

ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO DE DEPÓSITOS LACUSTRES Y EÓLICOS DEL CRETÁCICO TARDÍO EN LA LOCALIDAD PASO CÓRDOBA, CUENCA NEUQUINA

Maximiliano PAZ, Alejandro D. BAEZ¹, Diego A. PINO¹, Yamile S. YUNES¹, Luis M. GARAT¹, Juan J. PONCE^{1,2} y Maisa A. TUNIK^{1,2}

¹ Universidad Nacional de Río Negro. General Roca, Río Negro.

² CONICET, Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología, Universidad Nacional de Río Negro, General Roca, Río Negro.
E-mail: mtunik@unrn.edu.ar

RESUMEN

Las sedimentitas cretácicas tardías de las Formaciones Anacleto y Allen expuestas en el área de Paso Córdoba, representan depósitos lacustres y eólicos. Los sistemas lacustres muestran sucesiones de centro de lago (*offshore*) y zonas marginales (*shoreface*), con facies deltaicas asociadas. Los depósitos de *offshore* conforman cuerpos tabulares de pelitas finamente laminadas con abundante contenido de micas, materia orgánica y moldes de *Corbicula*. Las facies de *shoreface* muestran bancos tabulares de areniscas finas bioturbadas por organismos suspensívoros (*Skolithos*, *Arenicolites*) y trazas ornamentadas (*Spongeliomorpha*), y de manera subordinada bancos tabulares con abundantes concentraciones de bioclastos acumulados durante eventos de tormenta. Los sistemas deltaicos muestran el típico arreglo grano creciente, generado por la progradación de areniscas finas a medias correspondientes a un frente deltaico, bioturbadas con *Skolithos* y *Arenicolites*, sobre depósitos heterolíticos de prodelta. Los sistemas eólicos muestran depósitos de dunas e interdunas secas y húmedas. Los sistemas de dunas, están compuestos por *sets* de hasta 10 m de espesor integrados por areniscas medianas a finas con estratificación entrecruzada planar y tangencial de gran escala, que lateralmente pasan a areniscas con estratificación paralela y laminación ondulítica asimétrica, correspondientes a depósitos de interdunas secas, con trazas de vertebrados y rizolitos. Las interdunas húmedas conforman cuerpos lenticulares de escasa extensión y poco espesor, integrados por heterolitas bioturbadas por *Taenidium*, *Skolithos*, *Arenicolites*, trazas de vertebrados y rizolitos. En su conjunto la sección analizada muestra una progresiva aridización desde la base al techo, reflejada por sistemas lacustres con icnofacies de *Scoyenia* y *Skolithos* de la Formación Anacleto, que pasan en transición a sistemas de interduna húmeda con icnofacies de *Scoyenia* y *Skolithos*, y a dunas e interduna seca con icnofacies de *Entradichnus*, de la Formación Allen.

Palabras clave: *Cuenca Neuquina, Formación Anacleto, Formación Allen, lacustre, eólico, bioturbación*

ABSTRACT

Sedimentological analysis of lacustrine and eolian deposits of the Late Cretaceous in the Paso Córdoba area, Neuquén Basin

The Late Cretaceous sedimentary rocks of the Anacleto and Allen Formations in the area of Paso Córdoba comprise lacustrine and eolian deposits. Lacustrine systems are represented by offshore and shoreface deposits, with associated deltaic systems. Offshore deposits are composed of mudstones with abundant mica content, organic matter, and *Corbicula* molds. Shoreface facies shows tabular banks of fine-grained sandstones, bioturbated by suspension feeders (*Skolithos*, *Arenicolites*) and ornamented burrows (*Spongeliomorpha*), and subordinately tabular banks with high concentration of fragmented bioclasts produced by storm events. The deltaic systems shows the typical upward-coarsening arrangement, generated by the progradation of medium to fine-grained sandstones of the delta-front, bioturbated by *Skolithos* and *Arenicolites*, on the heterolitic deposits of the prodelta. Eolian deposits are represented by dunes and dry and wet interdunes. Dune systems are composed by sets up to 10 m thick, integrated by fine to medium-grained sandstones with large scale planar and tangential cross stratification, which laterally pass to dry interdune deposits with vertebrate traces and root marks. The wet interdune facies form lenticular bodies of small regional extension, composed by heterolitic facies bioturbated by *Taenidium*, *Skolithos*, *Arenicolites*, vertebrate traces and root marks. The analyzed section shows a marked aridity from base to top, where the lacustrine system with the *Skolithos* and *Scoyenia* ichnofacies (Anacleto Formation) passes transitionally into a wet interdune system with *Skolithos* and *Scoyenia* ichnofacies, and to dunes and dry interdunes with the *Entradichnus* ichnofacies (Allen Formation).

Keywords: *Neuquén Basin, Anacleto Formation, Allen Formation, lacustrine, eolian, bioturbation*

INTRODUCCIÓN

La presencia de sucesiones sedimentarias

integradas por una alternancia entre depósitos lacustres y eólicos es muy frecuente en el registro fósil (Carroll y Bohacs

2001). En el caso de cuencas lacustres hidrológicamente cerradas y no afectadas tectónicamente, las variaciones del

nivel de base se relacionan con cambios climáticos de diferente duración (Bohacs *et al.* 2000, Carroll y Bohacs 2001, Zavala *et al.* 2006). Durante ciclos climáticos áridos, los cuerpos lacustres experimentan una marcada regresión de la línea de costa, con precipitación de sales por evaporación (*e.g.* yeso, anhidrita, carbonatos) y desarrollo de sistemas eólicos en las zonas marginales. Por el contrario, durante los ciclos climáticos húmedos, los cuerpos lacustres experimentan una tendencia transgresiva de la línea de costa, con sistemas fluviales activos que dependiendo de la concentración de sedimentos transportados generan deltas o corrientes de densidad hiperpícnicas (Zavala *et al.* 2006). La recurrencia de estos ciclos transgresivos-regresivos incrementa el potencial de preservación de las sucesiones integradas por depósitos lacustres y eólicos.

Desde el punto de vista icnológico los sistemas lacustres cerrados constituyen ambientes sumamente estresados en los cuales la diversidad y abundancia icnológica son muy bajas. Buatois y Mángano (2007) describen la presencia de la icnofacies de *Scoyenia* en posiciones marginales de estos sistemas, y una supresión de la icnofacies de *Mermia* debido a las rápidas variaciones en la línea de costa y a las fluctuaciones de salinidad que estos cuerpos de agua experimentan. Los sistemas eólicos se encuentran representado por las icnofacies de *Octopodichnus*, *Chelichnus* (Hunt y Lucas 2007), y *Entradichnus* (Ekdale *et al.* 2007). Recientemente Ekdale y Bromley (2012), realizan una revisión y consideran que la icnofacies de *Entradichnus* representa a todas las estructuras biológicas presentes en sistemas eólicos.

Los depósitos de las Formaciones Anacleto y Allen (Cretácico Tardío) se encuentran excelentemente expuestos en el área de Paso Córdoba, provincia de Río Negro (Fig. 1), donde conforman una sucesión de areniscas muy bien seleccionadas y pelitas dispuestas en cuerpos de geometría tabular y lenticular. Estudios sedimentológicos realizados por Hugo y Leanza (2001) asignan estos depósitos a sistemas lacustres y canales fluviales, mientras que Armas y Sánchez (2011, 2013) les asignan

un origen lacustre y eólico. Si bien las observaciones sedimentológicas e icnológicas realizadas en el presente trabajo son coincidentes con los principales ambientes definidos por Armas y Sánchez (2011, 2013), un análisis detallado de 12 secciones estratigráficas y su correlación, permitieron refinar las interpretaciones paleoambientales previamente realizadas, reconociendo la existencia de un pasaje transicional entre sistemas lacustres integrados por depósitos de *offshore* y *shoreface*, con facies deltaicas asociadas (Formación Anacleto) y sistemas eólicos integrados por dunas e interdunas húmedas y secas (Formación Allen). Teniendo en cuenta lo anteriormente expresado, el principal objetivo de esta contribución es documentar y analizar las diferentes facies sedimentarias, los elementos arquitecturales y las asociaciones icnológicas que caracterizan el pasaje transicional entre ambas formaciones en la localidad de Paso Córdoba (Fig. 1b, c), presentando un modelo depositacional que explique las variaciones espaciales y temporales que muestran estos depósitos.

MARCO GEOLÓGICO

La Cuenca Neuquina se encuentra ubicada en el centro oeste de Argentina (Fig. 1a), y cubre un área superior a los 200.000 km². Esta cuenca ha sido definida como de retroarco multiepisódica, desarrollada sobre corteza continental y originada por el colapso termo-tectónico detrás de un arco magmático estacionario durante el Triásico Tardío (Mpodozis y Ramos 1989). Sus depósitos comprenden un registro estratigráfico continuo de hasta 7000 metros de espesor, integrado por rocas sedimentarias acumuladas en medios marinos y continentales en el Jurásico y Cretácico (Arregui *et al.* 2011). El basamento de la Cuenca Neuquina está compuesto por rocas metamórficas, plutónicas, volcánicas y sedimentarias, cuyas edades oscilan entre el Silúrico-Devónico y el Triásico Tardío (Digregorio y Uliana 1980, Franzese *et al.* 2007, Cingolani *et al.* 2011). La primera etapa de relleno de la cuenca, conocida como Grupo Precuyo

(Triásico Tardío-Jurásico Temprano), involucra la acumulación de materiales volcánicos y volcániclasticos con marcadas variaciones de espesor y distribución (Gulisano 1981, Gulisano *et al.* 1984, Franzese y Spalletti 2001). La segunda etapa de relleno (Jurásico Temprano-Jurásico Tardío), se encuentra integrada por depósitos marinos y continentales, mayormente de origen clástico, correspondientes a los Grupos Cuyo y Lotena (Zavala y González 2001, Bechis *et al.* 2010). La tercera etapa (Jurásico Tardío-Cretácico Tardío), se compone por una espesa sucesión marina y continental de sedimentos de origen carbonático, evaporítico y clástico, correspondiente a los Grupos Mendoza, Rayoso y Neuquén. Hacia fines del Cretácico y como consecuencia del inicio del levantamiento de la Cordillera de los Andes, se produce la formación de la faja plegada y corrida del Agrio y el establecimiento de una cuenca de antepaís (Tunik *et al.* 2010), que favoreció la acumulación de espesas sucesiones principalmente de origen continental de los Grupos Neuquén y Malargüe.

Las unidades del Cretácico Tardío expuestas en el área de Paso Córdoba fueron inicialmente estudiadas por Wichmann (1916) y Weber (1964, 1968) quienes las denominaron como Formación Balsa y Formación Anacleto. Posteriormente Hugo y Leanza (2001) reconocen las Formaciones Bajo de la Carpa y Anacleto, agrupadas dentro del Grupo Neuquén y la Formación Allen dentro del Grupo Malargüe, separadas por una discordancia. El contenido fosilífero de estas formaciones es muy diverso, y se encuentra representado por restos vegetales, ostrácodos de agua dulce, pelecípodos de agua dulce y salobre, huesos y huevos de saurópodos y terópodos, placas de tortugas y dientes de peces pulmonados (Uliana y Dellapé 1981, Salgado *et al.* 2007). Desde el punto de vista paleoambiental Hugo y Leanza (2001) asignan un origen lacustre para la Formación Anacleto y a sistemas fluviales meandriformes de la Formación Allen. Por su parte, Armas y Sánchez (2010, 2011, 2013) interpretan un ambiente depositacional lacustre para los depósi-

tos de la Formación Anacleto, y eólico para los depósitos de las Formación Allen.

METODOLOGÍA

La excelente exposición que presentan los afloramientos y su gran continuidad lateral han permitido la realización de doce secciones estratigráficas de detalle (Fig. 1c). Estas secciones fueron descritas y muestreadas de base a techo, medidas mediante la utilización de Báculo de Jacob y posicionadas con GPS. Durante el relevamiento de las secciones se puso especial atención en la descripción de las características primarias de los cuerpos de roca, tales como litología, estructuras sedimentarias, geometría, vectores de paleocorrientes y contenido fosilífero, a fin de posibilitar un minucioso análisis de facies. Se analizó en detalle el contenido de trazas fósiles, así como la relación de las mismas con las distintas facies sedimentarias. La correlación de las secciones se realizó utilizando técnicas convencionales y de fotointerpretación (Fig. 2). En aquellos casos en los que fue posible, la continuidad física de los estratos se controló mediante observaciones de terreno. Paralelamente se realizó la descripción petrográfica de seis cortes delgados mediante el uso del microscopio petrográfico.

SEDIMENTOLOGÍA E ICNOLOGÍA

La descripción sedimentológica e icnológica detallada de las doce secciones analizadas permitió reconocer ocho facies sedimentarias integradas por areniscas, fangolitas, y carbonatos (Figs. 3, 4 y 5).

Facies 1 (F1)

Descripción: Esta facies está constituida por delgados bancos de pelitas masivas y laminadas grisáceas (Fig. 3a), que incluyen micras y fragmentos vegetales con su eje mayor dispuesto paralelo al plano de estratificación y, de manera aislada, concreciones calcáreas. La F1 presenta base neta y se dispone en cuerpos de geometría tabular a escala de afloramiento. Es frecuente la presencia de pequeños moldes

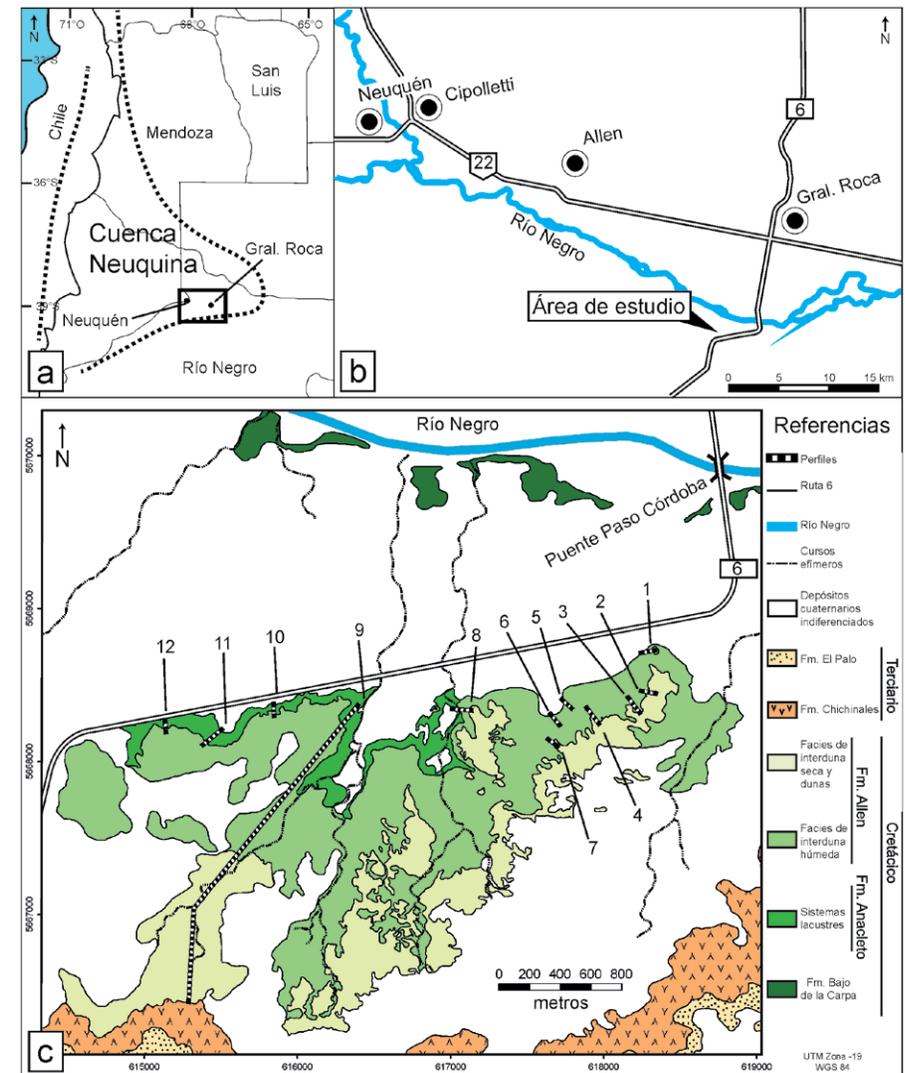


Figura 1: a,b). Mapas de ubicación del área de estudio dentro de la Cuenca Neuquina. c) Mapa geológico indicando las diferentes unidades reconocidas, los ambientes sedimentarios que representan las Formaciones Anacleto y Allen, y la ubicación de las doce secciones estratigráficas medidas.

de bivalvos del género *Corbicula* (Fig. 3a), restos de placas de tortuga y ostrácodos. En niveles análogos a estas facies Doello Jurado (1927) reconoce la presencia de bivalvos de *Corbicula dinosauriorum* y *Corbicula pehuenchensis*, mientras que De la Fuente *et al.* (2010) definió una especie de tortuga Chelidae (*Yaminuechelys gasparinii*). En la F1 no se observó bioturbación.

Interpretación: Las características que presentan las sucesiones de pelitas masivas y laminadas sugieren una acumulación vinculada a procesos de floculación y decantación pura respectivamente desde una pluma hipopícnica (Hyne *et al.* 1979) en zonas de *offshore* lacustre, donde dominan las condiciones de baja energía. La abun-

dancia de bivalvos *Corbicula* es consistente con la presencia de cuerpos de agua relativamente estables. La ausencia de bioturbación en esta facies podría estar vinculada a condiciones de estrés ambiental (turbidez y fluctuaciones de salinidad en la columna de agua), sumado a problemas tafonómicos.

Facies 2 (F2)

Descripción: Esta facies se encuentra integrada por una alternancia entre pelitas y areniscas finas con laminación ondulosa y lenticular dispuesta en bancos con geometría tabular (Fig. 3b), base neta a erosiva, espesores de hasta 30 cm, y en algunos casos arreglo grano-estrato creciente.

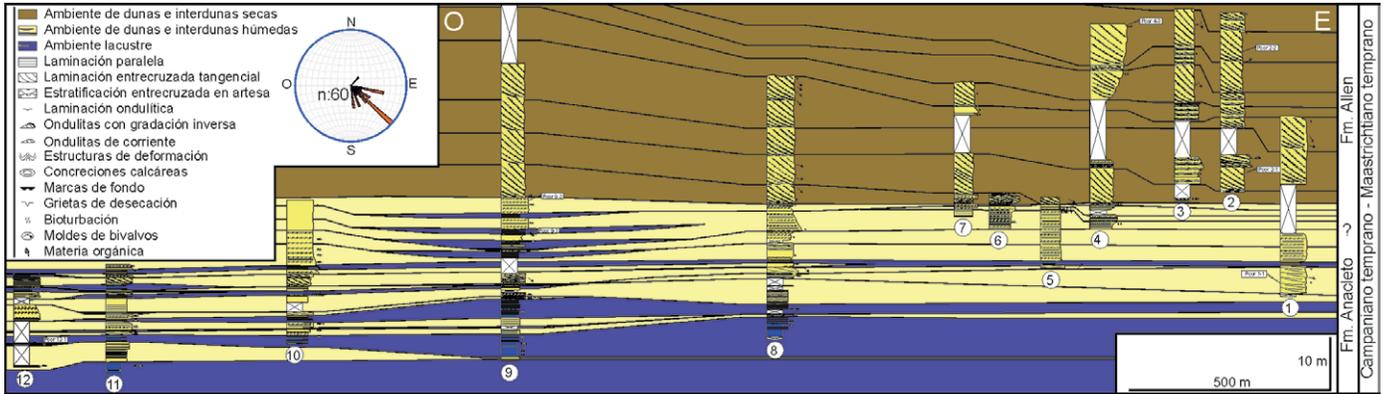


Figura 2: Panel de correlación mostrando la geometría que presentan los diferentes ambientes sedimentarios y las paleocorrientes dominantes en los sistemas de dunas.

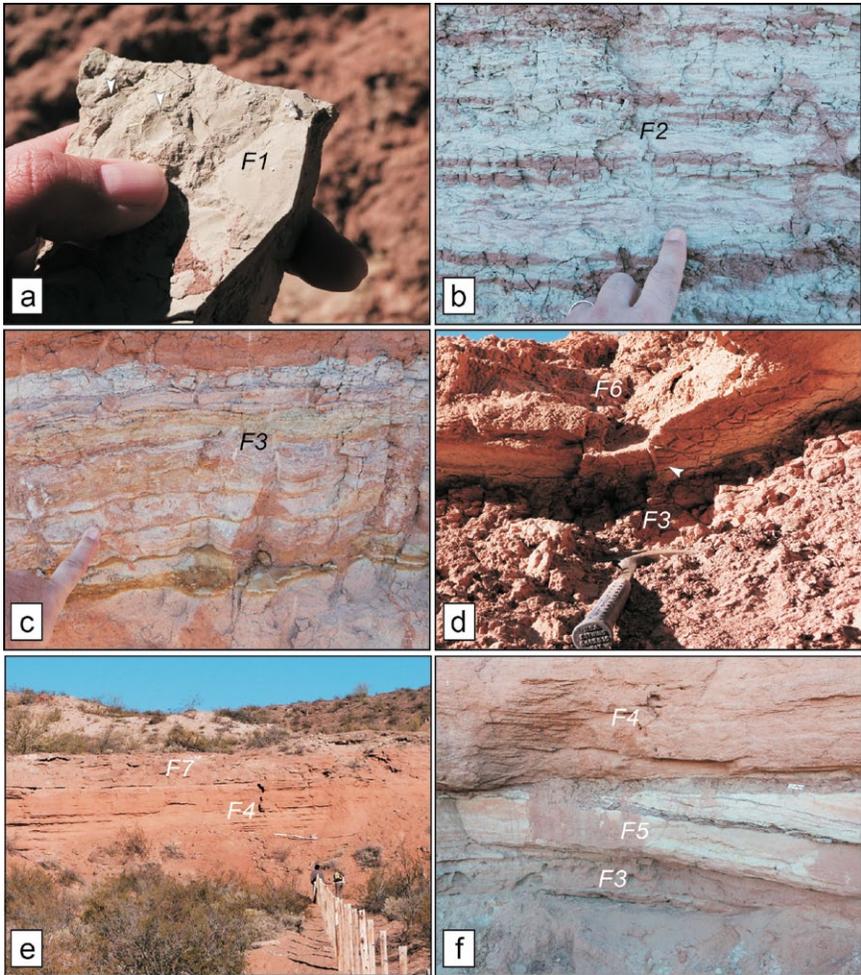


Figura 3: Principales facies sedimentarias reconocidas en los depósitos cretácicos de Paso Córdoba. a) Pelitas masivas de *offshore* (F1) con pequeños moldes de bivalvos del género *Corbicula* (flechas blancas). b) Niveles de areniscas finas con laminación ondulosa simétrica y asimétrica relacionada a depósitos de prodelta (F2) afectados por acción de oleaje. c) Heterolitas de interduna húmeda (F3) que muestran acción de oleaje y desarrollo de la icnofacies de *Scoyenia*. d) Depósitos de interduna húmeda (F3) y areniscas correspondiente a interduna seca (F6) con grietas de desecación a la base (flecha). e) Bancos de areniscas medias a finas con geometría tabular correspondientes a depósitos de *shoreface* lacustre (F4), que pasan a depósitos de dunas eólicas con estratificación entrecruzada tangencial de bajo ángulo (F7). f) Intergradación entre depósitos de dunas migrando en una interduna húmeda (F5), interdunas húmedas (F3) y *shoreface* lacustre (F4).

Esta facies incluye además bancos de areniscas con ondulitas simétricas, pudiendo reconocerse también niveles de carbonatos masivos de hasta 5 cm de espesor y gran extensión lateral. Son frecuentes las estructuras de deformación por carga de pequeña escala, al igual que la presencia de moldes de bivalvos y gasterópodos, y ostrácodos. La bioturbación está restringida a los niveles de areniscas, representada por tubos verticales simples y con forma de U asignados a *Skolithos* y *Arenicolites*. *Interpretación:* Las sucesiones de heterolitas con arreglo general grano-estrato creciente se interpretan como facies de prodelta generadas por la migración de pequeñas barras de desembocadura deltaica en cuerpos de agua poco profundos. En este contexto, la presencia de estructuras con deformación por carga de pequeña escala indica procesos de licuefacción de sedimentos vinculados a sustratos con una mínima pendiente (Leeder 1999, Collinson *et al.* 2006). Las areniscas con ondulitas simétricas se interpretan como el retrabajo por acción de oleaje en depósitos de prodelta proximal. Los extensos y delgados niveles de carbonatos masivos se habrían generado por precipitación inorgánica relacionados a variaciones físico-químicas de la columna de agua (Talbot y Allen 1996). La asignación de un ambiente lacustre para estas facies es consistente con la presencia de moldes de bivalvos pertenecientes al género *Corbicula* y de ostrácodos como *Melacylberopteron*, *Ovocytheroides* y *Iliacypris* (Musacchio 1973).

Facies 3 (F3)

Descripción: La facies 3 se encuentra integrada por una alternancia centimétrica entre areniscas finas con laminación ondulosa y pelitas finamente laminadas (Fig. 3c). Esta facies se encuentra dispuesta en cuerpos de geometría lenticular, de centenas de metros de extensión lateral y poco espesor. Los bancos individuales presentan base neta a erosiva y espesores que varían entre 5 y 12 cm. A menudo, los niveles de areniscas se encuentran reelaborados por ondulitas simétricas, o afectados por estructuras de deformación por carga de gran escala, con desarrollo de grietas de desecación (Fig. 3d) y moldes de bivalvos. Los niveles arenosos se encuentran bioturbados por *Skolithos*, *Arenicolites*, mientras que los niveles dominados por fangolitas muestran trazas meniscadas asignadas a *Taenidium* (Fig. 5a), icnitas de vertebrados (Fig. 5b) y pequeñas marcas de raíces.

Interpretación: Las heterolitas con laminación ondulosa acumuladas en bancos de geometría lenticular de poco espesor y escasa extensión lateral, corresponden a depósitos de interduna húmeda (Kocurek y Dott 1981). La presencia de grietas de desecación y marcas de raíces (rizolitos), indican periodos alternantes entre condiciones húmedas y secas para éstos cuerpos de agua (Ahlbrandt y Fryberger 1981). El desarrollo de estructuras de deformación por carga se relaciona con procesos de licuefacción de sedimentos producidos por la locomoción de grandes vertebrados sobre un sustrato saturado en agua (Fig. 5b). Es de destacar que en la zona de Paso Córdoba se están realizando estudios en estructuras similares atribuidas a icnitas de saurópodos (Calvo com. pers.). La presencia de niveles arenosos con óndulas simétricas bioturbados con *Skolithos* y *Arenicolites*, indica la colonización de sustratos afectados por acción de oleaje. Por el contrario, la presencia de niveles heterolíticos con *Taenidium* (Fig. 5a), sugiere colonización durante los primeros estadios de desecación de las interdunas húmedas (Frey *et al.* 1984, Frey y Pemberton 1987, Buatois y Mángano 1995).

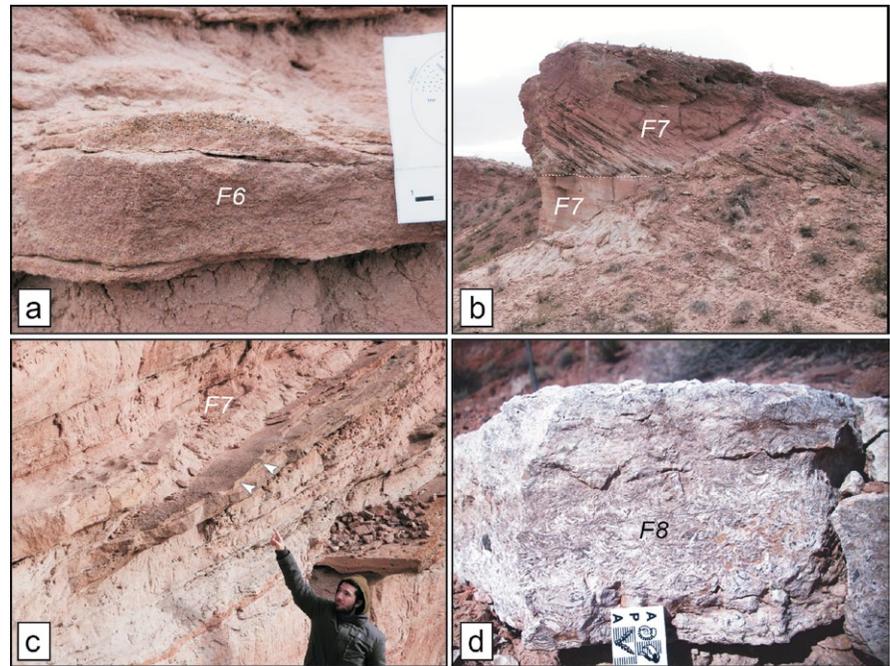


Figura 4: Principales facies sedimentarias reconocidas en los depósitos cretácicos de Paso Córdoba. a) Detalle de una ondulita eólica mostrando la típica gradación inversa. b) Vista panorámica mostrando la migración de sistemas de dunas eólicas (F7) separadas por una superficie de reactivación (líneas punteadas) donde se observa la típica estratificación entrecruzada tangencial de gran escala con ángulos de inclinación de 33° y una migración dominante hacia el SE. c) Detalle de la estratificación entrecruzada tangencial de gran escala de las dunas eólicas donde se reconocen ondulitas con gradación inversa y crestas dispuestas de modo perpendicular a la dirección de avance de sus láminas frontales (flechas blancas). d) *Floatstones* y *rudstones* bioclásticos generados por depósitos de tormenta en zonas de *shoreface* lacustres (F8).

Facies 4 (F4)

Descripción: La facies 4 está compuesta por bancos de areniscas medianas a finas de base neta a erosiva de hasta 1 m de espesor, con marcada geometría tabular y gran extensión regional (Fig. 3e). Internamente muestran estratificación entrecruzada tangencial de bajo ángulo, laminación paralela y ondulítica (asimétrica y simétrica). Al igual que en la F3 se reconocieron niveles aislados afectados por estructuras de deformación por carga. Pseudomorfos de halita han sido reconocidos a la base de algunos niveles de areniscas con laminación paralela y bioturbación. El contenido icnológico de la F4 se encuentra representado por icnitas de vertebrados de gran porte, *Skolithos*, *Arenicolites* y trazas ornamentadas asignadas a *Spongiomorpha* (Fig. 5c, d).

Interpretación: La presencia de areniscas medianas a finas con laminación paralela y estratificación entrecruzada tangencial de bajo ángulo, acumuladas en bancos de geometría tabular se interpretan como

depósitos lacustres de *shoreface* y barras de desembocadura deltaica. En este contexto, el desarrollo de ondulitas simétricas representa procesos de reelaboración por acción de oleaje. La presencia de pseudomorfos de halita en la base de las areniscas indica que el cuerpo de agua tuvo etapas de intensa evaporación con nucleación y crecimiento de cristales de sales en el fondo, sucedida por etapas de disolución de la halita, conservando sólo los moldes rellenos de los cristales (Lowenstein y Hardie 1985, Nichols 2009). La presencia en estos niveles de trazas fósiles asignadas a *Skolithos* y *Arenicolites* es típica en depósitos de *shoreface* y barras deltaicas de sistemas lacustres (Buatois y Mángano 2007), donde las condiciones energéticas favorecen el establecimiento de organismos suspensivos. La presencia de trazas ornamentadas (*Spongiomorpha*) posiblemente relacionada con la actividad de crustáceos, indica la colonización de sustratos firmes en zonas marginales del sistema lacustre, durante regresiones de la línea de costa.

CUADRO 1: Principales características que muestran las asociaciones de facies reconocidas en las secciones analizadas, indicando el ambiente depositacional y sus subambientes.

Asociación de facies	Características	Interpretación	
Lacustre	F1	Cuerpos tabulares de gran extensión regional integrados por pelitas que intercalan delgados bancos carbonáticos. En los perfiles analizados presenta una potencia de 5 m, con intercalaciones de bancos de areniscas con ondulitas de corriente y simétricas subordinadas. Es frecuente la presencia de bivalvos atribuidos al género <i>Corbicula</i> .	Centro de lago (<i>offshore</i>)
	F2	Cuerpos tabulares integrados por heterolitas fangosas con laminación ondulosa y lenticular. Presenta estructuras de deformación por escape de fluidos, y se encuentran bioturbadas por <i>Skolithos</i> y <i>Arenicolites</i> en los sectores arenosos.	Prodelta
	F4	Conforma cuerpos tabulares integrados por areniscas con laminación ondulítica, paralela y tangencial de bajo ángulo, con intercalaciones menores de pelitas. Dentro de esta asociación se reconocen depósitos de tormenta, representados por bancos condensados de <i>rudstones</i> y <i>floatstones</i> bioclásticos integrados por bivalvos <i>Corbicula</i> . El contenido icnológico está compuesto por pisadas de vertebrados, <i>Skolithos</i> , <i>Arenicolites</i> y <i>Spongiomorpha</i> .	Zona marginal del lago (<i>shoreface</i>) y barras de desembocadura deltaica
	F8		
Eólico	F3	Pelitas y heterolitas con laminación ondulosa y lenticular, y areniscas con laminación paralela, ondulítica y entrecruzada tangencial de bajo ángulo, acumuladas en cuerpos de geometría lenticular. Estos depósitos se encuentran bioturbados por <i>Skolithos</i> , <i>Arenicolites</i> , <i>Diplocraterion</i> y <i>Taenidium</i> , e icnitas de saurópodos y aves. En las facies pelíticas se encuentran bivalvos del género <i>Corbicula</i> .	Interduna húmeda
	F5		
	F6	Areniscas medias a finas con laminación paralela y ondulitas con gradación inversa.	Interduna seca
	F7	Areniscas finas a medias con estratificación entrecruzada tangencial y en artesa, que presentan gradación inversa. Las caras de avalancha tienen ángulos de inclinación de 16° a 33°, y ondulitas paralelas o perpendiculares a su dirección de inclinación. La bioturbación está representada por trazas de raíces. Presentan direcciones de paleocorrientes hacia el SE.	Dunas transversales

Facies 5 (F5)

Descripción: Esta facies está constituida por una alternancia entre areniscas gruesas y finas con estratificación entrecruzada tangencial de bajo ángulo (~6° de inclinación), que intercalan delgados niveles de pelitas dispuestos entre los planos de estratificación. Individualmente los bancos presentan base erosiva y espesores de hasta 1 m y las paleocorrientes son dominantes hacia el SE (Fig. 3f). La bioturbación es escasa y se encuentra integrada por tubos verticales simples y con forma de U (*Diplocraterion*, *Skolithos* y *Arenicolites*).

Interpretación: Esta facies representa la migración de sistemas de dunas transversales sobre facies de interduna húmeda (Mountney 2006). Los *sets* integrados por laminación entrecruzada tangencial de bajo ángulo representan las etapas de migración de las caras frontales de las dunas

dentro de las interdunas húmedas, mientras que los delgados niveles de pelitas que alternan entre los *sets* de las dunas, marcan el restablecimiento de los procesos de sedimentación normal (decantación dominante), dentro de los cuerpos de agua (Fig. 3f). Un caso similar fue recientemente documentado por Carmona *et al.* (2013), en depósitos de interduna húmeda del Mioceno-Plioceno de la Formación Río Negro. La escasa bioturbación que registra esta facies indica que las ventanas de colonización entre los procesos de sedimentación tractivos y de decantación pura fueron muy cortas, no permitiendo la colonización y el establecimiento de los organismos.

Facies 6 (F6)

Descripción: La facies 6 está compuesta por areniscas gruesas y finas dispuestas en

bancos con base neta a levemente erosiva de hasta 1 m de espesor y geometría tabular. Internamente los bancos muestran laminación paralela y ondulítica con gradación inversa (Fig. 4a). Al igual que en la F3, se reconoció la presencia de niveles afectados por estructuras de deformación por carga. El contenido icnológico de la F6 se encuentra integrado por marcas de raíces e icnitas de aves y dinosaurios (Fig. 5e).

Interpretación: Esta facies representa depósitos de interduna seca. La presencia de areniscas laminadas con gradación inversa se producen por migración lateral de sistemas de ondulitas subcríticas (Hunter 1977). Este tipo de laminación constituye una estructura diagnóstica de sistemas eólicos.

Facies 7 (F7)

Descripción: La facies 7 está integrada por areniscas finas a medianas con estratificación entrecruzada tangencial y en artesa de gran escala, dispuestas en bancos de geometría tabular y lenticular, con base neta a erosiva y espesores de hasta 10 m. La estratificación entrecruzada tangencial de gran escala presenta ángulos de inclinación que van desde los 16° hasta los 33° y una migración dominante hacia el SE (Fig. 4b). Individualmente las láminas que constituyen los *sets* de estratificación entrecruzada tangencial son masivas o muestran gradación inversa. Esta facies frecuentemente presenta ondulitas con gradación inversa y crestas dispuestas de modo perpendicular o paralelo a la dirección de avance de las láminas frontales (Fig. 4c). La bioturbación se encuentra representada por marcas de raíces que van de 0,5 hasta 5 cm de diámetro, con morfologías ramificadas (Fig. 5f).

Interpretación: La estratificación entrecruzada tangencial de alto ángulo resulta de la migración de dunas en ambientes eólicos (Mountney 2006). La presencia de láminas de 1 a 2 cm de espesor masivas o con gradación inversa indica procesos de *grainfall* y *grainflow* combinados (Collinson 1986). El reconocimiento de ondulitas con gradación inversa, crestas perpendiculares y dirección de crecimiento opues-

ta a la del avance de la cara frontal de la duna, se producen por la separación que experimenta el flujo en la cresta de las dunas. Por otro lado, las ondulitas que muestran crestas paralelas a la cara frontal de avance de las dunas reflejan la presencia de corrientes transversales subordinadas a las principales. La preservación de estas ondulitas indica que la inclinación de las caras frontales de las dunas no habrían superado el ángulo crítico de reposo ($\sim 32^\circ$) como lo sugiere Hunter (1977). La mayoría de las dunas presenta un consistente rumbo de inclinación SE, lo cual afirmaría la existencia de dunas transversales con una paleocorriente predominantemente (Kocurek 1996). La abundante presencia de rizolitos indica que las dunas habrían sido temporalmente estabilizadas (Fig. 5f).

Facies 8 (F8)

Descripción: Esta facies se compone por niveles de 30 cm de espesor integrados por *floatstones* bioclásticos, con superficies más condensadas correspondientes a *rudstones* bioclásticos (Fig. 4d), dispuestos en estratos tabulares de poca continuidad lateral (hasta 200 m). Estos depósitos contienen una gran cantidad de bivalvos pertenecientes al género *Corbicula*, y algunos pocos especímenes de gasterópodos. Es frecuente que los bivalvos presenten sus valvas con su concavidad hacia arriba, en posición subhorizontal, y desarticulados.

Interpretación: La disposición y el grado de fragmentación que muestran los bioclastos que integran esta facies se relacionan con eventos de tormenta ocurridos en un ambiente de *shoreface* lacustre (Flügel 2009).

ASOCIACIONES DE FACIES

De acuerdo a las características que presentan las facies sedimentarias en los depósitos del Cretácico Tardío de Paso Córdoba, como también a la disposición espacial que las mismas guardan, ha sido posible distinguir dos asociaciones de facies cuyas principales características se sintetizan en el Cuadro 1.

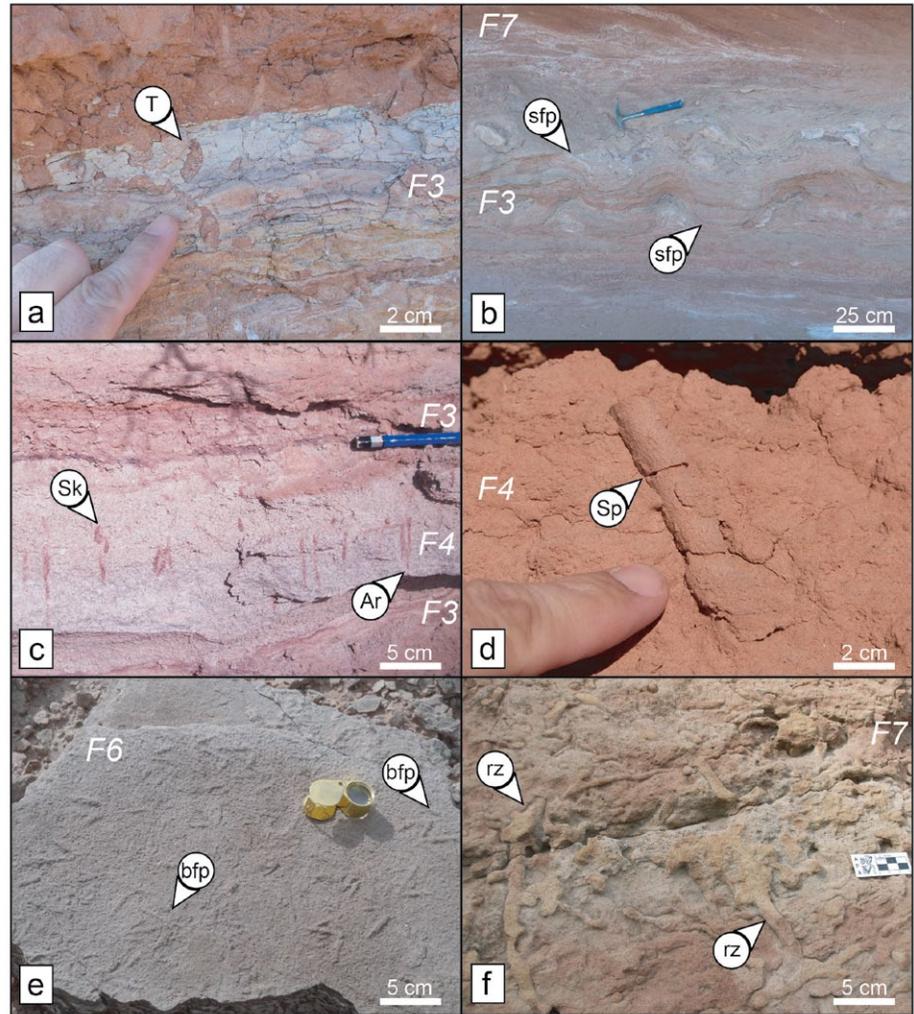


Figura 5: Contenido icnológico de los depósitos. a) Vista en sección de ejemplares de *Taenidium* (*T*) en facies de interduna húmeda. b) Sucesión heterolítica con icnitas de saurópodos (*sfp*) en facies de interduna húmeda. c) Trazas de *Skolithos* (*Sk*) y *Arenicolites* (*Ar*) en facies de areniscas con laminación paralela. d). Vista en sección de una estructura biogénica ornamentada asignadas a *Spongiomorpha* (*Sp*) en depósitos de *shoreface*. e) Vista en planta de icnitas de aves (*bfp*) preservadas en areniscas con laminación paralela correspondientes a facies de interduna seca. f) Vista en sección de trazas de raíces (rizolitos) en sistemas de dunas transversales.

Asociación de facies lacustre

Los sistemas lacustres conforman cuerpos de agua someros de gran extensión lateral (aproximadamente 5 km) que muestran su mayor desarrollo en el tramo inferior de la sección analizada (15 m de espesor), integrados por depósitos de centro de lago (*offshore*), zonas marginales de lago (*shoreface*) y deltas (Figs. 6a, 7). Los depósitos de *offshore* alcanzan los 7 m de espesor y se encuentran integrados por sucesiones de pelitas (F1) que muestran moldes de *Corbicula*, abundante mica y fragmentos de vegetales (Fig. 3a). La presencia de mica y fragmentos vegetales

en zonas más profundas de los cuerpos lacustres indica que los materiales finos, introducidos al sistema por plumas hipopícnicas, son distribuidos a todo el cuerpo de agua por corrientes de circulación interna producidas por los vientos. Los delgados niveles de carbonatos masivos (< 5 cm) asociados a las pelitas se producen por precipitación química favorecida por fluctuaciones estacionales en la temperatura del cuerpo de agua. A menudo, los depósitos de *offshore* pasan en transición hacia facies de prodelta (F2), las cuales alcanzan los 5m de espesor y muestran estructuras de deformación relacionadas a pequeños

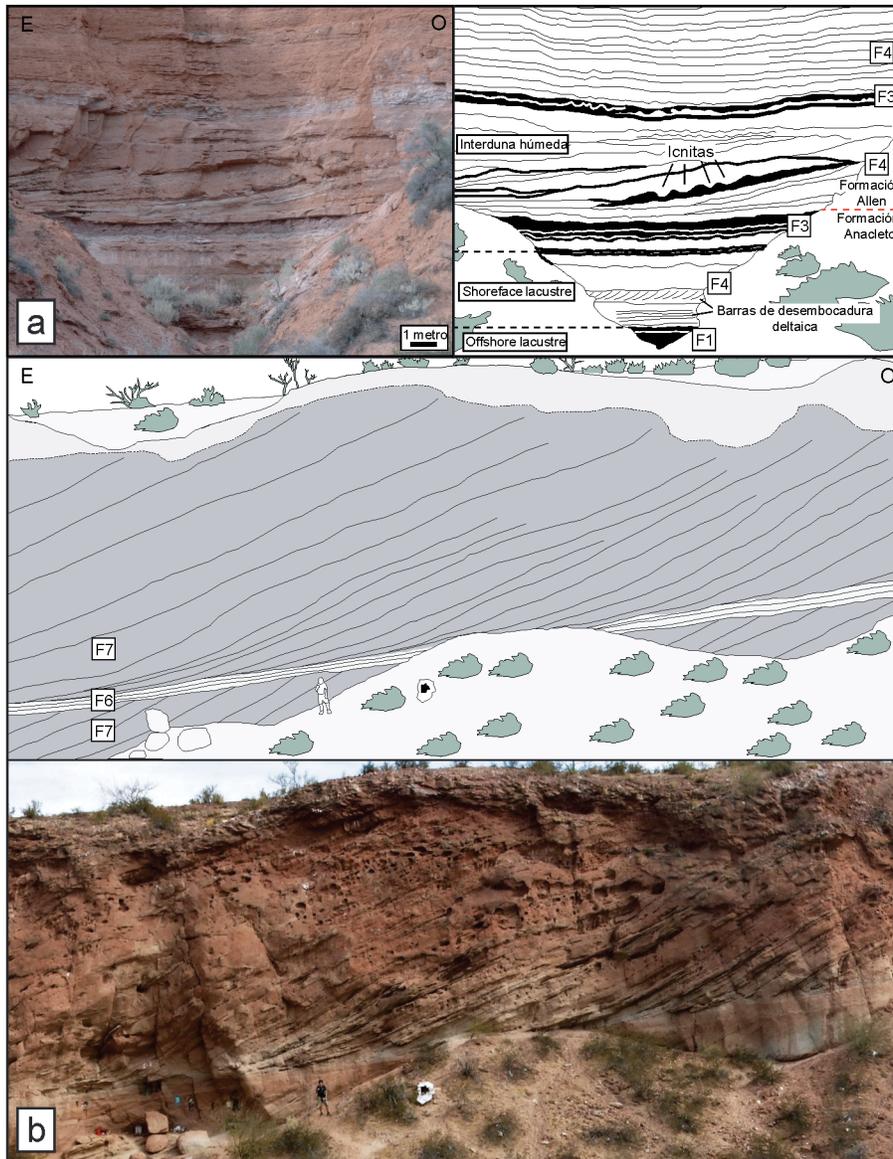


Figura 6: a,b) Imagen y redibujo mostrando los principales arreglos que muestran las asociaciones de facies lacustres (a) y eólicas (b) en el área de Paso Córdoba.

deslizamientos gravitacionales en zonas de pendiente, pero sin generación de corrientes de densidad. La zona marginal del sistema lacustre correspondiente a depósitos de *shoreface* (F4) tiene espesores de hasta 3 m y está representada por delgados niveles de areniscas finas con geometría tabular integrados por estructuras con laminación paralela y ondulítica (corriente y oleaje), bioturbadas por organismos suspensívoros (*Skolithos* y *Arenicolites*) (Fig. 3e). Asociado a estos depósitos es frecuente la presencia de cuerpos tabulares de 50 o 60 cm de espesor, integrados

por *floatstones* bioclásticos (F8) producidos por eventos de tormenta (Fig. 4d). Estos cuerpos habrían sufrido importantes variaciones de la línea de costa favoreciendo la generación de sustratos firmes con desarrollo de grietas de desecación, con trazas ornamentadas asignadas al icnogénero *Spongiomorpha* (Fig. 5d) y otros elementos de la icnofacies de *Scoyenia*.

El reconocimiento de sucesiones granoestrato crecientes interpretadas como la progradación de un sistema deltaico indica la presencia de sistemas fluviales que en su desembocadura, debido a una

diferencia de densidad entre la masa de agua aportada al sistema (agua dulce) respecto a la hospedante (agua salobre), experimentan una separación del flujo cargado de sedimentos. La parte más densa de este aporte (arenas medias a finas) genera sistemas de barras de desembocadura deltaicas de hasta 2 m de espesor y se encuentran bioturbadas por trazas fósiles asignadas a *Skolithos* y *Arenicolites* (F4), mientras que las fracciones finas (pelitas) se mueven como una nube de sedimentos suspendida en una pluma hipopícnica (F2), pudiendo viajar distancias que van de los centenares de metros hasta kilómetros, durante este transporte la carga inicial disminuye por decantación pura, produciendo capas con laminación rítmica. El carácter salobre de los cuerpos lacustres se evidencia en la presencia de cristales de halita disueltos que quedan preservados como pseudomorfo a la base de cuerpos de arena acumulados por procesos de tracción-decantación.

Asociación de facies eólica

Los sistemas eólicos se encuentran muy bien representados en el tramo medio y superior de la sección analizada, donde se reconocen una intergradación entre depósitos de dunas e interdunas húmedas y secas (Fig. 7). Los sistemas eólicos se habrían desarrollado en zonas marginales de los cuerpos lacustres, donde depósitos de *shoreface* (F4) pasan en transición hacia sistemas de dunas de pequeña escala e interdunas húmedas (F5) (Fig. 3f), o estar lateralmente relacionados a cuerpos lenticulares asignados a interdunas húmedas (F3) que muestran marcas de raíces, icnitas de vertebrados, y desarrollo de la icnofacies de *Scoyenia*. Los sistemas de dunas (F7) e interdunas secas (F6) se encuentran ampliamente desarrolladas en el tramo superior de la sección analizada (Figs. 6b y 7). Las dunas se caracterizan por presentar estratificación entrecruzada en artesa y tangencial de gran escala con desarrollo de la icnofacies de *Entradichnus*. Estos sistemas conforman *sets* de hasta 10 m de potencia y lateralmente pueden estar relacionados a

facies de interduna seca integradas por laminación paralela a subparalela con marcada gradación inversa. Esta gradación inversa, resulta de la migración tractiva de ondulitas eólicas en las interdunas secas o sobre las caras de avalancha (*stoss slope*) de las dunas (Fig. 4a, c). Los sistemas de interdunas secas frecuentemente muestran icnitas de vertebrados de gran porte y trazas de raíces (Fig. 5f). La presencia de granos de arena con mascas del golpeteo de los clastos entre sí producto del transporte eólico fueron reconocidos en los cortes delgados (Fig. 8d y 8e).

PETROGRAFÍA

El conteo de las modas detríticas (Cuadro 2) de los seis cortes delgados pertenecientes a muestras de las facies 4, 5 y 7, permitió clasificar las rocas como litoarenitas feldespáticas (Fig. 8a) (Folk *et al.* 1970) con un porcentaje de cuarzo que varía entre un 26 y 33%, siendo el cuarzo monocristalino (Fig. 8c, d, e y f) más común, con bajos porcentajes de cuarzo policristalino registrando un máximo del 5% en la facies 5. Los feldespatos varían entre un 13 y 20% siendo las plagioclasas (Fig. 8c, d, e y f) más abundantes que los feldespatos alcalinos. Los líticos por su parte presentan una variación entre 18 y 27%, con una mayoría de líticos alterados. Principalmente se identifican líticos de origen volcánico, con una leve superioridad de las composiciones básicas sobre las félsicas (Fig. 8c, d, e y f), mientras que los líticos sedimentarios y metamórficos se encuentran en muy baja proporción.

Excepto por la muestra PCOR 4-3 (Fig. 8), los porcentajes de cemento son altos, entre 23 y 38%, con una predominancia de cemento carbonático y de manera subordinada cemento ceolítico. La muestra PCOR 4-3, correspondiente a la posición estratigráficamente más alta de la sucesión analizada, presenta un 10% de cemento, la mayoría ceolítico, y sin presencia de cemento carbonático. También se diferencia respecto a la porosidad, ya que exhibe un 11%, a diferencia de los valores menores al 3% registrados para el resto. Los datos obtenidos a partir del análisis

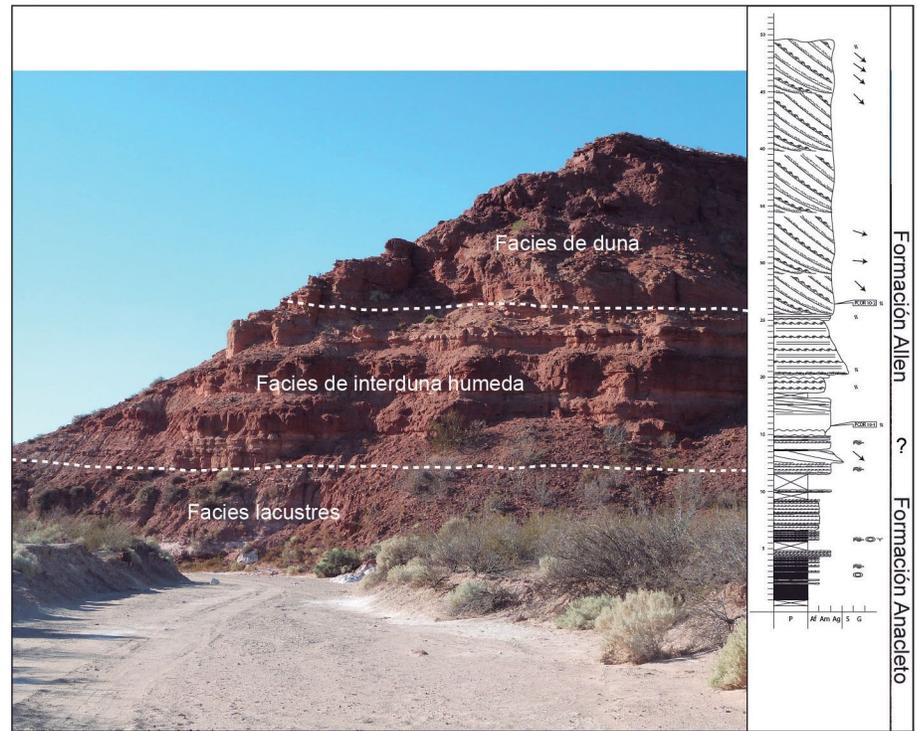


Figura 7: Vista panorámica y redibujado de una de las secciones medidas indicando los diferentes ambientes reconocidos, sus estructuras sedimentarias, paleocorrientes y contenido fósil.

CUADRO 2: Resultados de los conteos modales.

Muestras	Facies 4		Facies 5		Facies 7	
	Pcor 1-1	Pcor 9-1	Pcor 9-2	Pcor 2-1	Pcor 2-2	Pcor 4-3
QZm	22,75	26,38	26,38	29,75	24,75	29,25
QZp	5,00	1,50	1,50	1,88	3,50	3,50
PLG	7,88	12,75	12,75	9,50	11,38	13,13
FK	5,63	5,25	5,25	4,75	7,25	4,75
LA	16,25	12,25	12,25	2,00	7,88	10,75
LF	1,25	6,50	6,50	8,63	4,87	7,25
LB	3,38	8,13	8,13	7,88	7,63	8,75
CCA	31,63	16,88	16,88	29,88	31,63	0,00
CCE	6,00	6,38	6,38	1,25	0,75	8,00
OC	0,00	0,50	0,50	0,00	0,00	2,38
OP	0,13	0,75	0,75	2,38	0,13	0,00
OM	0,00	0,00	0,00	2,00	0,13	1,00
POR	0,13	2,75	2,75	0,13	0,13	11,25
Q _{total}	27,75	27,88	27,88	31,63	28,25	32,75
Fsp _{total}	13,50	18,00	18,00	14,25	18,63	17,88
L _{total}	20,88	26,88	26,88	18,50	20,38	26,75
C _{total}	37,63	23,25	23,25	31,13	32,38	8,00

(Qzm) Cuarzo monocristalino, (Qzp) cuarzo policristalino, (PLG) plagioclasa en, (FK) feldespato potásico, (LA) fragmento lítico alterado, (LF) fragmento lítico volcánico félsico, (LB) fragmento lítico volcánico básico, (CCA) cemento carbonático, (CCE) cemento ceolítico, (OC) otros cementos, (OP) opacos, (OM) otros minerales, (POR) porosidad.

Los datos obtenidos a partir del análisis fueron representados en el gráfico de procedencia de Dickinson *et al.* (1983) (Fig. 8b). Todas las muestras se ubican en el campo de mezcla, excepto la mues-

tra PCOR 9-1 que se ubica en el campo de arco disectado. Esta distribución evidencia la existencia de distintos ambientes de procedencia, siendo difícil realizar

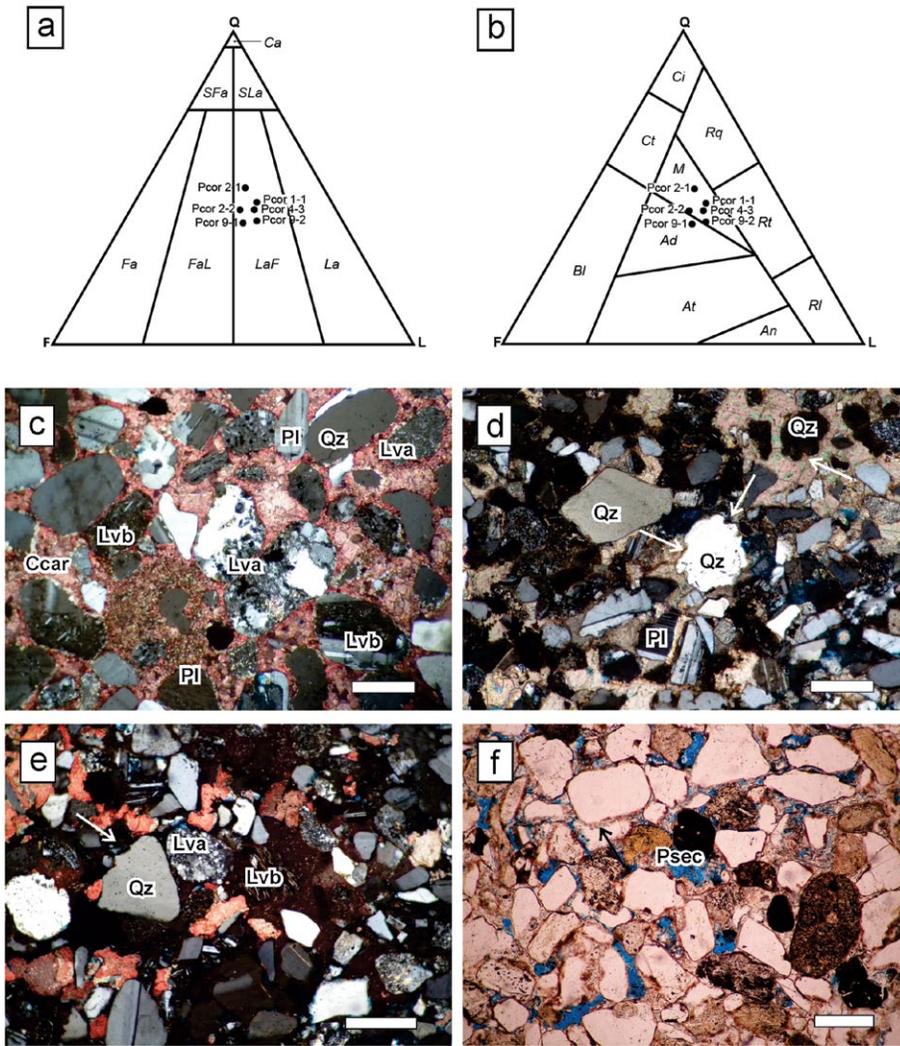


Figura 8: a) Gráfico de clasificación de areniscas (Folk *et al.* 1970). Q cuarzo total, L líticos totales, F feldspatos totales. b) Gráfico de procedencia según Dickinson *et al.* (1983). Q cuarzo monocristalino, L líticos totales más cuarzo policristalino, F feldspatos totales. (Ci) Cratón interior, (Ct) Continental transicional, (M) Mezcla, (Rq) Reciclado cuarzoso, (Bl) Basamento elevado, (Ad) Arco disectado, (Rt) Reciclado transicional, (At) Arco transicional, (An) Arco no disectado, (RI) Reciclado lítico. c) Microfotografía de la muestra Pcor 1.1. Arenisca con abundante cemento carbonático. Nótese la abundancia de cuarzo monocristalino (Qz) y la presencia de plagioclasas (Pl) y fragmentos de rocas volcánicas ácidas (Lva) y de rocas básicas (Lvb). La barra tiene 0,4 mm. d) Microfotografía de la muestra Pcor 9.1. Arenisca con abundantes clastos de cuarzo monocristalino (Qz) y plagioclasas (Pl). Nótese que algunos de los clastos presentan marcas que podrían ser producto del golpeteo de los clastos entre sí durante el transporte por el viento (flechas). La barra tiene 0,2 mm. e) Microfotografía de la muestra Pcor 9.2. Clastos de cuarzo monocristalino (Qz), plagioclasas (Pl) y fragmentos de rocas volcánicas ácidas (Lva) y de rocas básicas (Lvb). También se observan marcas del golpeteo por haber sido transportados por el viento (flechas). La barra tiene 0,25 mm. f) Microfotografía de la muestra Pcor 4.3 tomada con nicole paralelos, se observa el cemento arcilloso de tipo rim sobre los clastos que le da la coloración rojiza a la muestra y la porosidad primaria y secundaria (Psec) en azul. La barra tiene 0,25 mm.

una interpretación paleogeográfica desde la petrografía.

EVOLUCIÓN PALEOAMBIENTAL

La sucesión cretácico tardía analizada en el área de Paso Córdoba represen-

ta un ciclo de aridización, con pasaje de condiciones húmedas representadas por sistemas lacustres, hacia condiciones de mayor aridez con desarrollo de extensos campos de dunas eólicas (Fig. 9). La presencia de pseudomorfos de halita, sumado a la baja diversidad de fauna que presentan los depósitos lacustres (dominada

por *Corbicula*), sugiere condiciones de estrés ambiental vinculadas a variaciones en la concentración de sales en el cuerpo de agua. Asimismo, la frecuente presencia de niveles con grietas de desecación indica que el sistema experimentó etapas de contracción (regresión de la línea de costa) y expansión (progradación de la línea de costa) del cuerpo de agua (Fig. 9a). Esta interpretación es consistente con la baja diversidad en el contenido icnológico que muestran estos depósitos, con ausencia de la icnofacies de *Mermia* y desarrollo de la icnofacies de *Skolithos* en zonas marginales del cuerpo de agua. La presencia de abundante contenido de materia orgánica observada en facies de *offshore* y prodelta aportada por una pluma hipopícnica indica la existencia de sistemas de descarga fluvial próximos, los cuales sin embargo no han sido reconocidos en las secciones analizadas (Fig. 9b). Hacia la parte media de la sucesión sedimentaria, los sistemas lacustres experimentan una marcada contracción, siendo reemplazados de manera transicional por facies de dunas e interdunas húmedas con desarrollo de la icnofacies de *Skolithos* y *Scoyenia* (Fig. 9c). La sucesión es coronada por sistemas de dunas eólicas de gran escala, con espesores individuales de hasta 10 m, que lateralmente se encuentran relacionadas a interdunas secas. La gran altura de un mismo campo de duna indica la presencia de vientos de gran magnitud, ya que los mismos tienden a hacer crecer las dunas en altura (Cooke y Warren 1973). Estos depósitos indican la etapa de mayor aridización dentro del sistema analizado. La icnofacies de *Entradichnus* está principalmente representada en las caras de avalancha de dunas y en menor medida en facies de interdunas secas. Hacia el techo de la sucesión los sistemas de dunas eólicas muestran una gran abundancia de trazas de raíces (Fig. 9d). La erosión en ambientes eólicos forma parte de la migración y formación de los campos de dunas, y su preservación generalmente es de tipo fragmentaria (Mountney 2006). La Formación Allen representa los depósitos acumulados durante la primera transgresión atlántica ocurrida en la Cuenca Neuquina (Uliana 1979). Los

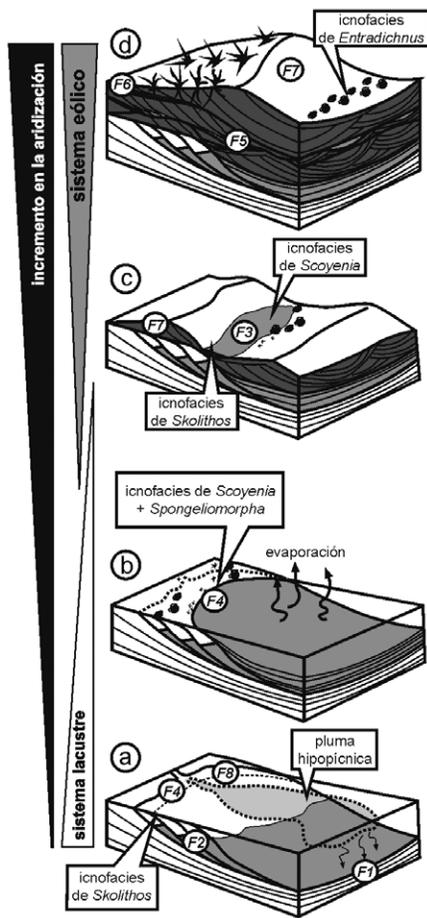


Figura 9: Esquema de evolución paleoambiental. a) Etapa de expansión del sistema lacustre donde se reconoce el desarrollo de barras deltaicas, pro-deltas y plumas hipopícnicas. b) Etapa de contracción del lago con evaporación y precipitación de cristales de halita e importantes regresiones de la línea de costa con desarrollo de la icnofacies de *Scoyenia* y ejemplares de *Spongiomorpha*. c) Establecimiento de facies de dunas e interduna húmedas con desarrollo de la icnofacies de *Skolithos* y *Scoyenia* debido a la retracción que presentan los sistemas lacustres. d) Establecimiento de un sistema de dunas transversales de gran escala con interdunas secas asociadas y desarrollo de la icnofacies de *Entradichnus*. Los depósitos analizados representan un ciclo de aridización progresiva.

sistemas eólicos reconocidos en el área de Paso Córdoba corresponden a sistemas de dunas costera (Armas y Sánchez 2013). En estos sistemas las variaciones del nivel de base, principalmente durante eventos transgresivos, controlan los ascensos del nivel freático, favoreciendo el potencial de preservación de los depósitos (Glennie y Buller 1983, Mountney 2006). Teniendo en cuenta la evolución paleoambiental de la sucesión analizada, otros factores que

habrían controlado y favorecido la preservación de los campos de dunas son: 1) las variaciones de la línea de costa del sistema lacustre, principalmente las relacionadas a las etapas de expansión del sistemas y 2) la presencia de vegetación que estabilizó el sistema, como lo indica la abundante presencia de trazas de raíces observada al tope de las dunas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En los depósitos del Cretácico Tardío de la localidad de Paso Córdoba se distinguieron dos asociaciones de facies, una lacustre y una eólica. Los sistemas lacustres muestran facies sedimentarias y contenido fosilífero que resulta típico de lagos salobres, como es la presencia de pseudomorfos de halita, dominio de una especie de bivalvos (*Corbicula*), y la baja diversidad de icnoespecies tanto en las facies pelíticas como arenosas. Las facies lacustres pasan en transición a facies eólicas indicando la aridización del sistema. Esta transición muestra una intergradación entre depósitos lacustres de interdunas húmedas y dunas, que muestran estructuras de deformación por carga interpretadas como icnitas de vertebrados de gran porte. La aridización del sistema se acentúa hacia el tope de la sucesión analizada, donde se observa la presencia de dunas de hasta 10 m de potencia, con abundante presencia de marcas de raíces e icnofacies de *Entradichnus*. Si bien Hugo y Leanza (2001), reconocen una discordancia erosiva entre las Formaciones Anacleto y Allen para el área de Paso Córdoba, en el presente trabajo se propone un pasaje transicional entre ambas formaciones, dada la evolución gradual que muestra el sistema depositacional analizado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer al Dr. Silvio Casadio, Noelia Carmona, Cecilia Cábana, Víctor Hugo García y Gabriela Da Poian, por el apoyo brindado y por la lectura crítica realizada a una versión preliminar del manuscrito. Queremos agrade-

cer a los alumnos Fabio Díaz y Javier Bin Calvar por su colaboración en las tareas de campo y por sus enriquecedoras discusiones en los afloramientos. También se agradece el apoyo brindado por la UNRN y por las autoridades de la Dirección de Medio Ambiente de la Municipalidad de General Roca. Agradecemos los valiosos comentarios y sugerencias realizados por un revisor anónimo y el editor de la revista (Dr. Pablo Pazos), los cuales ayudaron a mejorar significativamente este manuscrito.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Ahlbrandt, T.S. y Fryberger, S.G. 1981. Sedimentary features and significance of interdune deposits. En Ethridge, F.G. y Flores, R.M. (eds) Recent and Ancient Nonmarine Depositional Environments: Models for Exploration. SEPM Special Publication 31, 293-314, Tulsa.
- Armas, M.P. y Sánchez, M.L. 2010. Depósitos eólicos de la Formación Allen, Cretácico Superior, Cuenca Neuquina, Sur de Paso Córdoba, Río Negro, Argentina. 6° Congreso Uruguayo de Geología: 32, Minas-Lavaljea.
- Armas, M.P. y Sánchez, M.L. 2011. Reconstrucción paleoambiental de las Formaciones Anacleto y Allen al sur de Paso Córdoba, Río Negro, Argentina. Cretácico Superior, Cuenca Neuquina. 18° Congreso Geológico Argentino: 990-991, Neuquén.
- Armas, M.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: 65-79.
- Arregui, C., Carbone, O. y Leanza, H.A. 2011. Contexto tectosedimentario. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C. y Vallés J.M. (eds) Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén, 29-36, Neuquén.
- Bechis, F., Giambiagi, L., García, V., Lanés, S., Cristallini, E. y Tunik, M. 2010. Kinematic analysis of a transtensional fault system: The Atuel depocenter of the Neuquén basin, southern Central Andes, Argentina. Journal of Structural Geology 32: 886-899.
- Bohacs, K.M., Carroll, A.R., Neal, J.E. y Mankiewicz, P.J. 2000. Lake-Basin type, source potential, and hydrocarbon character: an in-

- tegrated sequence-stratigraphic-geochemical framework. En Gierlowski-Kordesch, E. y Kelts, K. (eds.) Lake Basins through Space and Time. AAPG Studies in Geology 46: 3-34, Tulsa.
- Buatois, L.A. y Mángano, M.G. 1995. The paleoenvironmental and paleoecological significance of the lacustrine *Merimia* ichnofacies: an archetypical subaqueous nonmarine trace fossil assemblage. *Ichnos* 4: 151-161.
- Buatois, L.A. y Mángano, M.G. 2007. Invertebrate ichnology of continental freshwater environments. En Miller, W. (ed.) Trace Fossils: Concepts, Problems, Prospects, Elsevier: 285-323, Amsterdam.
- Carmona, N. B., Ponce, J. J., Wetze, A., Bournod, C. y Cuadrado, D. 2013. Paleoenvironmental implications of resting, locomotion and equilibrium/escape structures of freshwater bivalves, Río Negro Formation (Late Miocene-Early Pliocene). Second Latin American Symposium on Ichnology, Abstracts: 31, La Pampa.
- Carroll, A. R. y Bohacs, K.M. 2001. Lake-type controls on petroleum source rock potential in nonmarine basins. *AAPG Bulletin* 85: 1033-1053.
- Cingolani, C. A., Zanettini, J. C. y Leanza, H. A., 2011. El basamento ígneo y metamórfico. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C. y Vallés J.M. (eds) Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén, 37-47, Neuquén.
- Collinson, J.D. 1986. Alluvial sediments. En Reading, H.G. (ed.) Sedimentary environments and facies, Blackwell Scientific: 20-62, Oxford.
- Collinson, J.D., Mountney, N. y Thompson, D. 2006. Sedimentary Structures. Terra, 292 p., London.
- Cooke, R. y Warren, A. 1973. Geomorphology in Deserts. Batsford, 394 p., London.
- De la Fuente, M.S., Barbieri, R. y Chafrat, P. 2010. Una tortuga Chelidae (Testudines: Pleurodira) de cuello largo en el Grupo Neuquén, Río Negro, Argentina. Significado cronológico y paleobiogeográfico. *Andean Geology* 37: 398-412.
- Dickinson, W.R., Beard, L.S., Brakenridge, G.R., Erijavec, J.L., Ferguson, R.C., Inman, K.F., Knapp, R.A., Lindberg, F.A. y Ryberg, P.T. 1983. Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting. *Geological Society of America Bulletin* 94: 222-235.
- Digregorio, J.H. y Uliana, M.A. 1980. Cuenca Neuquina. En Turner, J.C. (ed.) Segundo Simposio de Geología Regional Argentina, Academia Nacional de Ciencias 2: 985-1032, Córdoba.
- Doello Jurado, M. 1927. Noticia preliminar sobre los moluscos fósiles de agua dulce. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias* 30: 407-416.
- Ekdale, A.A, Bromley, R.G. 2012. Eolian environments. En Knaust, D. y Bromley, R.G. (eds.) Trace Fossils as Indicators of Sedimentary Environments, Elsevier: 419-437, Amsterdam.
- Ekdale, A.A., Bromley, R.G. y Loope, D.B. 2007. Ichnofacies of an ancient erg: A climatically influenced trace fossil association in the Jurassic Narvajo Sandstone, Southern Utah, USA. En Miller, W. (ed.) Trace Fossils: Concepts, Problems, Prospects, Elsevier: 562-574, Amsterdam.
- Flügel, E. 2009. Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application. Springer. 976 p., Berlín.
- Folk, R.L., Andrews, P.B. y Lewis, D.W. 1970. Detrital sedimentary rock classification and nomenclature for use in New Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics* 13: 937-968.
- Franzese, J.R. y Spalletti, L.A. 2001. Late Triassic continental extension in southwestern Gondwana: tectonic segmentation and pre-breakup rifting. *Journal of South American Earth Sciences* 14: 257-270.
- 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: 49-62.
- Frey, R.W. y Pemberton, S.G. 1987. The *Psilonichnus* ichnocoenose, and its relationship to adjacent marine and nonmarine ichnocoenoses along the Georgia coast. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology* 35: 333-357.
- Frey, R.W., Pemberton, S.G. y Fagerstrom, J.A. 1984. Morphological, ethological, and environmental significance of the ichnogenera *Scoyenia* and *Anoricbnus*. *Journal of Paleontology* 58: 511-528.
- Glennie K.W. y Buller A.T. 1983. The Permian Weissliegendes of NW Europe. The partial deformation of aeolian dune sands caused by the Zechstein transgression. *Sedimentary Geology* 35: 43-81
- Gulisano, C.A. 1981. El Ciclo Cuyano en el norte de Neuquén y Sur de Mendoza. 8º Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 579-592, San Luis.
- Gulisano, C.A., Gutiérrez Pleimling, A.R. y Digregorio, R.E. 1984. Esquema estratigráfico de la secuencia jurásica del oeste de la Provincia de Neuquén. 9º Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 236-259, Bariloche.
- 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 1:250.000. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 308, 65 p., Buenos Aires.
- Hunt, A.P. y Lucas, S.G. 2007. Tetrapod ichnofacies: a new paradigm. *Ichnos* 14: 59-68.
- Hunter, R. 1977. Basic types of stratification in small eolian dunes. *Sedimentology* 24: 361-387.
- Hyne, N. J., Laidig, L.W. y Cooper W. A. 1979. Prodelta sedimentation on a lacustrine delta by clay mineral flocculation. *Journal of Sedimentary Research* 49: 1209-1215
- Kocurek, G. 1996. Desert aeolian systems. En Reading, H. (ed.) Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy. Blackwell Scientific Publications: 125-153, Oxford.
- Kocurek, G. y Dott, R.H. 1981. Distinctions and uses of stratification types in the interpretation of aeolian sands. *Journal of Sedimentary Petrology* 51: 579-595.
- Leeder, M.R. 1999. Sedimentology and Sedimentary Basins: from Turbulence to Tectonics. Wiley-Blackwell, 608 p., Oxford.
- Lowenstein, T.K. y Hardie, L.A. 1985. Criteria for the recognition of salt pan evaporites. *Sedimentology* 32: 627-644.
- Mountney, N.P. 2006. Eolian Facies Models. En Posamentier H. y Walker, R.G. (eds.) Facies Models Revisited, Memoir, SEPM Special Publication 84; Society of Economic Paleontologists and Mineralogists: 19-83.
- Mpodozis, C. y Ramos, V.A. 1989. The Andes of Chile and Argentina. En Erickson G.E., Cañas Pinochet, M.T. y Reinemud, J.A. (eds.) Geology of the Andes and its relation to hydrocarbon and mineral resources. Circumpacific Council for Energy and Mineral Resources.

- ces, Earth Sciences Series 11: 59-90.
- Musacchio, E.A. 1973. Charophytas y ostrácos no marinos del Grupo Neuquén (Cretácico Superior) en algunos afloramientos de las provincias de Río Negro y Neuquén en la República Argentina. *Revista del Museo La Plata, sección Paleontología*, 48: 1-42.
- Nichols, G. 2009. *Sedimentology and Stratigraphy*. Wiley-Blackwell, 432 p., Amsterdam.
- Salgado, L., Coria, R.A., Magalhaes Ribeiro, C., Garrido, A., Rogers, R., Simón, M.E., Arcucci, A.B., Curry Rogers, K., Carabajal, A.P., Apesteguía, S., Fernández, M., García, R. y Talevi, M. 2007. Upper Cretaceous dinosaur nesting sites of Río Negro (Salitral Ojo de Agua and Salinas de Trapalcó-Salitral de Santa Rosa), northern Patagonia, Argentina. *Cretaceous Research* 28: 392-404.
- Talbot, M.R. y Allen, P.A. 1996. Lakes. En Reading, H. (ed.) *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. Blackwell Scientific Publications: 83-124, Oxford.
- Tunik, M.A., Folguera, A., Naipauer, M., Pimentel, M. y Ramos, V. 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: 257-273.
- Uliana, M., 1979. Geología de la región comprendida entre los ríos Colorado y Negro, Provincias de Neuquén y Río Negro. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata (inédita), 117 pp. La Plata.
- Uliana, M.A. y Dellapé, D.A. 1981. Estratigrafía y evolución paleoambiental de la sucesión maestrichtiano-eoterciaria del Engolfamiento Neuquino (Patagonia septentrional). 8° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 673-711, San Luis.
- Weber, E.I., 1964. Estudio geológico de General Roca (provincia de Río Negro). Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires (inédita), 149 p., Buenos Aires.
- Weber, E.I. 1968. Las Capas de la Balsa al sur del Paso Córdoba. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 23: 246-250.
- Wichmann, R. 1916. Las Capas con Dinosaurios en la costa sur del río Negro frente a General Roca. *Physis* 2: 258-262.
- Zavala, C. y González, R. 2001. Estratigrafía del Grupo Cuyo (Jurásico inferior-medio) en la Sierra de la Vaca Muerta, Cuenca Neuquina. *Boletín de Informaciones Petroleras* 65: 52-64.
- Zavala, C., Ponce, J.J., Arcuri, M., Drittanti, D., Freije, H. y Asensio, M. 2006. Ancient lacustrine hyperpycnites: a depositional model from a case study in the Rayoso Formation (Cretaceous) of west-central Argentina. *Journal of Sedimentary Research* 76: 41-59.

Recibido: 18 de enero, 2014

Aceptado: 1 de julio, 2014