



ARENISCAS EÓLICAS Y MAREALES DEL CRETÁCICO SUPERIOR DE LA CUENCA NEUQUINA (ARGENTINA). ANÁLISIS PETROGRÁFICO Y DE PROCEDENCIA

Upper Cretaceous aeolian and tidal sandstones of the Neuquén Basin (Argentina). Petrographic and Provenance Analysis

Paula Armas¹, Carmen Moreno² y María Lidia Sánchez¹

¹ CONICET - Departamento de Geología, UNRC-Ruta 8 Km 603 (5800) Río Cuarto (Córdoba - Argentina).
parmas@exa.unrc.edu.ar

² Departamento de Geología. Facultad de Ciencias Experimentales. Universidad de Huelva. 21071 Huelva, España.
carmor@uhu.es

Abstract: A provenance analysis based on a detailed petrographic study has been carried out in the Upper Cretaceous Allen Formation, north-eastern border of the Neuquén Basin, Argentina. The combination of classic and G-D point-counting methods and the subsequent usage of the ternary diagrams modified from Dickinson (1985) revealed two distinctive compositional populations, neatly linked with their depositional stiles and sedimentary environments. Samples from the aeolian deposits are classified as lithic arkoses and feldspathic litharenites and plot into the "mixed" and "recycled orogen" provenance fields. Samples from the tidal sandstones are arkoses and fall within the "transitional continental" field. Additionally, two main source areas for the Allen Formation are here proposed: the North Patagonian Massif, located southwards, and the fold and thrust belt, at the western margin of the basin. The Sierra Pintada Massif is also proposed as source area for the basal aeolian deposits.

Key-words: Upper Cretaceous, Neuquén Basin, Provenance analysis, Petrography, Sandstones.

Resumen: Mediante un estudio detallado de petrografía de areniscas se realizó el análisis de procedencia de los depósitos de la Formación Allen del Cretácico Superior en el borde nororiental de la Cuenca Neuquina, Argentina. La combinación de las técnicas clásicas y G-D en el conteo de puntos y el uso de los diagramas ternarios modificados de Dickinson (1985) han permitido establecer dos poblaciones composicionales que presentan una clara relación con el estilo deposicional y los paleoambientes sedimentarios interpretados. Las muestras correspondientes a los depósitos eólicos son arcosas líticas y litoarenitas feldespáticas y corresponden al campo de "mezcla" de tipo de procedencia y "orógeno reciclado". Las areniscas mareales de la Fm Allen se clasifican como arcosas y se asocian en el campo de procedencia "transicional continental". En este trabajo se proponen dos áreas fuentes principales para las areniscas de la Formación Allen, el macizo Norpatagónico ubicado al sur de la Cuenca y el frente de corrimiento del borde occidental de la misma. Una tercera área de aporte correspondiente al Macizo de Sierra Pintada, es también considerada para los depósitos eólicos basales de esta Formación.

Palabras clave: Cretácico Superior, Cuenca Neuquina, Análisis de Procedencia, Petrografía, Areniscas

Armas, P., Moreno, C. y Sánchez, M.L. (2012): Areniscas eólicas y mareales del Cretácico Superior de la cuenca Neuquina (Argentina). Análisis petrográfico y de procedencia. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 25 (3-4): 193-207.



Los estudios petrográficos en los depósitos que rellenan la Cuenca Neuquina son de gran interés y aplicabilidad dado que esta cuenca es la principal productora de hidrocarburos de Argentina. Estos sistemas petrolíferos son el resultado de la combinación de una serie de factores producto de la evolución tectono-estratigráfica de la cuenca, en donde las etapas de rifting y las fases de subsidencia asociadas, en un marco de circulación marina restringida, controlaron los intervalos de sedimentación de rocas madre y sello (Vergani *et al.*, 1995). La presencia de paleoambientes sedimentarios con litologías que exhiben propiedades petrofísicas óptimas para la acumulación de hidrocarburos (Sánchez *et al.*, 2006) y las características tectónicas, apilamientos tipo “dúplex” y corrimientos, consecuencia de la inversión tectónica de estructuras extensionales controlaron la formación de trampas de hidrocarburos y la distribución de los mayores campos de petróleo y gas de la Argentina (Vergani *et al.*, 1995; Sánchez *et al.*, 2006).

La petrología de las areniscas es un tema central en la literatura geológica desde varios puntos de vista, incluye aquellos concernientes a las técnicas analíticas y la interpretación y aplicación de los resultados obtenidos que aportan datos relativos a las propias rocas y a sus fuentes de procedencia, así como también la definición del marco tectónico a escala regional y global. Características geomorfológicas, climáticas y tectónicas del área fuente, junto a los estilos de transporte, ambiente deposicional y diagénesis determinan la composición petrográfica y la textura de las rocas sedimentarias (Dickinson y Suczek, 1979; Basu, 1985; Jhonsson, 1993).

Los depósitos del Grupo Malargüe son un excelente registro sedimentario de la evolución de la cuenca neuquina en su etapa de antepaís y el arco magmático asociado al borde activo. En particular, la Formación Allen, base del Grupo Malargüe, constituye los depósitos de ambiente tran-

sicional que registran el cambio desde una sedimentación netamente continental a la primera influencia marina que afectó a la Cuenca Neuquina durante el Cretácico tardío (Barrio, 1990), la denominada transgresión Atlántica.

La riqueza en restos fósiles que posee esta Formación, ha favorecido la interpretación de distintos paleoambientes sedimentarios, desde estuarios y llanuras mareales (Barrio, 1990; Armas y Sánchez, 2011) hasta lagos salobres asociados a depósitos de arenas eólicas y de ríos efímeros (Salgado *et al.*, 2007; Armas y Sánchez, 2010). Sin embargo, hasta el momento, se carece de suficientes estudios petrográficos de detalle que permitan establecer áreas de procedencias para las areniscas de la Formación Allen y de algunas otras unidades.

La mayoría de los análisis petrográficos definen relaciones entre distancia de transporte de sedimentos y madurez composicional con los ambientes sedimentarios (Espejo y Lopez-Gamundi, 1994). Sin embargo, pocos aseguran la influencia de sistemas deposicional sobre modas detríticas y la vinculación de la composición con cambios de facies a través del espacio y tiempo (Moreno y Sierra, 2007; Allen y Johnson, 2010). En este trabajo se presentan las características petrográficas de las areniscas de origen eólico y mareal de la Formación Allen, con el objetivo de clasificar las litologías y establecer distintas áreas de procedencia de las mismas. Además se pretende comparar tendencias composicionales con cambios en los sistemas de depósito a través del tiempo.

El área de estudio se ubica en el borde oriental de la cuenca neuquina, en la provincia de Río Negro (Fig. 1a y 1b).

Las columnas estratigráficas de detalle estudiadas se localizan en las proximidades de las localidades de Cinco Saltos y Paso Córdoba (Fig. 1c).

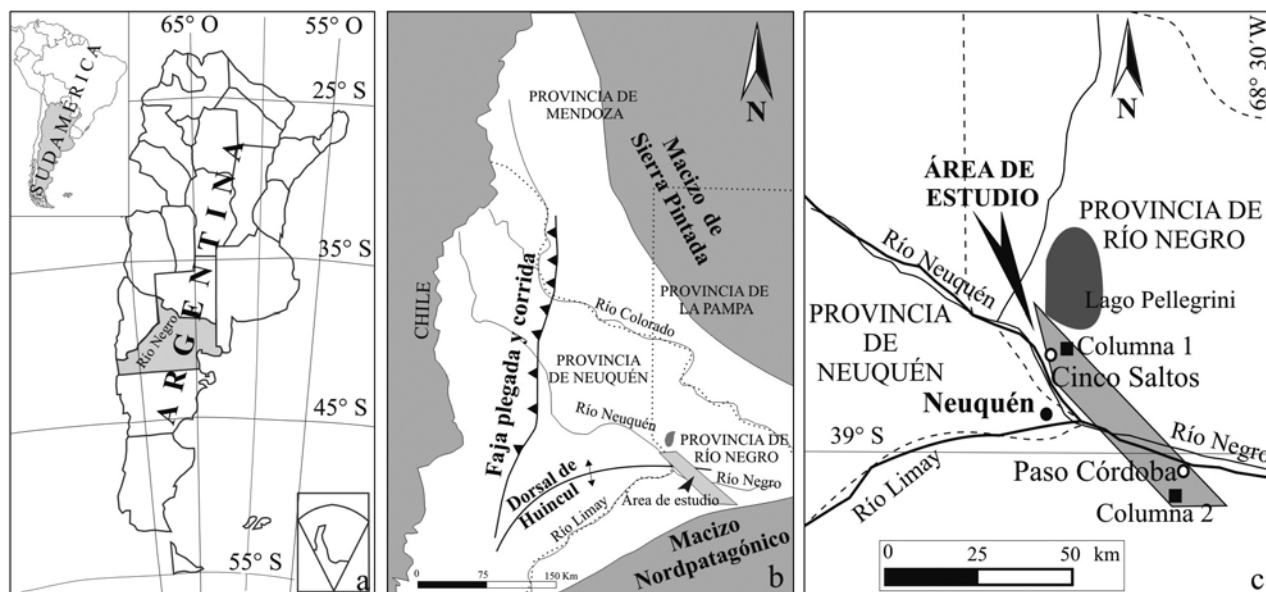


Fig. 1.- a) Sudamérica. Argentina, Provincia de Río Negro. b) Cuenca Neuquina. c) Ubicación del área de estudio y de las columnas estratigráficas.

Marco geológico y estratigrafía del área

La Cuenca Neuquina, se extiende desde el este de la Cordillera de los Andes en la Argentina hasta el centro-oeste de Chile, entre los 32° y 40° latitud sur. Conformar un amplio engolfamiento ubicado en el antepaís del Orogéno Andino constituido por el Sistema de la Sierra Pintada y el Macizo Nordpatagónico (Fig. 1b).

La génesis de esta cuenca presenta una compleja historia tectónica desde el inicio del Jurásico Inferior al Paleógeno controlada por la dinámica del borde occidental de la placa Sudamericana (Franzese y Spalletti, 2001; Aguirre Urreta *et al.*, 2011). Hacia fines del Mesozoico, con el levantamiento andino se establece la etapa de antepaís, desarrollándose una faja plegada y corrida (Fig. 1b) cuya posición controló la distribución de los depocentros y la migración de los mismos hacia el este (Ramos y Folguera, 2005). La etapa de antepaís, estuvo representada por los depósitos de los Grupos Neuquén y Malargüe que registraron una sedimentación marina - continental (Uliana y Dellapé, 1981; Legarreta y Uliana, 1999; Francese y Spalletti, 2001; Howell *et al.*, 2005). La figura 2 muestra una columna estratigráfica general de la cuenca Neuquina y de sus unidades estratigráficas.

Hacia el Maastrichtiense - Daniense se produce el inicio de la transgresión Atlántica a la cuenca (Andreis *et al.*, 1974; Uliana y Dellapé, 1981; Aguirre Urreta *et al.*, 2011) quedando registrado un sistema estuarino con sus facies distal, media y proximal muy bien preservadas (Formaciones Anacleto y Allen de los Grupos Neuquén y Malargüe respectivamente). En las áreas estudiadas la Formación Allen, presenta depósitos que corresponden a llanuras de marea, en el área de Cinco Saltos (Barrio, 1990; Armas y Sánchez, 2011) y sistemas eólicos en la región de Paso Córdoba (Salgado *et al.*, 2007; Armas y Sánchez, 2010).

Depósitos mareales de la Formación Allen

El miembro inferior de la Formación Allen está constituido por areniscas y conglomerados (Fig. 3a, 3b, 3c y 4a) con estratificación cruzada planar y asintótica a la base (Fig. 3b y c) que se disponen en cuerpos lenticulares y tabulares con bases planas que presentan a gran escala un bajo ángulo de inclinación. Han sido interpretados como la superposición de barras mareales (Barrio, 1990; Armas y Sánchez, 2011) que reflejan la migración de dunas de grava (Fig. 3b) de tamaño medio, sobre las que se disponen ondas de arena con estratificación cruzada de gran escala que se hace tangencial en la base de los cuerpos. Retrabajo por acción del oleaje se aprecia en el *toeset*. Además presentan “*drapes*” de lutitas de espesores milimétricos vinculados a las pausas en la migración de estas dunas (Harris y Eriksson, 1990). El apilamiento de elementos con potencias que oscilan entre 0,20 m a 1,20 m da lugar a cuerpos complejos de varios metros de espesor donde se identifican numerosas superficies de reactivación de bajo y alto ángulo y asintóticas a la base. Estas superficies, planas o convexas hacia arriba que separan las distintas macroformas presentan espaciamiento variado lo cual se asocia con las distin-

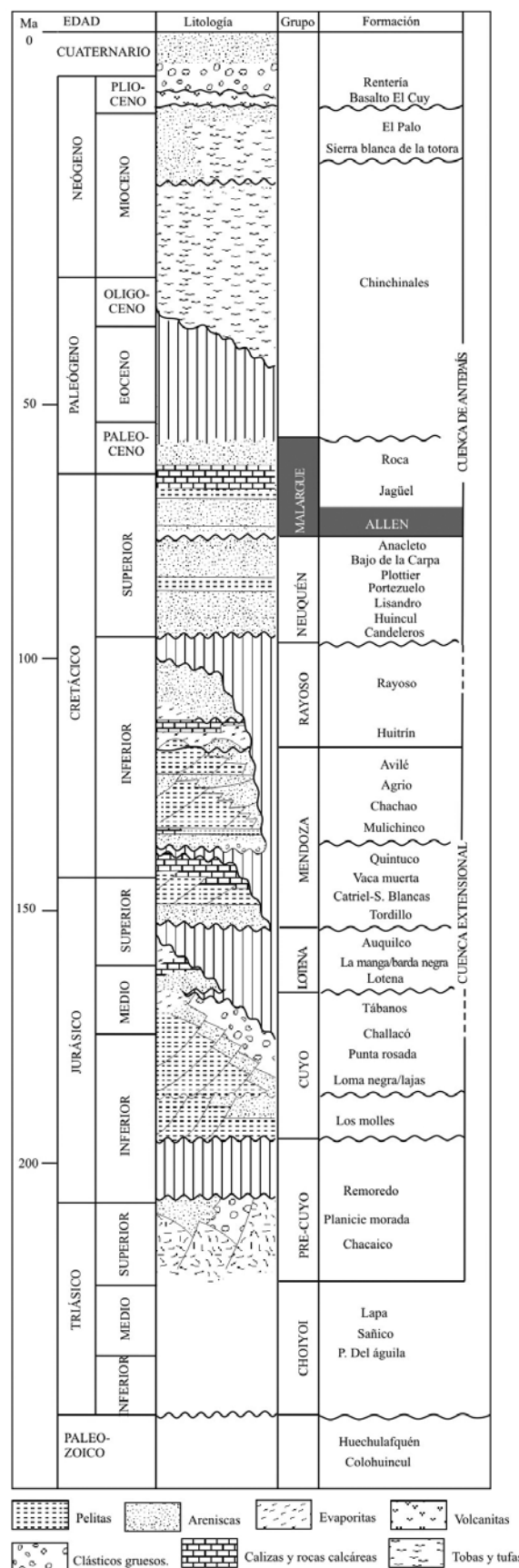


Fig. 2.- Columna estratigráfica de la Cuenca Neuquina (modificada a partir de Vergani *et al.*, 1995; Hugo y Lanza, 2001). La unidad estratigráfica considerada en este trabajo se destaca en gris.

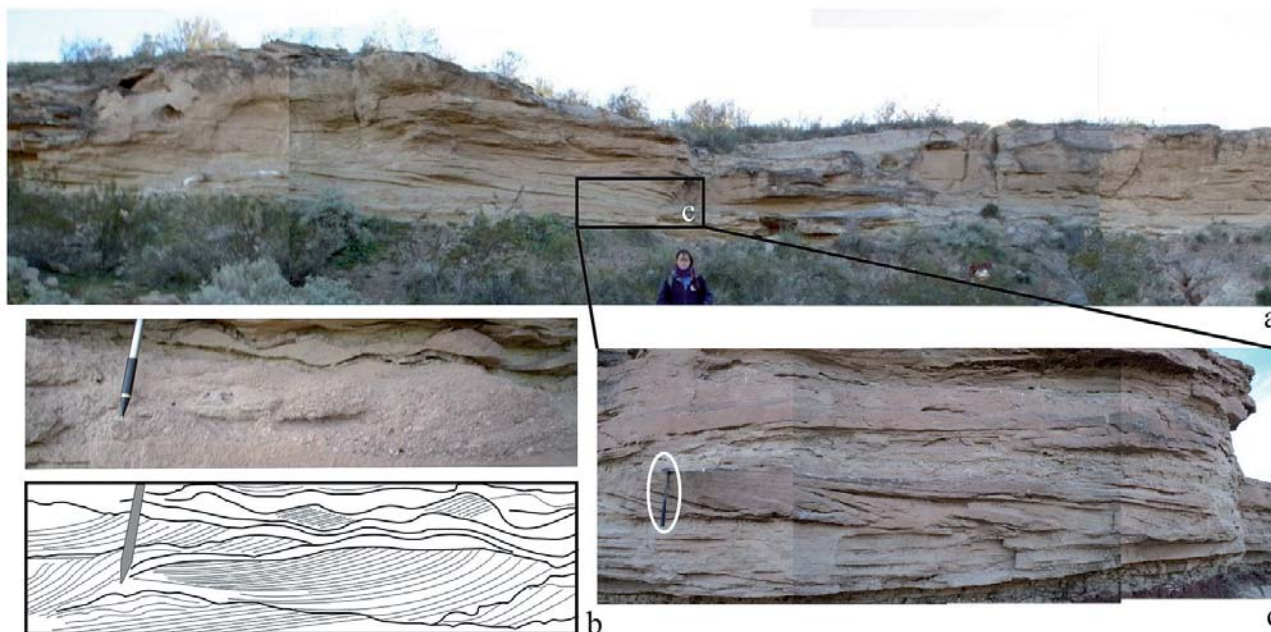


Fig. 3.- a) Afloramientos de depósitos de llanura mareal de la Formación Allen en la localidad de Cinco Saltos. Persona para escala. b) Detalles de las barras de gravas con estratificación asintótica a la base. Portaminas para escala. c) Detalle de las facies mareales de Formación Allen en Cinco Saltos. Martillo para escala.

tas velocidades de corriente (Rubin y Hunter, 1982; Dalrymple *et al.*, 1990).

En las cercanías de la localidad de Cinco Saltos (Fig. 1c) existen magníficos afloramientos de los depósitos mareales de la Fm Allen (Fig. 3).

Depósitos eólicos de la Formación Allen

Los depósitos eólicos de la Fm Allen están representados por draas con mesoformas complejas (Fig. 4a y b) que internamente presentan numerosas superficies de reactivación paralelas a las superficies de los *cosets* y evidencian variaciones en la dirección de los paleovientos (Fryberger 1993). Los depósitos de interduna húmeda presentan superficies altamente bioturbadas y con grietas de desecación (Fig. 4c) evidenciando pausas en la sedimentación y alternancia de períodos secos y húmedos.

En contacto con estos depósitos, mediante una superficie erosiva (Fig. 5a, 5b y 6b), se observa el desarrollo de otro sistema eólico integrado por grandes dunas transversales que muestran una perfecta preservación de las caras de avalancha (Fig. 5a y 5b) y presencia de facies de interduna (Fig. 5c) húmeda según la interpretación de Armas y Sánchez (2010). El extenso desarrollo de estratos de flujos de granos es uno de los principales rasgos de las dunas transversales (Ross, 1983). Se presenta en la parte media e inferior de los flancos mostrando la migración de las dunas por el avance de las caras de avalancha. En la parte superior de este sistema eólico de la Fm Allen, la estratificación cruzada planar queda fuertemente obliterada por el incremento en la densidad de trazas de organismos y bioturbaciones de raíces, evidenciando cobertura de vegetación en las regiones superiores del flanco y de la cresta de las grandes dunas (Mountney y Russell, 2009).

En las proximidades de la localidad de Paso Córdoba se presentan excelentes afloramientos de los depósitos eólicos de la Fm Allen (Fig. 4 y 5).

Paleocorrientes

Las medidas de paleocorrientes realizadas en los diferentes tipos de estratificación cruzada que constituyen el ordenamiento interno de las barras mareales indican una dirección preferente de avance de la corriente hacia el NO (Fig. 6a). Orientación que coincide con la de la marea ascendente según las interpretaciones de Armas y Sánchez (2011). La presencia de óndulas con crestas truncadas y orientación oblicua a las crestas de las dunas sugiere una corriente subordinada (reflujo) hacia el NE.

Las eolianitas de la Fm Allen presentan una amplia variación en la dirección de los paleovientos, especialmente las que constituyen depósitos tipo draa con direcciones hacia el NE, SO y O. El sistema eólico conformado por el campo de dunas transversales tuvo una dirección de avance hacia el SE por vientos provenientes desde el NO (Fig. 6b), con intensidades muy variadas que ocasionaron importantes variaciones en la granulometría de los depósitos.

Metodología

Con el objetivo de llevar a cabo los estudios petrográficos se realizó un muestreo de dos columnas estratigráficas de la Formación Allen ubicadas en las proximidades de las localidades de Cinco Saltos y de Paso Córdoba (Fig. 1c y 4). El muestreo abarcó la totalidad de las facies sedimentarias identificadas y se realizó en la base de los estratos teniendo en cuenta que en esta parte la concentración de los

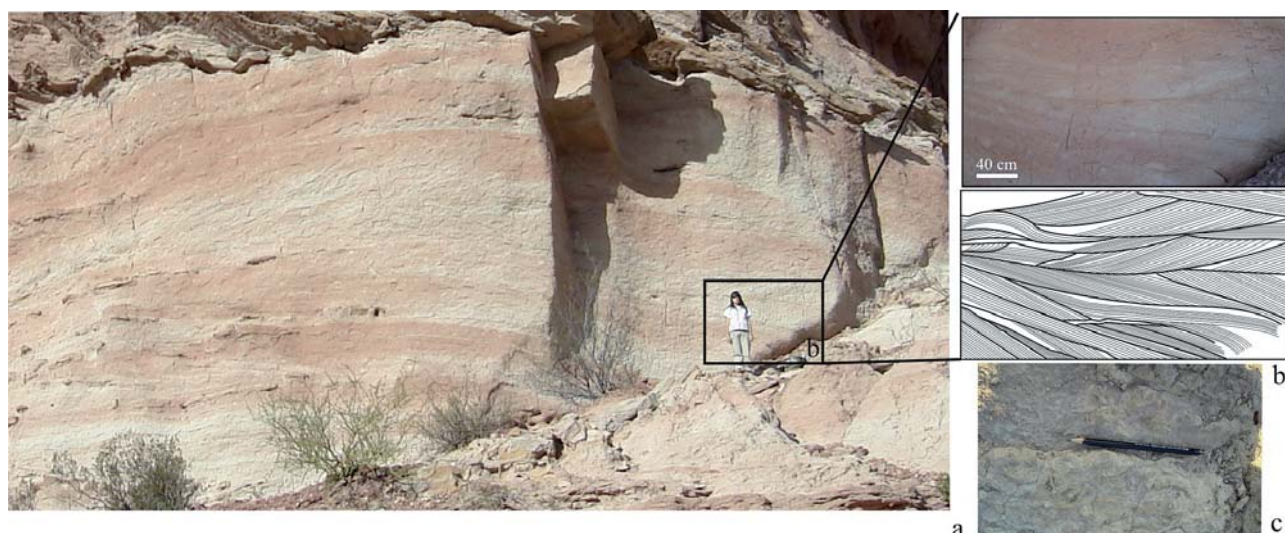


Fig. 4.- a) Afloramientos de la Formación Allen al sur de la localidad de Paso Córdoba. Depósitos eólicos interpretados como un sistema de “draa”. Persona de escala. b) Detalle de la estratificación de dunas complejas. c) Grietas de desecación en depósitos de interduna. Lápiz de escala.

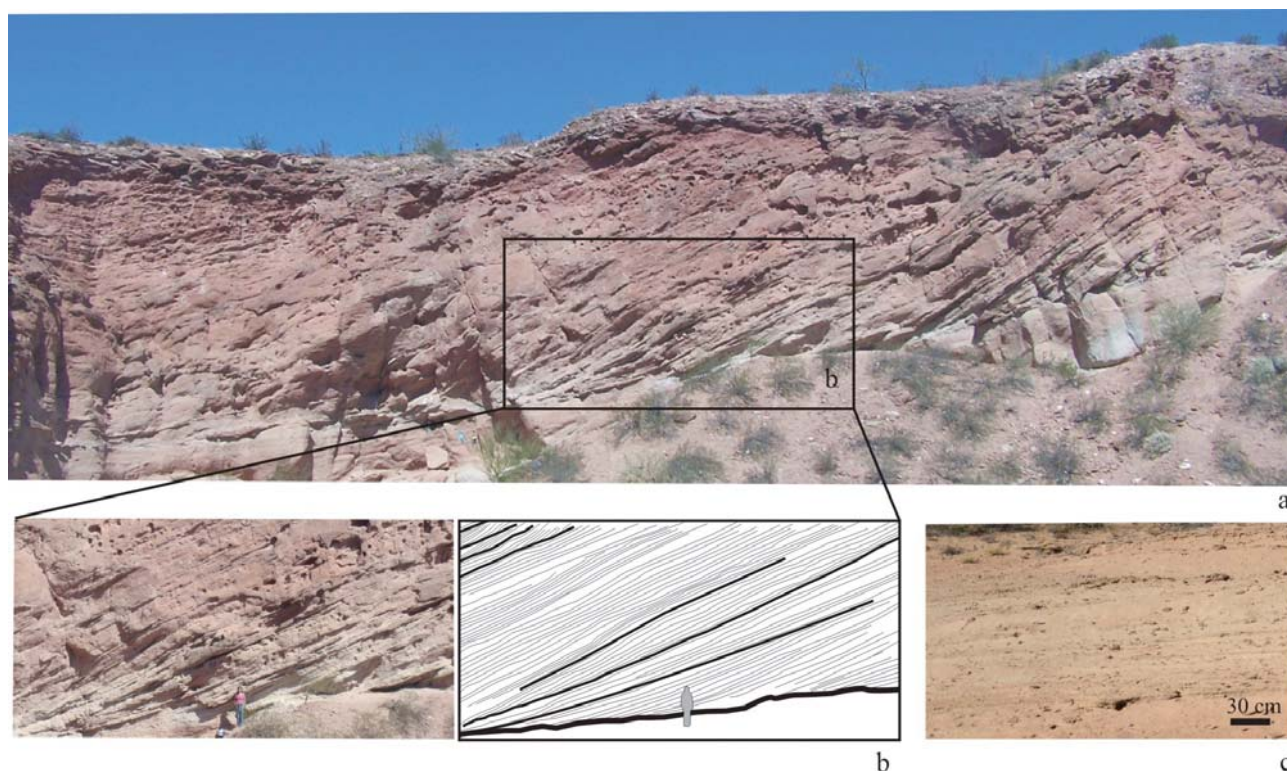


Fig. 5.- a) Afloramientos de la Formación Allen al sur de la localidad de Paso Córdoba. Depósitos eólicos interpretados como un sistema de dunas transversales. Ver escala humana en b. b) Detalle de la preservación de las caras de avalancha de las dunas transversales. En la base se observa la superficie erosiva que limita este sistema con el sistema de “draas”. Persona para escala. c) Depósitos de interduna.

fragmentos de roca es mayor (Blatt, 1967). Con éstas se elaboraron láminas delgadas estándar (4 x 2.5 cm) para realizar el estudio petrográfico que consistió tanto de la identificación composicional de los clastos, como así también de la caracterización textural y análisis modal de la trama.

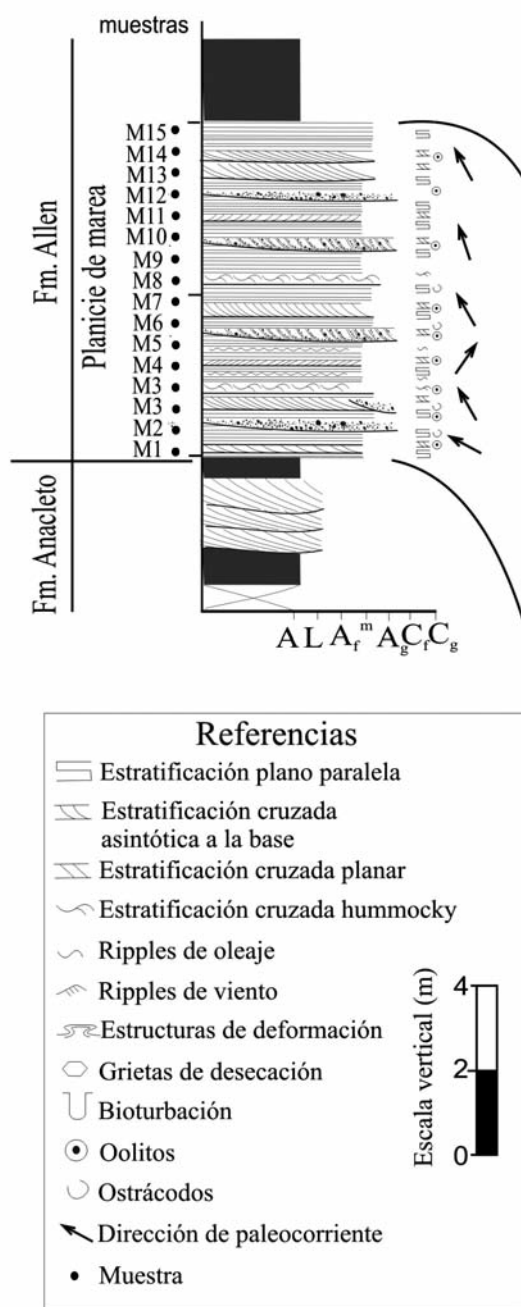
El análisis textural estuvo orientado a caracterizar tamaño de grano según escala de Wentworth (1922), selección y grado de redondez a partir de comparación visual

con tabla de cuantificación de Pettijohn *et al.* (1972), descripción del tipo de contactos entre granos, fábrica y ordenamiento interno. Para el análisis modal se realizó el conteo de puntos de 27 láminas delgadas. A fin de evitar el sesgo de tamaño de grano en la composición (Johansen, 1988; Garzanti *et al.*, 2008) se tomaron areniscas finas a medias.

La posición estratigráfica de las muestras estudiadas aparece indicada en las columnas de la figura 6. Se ha apli-

COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

Columna a: Cinco Saltos



Columna b: Paso Córdoba

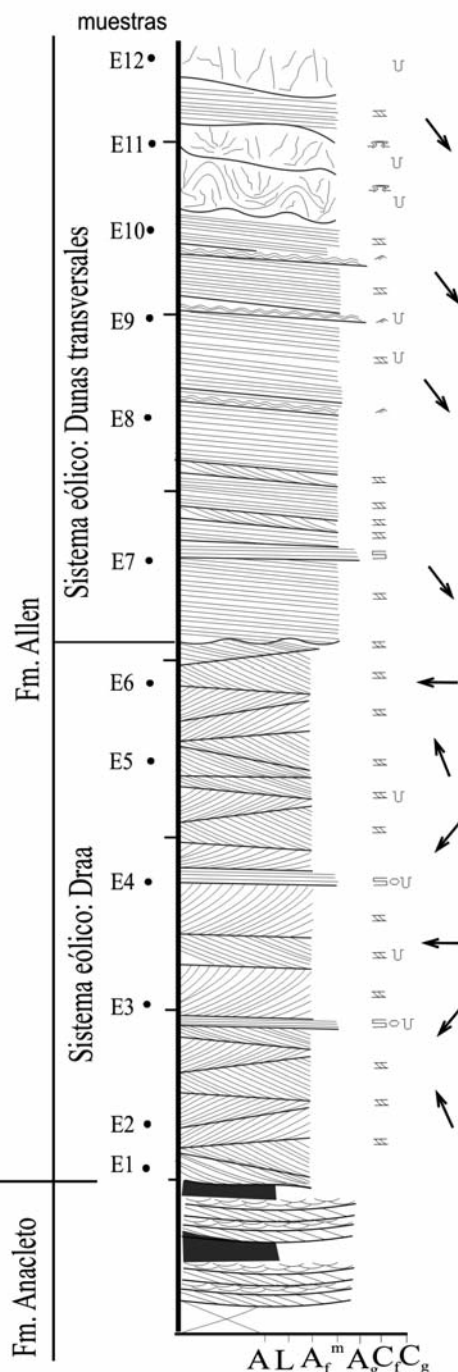


Fig. 6.- a) Columna estratigráfica del miembro inferior de la Formación Allen en la localidad de Cinco Saltos. b) Columna estratigráfica de la Formación Allen en Paso Córdoba. En ambas columnas se localizan las muestras utilizadas para el análisis petrográfico.

cado un conteo de puntos híbrido que ha permitido conjugar los criterios y categorías petrográficas de los dos métodos que suelen utilizarse en petrología sedimentaria: el método Gazzi-Dickinson o QFL y el método QFR o clásico. En cada lámina se contabilizaron entre 1000 y 1200 puntos. Para que una sola lámina resultara representativa de la composición modal de la arenisca de la cual procede (Roubault, 1963), se asumió un error de 2% y un índice de Chayes de 60. La red del conteo se estableció con una separación horizontal de 1/3 mm y vertical de 2 mm.

En la tabla 1 se presenta los parámetros e índices petrográficos que han sido contabilizados de acuerdo a las características petrográficas de las areniscas.

Cabe aclarar que las areniscas de la Formación Allen no presentan importantes variaciones composicionales temporales ni espaciales, por lo cual este método resulta apropiado (Ingersoll y Eastmond, 2007; Ghazi y Mountney, 2011).

A partir del recálculo de los porcentajes composicionales (tabla 1) obtenidos en el conteo de puntos, se realizaron

Parámetros contabilizados	
Qm	Cuarzo monocristalino
Qpi	Cuarzo policristalino ígneo
Qpm	Cuarzo policristalino metamórficos
Qfv	Cuarzo en fragmento de roca volcánica
Qfm	Cuarzo en fragmento de roca metamórfica
Sim	Sílice microcristalina
F	Feldespato
FLv	Feldespato en fragmento de roca volcánica
Flm	Feldespato en fragmento de roca metamórfica
Fmc	Fragmento de cuarcitas
Lmf	Fragmento de filitas
Lme	Fragmento de esquistos
Lrnm	Fragmento de milonitas
Lsa	Fragmento de areniscas
Lsl	Fragmento de limolitas
Lvb	Fragmentos de rocas volcánicas básicas
Lva	Fragmentos de rocas volcánicas ácidas
Índices petrográficos	
Qt	Cuarzo total (Qm + Qp + Sim + Qfv + Qfm)
Qp	Cuarzo policristalino (Qpi + Qpm)
Lt	Líticos totales (Lv + Lm + Ls)
Lv	Líticos volcánicos totales (Lva + Lvb)
Lm	Líticos metamórficos totales (Lmc + Lmf + Lme + Lrnm)
Ls	Líticos sedimentarios totales (Lsa + Lsl)
Lsm	Líticos sedimentarios + líticos metamórficos (Ls + Lm)

Tabla 1.- Parámetros contabilizados e índices petrográficos utilizados para el análisis modal.

los diagramas que permitieron caracterizar las sedimentitas objeto de estudio (Qt/Lv/Ls, Qt/F/Lv y F/Lv/Lsm, Lm/Ls/Lv y Ls/Lva/Lvb). Para el análisis de procedencia se utilizaron los diagramas ternarios Qt/F/L y Qm/F/Lt propuestos por Dickinson (1985) y el diagrama Qp/Lv/Ls de Dickinson y Suczek (1979). El primero de ellos considera el contenido de cuarzo total ($Qt=Qm+Qp$), feldespatos ($F=K+P$) y líticos (L). Es el diagrama que establece las categorías de procedencia teniendo en cuenta la madurez de la roca y se suele utilizar de referencia al realizar la comparación entre estudios tectonocistas y “clásicos” (Moreno y Sáez, 1990). El diagrama ternario que incluye el contenido de cuarzo monocristalino (Qm), feldespatos ($F=K+P$) y líticos totales ($Lt=L+Qp$) es empleado en este trabajo porque se basa en las características de las rocas fuente para definir los distintos campos.

El empleo del diagrama de (Qp / Lv / Ls) de Dickinson y Suczek (1979) es utilizado para establecer el tipo de ambiente tectónico de las áreas fuentes considerando tipos de clastos parciales.

También se clasificaron las muestras siguiendo las indicatrices de la escuela clásica y se elaboró el diagrama ternario que utiliza cuarzo (Q), feldespatos (F) y fragmentos de rocas (R). Además se utilizó el microscopio electrónico

de barrido (SEM) para realizar análisis composicionales de minerales y de los distintos cementos.

Caracterización petrográfica de la Formación Allen

Las areniscas de la Fm Allen muestran valores medios enriquecidos en cuarzo respecto a los demás componentes de la trama. La representación de los datos en los diagramas triangulares de composición de Pettijohn *et al.* (1972) define una nube de puntos alargada ocupando una posición intermedia-alta que se expande entre el campo de las subarcosas, arenitas arcósicas y arenitas líticas ($Q_{60.12}$, $F_{25.44}$, $R_{14.4}$, Fig. 7). Los puntos se aglutinan en torno a dos posiciones que permiten la definición de dos poblaciones composicionales correspondientes a los dos ambientes sedimentarios anteriormente descritos, mareales y eólicos. Las areniscas de origen mareal ocupan una posición intermedia entre el campo composicional de las subarcosas y de las arenitas arcósicas, mientras que las eólicas se distribuyen alrededor del eje que divide las arenitas arcósicas de las líticas.

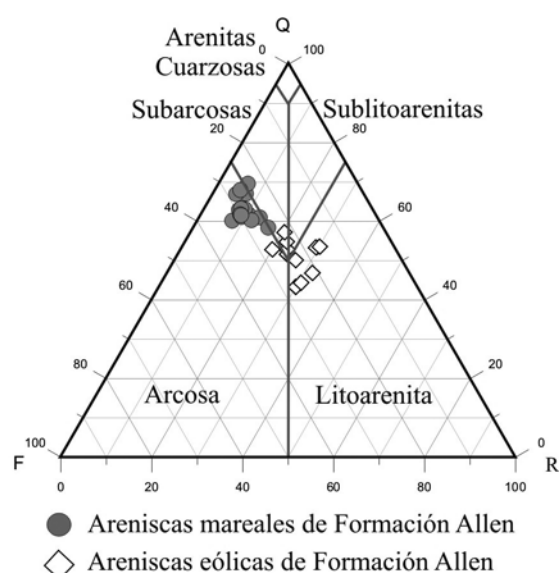


Fig. 7.- Representación de las areniscas de la Formación Allen en el diagrama triangular de clasificación de Pettijohn *et al.* (1972).

La textura de las areniscas de la Formación Allen de origen mareal muestra detritos redondeados a subredondeados. El tamaño de grano varía entre 0.25 a 2 mm (areniscas medianas a gruesas). El contacto entre granos es principalmente puntual y tangencial y, en menor medida, completo para las unidades superiores de la columna. La selección es buena y moderada de acuerdo a las distintas litofacies. La matriz es de tamaño arcilla y en ella se han identificado esmeclitas. El cemento es de composición principalmente carbonática y presenta textura en mosaico, poiquilítica y micrítica, observándose en algunos casos que el proceso de micritización ocurrió con posterioridad al desarrollo del cemento carbonático en bloque (Fig. 8a). En los poros de las facies de areniscas gruesas se observa precipitación de yeso

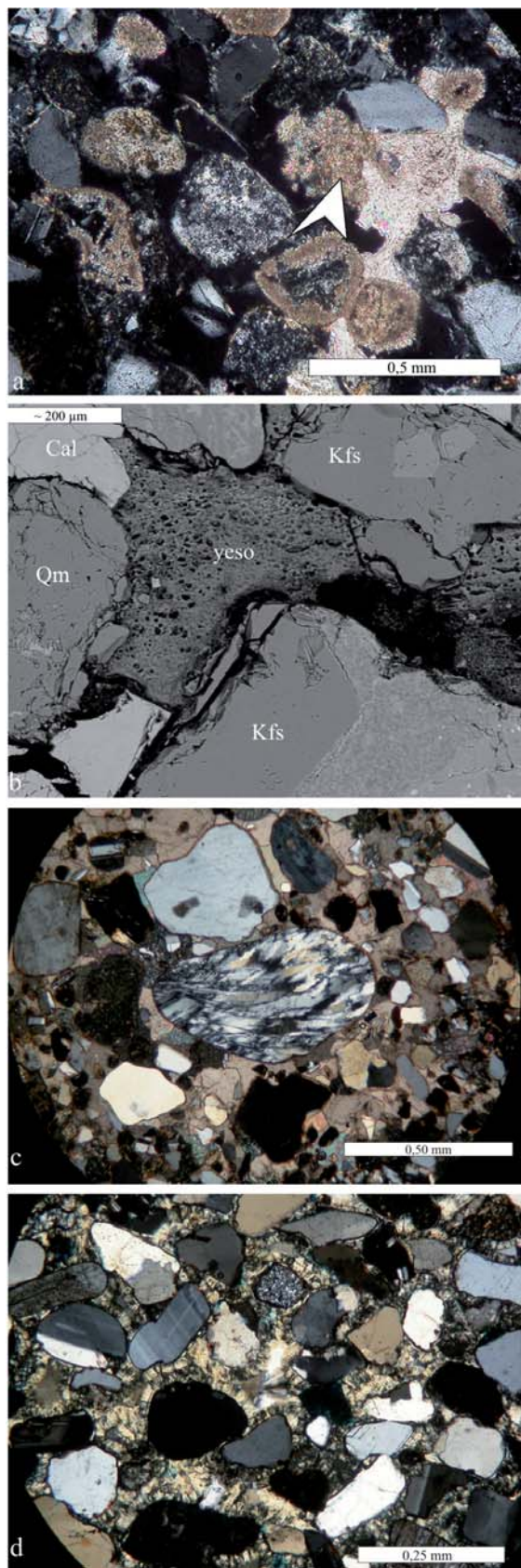


Fig. 8.- Figura 6. a) Cemento carbonático y micritización posterior, nódulos cruzados. b) precipitación de yeso de hábito fibroso. feldespato potásico microclino (kfs), cemento carbonático (Cal), cuarzo monocristalino (Qm). c) Arenisca de facies de interduna donde se observa moderada selección y cemento carbonático poiquilotópico, nódulos cruzados. d) cemento de calcedonia fibrosa a nódulos cruzados.

de hábito fibroso (Fig. 8b) y crecimiento de cristales de celolitas (natrolita) de hábito tabular y prismático que puede estar derivado de la alteración del vidrio volcánico contenido en algunos granos de la trama. El grado de cementación para las areniscas de la Formación Allen es alto y homogéneo en toda la columna sedimentaria.

La textura de los depósitos eólicos de la Formación Allen está definida por granos redondeados y tamaños entre 0.0625 a 0.4 mm (areniscas muy finas a medias). Los contactos entre granos son puntuales y tangenciales. Se observan marcadas diferencias en cuanto a la selección y cementación entre las facies de interduna y las de cara de avalancha. En las areniscas de interduna la selección es moderada y el cemento de composición carbonatada con cristales dispuestos en mosaico (Fig. 8c). En el caso de las facies de cara de avalancha del sistema eólico inferior (draas) la selección es muy buena y carecen de cemento, mientras que las areniscas del sistema eólico superior de dunas transversales muestran selección buena y cemento silíceo fibroso rodeando los clastos (Fig. 8d). De manera que la correlación entre características petrográficas y sedimentarias para las areniscas eólicas de la Fm Allen es muy buena.

El estudio composicional del conjunto de las areniscas de la Formación Allen permitió identificar granos monominerales entre los que se encuentran cuarzo monocristalino, cuarzo policristalino, chert, plagioclasa, feldespato alcalino (ortoclasa y microclina), granate (almandino – grosularia), epidota, circón, anfíboles, apatito y opacos. En cuanto a fragmentos de roca, se ha observado la presencia de líticos volcánicos (ácidos y básicos), metamórficos (cuarcitas, filitas, esquistos y milonitas) y sedimentarios (areniscas y limolitas).

En las areniscas de origen mareal además es importante la proporción de granos carbonatados. Son de destacar oolitos y granos esqueléticos, algunos de ellos muy bien preservados, especialmente ostrácodos.

Los granos de cuarzo monocristalino, presentan bordes netos, redondeados o engolfados (Fig. 9a) y muy corroídos por procesos de disolución. La extinción de los granos es recta u ondulante, a veces muy débil, o extremadamente marcada señalando una alta tasa de deformación. Los granos de cuarzo policristalino suelen presentar bordes netos y limpios. Están conformados por subcristales de tamaños variables, con extinción normal, contactos rectos con uniones de puntos triples a 120°, o extinción ondulante y suturas indentadas. Los granos de feldespato alcalino identificados presentan a veces textura pertítica y maclas en enrejado características de la microclina (Fig. 9a). Los feldespatos que corresponden a granos de plagioclasas, presentan maclas de dos individuos “Calrsbad”, polisintéticas bien definidas, acunadas y alabeadas, como así también texturas mirmequíticas (Fig. 9b). Muchos granos de feldespato se encuentran muy sericitizados, alterados a minerales del grupo de las arcillas. La corrosión de los bordes aparece entonces muy marcada.

Entre los fragmentos de roca identificados, los más abundantes son los de rocas volcánicas, tanto básicas como ácidas (Figs. 9c y 9d), con contactos tangenciales y bordes

alterados. Presentan textura microlítica, afanítica y porfírica en la cual se destacan los cristales de cuarzo y feldespato alcalino (sanidina) en algunos casos, y cristales de plagioclasas (andesina) con maclas de dos individuos (Fig.

9c) en otros casos, asociados a una pasta muy alterada por óxidos. Además se observan estructuras fluidales magmáticas y texturas esferulíticas (Fig. 9d).

También son muy característicos los fragmentos de roca

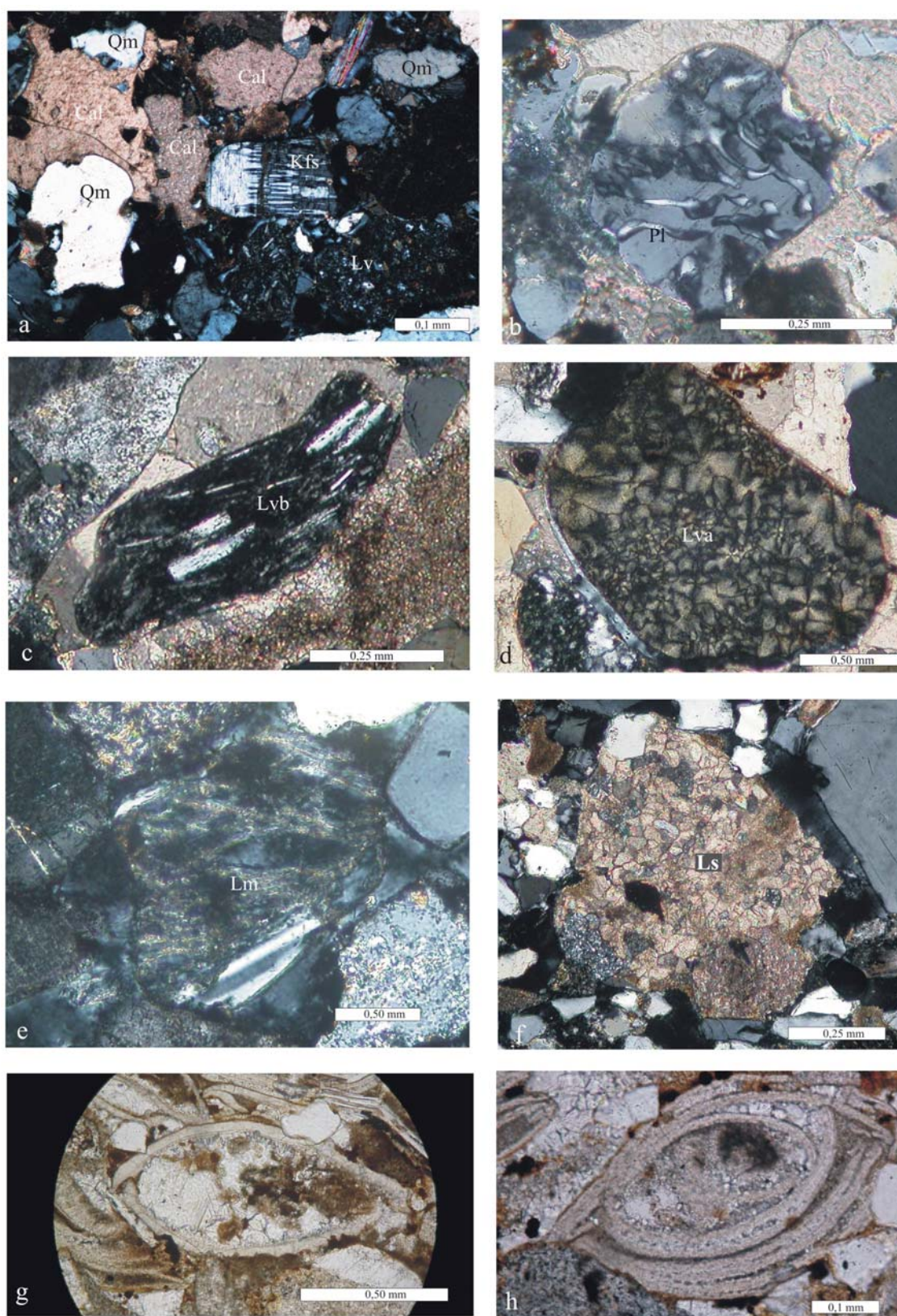


Fig. 9.- a) Cuarzo monocristalino con bordes engolfados, feldespato potásico microclino (kfs), Lítico volcánico (Lv) y cemento carbonático (Cal), nícoles cruzados. b) Plagioclase con textura mirmequítica, nícoles cruzados. c) Lítico volcánico básico (Lvb), nícoles cruzados. d) Lítico volcánico ácido (Lva), nícoles cruzados. e) Lítico metamórfico (Lm) milonita nícoles cruzados. f) Lítico sedimentario (Ls) calcarenita, nícoles cruzados. g) Ostrácodos. h) Foraminífero.

metamórfica, entre los que se destacan los de filitas y esquistos. En ellos se aprecia con claridad la deformación en la disposición de los filosilicatos (moscovita y clorita) y los planos de exfoliación. Existen buenos ejemplos de fragmentos de milonitas con porfiroblastos de cuarzo y feldespatos con desarrollo de sombras de presión y el bandeo de filosilicatos remarcando los planos de exfoliación (Fig. 9e). Entre los fragmentos sedimentarios se destacan los granos de areniscas detríticas y de calcarenitas (Fig. 9f).

Los oolitos se presentan con diámetros que varían entre 0.15 y 1 mm, con formas ovoidales y esféricas. Los núcleos corresponden a granos de cuarzo, líticos o bioclastos, o también a coágulos de micrita. La mayor parte consta de una corteza con crecimiento concéntrico de calcita y desarrollo de cristales fibrosos radiales en láminas externas. En menor proporción los oolitos presentan sólo el crecimiento concéntrico. Algunos exhiben rasgos de deformación en el núcleo, asociados a compactación y grietas rellenas perpendiculares al crecimiento concéntrico, vinculado posiblemente al extenso retrabajamiento en los ambientes mareales según criterios de Flügel (2004). Los ostrácodos, de forma ovoide y tamaño entre 0.250 a 1 mm, presentan las valvas completas o desarticuladas (Fig. 9g).

La composición de éstas corresponde a láminas de calcita o en hábito finamente prismático. Es frecuente la preservación de las dos valvas y la observación de la típica sección de "valvas envolventes" con un relleno de cemento carbonático en mosaico creciendo hacia el interior del bioclasto. También es común el apilamiento de valvas pequeñas dentro de otras mayores. Internamente están rellenas por cemento micrítico. Se observan rasgos de deformación

por compactación o retrabajamiento tanto en valvas completas como en las desarticuladas.

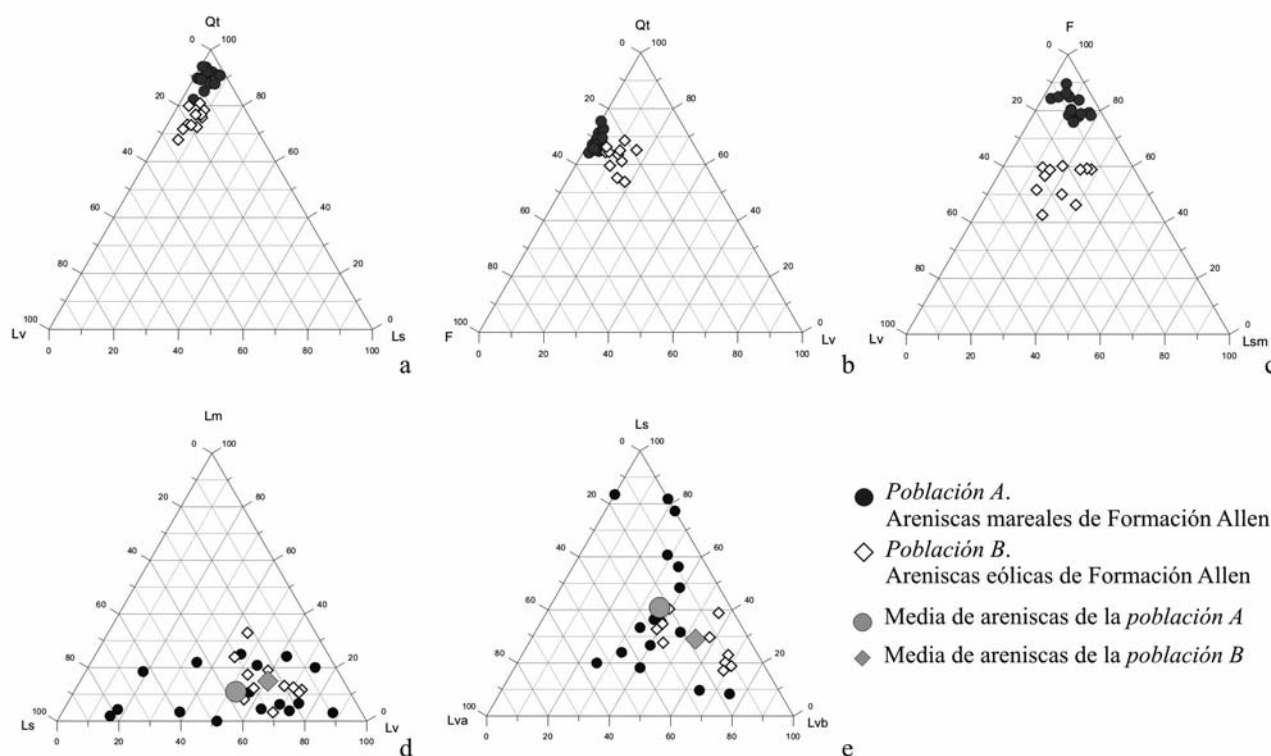
Otros granos esqueléticos presentes en las areniscas mareales de la Fm Allen son fragmentos de construcciones algales laminadas de entre 0.4 a 1.25 mm, caracterizadas por formas alargadas curvas o rectas. Estas presentan una zona periférica de calcita de hábito laminar o finamente prismático y una parte interna rellena por cemento carbonatado en mosaico o por micrita.

Los foraminíferos presentan tamaños que varían entre 0.250 a 0.60 mm, con forma lenticular asimétrica y envolvente (Fig. 9h). En los individuos mejor conservados se pueden apreciar cámaras arregladas en espiras que parecen presentar conexión a través de una o varias aperturas. La pared es de composición calcítica constituida por varias láminas de estructura prismática. Presentan un relleno de cemento micrítico.

El factor de madurez composicional $[(Q+Chert)/(F+L)]$ de Pettijhon (1954) es bajo para el conjunto de areniscas de la Formación Allen, con valores de 1.45 para las areniscas mareales, 1.20 para las eólicas del sistema draa y 1.34 para las areniscas de dunas transversales.

Resultados del análisis modal

El análisis de moda detrítica de las areniscas de la Formación Allen, realizado a partir de los datos obtenidos con un conteo de puntos tipo G-D, indica que se trata de areniscas feldespatoíticas según los criterios composicionales de Crook (1960), con valores porcentuales de $Q_{59.87}$, $F_{25.44}$ y $L_{14.69}$ (Fig. 11a). Las dos poblaciones composicionales de-



finidas anteriormente muestran su principal diferencia en la proporción de fragmentos líticos y de granos de cuarzo (Fig. 10).

Los valores correspondientes al porcentaje de granos de feldespatos se muestran más uniformes en ambas.

La población A que agrupa a las areniscas depositadas en un medio sedimentario de llanura mareal presenta una composición media de $Q_{63.13\%}$ $F_{27.20\%}$ $L_{9.67\%}$. Los fragmentos líticos más abundantes son los de naturaleza volcánica, aunque con proporciones muy disminuidas respecto al cuarzo y feldespatos. El recálculo realizado para los diferentes tipos de granos de la trama proporciona valores de $Qt_{88.15\%}$ $Lv_{6.35\%}$ $Ls_{5.48\%}$; $Qt_{66.56\%}$ $F_{28.59\%}$ $Lv_{4.83\%}$ y $Lv_{12.37\%}$, $F_{74.76\%}$, $Lsm_{12.85\%}$ (Fig. 10).

La población B incluye a las areniscas eólicas de la Fm Allen que fueron depositadas en dos sistemas eólicos superpuestos, un campo de draas, sobre el que yace un campo de dunas transversales. Su composición media es $Q_{55.14\%}$ $F_{22.87\%}$ $L_{22.00\%}$. El recálculo realizado para los diferentes tipos de granos de la trama da valores de $Qt_{75.09\%}$ $Lv_{17.79\%}$ $Ls_{7.10\%}$; $Qt_{60.44\%}$ $F_{25.06\%}$ $Lv_{14.49\%}$ y $Lv_{29.64\%}$ $F_{51.21\%}$ $Lsm_{19.14\%}$ cuya distribución puede verse en la figura 8.

La principal diferencia de esta con la población A estriba en la menor proporción de granos monominerales (cuarzo y feldespatos) y en el aumento significativo de granos líticos, especialmente en los de naturaleza volcánica básica.

La relación Q/F es utilizada para establecer parámetros de madurez mineralógica, a modo de cuantificación del retrabajamiento sufrido por los sedimentos y como aproximación a la historia del transporte (Pettijhon, 1954). El valor de la relación Q/F de las areniscas de llanura mareal (población A) y las eolianitas del sistema de draa de la población B es 2.3. Esta semejanza no es de extrañar ya que ambas litologías ocupan la misma posición estratigráfica y son interpretadas como un cambio lateral de facies (Fig. 4). La relación aumenta (Q/F: 2.8) en las areniscas del sistema eólico de dunas transversales de la población B. Dada la complejidad litológica de las áreas de aporte es conveniente considerar también la relación $[(Q+Chert)/(F+L)]$ (Pettijhon, 1954) que proporciona valores bajos para las dos poblaciones consideradas (Población A: 1.45 y Población B: 1.23). Parámetros que corroboran un bajo grado de madurez composicional, dato de especial relevancia para los depósitos eólicos.

Análisis de procedencia

La aplicación de los datos obtenidos a los diagramas de procedencias diagnósticos de los ambientes geotectónicos de Dickinson (1985) muestran que las areniscas de la Formación Allen se asocian a dos categorías de procedencia, “orógeno reciclado” y “bloque continental-transicional continental”.

La mayor parte de las muestras de areniscas de llanura mareal de la Formación Allen (población A) quedan incluidas en el campo de “orógeno reciclado”, mientras que en el campo de “bloque continental” está ocupado principalmente por las areniscas eólicas o población B (Fig. 11a).

De igual manera la distribución composicional de las poblaciones A y B se refleja en la representación de los datos composicionales en el diagrama Qm/F/Lt (Fig. 11b). Por el contrario, el uso del diagrama Qp/Lv/Ls de Dickinson y Suczek (1979) para las areniscas de la Formación Allen muestra mayor índice de mezcla y peor distribución poblacional (Fig. 11c), a pesar de que la nube de puntos representados es mucho más dispersa que en los diagramas anteriores. Por el contrario, el diagrama Qp/Lv/Ls muestra una nube de puntos dispersa y con mayor índice de mezcla, donde la distribución poblacional apenas se aprecia (Fig. 11c). De cualquier manera la gran mayoría de las muestras quedan englobadas en el campo de procedencia de los arcos orogénicos.

Las características composicionales de la trama sugieren la presencia de rocas ígneas, tanto plutónicas como volcánicas, rocas metamórficas y rocas sedimentarias en las principales áreas de aportes. La combinación de los datos petrográficos con los datos de paleocorrientes (Fig. 6) permite seleccionar posibles áreas fuente que explican la variedad composicional de los depósitos estudiados. Una de ellas, considerando los estudios de paleocorrientes y de geología regional, correspondería al Macizo Nordpatagónico (Fig. 1b) que, durante el Cretácico Superior, debió constituir un alto estructural integrado por rocas ígneas, metamórficas de grado variable y complejos volcánicos calcoalcalinos (Rapela y Caminos, 1987).

El basamento nordpatagónico, se ubica al S y SW del área de estudio y en él se identifican dos fajas de terrenos ígneo-metamórficos (Dalla Salda *et al.*, 1999 y Varela *et al.*, 2005). Una se encuentra en el sector occidental y está representada por esquistos, filitas cuarzosas, cuarcitas, granitos, granodioritas, tonalitas y migmatitas. Las características litológicas y la evolución tectónica del sector nordpatagónico (Varela *et al.*, 2005, Dalla Salda *et al.*, 1999; Varela *et al.*, 2005 y Ramos 2008), explican la presencia de cuarzo monocristalino y policristalino, sílice microcristalina, plagioclasa, ortoclasa, microclino, granate, epidota, circón, anfíboles, líticos volcánicos (ácidos y básicos), fragmentos de cuarcitas, filitas, esquistos y milonitas.

La elevada proporción de los fragmentos líticos volcánicos puede relacionarse con la expansión y migración del arco volcánico hacia el antepaís, que generó potentes depósitos volcánicos, entre ellos emplazamientos de diques y generación de coladas volcánicas, al este del frente de corrimiento a los 72.83 ± 0.83 Ma. (Ramos y Folguera, 2005). Esto último explicaría el dominio de líticos volcánicos limpios, sin alteraciones y con bordes netos que tendrían origen en el arco volcánico activo sobre los más alterados y con marcado retrabajamiento que se relacionarían con los terrenos volcánicos antiguos nordpatagónicos. Los líticos sedimentarios presentes de manera subordinada sugieren el aporte de estratos supracorticales elevados de las Unidades infrayacentes a la Formación Allen.

Considerando las direcciones de paleocorrientes de los depósitos del sistema eólico de draa, en la región de Paso Córdoba, se debe tener en cuenta otra posible área fuente al NE. Se propone que los vientos, en su trayectoria, atrave-

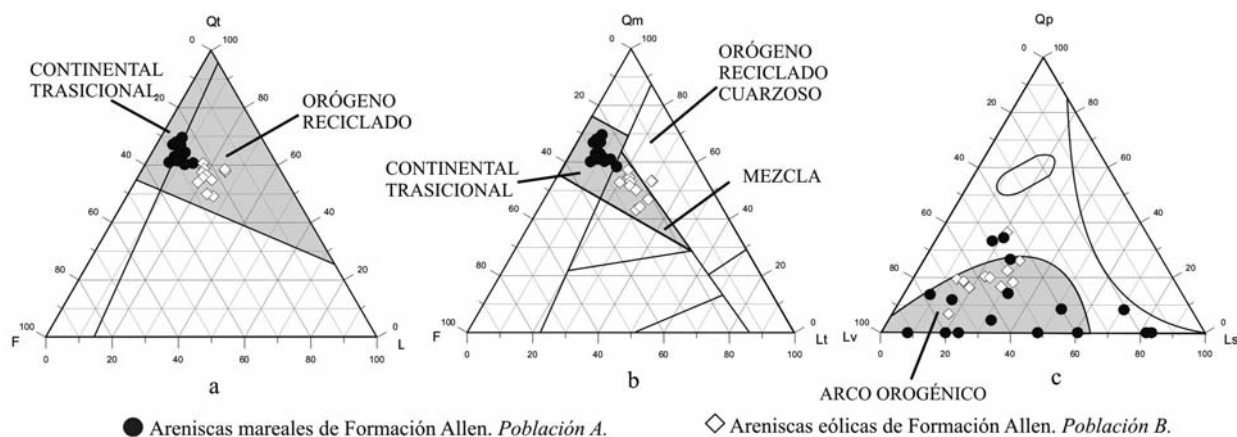


Fig. 11.- a y b) Representación de las areniscas de la Formación Allen en los diagramas ternarios de procedencia (Qt / F / L) y (Qm / F / Lt) de Dickinson (1985). c) Representación de las areniscas de la Formación Allen en el diagrama ternario de procedencia (Qp / Lv / Ls) de Dickinson y Suczek (1979).

saron el Macizo de Sierra Pintada (Fig. 1b). Es de suponer que en tal región existía disponibilidad de material para ser transportado y almacenado en el sistema eólico. La Sierra Pintada está conformada por rocas metamórficas de edad proterozoica y rocas sedimentarias asociadas con magmatismo básico de edad ordovícica media. Las secuencias sedimentarias son marinas y continentales e infrayacen a una potente serie volcánica permo-triásica (Criado Roque, 1972; González Díaz, 1981; Davicino y Sabalúa, 1990). Cabe destacar que esta región constituye una antigua planicie de erosión regional labrada durante el Jurásico y el Cretácico, que se comportó como un elemento positivo durante la transgresión marina maastrichtiense (Ramos, 1999). Probablemente dicha paleotopografía jugó un papel importante en la canalización de los paleovientos.

Discusión

A partir del análisis modal se establecen dos poblaciones de areniscas para la Formación Allen que tienen una relación directa con el ambiente de depósito. La principal diferencia entre ambas poblaciones es la mayor madurez mineralógica que presentan las areniscas de origen mareal (población A). Las facies sedimentarias, y su distribución espacial originaron la variación composicional de las areniscas. El proceso sedimentario primario que determinó tal variación composicional es el transporte. Concretamente agente de transporte, distancia y grado de reabajamiento (Espejo y Lopez-Gamundi, 1994). La mayor proporción de cuarzo y el incremento relativo en el contenido de feldespatos en estas areniscas, debido al detrimento de los fragmentos líticos, principalmente volcánicos ácidos, sugiere una larga distancia de transporte, procesos abrasivos, reabajo y mezcla de detritos por las corrientes de flujo y reflujo en la planicie de marea. Si bien el viento es un agente sumamente selectivo este análisis sugiere que el principal factor, causante de condicionar la madurez mineralógica, correspondió al tiempo y distancia de transporte. Es importante considerar que también el paleorelieve debió in-

tensificar el reciclado del sedimento aportado para el segundo sistema eólico, a partir del material disponible de un ambiente estuarino que recibió detritos con largo transporte. Ésta última observación se basa en las relaciones estratigráficas y análisis de paleocorrientes (Fig. 6), que evidencian aportes del NO para el sistema de dunas transversales.

De acuerdo a los datos obtenidos de la petrografía es posible evaluar que la composición final de las areniscas es el resultado tanto del factor procedencia (litología, relieve y clima del área fuente) como así también del tipo del paleoambiente sedimentario (Suttner y Dutta, 1986). El resultado del estudio petrográfico sugiere que en la zona centro-este de la cuenca, no hubo cambios en las áreas de aportes durante la sedimentación de la Formación Allen dado que no presentan diferencias composicionales significativas que alteren los resultados respecto a la procedencia de los detritos. Sin embargo, existen importantes variaciones en la proporción de los distintos componentes considerando que los procesos sedimentarios jugaron un papel importante en la composición petrográfica de las areniscas.

Conclusiones

El análisis composicional y textural de las areniscas cretácicas de la Formación Allen junto con la integración de los datos regionales, estratigráficos y sedimentológicos permite alcanzar las siguientes conclusiones:

- Las areniscas de la Fm Allen son subarcosas, arenitas arcóscas y arenitas líticas según la clasificación de Pettijohn *et al.* (1972) y como arenitas feldespatolíticas según los criterios de Crook (1960). Los valores porcentuales de los componentes de la trama son $Q_{60.12}$, $F_{25.44}$, $R_{14.44}$ según datos obtenidos mediante un conteo tradicional y $Q_{59.87}$, $F_{25.44}$, $L_{14.69}$ siguiendo un conteo G-D. La similitud porcentual de los valores QFR y QFL se asocia al grado de selección de las areniscas, tamaño de grano y a la naturaleza de los fragmentos líticos.
- Se han definido dos poblaciones composicionales rela-

cionadas directamente con el paleoambiente sedimentario. Los estudios de procedencia realizados a partir de los diagramas ternarios de Dickinson (1985) sugieren que las areniscas de origen mareal, quedan incluidas dentro del diagrama ternario en el campo de “bloque continental – transicional continental”. Mientras que las muestras de ambiente eólico se asocian principalmente a la categoría de procedencia, “orógeno reciclado” y “mezcla”.

- Las características composicionales evidencian la presencia de rocas ígneas, tanto plutónicas como volcánicas, rocas metamórficas y rocas sedimentarias en las principales áreas de aportes. Esta composición de las areniscas y el análisis de paleocorrientes sugieren que las áreas elevadas del Macizo Nordpatagónico, que constituía un alto estructural al sur del área de estudio, constituyeron las principales áreas de aporte. Por otro lado, el importante dominio de líticos volcánicos se correlaciona con la actividad del arco magmático pulsatoria coetánea con la sedimentación de la Formación Allen.
- La dirección de los vientos provenientes del NE mientras se depositaba el sistema eólico draa sugiere una tercera área de aporte para esta formación, correspondiente al Macizo de Sierra Pintada que durante el Cretácico actuó como una planicie sometida a erosión.
- Las areniscas mareales presentan mayor madurez mineralógica, lo cual no implica un cambio en las áreas de aportes sino un mayor retrabajamiento de los depósitos durante la instalación del ambiente de la llanura de marea.

Agradecimientos

Las autoras agradecen en primer lugar a los Dres. Reinaldo Sáez y Emilio Pascual su ayuda y amable disposición en las tareas de observación petrográfica. El uso del laboratorio óptico y del SEM ha sido posible gracias a la colaboración y apoyo económico del Grupo de investigación Tharsis de la universidad de Huelva (Grupo PAI-RNM 193). Se agradece también a la Asociación Universitaria Iberoamericana de Postgrado por los subsidios otorgados que ha hecho posible la realización de este trabajo. Además, las autoras agradecen especialmente el arbitraje del trabajo, al Dr. José Aribas Mocoroa y a un árbitro anónimo por sus importantes sugerencias y contribuciones, así como también se agradece al editor principal de la revista Dr. Juan Antonio Morales González.

Referencias

Aguirre-Urreta, B., Tunik, M., Naipauer, M., Pazos, P., Ottone, E., Fanning, M. y Ramos, V. (2011): Malargüe Group (Maastriichtian–Danian) deposits in the Neuquén Andes, Argentina: Implications for the onset of the first Atlantic transgression related to Western Gondwana break-up. *Gondwana Research*, 19(2): 482–494.

- Allen, J. y Johnson, C. (2010): Facies control on sandstone composition (and influence of statistical methods on interpretations) in the John Henry Member, Straight Cliffs Formation, Southern Utah, USA. *Sedimentary Geology*, 230: 60–76.
- Andreis, R., Iniguez Rodriguez, A., Lluch, J. y Sabio, D. (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: 83–104.
- Armas, P. y Sánchez, M. (2010): Eolian and fluvial system of the Anacleto and Allen Formations, Neuquén Basin, in the south of Paso Córdoba, Río Negro, Argentina. En: *18th International Sedimentological Congress. Mendoza, Argentina*. Comunicación 123–123.
- Armas, P. y Sánchez, M. (2011): Análisis estratigráfico secuencial de las formaciones Anacleto y Allen (Cretácico Tardío) en el borde nororiental de Cuenca Neuquina. Argentina. *Andean Geology*, 38: 119–155.
- Barrio, C. (1990): Paleogeographic control of Upper Cretaceous tidal deposits, Neuquén Basin, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 3: 31–49.
- Basu, A., (1985): *Influence of climate and relief on compositions of sands released at source areas*. En *Provenance of Arenites*. (G.G. Zuffa, Ed.). NATO-ASI Series, Reidel, Dordrecht, 1–18.
- Blatt, H. (1967): Provenance determinations and recycling of sediments. *Journal Sedimentary Petrology*, 37: 1031–1044.
- Criado Roque, P. (1972): Bloque de San Rafael. En: *Geología Regional Argentina* (A.F. Leanza, Ed.). Academia Nacional de Ciencias: 283–295, Córdoba.
- Crook, K. (1960): Classification of arenites. *American Journal of Science*, 258: 419–428.
- Curry Rogers, Carabajal, A., 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.
- Dalla Salda, L., Varela, R. y Cingolani, C. (1999): El basamento pre-gondwánico del centro-oeste del Macizo Nordpatagónico. En: *Geología Argentina. Anales: 29* (Caminos, R., Ed.) Subsecretaría de Minería de la Nación-Servicio Geológico Minero Argentino-Instituto de Geología y Recursos Minerales, 107–132.
- Darlymple, R., Knight, R., Zaitlin, B. y Middleton, G. (1990): Dynamics and facies model of a macrotidal sand bar complex, Cobequid Bay – Salmon River estuary (Bay of Fundy). *Sedimentology*, 37: 577–612.
- Davicino, R. y Sabalúa, J. (1990): El cuerpo básico de El Nihuil, Departamento San Rafael, Provincia Mendoza, República Argentina. En: *10º Congreso Geológico Argentino*, Actas 1: 43–47.
- Dickinson, W. (1970): Interpreting detrital modes of graywacke and arkose. *Journal of Sedimentary Petrology*, 40: 695–707.
- Dickinson, W. (1985): Interpreting provenance relation from detrital modes of sandstone. En: *Provenance of arenites: North Atlantic*, (G.G. Zuffa, Ed.) Tretyay Organization, Advanced Study Insitute Series, Dordrecht, Reidel. 148: 333–361.
- Dickinson, W. y Suczek, C. (1979): Plate tectonics and sandstones compositions: *American Association of Petroleum Geologists, Bulletin*, 63: 2164–2182.
- Espejo, I. y Lopez-Gamundi, O. (1994): Source versus depositional controls on sandstone composition in a foreland basin: the El Imperial Formation (Mid Carboniferous–Lower Permian) San Rafael Basin, Western Argentina. *Journal Sedimentary Research*, 64: 8–16.

- Flügel, E. (2004): *Microfacies of Carbonate Rocks. Analysis, Interpretation and Application*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg. 976 p.
- Franzese, J. y Spalletti, L. (2001): Late Triassic-early Jurassic continental extension in southwestern Gondwana: tectonic segmentation and pre-break-up rifting. *Journal of South American Earth Sciences*, 14: 257-270.
- Fryberger, S.G. (1993): A review of aeolian bounding surfaces, with examples from the Permian Minnelusa Formation, USA. En: *Characterization of Fluvial and Aeolian Reservoirs* (C. North y J. Prosser, Eds.). Geological Society London Special Publication 73: 167-197.
- Garzanti, E., Ando, S. y Vezzoli, G. (2008): Settling equivalence of detrital mineral and grain size dependence of sediment composition. *Earth and Planetary Science Letters*, 273: 138-151.
- Gazzi, P. (1966): Le arenarie del flysch sopracretaceo dell'Appennino modenese; Correlazioni con il flysch di Monghidoro. *Mineralogisch e Petrographica Acta*, 12: 69-97.
- Ghazi S. y Mountney N. (2011): Petrography and provenance of the Early Permian Fluvial Warchha Sandstone, Salt Range, Pakistan. *Sedimentary Geology*, 233: 88-110.
- González Díaz, E. (1981): Nuevos argumentos a favor del desdoblamiento de la denominada "Serie de la Horqueta" del bloque de San Rafael, Provincia de Mendoza. En: *8º Congreso Geológico Argentino*. Actas, 3: 241-256.
- Harris C. y Eriksson, K. (1990): Allogenic controls on the evolution of storm to tidal shelf sequences in the Early Proterozoic Uncompahgre Group, southwest Colorado, USA. *Sedimentology*, 37: 189-213.
- Howell, J., Schwarz, E., Spalletti L. y Veiga, G. (2005): The Neuquén Basin: an overview. En: *The Neuquén Basin, Argentina: A case study in sequence stratigraphy and basin dynamics*. (Veiga, G.; Spalletti, L.; Howell J. y Schwarz E. Eds.). Geological Society, Special Publications 252: 1-14. London.
- Hugo, C. y Leanza, H. (2001): *Hoja Geológica 3969-IV, General Roca. Provincias de Río Negro y Neuquén*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 308, 64 p. Buenos Aires.
- Ingersoll, R.V. y Eastmond, D.J. (2007): Composition of modern sand from the Sierra Nevada, U.S.A.: implications for actualistic petrofacies of continental-margin magmatic arcs. *Journal of Sedimentary Petrology*, 77: 784-796.
- Ingersoll, R.V., Bullard, T.F., Ford, R.D., Grimm, J.P. y Pickle, J.D. (1984): The effect of grain size on detrital modes: A test of the Gazzi-Dickinson point counting method. *Journal of Sedimentology Petrology*, 54: 103-116.
- Johansen, S. (1988): Origins of Upper Paleozoic quartzose sandstones, American Southwest. *Sedimentary Geology*, 56: 153-166.
- Johnsson, M. (1993): The system controlling the composition of clastic sediments. Processes Controlling the Composition of Clastic Sediments. *Geological Society of America, Special Paper* 284, p. 1-19.
- Kasper Zubillaga, J., Carranza-Edwards, A. y Rosales Hoz, L. (1999): Petrography and geochemistry of Holocene sands in the western Gulf of Mexico: Implications for provenance and tectonic setting. *Journal of Sedimentary Research*, 69: 1003-1010.
- Legarreta, L. y Uliana, M., (1999): El Jurásico y Cretácico de la Cordillera Principal y la Cuenca Neuquina. En: *Geología Argentina. Anales: 29* (R. Caminos, Ed.) Subsecretaría de Minería de la Nación-Servicio Geológico Minero Argentino-Instituto de Geología y Recursos Minerales. 399-432.
- Lindberg, F.A. y Ryberg, P.T. (1985): Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting: *Geological Society of America Bulletin*, 94: 222-235.
- Moreno, C. y Saez, R. (1990). Petrografía de arenitas. Una revisión. *Boletín Geológico y Minero*, 101 (1): 153-167.
- Moreno, C. y Sierra, S. (2007), Relación entre composición de areniscas y procedencia. Casos de estudio en areniscas paleozoicas de la Zona Surportuguesa. *Geogaceta*, 41: 139-142.
- Mountney, N. y Russell, A. (2009): Aeolian dune-field development in a water table-controlled system: Skeidararsandur, Southern Iceland: *Sedimentology*, 56: 2107-2131.
- Pettijohn, F. J. (1954): Classification of sandstones. *Journal Geology*, 62: 360-365.
- Pettijohn, F.J., Potter P.E. y Siever, R. (1972): *Sand and Sandstones*. Springer-Verlag, New York, 618 p.
- Ramos, V. (1981): *Descripción geológica de la Hoja 33c, Los Chihuidos Norte*. Servicio Geológico Nacional. Boletín 182, 103 p. Buenos Aires.
- Ramos, V. (1999): Las provincias geológicas del territorio argentino. En: *Geología Argentina. Anales: 29* (R. Caminos, Ed.). Subsecretaría de Minería de la Nación-Servicio Geológico Minero Argentino-Instituto de Geología y Recursos Minerales. 41-96.
- Ramos, V. (2008): Patagonia: A Paleozoic continent adrift? *Journal of South American Earth Sciences*, 26: 235-251.
- Ramos, V. y Folguera, A. (2005): Tectonic evolution of the Andes of Neuquén: constraints derived from the magmatic arc and foreland deformation. En: *The Neuquén Basin, Argentina: A case study in sequence stratigraphy and basin dynamics*. (G. Veiga, L. Spalletti, J. Howell, y E. Schwarz, Eds.). Geological Society. Special Publications. London. 252: 15-35.
- Rapela, C. y Caminos, R. (1987): Geochemical characteristics of the Upper Paleozoic magmatism in the Eastern sector of the North patagonian Massif. *Revista Brasileira Geociencias*, 17: 535-543.
- Riccomini, C., Coimbra, A.M., Sant'Anna, L.G., Brandt Neto, M. y Valarelli, J.V. (1996): Argilominerais do paleolago Tremembé e sistemas deposicionais relacionados (Paleógeno, Rift Continental do Sudeste do Brasil). *Revista Brasileira de Geociências*, 26: 167-180.
- Ross, G. (1983): Bigbear erg: a Proterozoic intermontane eolian sand sea in the Hornby Bay Group, Northwest territories, Canada. En: *Eolian sediments and processes* (M. Brookfield, y T. Ahlbrandt, Eds.) Elsevier, Amsterdam 483-520.
- Roubault, M. (1963): *Détermination des minéraux des roches au microscope polarisant*, Lamarre- Poinant, Paris, 315 pp.
- Rubin, D. y Hunter, E. (1982): Bedform climbing in theory and nature. *Sedimentology*, 29: 121-138.
- Salgado L., Coria, R., Magalhaes Ribeiro, C., Garrido, A., Rogers, R., Simón, M., Arcucci, A., K., Salgado, L., Coria, R., Magalhaes Ribeiro, C., Garrido, A., Rogers, R., Simón, M., Arcucci, A., K., Curry Rogers, Carabajal, A., 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.
- Sánchez M.L., Armas, P. y Morra, S. (2006): La Transición entre los Grupos Neuquén y Malargüe del Cretácico Superior, en el borde noreste de la Cuenca Neuquina (Provincias de Río Negro y Neuquén), Argentina. En: *4º Congreso Latinoamericano de Sedimentología y 11º Reunión Argentina de Sedimentología*. Comunicación, 207.

- Suttner, L. y Dutta, P. (1986): Alluvial sandstone composition and paleoclimate framework mineralogy. *Journal Sedimentology Petrology*, 56: 329–345.
- Uliana, M. y Dellapé, D. (1981): Estratigrafía y evolución paleoambiental de la sucesión Maastrichtiano-Eoterciaria del engolfamiento neuquino (Patagonia septentrional). En: 8º *Congreso Geológico Argentino*. Comunicación 3: 673-711.
- Varela, R., Basei, M., Cingolani, C., Siga, O. y Passarelli, C. (2005): El basamento cristalino de los Andes norpatagónicos en Argentina: geocronología e interpretación tectónica. *Revista Geológica de Chile*, 32: 167-182.
- Veiga, G., Spalletti, L., Howell, J. y Schwarz, E. (Eds.). (2005): *The Neuquén Basin, Argentina: A Case Study in Sequence Stratigraphy and Basin Dynamics*. Geological Society. Special Publications. London. 336 p.
- Vergani, G., Tankard, A.J., Belotti, H.J. y Welsnik, H.J., (1995): Tectonic evolution and Paleogeography of the Neuquén Basin. En: *Petroleum Basins of South America*. (A.J. Tankard, S.R. Suárez, y H.J. Welsnik, Eds.) AAPG Memoir, Tulsa, 62: 383–402.
- Wentworth, C. K. (1922): A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal Geology*, 30: 377-392.
- Zuffa, G. (1985): Optical analyses of arenites: Influence of methodology on compositional results. En: *Provenance of arenites: North Atlantic*. (G. Zuffa, Ed.) Tretay Organization, Advanced Study Insitute Series. Dordrecht, Reidell. 148: 165-189.

MANUSCRITO RECIBIDO EL 8 DE MAYO DE 2012.

ACEPTADO EL MANUSCRITO REVISADO EL 2 DE JULIO DE 2012

