies Y) (figura 8).

Interpretación

Las características de las facies P e Y sugieren que las mismas se generaron durante sucesivos episodios de humectación y desecación.

La presencia de sulfatos de calcio (facies Y) es común de zonas áridas. Estas condiciones climáticas son factibles de encontrar en costas supramareales donde el balance hídrico es claramente deficitario, constituyendo *sabkhas* (Warren, 2005).

Tanto la estructura *tepee* de las limolitas, como la estructura enterolítica característica de los sulfatos de calcio, sugieren que su formación fue en sedimentos afectados por ascensos y descensos de aguas capilares, por encima de la freática. Esto es típico de la porción supramareal superior de una secuencia de *sabkha* costero (Kendal y Warren, 1988).

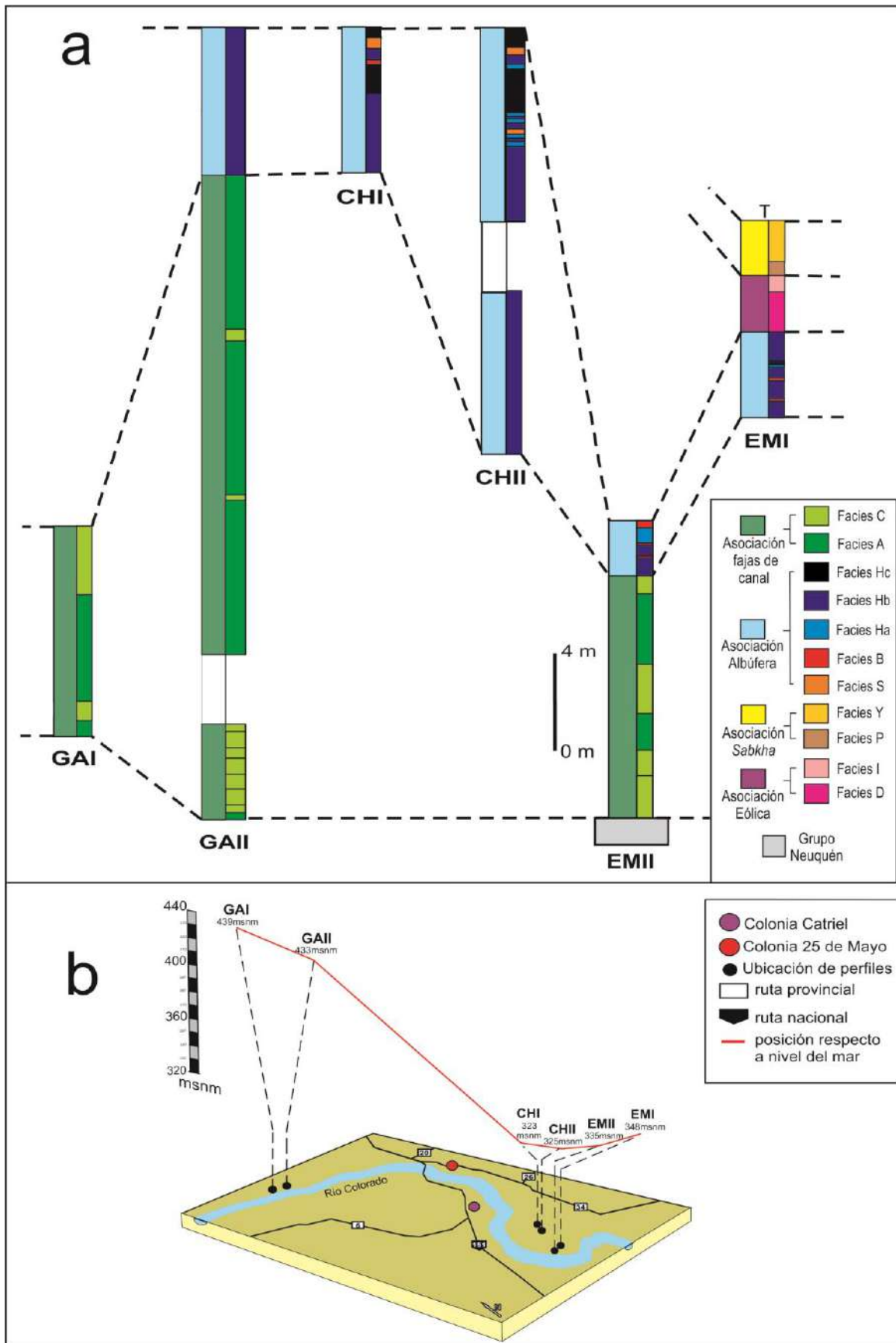


Figura 10. a) Distribución de las facies y asociaciones de facies en los perfiles analizados. Correlación estratigráfica según asociaciones de facies. b) Bloque diagrama esquemático del área de estudio y posición relativa de los perfiles respecto al nivel del mar

ANÁLISIS DE PALEOCORRIENTES

Se determinaron dos tipos de paleocorrientes: de flujos unidireccionales y de flujos bidireccionales. Los primeros corresponden a la asociación de facies de faja de canal (facies C) y fueron obtenidos en los perfiles Gobernador Ayala I y Gobernador Ayala II, donde la buena exposición permitió tomar datos de direcciones de ejes de artesas en planta (figura 11a). Los datos de rumbos de buzamientos y de buzamientos de dichos ejes son respectivamente: N213°, 9°; N227°, 19°; N265°, 19°; N274°, 19°; N242°, 20°; N252°, 20°; N225°, 22°, N234°, 14°; N221°, 20° y N175°, 3°; N230°, 10°; N190°, 6°; N270°, 10°. Posteriormente se graficaron con el *software Stereonet* y los vectores unidireccionales resultantes son: N240° en Gobernador Ayala I y N213° en Gobernador Ayala II (figura 11b).

Las direcciones de los flujos bidireccionales se obtuvieron con los datos de direcciones de crestas rectas de ondulitas simétricas correspondientes a la asociación de facies de Albúfera (facies Hb) en los perfiles El Medanito I y El Medanito II. Los datos conseguidos son respectivamente: N15°, N15°, N4°, N65°, N14°, N23°, N357° y N310°, N36°, N355° N295°. Estos se graficaron con el *software Oriana 2.0* y las resultantes bidireccionales son las siguientes: N105° en El Medanito I y N67° 30' en El Medanito II (figura 11c).

Las paleocorrientes obtenidas de la asociación de facies de fajas de canal (AF) indican que el drenaje del sistema fue de noreste a suroeste, desaguando los flujos desde el continente hacia la costa.

Las paleocorrientes de la asociación de facies de albúfera (AL) muestran una variación propia de los flujos bidireccionales característicos de movimientos oscilatorios sobre la costa con variaciones locales.

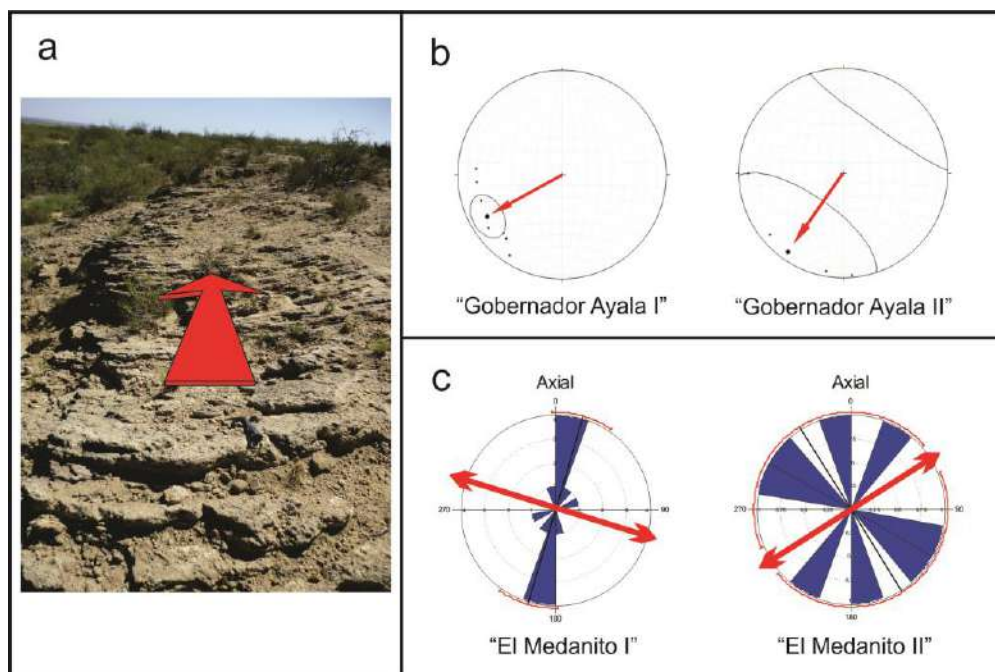


Figura 11. a) Vista en planta del techo del afloramiento en Gobernador Ayala I. La flecha indica la dirección del paleoflujo. b) Vectores unidireccionales obtenidos con *Stereonet* a partir de ejes de artesas. c) Resultantes de flujos bidireccionales obtenidas a partir de mediciones de rumbo de líneas de crestas en ondulitas simétricas. La resultante del flujo fue obtenida con *Oriana 2.0*.

ANÁLISIS PETROGRÁFICO

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de los estudios petrográficos realizados en muestras de las sedimentitas correspondientes a tres perfiles: El Medanita I, El Medanita II y Gobernador Ayala I.

En el Anexo II se muestran los resultados de los análisis petrográficos en tres tablas; tabla a) indica los componentes básicos de areniscas (clastos, matriz, cemento y poros), tabla b) indica los componentes básicos de la muestra EMI-m14 correspondiente a una arenisca híbrida, y tabla c) exhibe el detalle de la composición modal clástica de areniscas.

En la figura 12 se presenta el gráfico de clasificación de Zuffa (1980), en la figura 13 los gráficos de composición según la clasificación de Dott (1964) modificada por Pettijohn *et al.* (1972, 1987) y en la figura 14 los gráficos de composición según la clasificación de Folk *et al.* (1970).

En las figuras 15, 16 y 17 se exponen las fotos tomadas al microscopio de los componentes mencionados en la descripción.

Descripción petrográfica

Muestras El Medanito I

EMI-m1 (figuras 15.3 y 16.1)

Esta arenisca corresponde a la asociación de facies de albúfera (AL), más precisamente a la facies heterolítica Hb.

Está caracterizada entre sus componentes básicos por cuarzo monocristalino (Qm), cuarzo policristalino (Qp), plagioclasas con maclas polisintéticas (Pl), feldespato potásico: ortosa (Or) y microclino (Mc), trizas de vidrio volcánico (T), micas (biotita) (M), piroxenos (P), líticos volcánicos con textura felsítica (Lv) y alteritas (Al). El cemento es arcilloso (Car) (Anexo II).

El tamaño promedio de grano en la muestra es de 0,08 mm, constituyendo una arenisca muy fina, su fábrica es flotante y de existir contactos entre granos son puntuales. La selección es moderada, los clastos son subangulosos, la matriz arcillosa y se observa porosidad.

El principal proceso diagenético es la disolución de clastos que da lugar a la existencia del cemento arcilloso observado en la muestra, fundamentalmente proveniente de la alteración de trizas vítreas.

De acuerdo a la composición corresponde a una **arenita lítica** según la clasificación de Dott (1964) modificada por Pettijohn *et al.* (1972, 1987) o **litoarenita feldespática** según Folk *et al.* (1970).

EMI-m6

Esta muestra corresponde a la asociación de facies de albúfera (AL), específicamente a la facies Hb.

Constituye una pelita con tamaño promedio de grano de 0,014 mm. En ella se observan alteraciones ferruginosas, minerales opacos, trizas vítreas, micas, minerales arcillosos y parches de cemento carbonático.

La historia diagenética se inicia con la transformación de trizas a minerales arcillosos seguida por cementación carbonática y alteraciones ferruginosas.

EMI-m7

Pelita laminada que corresponde a la facies Hb. Presenta las mismas características que m6.

EMI-m10 (figuras 15.1 y 16.2-5)

La muestra corresponde a las sedimentitas de la asociación de facies de albúfera (AL), exactamente a la facies B.

Entre sus principales componentes se observa cuarzo monocristalino y policristalino, feldespato potásico (fundamentalmente microclino), plagioclasas (con maclas polisintéticas), escasos líticos volcánicos (con textura esferulítica de desvitrificación, textura felsítica y textura felsofírica), líticos sedimentarios (Ls), calcedonia (Qc), y algunas alteritas. Entre los cementos, se observa cemento arcilloso alrededor de los granos y yeso (Cy), más abundante, que genera la textura flotante de la muestra.

No se aprecia matriz ni porosidad importante.

La selección de la muestra es buena, los clastos son subredondeados y su tamaño promedio es de 0,9 mm, constituyendo una arenisca gruesa.

La historia diagenética evidencia una disolución de granos y posterior cementación, en primer lugar por arcillas y luego reemplazo por yeso.

De acuerdo a la composición corresponde a una **arenita arcósica** según la clasificación de Dott (1964) modificada por Pettijohn *et al.* (1972, 1987) o **feldarenita/feldarenita lítica** según Folk *et al.* (1970).

EMI-m14 (figuras 15.4-5 y 17.1-6)

La muestra m14 pertenece a las sedimentitas correspondientes a la asociación de facies eólica (AE), concretamente la facies de duna (D).

Compuesta por cuarzo monocristalino y policristalino, feldespato potásico, plagioclasas zonadas, con maclas de Carlsbad, polisintéticas y del periclino, y combinadas entre ellas, fragmentos de líticos volcánicos (la mayoría con textura intersertal, aunque también se distinguen texturas felsofíricas y felsíticas), calcedonia cebraica, piroxenos y alteritas.

También se observan intraclastos y bioclastos, correspondientes a ooides, foraminíferos y bivalvos. Presenta clastos subredondeados y buena selección. Se observa porosidad secundaria, de los tipos móldica e intragranular por disolución parcial de los clastos.

La textura es flotante y su cemento es carbonático (Cca) tamaño esparita.

En algunos sectores pueden apreciarse pátinas de oxidación y evidencias de disolución.

Esta arenisca mediana (promedio de grano 0,4 mm) no presenta matriz y su esqueleto contiene clastos intracuencales y extracuencales, por lo que fue clasificada según Zuffa (1980). Si bien la muestra contiene clastos intracuencales, la cantidad no justifica su denominación como arenisca híbrida y se clasifica como **extraarenita no carbonática** (figura 12).

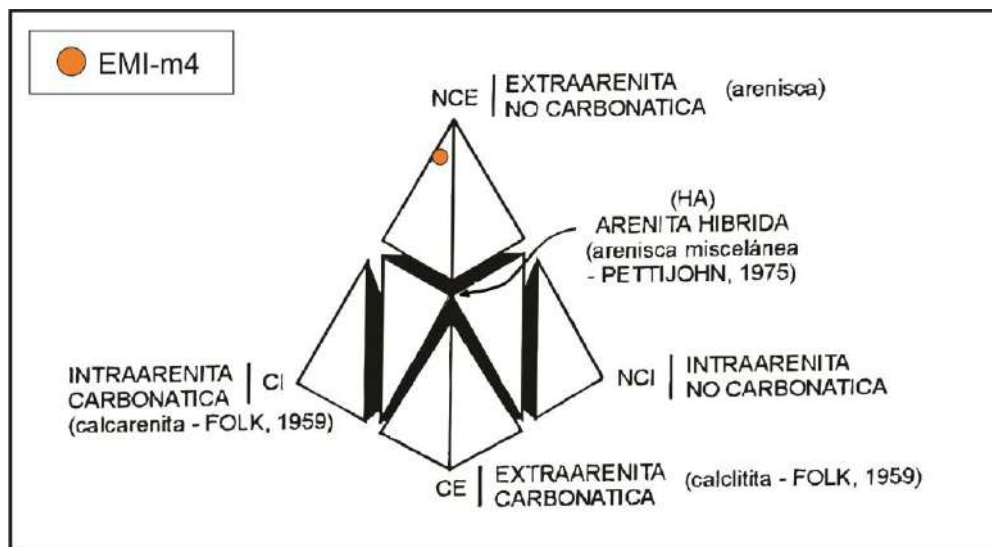


Figura 12. Clasificación de muestra EMI-m14 según Zuffa (1980).

EMI-m15

Está constituida por cuarzo mono y policristalino, feldespato potásico, plagioclasas, fragmentos de líticos volcánicos, trizas vítreas, minerales opacos (Op), micas, anfíboles (Anf) y alteritas.

La muestra presenta textura flotante, selección pobre y clastos angulosos, con un tamaño promedio de aproximadamente 0,114 mm, correspondiendo a una arenisca muy fina. Presenta escasos contactos puntuales.

La historia diagenética está caracterizada por la alteración de los clastos y la concomitante generación de matriz y cemento.

La composición corresponde a una **arenita lítica** según la clasificación de Dott (1964) modificada por Pettijohn *et al.* (1972, 1987) o **litoarenita feldespática** según Folk *et al.* (1970).

EMI-m16

Caracterizada por la presencia de cuarzo monocristalino, cuarzo policristalino, plagioclasas, feldespato potásico (ortosa y algunos microclinos), líticos volcánicos con

texturas felsítica, pilotáxica e intersertal, trizas vítreas, calcedonia, anfíboles y micas. Presenta cemento arcilloso y alteración ferruginosa.

La muestra está pobremente seleccionada, presenta textura flotante debido a la presencia de cemento abundante y los clastos son subangulares a subangulosos. El tamaño promedio de grano es de 0,088 mm, correspondiendo a una arenisca muy fina.

Corresponde a una **arenita lítica** según la clasificación de Dott (1964) modificada por Pettijohn *et al.* (1972, 1987) o **litoarenita feldespática** según Folk *et al.* (1970).

Muestras El Medanito II

EMII-m1 (figuras 15.2 y 16.6)

La muestra m1 corresponde a la facies C de la asociación de facies de fajas de canal (AF). Entre sus constituyentes principales se aprecia cuarzo monocristalino y policristalino, feldespato potásico (principalmente microclino), plagioclasas con maclas polisintéticas, líticos volcánicos con texturas traquíticas y felsíticas, con un cemento carbonático circundándolos. Este cemento carbonático es tamaño esparita. También es apreciable una alteración ferruginosa cercana a los clastos líticos, se observan alteritas y algunos cristales de calcedonia.

La selección de la muestra es regular a mala y los clastos son subredondeados, con un tamaño promedio de 1,021 mm, superando los mayores tamaños los 7 mm, siendo una arenisca muy gruesa con clastos aislados tamaño grava.

La historia diagenética constaría de cementación y posterior oxidación.

Según la clasificación de Dott (1964) modificada por Pettijohn *et al.* (1972, 1987) la muestra sería una **arenita lítica**; según Folk *et al.* (1970) corresponde a una **litoarenita feldespática**.

EMII-m2 (figuras 15.6-7)

La muestra m2 corresponde a la facies C de la asociación de facies de fajas de canal (AF). Constituida por cuarzo monocristalino, cuarzo policristalino, feldespato potásico (microclino), plagioclasas, alteritas, y líticos volcánicos que presentan en ocasiones alteración ferruginosa.

Se aprecia un cemento carbonático esparítico, un poco más pequeño que la muestra m1 perteneciente al mismo perfil. El mismo es muy variable en toda la muestra.

La selección es mala y el tamaño promedio de clastos es 0,561 mm, los cuales son subredondeados. Se clasifica como una arenisca gruesa. Presenta porosidad escasa.

La historia post depositacional consta de cementación y posterior alteración ferruginosa.

De acuerdo a la composición corresponde a una **arenita arcósica** según la clasificación de Dott (1964) modificada por Pettijohn *et al.* (1972, 1987) o **feldarenita** según Folk *et al.* (1970).

EMII-m4

La muestra m4 corresponde a la facies C de la asociación de facies de fajas de canal (AF).

Entre sus constituyentes principales se aprecia cuarzo monocristalino y policristalino, feldespato potásico (ortosa y microclino), plagioclasas con maclas combinadas (polisintéticas y de Carlsbad), líticos metamórficos de bajo grado, líticos sedimentarios de pelitas y líticos volcánicos con texturas felsíticas e intersertales.

El cemento carbonático es principalmente micrítico y existe esparita aislada en parches.

La selección de la muestra es buena, los clastos son subredondeados, la textura clasto sostén, con un tamaño promedio de 3 mm, superando los mayores tamaños los 4 mm, siendo una sabulita tamaño gránulo.

La historia diagenética se resume en cementación carbonática.

Según la clasificación de Dott (1964) modificada por Pettijohn *et al.* (1972, 1987) la muestra en composición es una **arenita arcósica**; según Folk *et al.* (1970) corresponde a una **feldarenita lítica**.

EMII-m6

Esta muestra corresponde a la facies A perteneciente a la asociación de facies de fajas de canal (AF).

Presenta cuarzo monocristalino y policristalino, feldespato potásico (microclino y ortosa), plagioclasas con maclas polisintéticas, micas, anfíboles, líticos volcánicos con textura felsofírica, y alteritas.

La muestra es clasto sostén y los contactos entre granos se manifiestan de manera puntual. También se aprecia un cemento arcilloso adyacente a los clastos. La selección es regular y los clastos son subangulares, con un promedio de tamaño de 0,255 mm, llegando los tamaños máximos a superar los 1,787 mm. Corresponde a una arenisca mediana.

Respecto a la composición es una **arenita arcósica/arenita lítica** según la clasificación de Dott (1964) modificada por Pettijohn *et al.* (1972, 1987). Según Folk *et al.* (1970) corresponde a una **feldarenita lítica/litoarenita feldespática**.

EMII-m8

Esta sección es similar a m6, perteneciendo a la misma facies. Su composición comprende cuarzo monocristalino, cuarzo policristalino, plagioclasas, feldespato potásico (ortosa y microclino), micas, líticos volcánicos con textura felsítica y escasos anfíboles. También se presentan alteritas y cemento arcilloso. Presenta una alteración ferruginosa en la matriz en algunas partes del corte.

La muestra es clasto sostén y los contactos son puntuales. La selección es regular y los clastos subangulares tienen valor promedio de 0,591 mm, correspondiendo a una arenisca media. Sin embargo, hay clastos en los que el eje mayor supera los 1,148 mm.

La composición según la clasificación de Dott (1964) modificada por Pettijohn *et al.* (1972, 1987) es una **arenita lítica**. Según Folk *et al.* (1970) la arenisca es una **arenita feldespática**.

EMII-m11

Esta muestra corresponde a sedimentitas de la facies Hb, correspondiente a la asociación de facies de albúfera (AL).

Son pelitas muy alteradas con gran cantidad de trizas vítreas, presencia de carbonatos en sectores aislados y cemento arcilloso.

EMII-m13

Al igual que m11 corresponde a la facies Hb de la asociación de facies de albúfera (AL).

Son pelitas laminadas con trizas vítreas, cemento arcilloso y carbonático.

El tamaño promedio de grano es de 0,029 mm.

Muestra Gobernador Ayala I

GAI-m4

Esta muestra corresponde a la asociación de facies de fajas de canal (AF).

Está caracterizada por clastos de cuarzo monocristalino y policristalino, feldespato potásico (fundamentalmente microclino), plagioclasas con maclas polisintéticas, gran

cantidad de líticos volcánicos con textura felsítica, felsofírica e intersertal, y algunas alteritas. Presenta un cemento arcilloso de tamaño muy pequeño (sólo observable a partir de un aumento ocular de 20x) rodeando algunos clastos.

El cemento principal es carbonático de tamaño esparita (con textura en mosaico y fibrosa) que imprime la textura flotante de la muestra. Adyacente a algunos clastos el cemento es micrítico.

La selección es regular y la redondez de los clastos subangular. El tamaño promedio de clastos es de 1,518 mm, correspondiendo a una arena gruesa con clastos aislados tamaño grava.

La historia de diagénesis se resume en la cementación de la muestra y la disolución parcial de granos.

De acuerdo a la composición corresponde a una **arenita lítica** según la clasificación de Dott (1964) modificada por Pettijohn *et al.* (1972, 1987) o **litoarenita feldespática** según Folk *et al.* (1970).

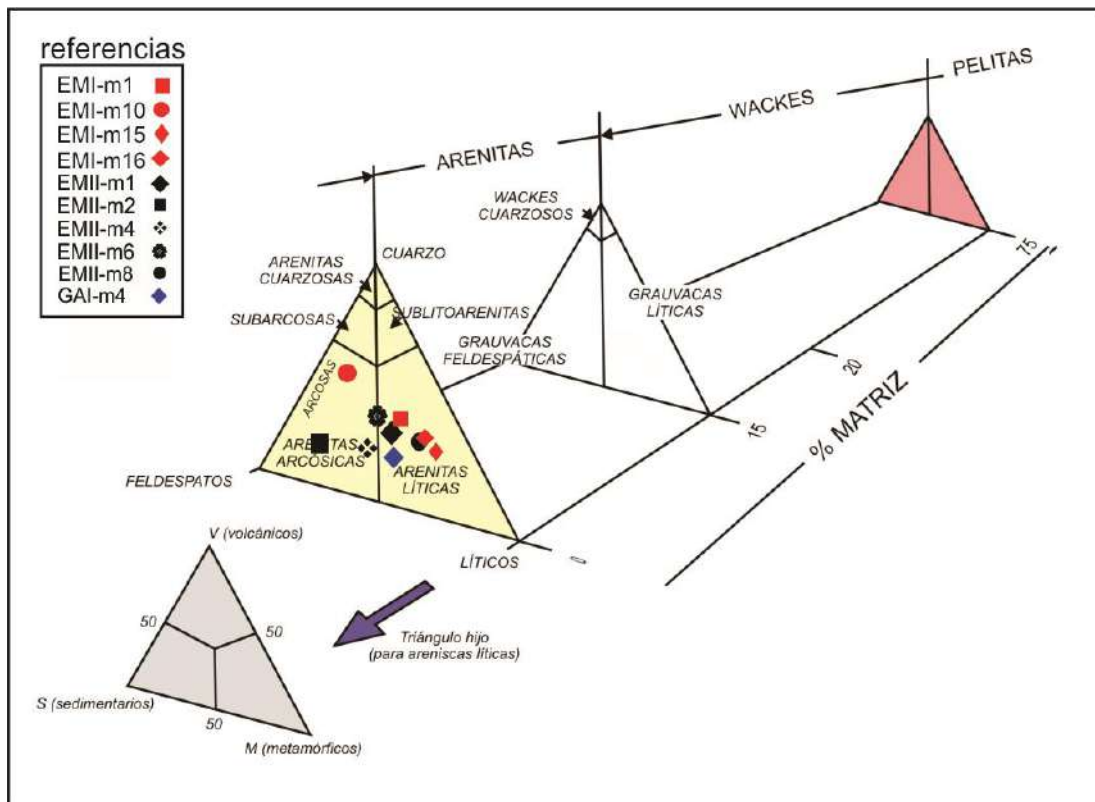


Figura 13. Composición de las muestras de El Medanito I (EMI), El Medanito II (EMII) y Gobernador Ayala I (GAI) según Dott (1964) modificada por Pettijohn *et al.* (1972,1987).

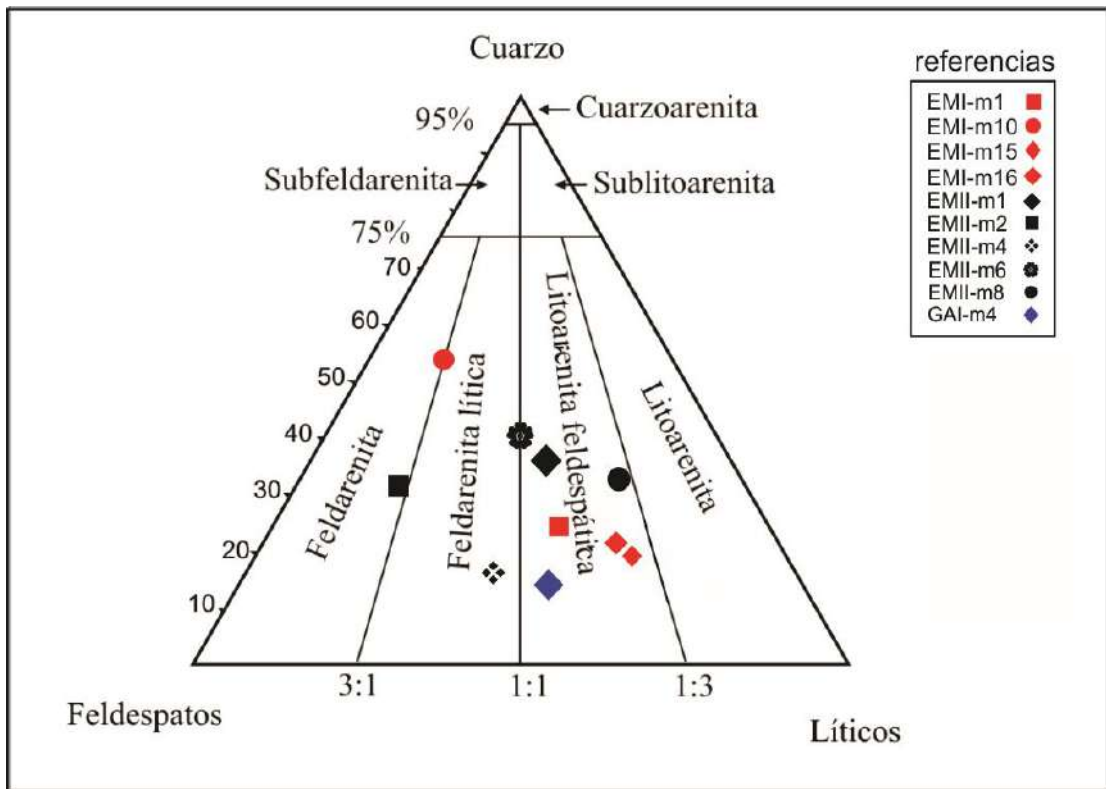


Figura 14. Composición de las muestras de El Medanito I (EMI), El Medanito II (EMII) y Gobernador Ayala I (GAI) según Folk *et al.* (1970).

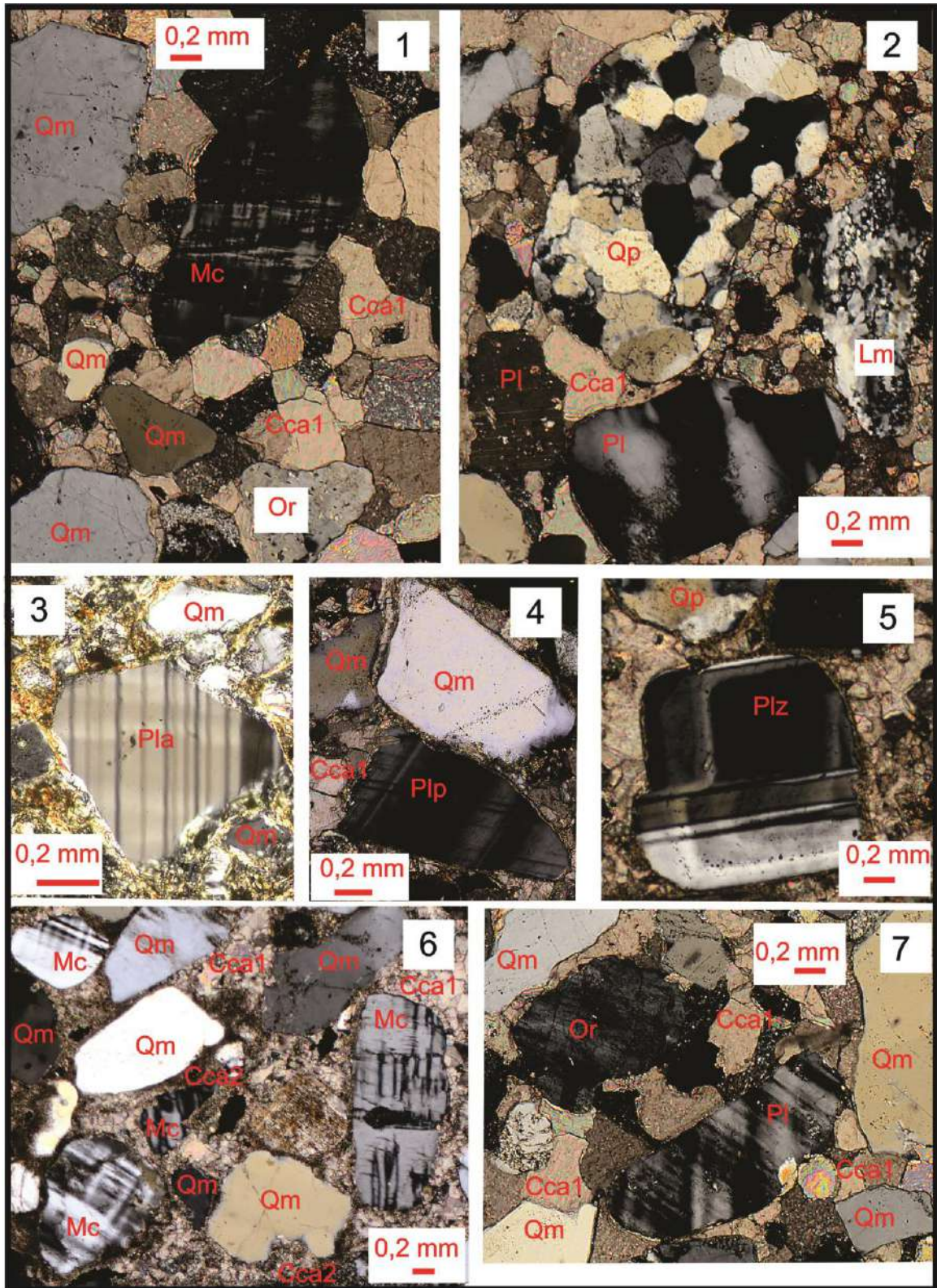


Figura 15. Fotografías tomadas al microscopio. 1: EMI-m10, nicoles cruzados, 4x; 2: EMII-m1, nicoles cruzados, 4x; 3: EMI-m1, nicoles cruzados, 10x; 4: EMI-m14, nicoles cruzados, 10x; 5: EMI-m14, nicoles cruzados, 4x; 6: EMII-m2, nicoles cruzados, 4x; 7: EMII-m2, nicoles cruzados, 4x. Qm: cuarzo monocristalino, Qp: cuarzo policristalino; Cca1: cemento carbonático espartico, Cca2: cemento carbonático micritico, Mc: microclino, Pla: plagioclasa con macla de albita, Lm: lítico metamórfico, Plp: plagioclasa con macla del periclino, Plz: plagioclasa zonada y maclada, Or: ortosa.

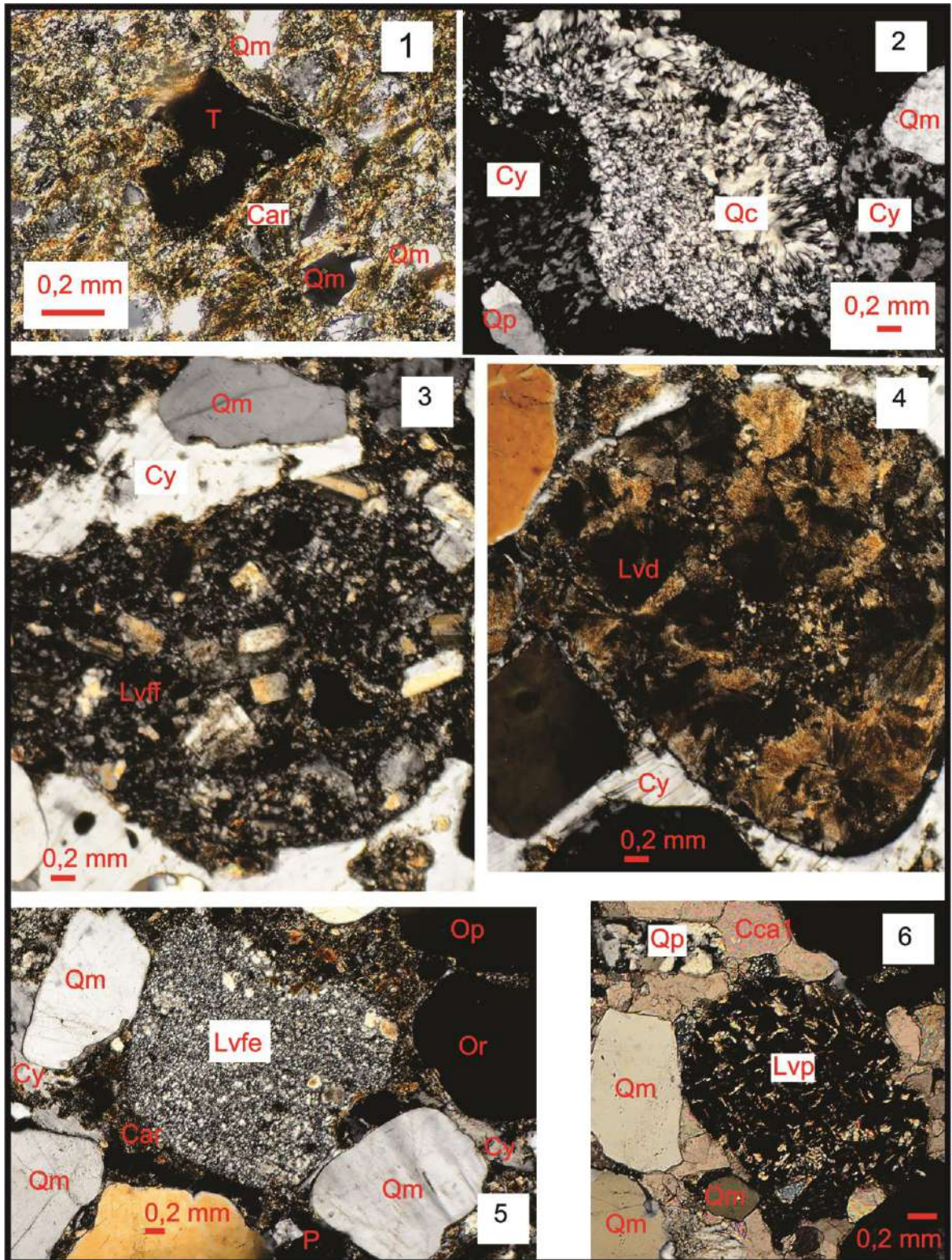


Figura 16. Fotografías tomadas al microscopio. 1: EMI-m1, nicoles cruzados, 10x; 2, 3, 4 y 5: EMI-m10, nicoles cruzados, 4x; 6: EMII-m1, nicoles cruzados, 4x. Qm: cuarzo monocristalino, Car: cemento arcilloso, T: triza vítrea, Cy: cemento yeso; Qc: calcedonia cebraica, Lvff: lítico volcánico con textura felsofirica, Lvd: lítico volcánico desvitrificado, Or: ortosa, Lvfe: lítico volcánico con textura felsítica; Op: opaco; P: poro, Lvfp: lítico volcánico con textura pilotáxica, Cca1: cemento carbonático esparítico.

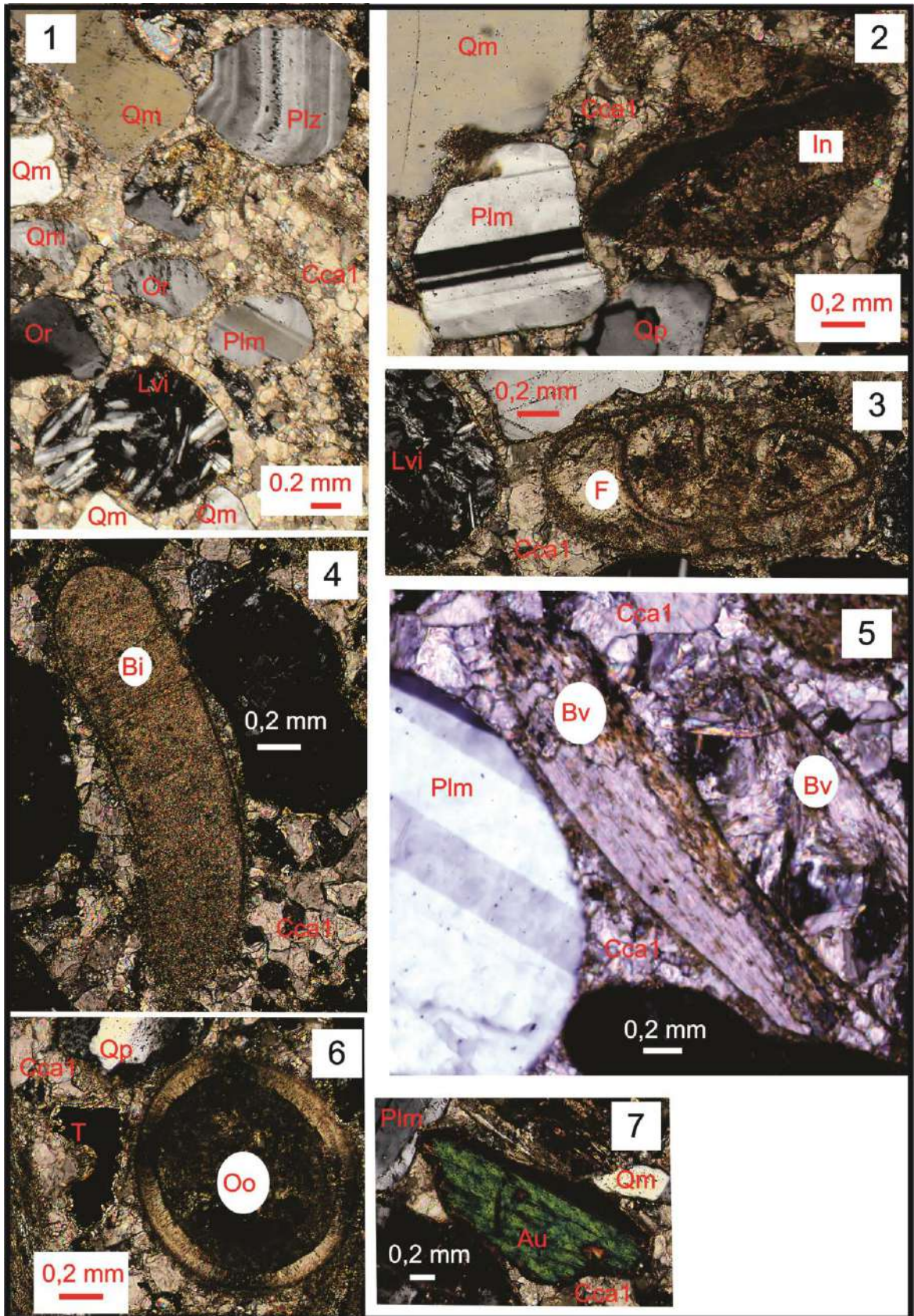


Figura 17. Fotografías tomadas al microscopio.1: EMI-m14, nicoles cruzados, 4x; 2, 3, 4, 5, 6, 7: EMI-m14, nicoles cruzados, 10x; Qm: cuarzo monocristalino, Qp: cuarzo policristalino, Lvi: lítico volcánico con textura intersertal, Or: ortosa, Plm: plagioclasa con macla combinada, Plz: plagioclasa zonada, Cca1: cemento carbonático esparítico, T: triza vítrea, Bi: bioclasto indeterminado, F: foraminífero, In: intraclasto, Oo: ooide, Bv: bivalvos?, Au: augita (píroxeno).

Procedencia

Los datos fueron normalizados en los correspondientes diagramas triangulares a y b (figura 18) de Dickinson *et al.* (1983).

La metodología exige que las muestras utilizadas para este tipo de diagramas presenten un porcentaje menor al 25% de matriz más cemento, requisito que no se cumple en la mayoría de las muestras analizadas (EMI-m1, EMI-m10, EMI-m15 y EMI-m16, EMII-m1, EMII-m2, EMII-m4 y GA-m14). Sin embargo, siguiendo la propuesta de Visconti (2007), se realizó el análisis de procedencia debido a que la diagénesis de las rocas es leve y puede obtenerse valiosa información al no contarse con estudios previos para las sedimentitas correspondientes a la Formación Allen. Por otro lado el análisis de la composición de los clastos individuales permite ajustar esta interpretación. Distintas características de los minerales y de los fragmentos de rocas aportan datos sobre la litología del área de origen de los sedimentos.

El cuarzo monocristalino que implica un origen fundamentalmente ígneo predomina en la mayoría de las muestras sobre el cuarzo policristalino propio de rocas metamórficas.

Las plagioclasas provienen comúnmente de rocas ígneas y metamórficas (Deer *et al.*, 1992). Dentro de ellas, especialmente las que presentan zonación son indicadoras de rocas volcánicas (Pittman, 1969). Las maclas polisintéticas (abundantes en la mayoría de las muestras) tienen un origen común a rocas metamórficas e ígneas, dentro de estas últimas las volcánicas. El microclino generalmente deriva de rocas ígneas félsicas o rocas metamórficas (Boggs, 1992).

Las trizas vítreas abundantes en algunas muestras denotan un origen piroclástico mesosilícico a ácido.

Dentro de los piroxenos, la augita es común a rocas ígneas básicas, mientras que entre los anfíboles se detectaron hornblendas basálticas (lamprobolita) provenientes de rocas basálticas.

Entre los líticos volcánicos se observaron texturas intersertales, pilotácicas, de desvitrificación, felsofíricas y felsíticas. Los felsíticos y felsofíricos corresponden a volcanismo efusivo ácido, las pilotácicas y de desvitrificación a mesosilíceo y las intersertales a básico (Scasso y Limarino, 1997).

La mayoría de las muestras, ploteadas en el diagrama QtFLi (a) de Dickinson *et al.* (1983), muestran una procedencia de arcos volcánicos, desde transicional (EMI-m15, EMI-m16,

EMII-m4, EMII-m8 y GAI-m4) a disectado (EMI-m1, EMII-m1 y EMII-m2). Solamente dos muestras (EMI-m10 y EMII-m6) recaen en orógeno reciclado (figura 18a).

El mismo análisis realizado sobre el diagrama QmFLt (b) incluye a todas las muestras dentro de arcos volcánicos desde no disectado (GAI-m4), pasando por transicional (EMI-m1, EMI-m15, EMI-16, EMII-m1, EMII-m2 y EMII-m6), a disectado (EMI-m10, EMII-m4 y EMII-m8) (figura 18b).

Según algunos autores (Scasso, 1989; Critelli e Ingersoll, 1994) es común que coexistan aportes de arcos magmáticos con aportes de orógenos reciclados, sobre todo en aquellos casos en los que se registre la evolución de una faja orogénica. Los corrimientos andinos pudieron exponer rocas de distintas edades y permitirían explicar la presencia de muestras procedentes de orógenos reciclados.

También la alta proporción de líticos volcánicos sobre los líticos sedimentarios y metamórficos puede dar una asignación aparente al campo de orógenos reciclados en el diagrama de Dickinson *et al.* (1983).

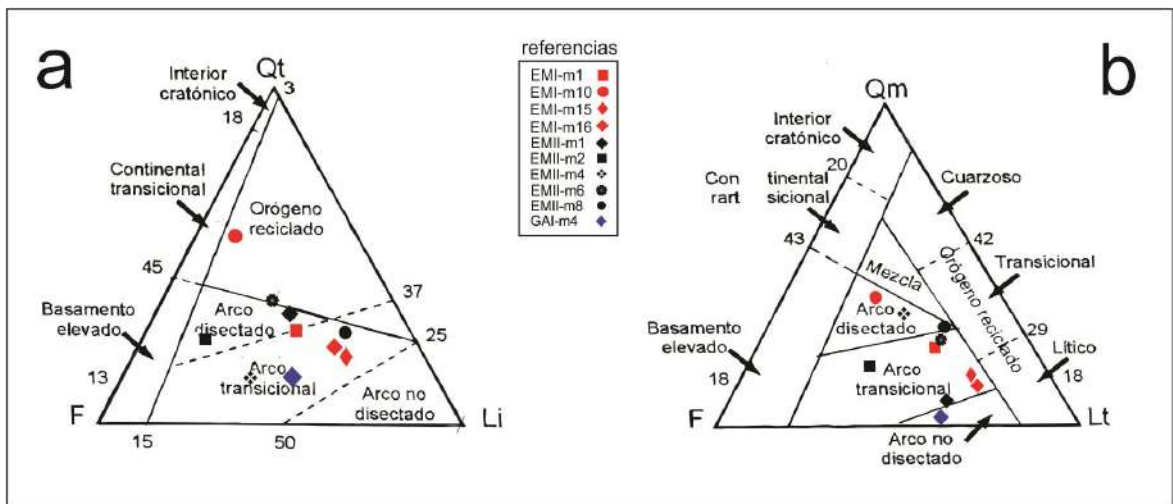


Figura 18. Procedencia de las muestras de El Medaniito I (EMI), El Medaniito II (EMII) y Gobernador Ayala I (GAI) según Dickinson *et al.* (1983). a) triángulo de clasificación QtFLi (cuarzo total-feldespatos-líticos). b) triángulo de clasificación QmFLt (cuarzo monocristalino-feldespatos-líticos totales).

DISCUSION

Las sucesiones sedimentarias de Formación Allen relevadas en el presente trabajo denotan el desarrollo de un sistema de fajas de canal que evolucionó a una albúfera y luego a un *sabkha*. La existencia de un sedimentos eólico puede atribuirse a una isla barrera o a un sistema eólico costero.

El contacto entre el grupo Neuquén y el grupo Malargüe se observó en el perfil El Medanito II, donde los depósitos descritos en la asociación de facies AF, se apoyan en discordancia erosiva sobre las sedimentitas rojizas de la Formación Anacleto (techo del grupo Neuquén). Esta asociación AF representa una faja de canales.

El sistema depositacional de albúfera (AL) que le suprayace, sería consecuencia del avance de la transgresión marina del Campaniano-Maastrichtiano (Windhausen, 1914; Uliana y Dellapé, 1981; Legarreta y Uliana, 1999), produciendo la retrogradación sedimentaria de la sucesión (figura 19). Este evento transgresivo, registrado a nivel de cuenca, puede ser evidenciado en el Perfil El Medanito I y en el Perfil Gobernador Ayala II, donde la asociación de albúfera se apoya sobre el sistema de fajas de canal.

La asociación de facies AL se encuentra bien desarrollada en los perfiles de la cantera de José Cholino Hnos., Perfil Cholino I y Perfil Cholino II, y está caracterizada por las facies heterolíticas *flaser*, ondulosa y lenticular (Ha, Hb, Hc), surcadas por la facies B, considerada como canales de drenaje de marea. También presenta estromatolitos dómicos (facies S).

Un rasgo distintivo observado en el Perfil Cholino I es el desarrollo de ciclicidad. En cada ciclo se presenta una evolución desde facies más profundas a más someras. El fin de un ciclo y el comienzo de otro indica un eventual aumento de la columna de agua a nivel local.

La presencia en el Perfil El Medanito I de sedimentos detríticos finos con estructura *tepee* (facies P) y de sulfatos de calcio con estructura enterolítica (facies Y) característicos de un ambiente de *sabkha* (AK), constituyen el comienzo de una etapa regresiva, provocando la consecuente progradación sedimentaria (figura 19).

Los sedimentos eólicos, aflorantes solo en el Perfil El Medanito I, denotan facies de duna (D) e interduna (I), que constituyen un sistema eólico marginal. El hecho de que las sedimentitas eólicas apoyan en contacto erosivo sobre la facies Hb, sumado a la presencia de bioclastos de organismos marinos, sustentan la posición costera atribuida al sistema. Los datos obtenidos en el campo no permiten asegurar la posición exacta del sistema

eólico. El mismo podría haber actuado como barrera entre el mar abierto y la albufera (isla barrera), estar ubicado entre la albufera y la línea de costa o asociado al *sabkha* (figura 19).

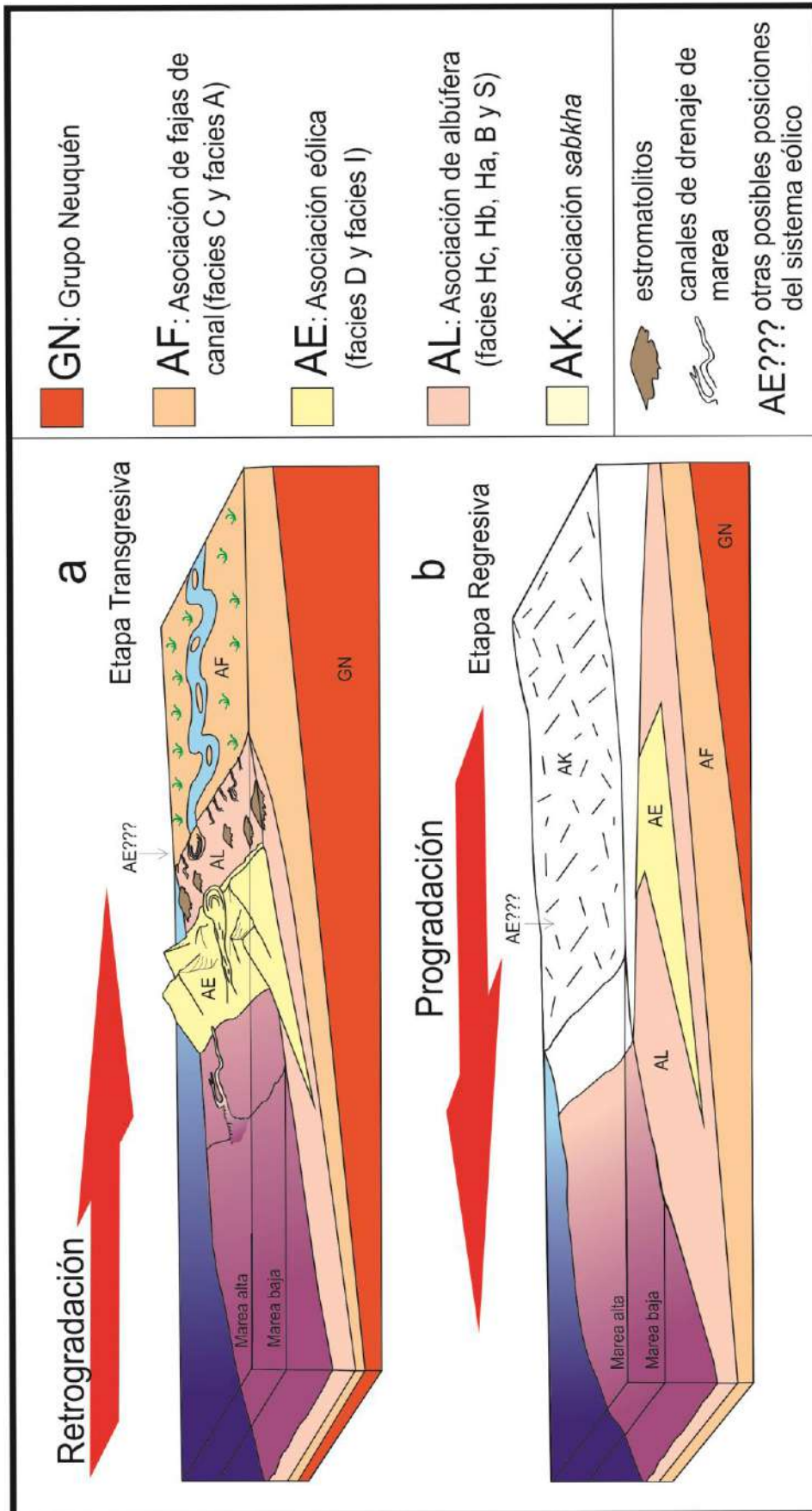


Figura 19. Bloques diagrama mostrando los principales sistemas deposicionales durante las etapas transgresiva y la regresiva.

El ambiente sedimentario propuesto para la Formación Allen en la provincia de La Pampa, concuerda con los resultados obtenidos por Andreis *et al.* (1974) en el área del Lago Pellegrini (provincia de Río Negro), Barrio (1990) en Huantraico y Auca Mahuida (provincias de Neuquén y Río Negro) y Armas y Sánchez (2013) en las cercanías de Paso Córdoba (provincia de Río Negro).

La diferencia de potencia entre las secciones estudiadas en Río Negro y Neuquén y las estudiadas en la presente tesina, podría estar relacionada a la posición de las localidades dentro de la cuenca. Al respecto, las secciones expuestas en Gobernador Ayala, El Medanita y Cantera José Cholino Hnos. presentan una posición marginal dentro del ámbito de la cuenca Neuquina, mientras que las sucesiones de Sierra del Huantraico, Auca Mahuida, Lago Pellegrini y Paso Córdoba, se ubican en zonas más internas de la misma (figura 20).

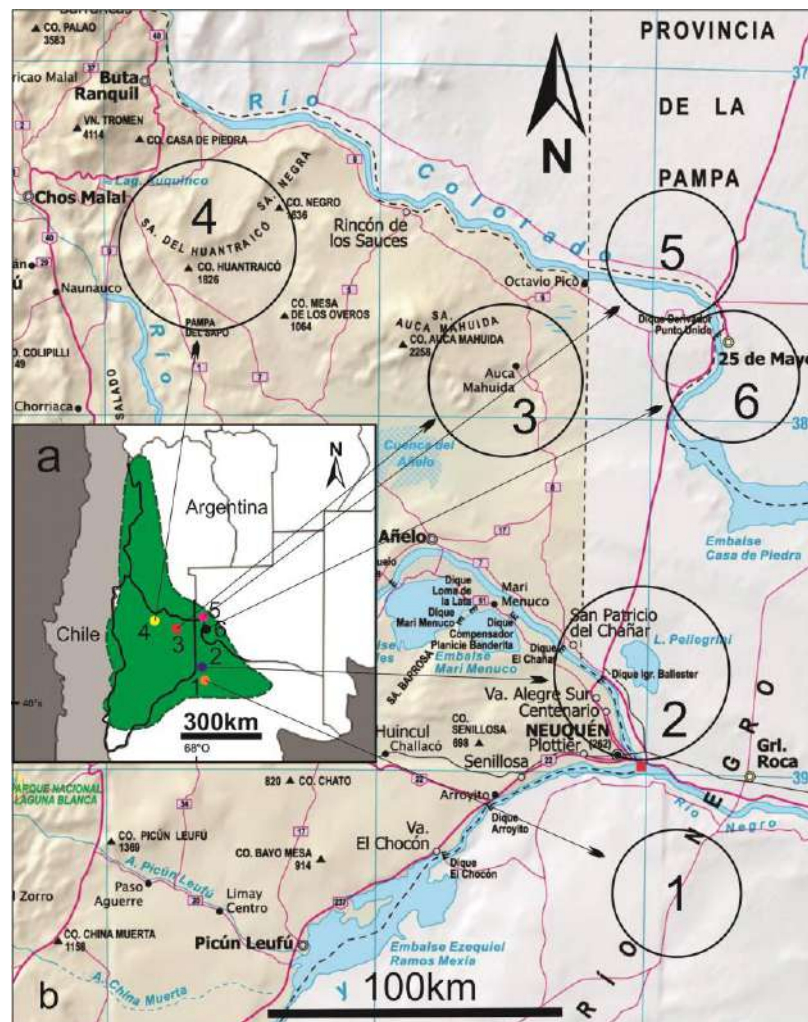


Figura 20. a) Ubicación general en la Cuenca Neuquina de las localidades del presente trabajo y las descritas por Andreis *et al.* (1974) y Barrio (1990) y Armas y Sánchez (2013): Paso Córdoba (1), Lago Pellegrini (2), Auca Mahuida (3), Sierras del Huantraico (4), Gobernador Ayala (5) y El Medanita y Cholino (6). b) Ubicación geográfica de las localidades mencionadas.

Andreis *et al.* (1974) propusieron un ambiente fluvial para la base de las secciones de la Formación Allen, expuestas en Lago Pellegrini. Este podría ser coincidente con la facies de fajas de canal (AF) descritas en el área de estudio.

Para la sección media con estructuras mareales, Andreis *et al.* (1974) propusieron un ambiente de llanura de marea o albúfera, sugiriendo por la presencia de bentonita en las localidades estudiadas (que requieren un ambiente de aguas calmas para su desarrollo), que probablemente correspondiera a la depositación en un ambiente restringido, característico de una albúfera. Las sedimentitas con estructuras heterolíticas, la presencia de bentonita en la cantera de José Cholino Hnos. y de estromatolitos dómicos, permiten interpretar a la sedimentitas de la asociación de facies AL como depositadas en un ambiente de albúfera, más tranquilo que una llanura de marea donde las condiciones energéticas son mayores.

Para el techo de la unidad, Barrio (1990) propuso un ambiente de *sabhka*, presente en las localidades de Auca Mahuida y Sierra del Huantraico. En el Perfil El Medanita I, si bien el sistema evaporítico se ve reducido aproximadamente a 2 m, se reconocen estructuras típicas de una sección supramareal superior de *sabhka* costero, como son la estructura *tepee* presente en limolitas y la estructura enterolítica de los sulfatos de calcio.

El desarrollo de un sistema eólico costero en Formación Allen fue reconocido en la localidad de Paso Córdoba por Armas y Sánchez (2013). Las sedimentitas eólicas presentes en El Perfil El Medanita I pertenecen también a un sistema eólico desarrollado en cercanías a la costa, sin poder precisar su posición exacta.

A partir del análisis de procedencia pudo constatar el aporte mayoritario desde el arco volcánico andino que varía en la sucesión desde arco no disectado a arco disectado. Este marco tectónico del área de aporte no es coincidente con el propuesto por Barrio (1990) para el sector central y oriental de la cuenca, quien propuso una posible procedencia desde el noreste, específicamente del Macizo de Sierra Pintada. Asimismo, los resultados obtenidos no evidencian diferencias entre las sedimentitas de los distintos subambientes. En este sentido, Armas *et al.* (2012) propusieron para las sedimentitas aflorantes en el sector suroriental de la cuenca, aportes tanto desde el Macizo Nordpatagónico (facies mareales) como desde el arco volcánico (facies eólicas). Considerando además una probable tercera área de aporte, correspondiente al Macizo de Sierra Pintada, para las sedimentitas eólicas basales de la unidad.

.

Las paleocorrientes determinadas para la asociación de fajas de canal (AF) indican una dirección de drenaje de noreste a suroeste, probablemente relacionado a la descarga de

flujos fluviales locales provenientes de áreas próximas elevadas, mientras que las obtenidas en la asociación de facies de albúfera (AL) registran variaciones locales en la línea de costa correspondiente a corrientes mareales bidireccionales.

CONCLUSIONES

Del trabajo realizado se concluye que:

- El ambiente depositacional comenzó con un sistema de fajas de canal, evolucionó a un sistema de albúfera y finalizó con un ambiente de *sabkha*.
- Las variaciones del nivel del mar pueden resumirse en dos etapas; la primera, transgresiva, evidenciada por el traslape de las sedimentitas de las facies basales por las de la asociación de albúfera. La segunda etapa, regresiva, caracterizada por el desarrollo de la facies P e Y distintivas de un ambiente de *sabkha*, que demuestra la caída del nivel de base.
- La composición de las sedimentitas de Formación Allen permitieron determinar una procedencia fundamentalmente de arco volcánico.
- Las paleocorrientes obtenidas en la base de Formación Allen confirman el aporte desde el continente hacia el mar en el margen noreste de la cuenca al momento de la ingesión. Los datos obtenidos de las paleocorrientes bidireccionales evidencian el desarrollo de movimientos oscilatorios dentro del ambiente de albúfera.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- **Adams y Frenzel, 1950.** En Warren, J. K. . Evaporites: sediments, resources and hydrocarbons. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 1019 pp. Germany.
- **Ahlbrandt, T. S. y Fryberger, S.G., 1980.** Eolian Deposits in the Nebraska Sand Hills: U.S. Geological Survey, Professional Paper 1120-A: 1-24.
- **Allen, J. R. L., 1982.** Sedimentary structures: Their character and physical basis, v. 1-2: Elsevier, 664 pp. Amsterdam.
- **Andreis, R. R., Iñíguez Rodríguez, A. M., Lluch, J. J. y Sabio, D. A., 1974.** Estudio sedimentológico de las formaciones del Cretácico superior del área del Lago Pellegrini (provincia de Río Negro, República Argentina). Revista de la Asociación Geológica Argentina, 29(1): 85-104.
- **Arche, A., 2010.** Sedimentología: Del proceso físico a la cuenca sedimentaria. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Textos Universitarios 46, 1287 pp. Madrid.
- **Armas, P., Moreno, C. y Sánchez, M. L.,** Areniscas eólicas y mareales del Cretácico superior de la cuenca Neuquina (Argentina). Analisis de procedencia Revista de la Sociedad Geológica de España, 25 (3-4): 193-207.
- **Armas, P. y Sánchez, M. L., 2013.** Sedimentología y arquitectura de las dunas costeras de la Formación Allen, Grupo Malargüe, cuenca Neuquina. Río Negro, Argentina. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 30 (1): 65-79.
- **Barrio, C. A., 1990.** Paleogeographic control of Upper Cretaceous tidal deposits, Neuquen Basin, Argentina. Journal of South American Earth Sciences, 3(1): 31-49.
- **Bertels, M., 1968.** Micropaleontología y estratigrafía del límite Cretácico-Terciario en Huantraico (Provincia del Neuquén). Ameghiniana, 5(8): 279-295.
- **Boggs, S., 1992.** Petrology of sedimentary rocks. MacMillan publishing Company, New York, 707 pp.
- **Bossi, G. E., 2007.** Análisis de Paleocorrientes. Ediciones Magna, 200 pp., San Miguel de Tucumán.
- **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.

- **Carignano, A. P y Varela, J. A., 2011.** Ostrácodos (Crustácea) de la Formación Allen (Cretácico Tardío), cuenca Neuquina, Argentina. *Revista Brasileira de Paleontología*, 14(2): 169-178.
- **Casadío, S., 1994.** Estratigrafía y paleontología del intervalo Maastrichtiano-Daniano en el occidente de la provincia de La Pampa. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Córdoba, 420 pp. Córdoba. (Inédita).
- **Casadío, S., 1998.** Las ostras del límite Cretácico-Paleógeno de la Cuenca Neuquina (Argentina). Su importancia bioestratigráfica y paleobiogeográfica. *Ameghiniana*, 35: 449-471.
- **Collinson, J. D. y Thompson, D. B., 1982.** *Sedimentary Structures*. George Allen & Unwin, 194 pp., Londres.
- **Concheyro, A., Náñez, C. y Casadío, S., 2002.** El límite Cretácico-Paleógeno en Trapalcó, provincia de Río Negro, Argentina, ¿una localidad clave en América del Sur? 15º Congreso Geológico Argentino (El Calafate), Actas: 590–595.
- **Coria, R. A., González Riga, B. y Casadío S., 2012.** Un nuevo hadrosaurio (Dinosauria, Ornithopoda) de la Formación Allen, provincia de La Pampa, Argentina. *Ameghiniana*, 49(4): 552-572.
- **Critelli, S. e Ingersoll, R., 1994.** Sandstone petrology and provenance of the Siwalik Group (northwestern Pakistan and western-southeastern Nepal). *Journal of Sedimentary Research*, A64: 815-823.
- **Deer, W. A., Howie, R. A. y Zuzmann, R., 1992.** *The Rock Forming Minerals*. Editorial Longman Scientific and Technical (2da. edición). 696 pp.
- **Dickinson, W. R., Beard, L. S., Brakenridge, G. R., Erjavek, J. L., Ferguson, R. C., Inman, K. F., Knepp, R. A., Lindberg, F. A. y Ryberg, P. T., 1983.** Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting. *Geological Society of American Bulletin*, 94: 222-235.
- **Digregorio, J. H., 1972.** Neuquén. En: Leanza, A. F. (Ed.), *Geología Regional Argentina*, Academia Nacional de Ciencias: 439-506.
- **Digregorio, J.H. y Uliana, M. A., 1980.** Cuenca Neuquina. En: Turner, J. C. M. (Ed.), *Geología Regional Argentina*, 2, Anales de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, 985-1032.
- **Dingus, L., Clarke, J., Scott, G. R., Swisher, C.C., Chiappe, L. M. y Coria, R. A., 2000.** Stratigraphy and magnetostratigraphic/faunal constraints for the age of sauropod

embryo-bearing rocks in the Neuquén Group (Late Cretaceous, Neuquén Province, Argentina). *American Museum Novitates*, 3290: 1–11.

- **Dott, R.H., 1964.** Wacke graywacke and matrix-what approach to immature sandstone classification? *Journal of Sedimentary Petrology*, 34: 625-632.
- **Folk, R. L., Andrews, P. B. y Lewis, D. W., 1970.** Detrital sedimentary rocks classification and nomenclature for use in New Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 13: 937-968.
- **Franzese, J. R., Veiga, G. D., Muravchik, M., Ancheta, M. D. y D'Elía, L., 2007.** Estratigrafía de “sin-rift” (Triásico Superior-Jurásico Inferior) de la Cuenca Neuquina en la sierra de Chacaico, Neuquén, Argentina. *Revista Geológica de Chile*, 34(1): 49-62.
- **Gasparini, Z., Casadío, S., Fernandez, M. y Salgado, L., 2001.** Marine reptiles from the late Cretaceous of northern Patagonia. *Journal of South American Earth Sciences*, 14: 51-60.
- **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.
- **Groeber, P., 1946.** Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70°, Hoja Chos Malal. *Revista de la Sociedad Geológica Argentina*, 1 (3): 117-208. Reimpresión en Asociación Geológica Argentina, Serie C, reimpresiones 1: 1-174 (1980).
- **Howell, J. A., Schwarz, E., Spalletti, L. A. y Veiga, G. D., 2005.** The Neuquén Basin: an overview. En: Veiga, G. D., Spalletti, L. A., Howell, L. A. y Schwarz, E. (Eds.), *The Neuquén Basin: A Case Study in Sequence Stratigraphy and Basin Dynamics*. The Geological Society Special Publication 252, p.1-14. Londres.
- **Hugo, C. A. y Leanza, H. A., 2001.** Hoja Geológica 3969-IV, General Roca, Provincias de Río Negro y Neuquén. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina (escala 1: 250.000). Servicio Geológico Minero Argentino. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Boletín 308, 106 pp. Buenos Aires.
- **James, N. P., 1983.** Reef environment. En: Scholle, P. A., Bebout, D. G. y Moore, C. H. (Eds.), *Carbonate depositional environments*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 33: 345-444.
- **Kendall, C. y Warren, J. K. (1988).** Peritidal evaporites and their sedimentary assemblages. En: Schreiber, B. C. (Ed.), *Evaporites and hydrocarbons*. New York, Columbia University Press, 66-138.

- **Legarreta, L. y M. Uliana, 1999.** El Jurásico y Cretácico de la Cordillera Principal y la Cuenca Neuquina. 1. Facies Sedimentarias. En: Caminos, R. (Ed.): Geología Argentina. Anales del Instituto de Geología y Recursos Minerales 29 (16): 399-432. Buenos Aires.
- **Miall, A., 1996.** The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology. Springer-Verlag, 582 pp., Berlin.
- **Mountney, N., 2006.** Eolian facies models. En: Posamentier, H.W. y Walker, R.G. (Eds.), Facies Models Revisited. Society for Sedimentary Geology, 19-83.
- **Náñez, C. y Concheyro, A., 1997.** Límite Cretácico/Paleógeno. En: Ardolino, A., Franchi, M. (eds.), Geología y Recursos Minerales del Departamento Añelo, Provincia del Neuquén. Dirección Nacional del Servicio Geológico, Anales 25 y Dirección Provincial de Minería, Boletín 3: 129–149. Buenos Aires.
- **Parras, A. y Griffin, M., 2013.** Late Cretaceous (Campanian/Maastrichtian) freshwater to restricted marine mollusc fauna from the Loncoche Formation, Neuquén Basin, west-central Argentina. Cretaceous Research, 40: 190-206.
- **Pettijohn, F. J., Potter, P. E. y Siever, R., 1972.** Sand and Sandstones. Springer Verlag, Primera Edición. 618 pp.
- **Pettijohn, F. J., Potter, P. E. y Siever, R., 1987.** Sand and Sandstones. Springer Verlag, Segunda Edición. 553 pp.
- **Pittman, E. D., 1969.** Destruction of plagioclase twins by stream transport. Journal of Sedimentary Petrology, 33: 380-386.
- **Posamentier, H. W. y Walker, R. G., 2006.** Facies Models Revisited. Society for Sedimentary Geology. 527 pp.
- **Ramos, V. A., 1981.** Descripción Geológica de la hoja 33 c. Los Chihuidos Norte, Provincia del Neuquén. Servicio Geológico Nacional. Boletín 182, 103 pp. Buenos Aires.
- **Ramos, V. A. y Folguera, A., 2005.** Tectonic evolution of the Andes of Neuquén: constraints derived from the magmatic arc and foreland deformation. En: Veiga, G. D., Spalletti, L. A., Howell, L. A. y Schwarz, E. (Eds.), The Neuquén Basin: A Case Study in Sequence Stratigraphy and Basin Dynamics. The Geological Society, Special Publication 252, p. 15–35. Londres.
- **Rodríguez-Martínez, M., Menéndez, S., Moreno-Eiris, E., Calonge, A., Perejón, A. y Reitner, J., 2010.** Estromatolitos: las rocas construidas por microorganismos. Reduca (Geología). Serie Paleontología. 2 (5): 1-25p.
- **Rodríguez, M. F., Leanza H. A. y Salvarredy Aranguren, M., 2007.** Hoja Geológica 3969-II, Neuquén, Provincias de Neuquén, Río Negro y La Pampa. Programa

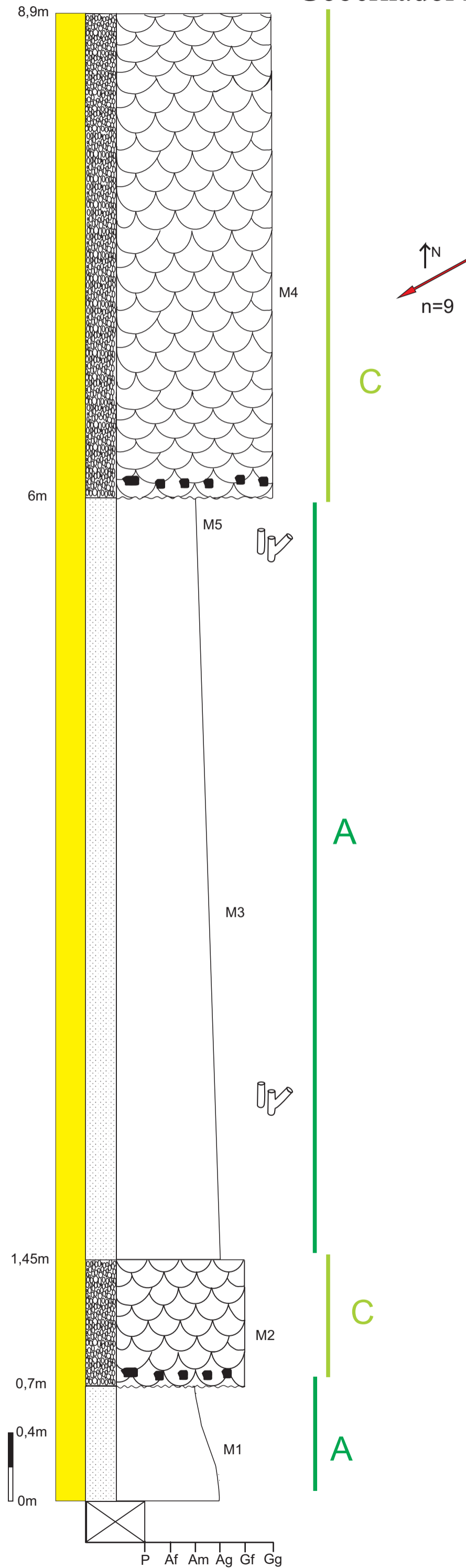
Nacional de Cartas Geológicas de la Republica Argentina (escala 1:250.000). Servicio Geológico Minero Argentino. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Boletín 377, Buenos Aires. 165p.

- **Scasso, R., 1989.** La cuenca sedimentaria del Jurásico superior y Cretácico inferior de la región sudoccidental del Chubut. En Chebli, G. y Spalletti, L. (Eds.), Cuencas Sedimentarias Argentinas. Serie Correlación Geológica 6: 395-418.
- **Scasso, R. A. y Limarino, C. O., 1997.** Petrología y Diagénesis de Rocas Clásticas. Asociación Argentina de Sedimentología, Publicación Especial 1, 257 pp.
- **Tunik, M., Folguera, A., Naipauer, M., Pimentel, N. y Ramos, V. A., 2010.** Early uplift and orogenic deformation in the Neuquén Basin: constraints on the Andean uplift from U-Pb and Hf isotopic data of detrital zircons. *Tectonophysics*, 489(1-4): 258-273.
- **Uliana, M. A. y Dellapé, D. A., 1981.** Estratigrafía y evolución paleoambiental de la sucesión maastrichtiana-eoterciaria del engolfamiento neuquino. (Patagonia Septentrional). *Actas del 8º Congreso Geológico Argentino (San Luis)*, 3: 673-711.
- **Visconti, G., 2007.** Sedimentología de la Formación Cerro Azul (Mioceno superior) en la provincia de La Pampa. Tesis Doctoral. Biblioteca de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires “Luis Federico Leloir”. Nº de Tesis: 4084. 203 pp.
- **Warren, J. K., 2005.** Evaporites: sediments, resources and hydrocarbons. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 1019 pp. Germany.
- **Wichmann, R., 1927.** Sobre las facies lacustre senoniana de los Estratos con dinosaurios y su fauna. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias en Córdoba*, 30: 383–405.
- **Windhausen, A., 1914.** Contribución al conocimiento geológico de los Territorios del Río Negro y Neuquén. *Anales del Ministerio de Agricultura, Sección Geología y Minería (Buenos Aires)*, 10(1): 1-60.
- **Zuffa G. G., 1980.** Hybrid arenites: their composition and classification. *Journal of Sedimentary Petrology*, 50: 21-29.

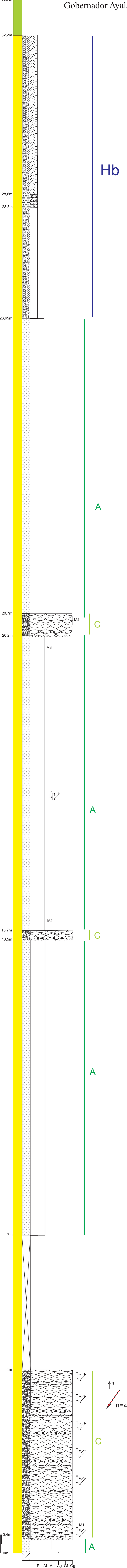
Anexo I

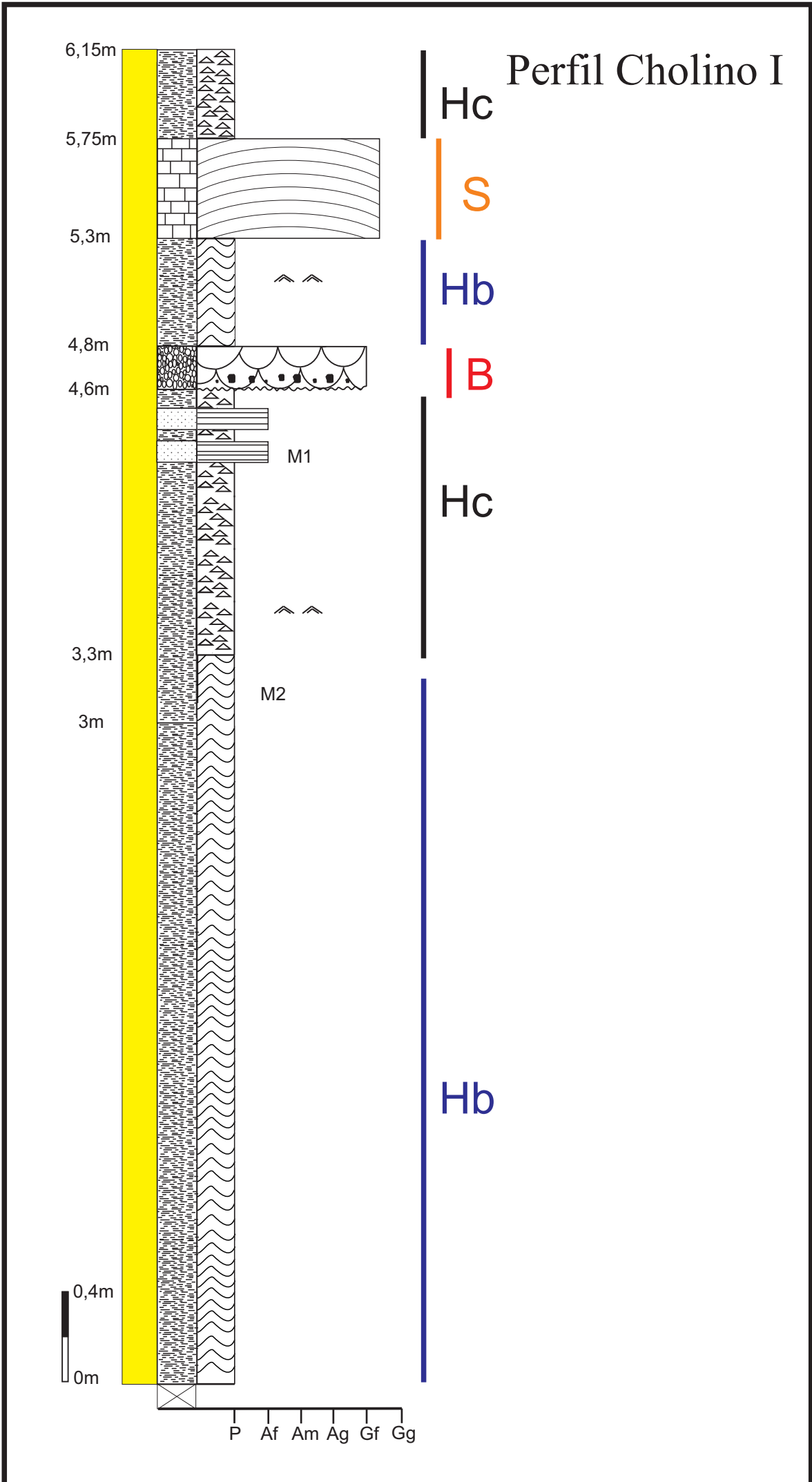
Perfiles sedimentológicos

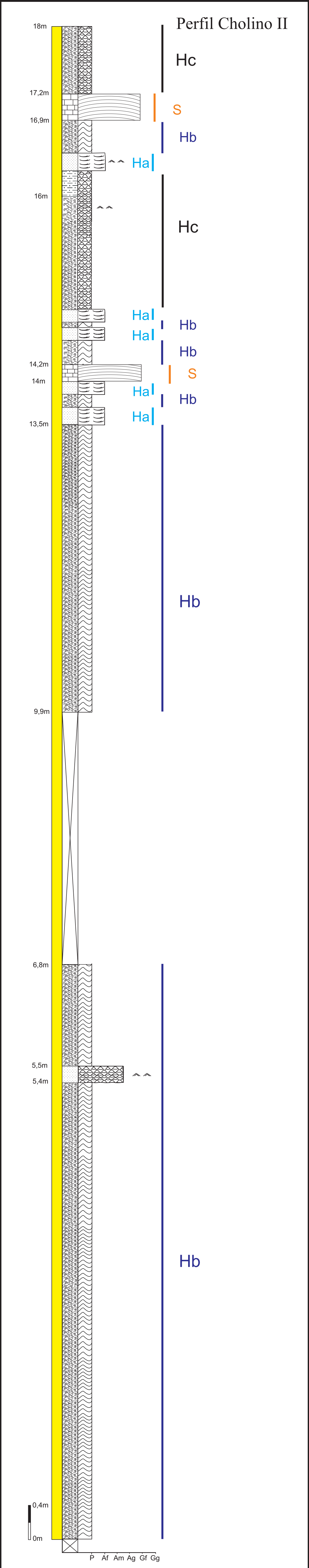
Perfil Gobernador Ayala I



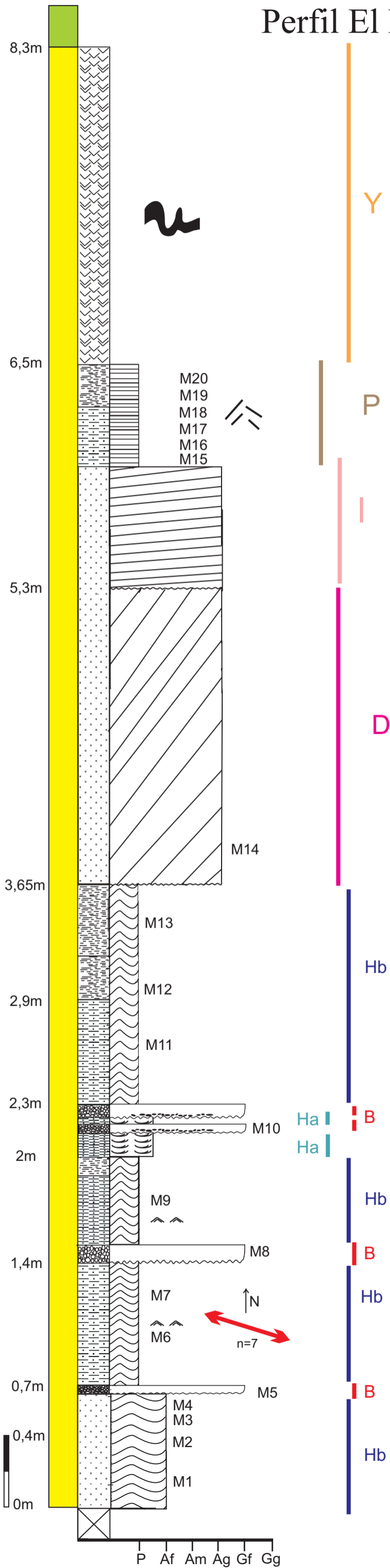
Perfil Gobernador Ayala II



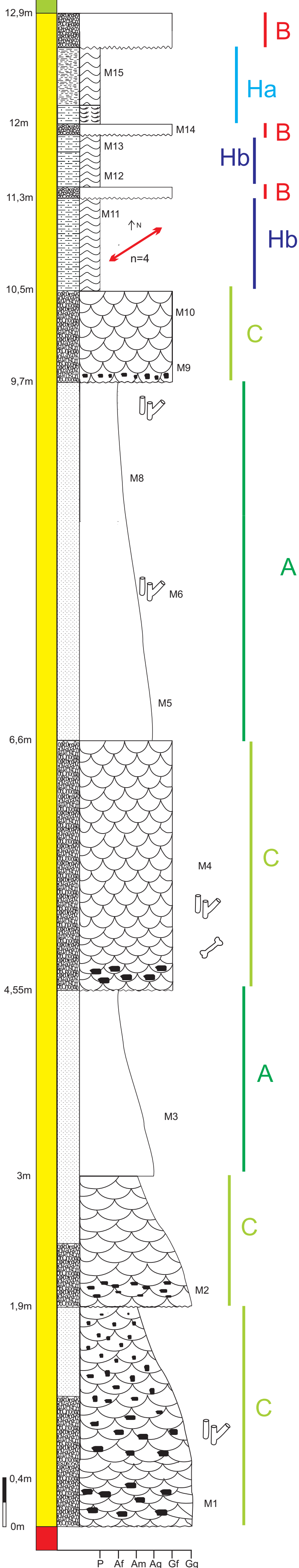




Perfil El Medanito I



Perfil El Medanito II



Referencias de los perfiles

Litologías



Conglomerado



Arenisca



Limolita



Arcillita



Yeso



Caliza

Contactos



Contacto erosivo



Contacto neto

Estructuras sedimentarias



Laminación paralela



Laminación ondulosa



Laminación flaser



Laminación lenticular



Laminación ondulítica



Estratificación entrecruzada en artesa



Estratificación tabular planar de gran escala



Estratificación de bajo ángulo



Estromatolito



Ondulita simétrica



Estructura enterolítica



Estructura *tepee*



Concreciones



Macizo



Intraclastos



Cubierto

Paleocorrientes



flujos bidireccionales



flujos unidireccionales

n: cantidad de datos tomados

Fósiles



Huesos de vertebrados

Facies Sedimentarias

Facies C
 Facies A
 Facies Ha
 Facies Hb
 Facies Hc
 Facies B
 Facies S
 Facies I
 Facies D
 Facies Y
 Facies P

Unidades estratigráficas



Depósitos cuaternarios



Formación Allen



Grupo Neuquén

Anexo II

Tablas de componentes básicos y composición **modal**

a

Muestra	Clastos	Matriz	Cementos			Cemento total	Poros	%
			Cca	Car	Cv			
EMI-m1	55,58	8,33	0,00	30,33	30,33	5,76	100,00	
EMI-m10	64,01	0,00	0,00	8,66	35,99	0,00	100,00	
EMI-m15	64,67	6,00	0,00	25,33	25,33	4,00	100,00	
EMI-m16	71,01	3,33	0,00	21,00	21,00	4,66	100,00	
EMII-m1	73,67	0,00	26,33	0,00	26,33	0,00	100,00	
EMII-m4	68,00	0,00	32,00	0,00	32,00	0,00	100,00	
EMII-m2	64,67	0,00	35,33	0,00	35,33	0,00	100,00	
EMII-m6	80,34	0,33	14,00	0,00	14,00	5,33	100,00	
EMII-m8	81,33	1,33	12,01	0,00	12,01	5,33	100,00	
GAI-m4	54,34	0,00	45,66	0,00	45,66	0,00	100,00	

b

Muestra	Clastos Extraenlaces				Clastos Intraenlaces				Matriz		Cemento		Poros	%	
	Cuarzo total		Feldespatos		Líticos totales		total		Bocilistas	Cca	Alt	Poros			
	Qm	Op	Or	Plg	Lv	Cal	Alt	Total							
EMI-m4	7,00	3,00	10,00	7,33	12,66	19,99	24,02	1,66	26,68	56,67	6,00	0,00	37,33	0,00	100,00

c

Muestra	Cuarzo total				Feldespatos				Líticos totales								%		
	Qm	Qp	Total	Or	Plg	Mier	Lm	Lv	Total	Ls	Tr	Mi	Pir	Anf	Op	Cal		Alt	Total
EMI-m1	18,00	4,18	22,18	8,38	12,58	3,58	0,00	28,16	24,54	0,00	15,58	5,38	1,18	0,00	0,00	0,00	2,98	53,28	100,00
EMI-m10	34,88	19,78	54,66	11,55	10,50	11,96	0,00	1,03	34,01	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,15	11,33	100,00
EMI-m15	11,85	7,20	19,05	3,69	13,92	2,05	0,00	32,99	19,66	0,00	19,06	3,09	0,00	2,05	2,05	0,00	2,05	61,29	100,00
EMI-m16	11,73	7,96	19,69	2,33	11,73	6,56	0,00	30,99	20,62	0,00	17,45	5,15	0,96	0,46	0,46	0,00	4,22	59,69	100,00
EMII-m1	5,88	31,23	37,11	16,30	9,95	2,71	0,00	28,51	28,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,52	33,93	100,00
EMII-m2	13,93	15,46	29,39	29,90	11,86	8,24	0,00	9,79	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,82	20,61	100,00
EMII-m4	27,44	21,58	49,02	5,89	16,19	6,36	4,90	17,16	28,44	4,90	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,54	100,00
EMII-m6	29,35	10,20	39,55	6,63	20,20	3,31	0,00	30,14	30,14	0,00	6,63	0,82	0,00	0,00	1,30	1,24	0,82	30,31	100,00
EMII-m8	24,59	7,37	31,96	6,55	13,10	2,04	0,00	31,56	21,69	0,00	6,55	3,69	1,63	0,81	1,30	0,00	0,81	46,35	100,00
GAI-m4	1,84	10,42	12,26	23,30	5,53	11,70	0,00	46,00	40,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,21	47,21	100,00

Tablas. a) Tabla de componentes básicos. Cca: cemento carbonático; Car: cemento arcilloso; Cv: cemento yeso. b) Tabla de componentes básicos de la muestra EMI-m14 clasificada según Zuffa (1980). c) Tabla de composición modal de la fracción clásica. Qm: Cuarzo monocristalino; Qp: cuarzo policristalino; Or: ortosa; Plg: plagioclasa; Mier: microclino; Lv: lítico volcánico; Lm: lítico metamórfico; Ls: lítico sedimentario; Tr: triza vítrea; Mi: mica; Pir: piroxeno; Anf: anfíbol; Op: opaco; Cal: calcedonia; Alt: alterita.