

LAS FACIES PALEOKÁRSTICAS EN LA FORMACIÓN LA MANGA (OXFORDIANO MEDIO) EN EL SUR DE MENDOZA

Ricardo M. PALMA¹, Graciela S. BRESSAN¹, José LÓPEZ-GÓMEZ², Javier M. MARTÍN CHIVELET^{2,3} y Diego A. KIETZMANN¹

¹ Instituto de Estudios Andinos Don Pablo Groeber, Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires - CONICET. Email: palma@gl.fcen.uba.ar; gbressan@gl.fcen.uba.ar; diegokietzmann@gl.fcen.uba.ar

² Instituto de Geociencias (CSIC, UCM), Madrid, España. Email: jlopez@geo.ucm.es

³ Departamento de Estratigrafía, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España. Email: martinch@ucm.es

RESUMEN

Estudios llevados a cabo en distintos afloramientos de la Formación La Manga (Calloviano medio-Oxfordiano medio), en el sur de la provincia de Mendoza, han permitido reconocer la presencia de una discontinuidad interna, caracterizada por la presencia de un paleokarst. Esta superficie fue mencionada por Groeber como calizas alveolares, quien reconoce además costras de alteración con tonalidades amarillentas o pardas en determinados niveles de las “Calizas azules con *Gryphaea*”. Esta discontinuidad aparece en el techo de las facies arrecifales y barreras oolíticas que definen una sucesión somerizante, o en facies que indican sedimentación perimareal. En el primer caso, los depósitos paleokársticos están representados por brechas mantiformes, de colapso y de sumideros. Éstas son brechas caóticas, internamente desorganizadas, con fábricas que varían entre clasto y matriz sostén. Presentan desde tamaños milimétricos hasta decimétricos, con límites irregulares producto de la disolución. Se reconoce el desarrollo de epikarst en las facies perimareales que muestran ciclos de somerización truncados en una rampa interna de bajo gradiente. Fluctuaciones del nivel freático durante períodos de exposición subaérea controlaron el desarrollo de cementación pendiente, y de calcita drusiforme con valores negativos de $\delta^{18}\text{O}$ (-5,08 a -6,21 ‰) que reflejan la acción de aguas meteóricas. El epikarst muestra cavidades de disolución que alcanzan entre 3 y 5 cm por debajo de la superficie, conteniendo óxidos de hierro y pisolitas irregularmente distribuidas. La discontinuidad está señalada por el paleokarst y los rasgos de epikarst, los cuales evidencian exposición subaérea y procesos de disolución como consecuencia de la caída del nivel del mar.

Palabras clave: *Brechas mantiformes, colapso, sumidero, epikarst*

ABSTRACT

Paleokarst facies in La Manga Formation (middle Oxfordian), southern Mendoza province.

Studies carried out in different outcrops of La Manga Formation (middle Callovian-middle Oxfordian) in southern Mendoza province, have allowed the recognition of an internal discontinuity characterized by the presence of a paleokarst. This surface was mentioned by Groeber as alveolar limestones. He also recognized surfaces displaying shades of yellow, brown alteration colors and honeycomb erosion (alveolation processes) in the “blue limestones with *Gryphaea*”. These surfaces appear on the top of reefal and oolitic barrier facies which define a shallowing-upward succession, or in intertidal-supratidal facies. Paleokarst deposits are represented by mantling breccias, collapse breccias and sinkhole breccias. Breccias are chaotic, with grain-supported to matrix supported fabrics. Some breccias can appear stratified. They are composed by clasts that vary between few millimeters to boulders, with irregular limits produced by dissolution. Sedimentology, morphology and diagenesis let recognize the epikarst in peritidal facies showing shorten shallowing-upward cycles in an internal ramp with low gradient. Fluctuations of the phreatic level during periods of subaerial exposure controlled the development of pendant cementation and drusy calcite cement with negative values of $\delta^{18}\text{O}$ (-5.08 to -6.21‰) evidencing the action of meteoric waters. The epikarst shows dissolution cavities that reach 3 to 5 cm below surface, usually indicated by the presence of iron oxides and pisolites with an irregular distribution. The discontinuity is indicated by the paleokarst and by epikarst features, which are produced by subareal exposure and intense dissolution processes as a consequence of sea level fall.

Keywords: *Mantiform breccias, collapse, sinkhole, epikarst*

INTRODUCCIÓN

Los depósitos vinculados a superficies paleokársticas no han recibido una mere-

cida atención en el estudio del Jurásico de Argentina. Groeber (1918) menciona oscilaciones del nivel del mar “no originadas por movimientos tectónicos” duran-

te el Calloviano en base a observaciones llevadas a cabo en la sierra de Reyes, sierra de la Cara Cura y Bardas Blancas. Al respecto, considera en esta última locali-

dad la presencia de un hiato entre el Bajociano y el Bathoniano, así como también entre el Calloviano y el Oxfordiano. En su obra Mesozoico (Groeber *et al.* 1952) menciona la presencia de calizas alveolares como así también de superficies de alteración con tonalidades amarillentas o costras pardas de descomposición en determinados niveles de las “Calizas azules con *Gryphaea*”.

Décadas más tarde, en la región de Bardas Blancas, Legarreta (1991) menciona para la Formación La Manga la presencia de una superficie con evidencias de exposición subaérea y diagénesis vadosa y que marcaría la base de su cuarta secuencia depositacional, constituyendo un límite de secuencia de tipo 1. Las investigaciones sobre paleokarsts y sus relaciones con discordancias regionales han sido mencionadas por distintos autores, incluyendo Esteban y Klappa (1983), Mazzullo y Mazzullo (1992) y Loucks *et al.* (2004).

El reconocimiento del antiguo paleokarst es crítico para entender la evolución de plataformas carbonáticas y el clima, tal como lo señalan James y Choquette (1988). Son numerosos los estudios de paleokarsts relacionados con reservorios de hidrocarburos (James y Choquette 1988, Lomado *et al.* 1993), siendo escasos los que mencionan rasgos vinculados a epikarst (Dix *et al.* 1998) y sus relaciones con el sistema diagenético (Baceta *et al.* 2001).

El propósito de esta contribución es aportar una detallada descripción de las brechas paleokársticas, sus relaciones y características, así como las superficies y evidencias diagenéticas del epikarst asociado que no han sido reportadas previamente.

METODOLOGÍA

Estos trabajos fueron llevados a cabo con observaciones de descripciones de afloramientos, muestras de mano, secciones pulidas, delgadas y microscopía óptica. Los análisis de isótopos estables en cemento drusiforme de calcita fueron llevados a cabo en el laboratorio de Isótopos Estables de la Universidad de Salaman-

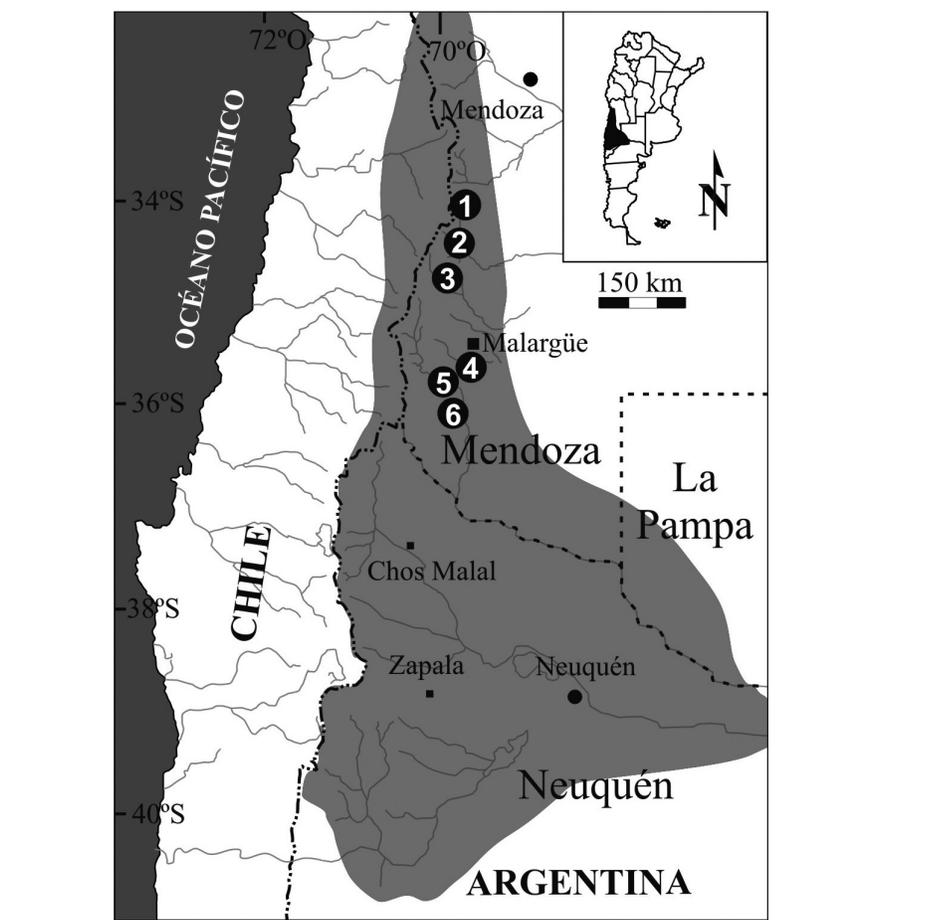


Figura 1: Mapa de la Cuenca Neuquina y ubicación de las localidades estudiadas: 1. Yeseras Grandes; 2. arroyo Los Blancos; 3. arroyo La Manga; 4. Bardas Blancas; 5. arroyo La Vaina; 6. arroyo Coihueco.

ca (España). Los valores se expresan tomando como referencia el PDB (*Pee Dee Belemnite*). Para el estudio de las fábricas de las brechas y su petrología se han tenido en cuenta los trabajos de Kerans (1993), Loucks (1999) y Cooper y Keller (2001), estos últimos describen brechas mantiformes del Ordovícico de Estados Unidos (*Great Basin*) adaptando su terminología a las clasificaciones de brechas reconocidas por Kerans (1993) y Loucks (1999). Son Loucks y Mescher (2001) quienes clasifican las brechas paleokársticas en un sistema ternario donde se muestran las relaciones entre brechas de agrietamiento, brechas caóticas y sedimentos de relleno de cuevas o cavernas.

MARCO GEOLÓGICO

Los estudios sobre la Formación La Manga (Calloviano medio-Oxfordiano me-

dio) en diferentes depocentros del sur mendocino (departamento de Malargüe), en la Cordillera Principal (Fig. 1), han permitido reconocer la presencia de una discontinuidad interna caracterizada por diferentes tipos de brechas que conforman un paleokarst.

Aunque esta discontinuidad en Bardas Blancas ha sido mencionada como una característica local, observaciones detalladas llevadas a cabo por los autores en distintas áreas, han revelado que ésta tiene una distribución regional y exhibe distintas características, como lo sugiere la presencia de superficies de epikarst.

En las primeras y destacadas observaciones realizadas por Groeber (1918), éste menciona que las calizas en las localidades de Bardas Blancas, sierra Azul y sierra de Reyes presentan características similares y que su contenido faunístico (*Gryphaea calceola*) permitía asignarlas al

Calloviano, tal como lo mencionó, aunque con dudas, Burckhardt (en Groeber 1918). En el notable aporte sobre el Mesozoico, Groeber *et al.* (1952) consideran que los depósitos antes mencionados, conocidos con el nombre de “Calizas azules con *Gryphaea*”, tenían una edad correspondiente al Oxfordiano tardío en base a la presencia de *Peltoceeras* en la localidad de Aguada de Campos, amonites de la Familia Macrocephalitidae para Vega de la Veranada, y *Euaspidoceras* y *Perisphinctes* en el arroyo La Manga. Sobre la base de la fauna de amonites (*Perisphinctes* sp., *Macrocephalites* sp.) encontrada en el cerro Puchenque, se asignó una edad oxfordiana a dicha localidad. En aquella oportunidad, Groeber *et al.* (1952) mencionan que la edad calloviana-oxfordiana puede variar, en función de los hallazgos paleontológicos. Años más tarde, Stipanovic (1969) señala que la Formación La Manga en localidades del sur de Mendoza abarca una edad comprendida entre el Oxfordiano temprano y medio teniendo en cuenta la fauna de amonites presente con características mesoxfordianas.

Detallados estudios estratigráficos llevados a cabo por Palma *et al.* (2007, 2009, 2012, 2013, 2014) han permitido asignarle a los depósitos de la Formación La Manga una edad entre el Calloviano medio y el Oxfordiano medio, en el depocentro Atuel, en tanto que aquellos del depocentro La Valenciana y Malargüe corresponden al Oxfordiano medio. Los estudios sobre la Formación La Manga han sido focalizados en aspectos litoestratigráficos, bioestratigráficos y paleontológicos (Groeber *et al.* 1952, Stipanovic 1965, 1996, Leanza 1981, Riccardi 1984, 1992, entre otros) y en sus aspectos sedimentológicos (Legarreta 1991, Palma *et al.* 2007, 2009, 2013, 2014, 2015) y diagenéticos (Palma *et al.* 1997). Estos estudios han permitido reconocer una discontinuidad interna caracterizada por la existencia de depósitos de brechas y evidencias de exposición subaérea. Esta superficie aparece en el techo de las facies arrecifales y barreras oolíticas que definen una clara sucesión somerizante en Bardas Blancas y arroyo Coihueco, así co-

mo también en las facies que indican una sedimentación intermareal-supramareal en Yeseras Grandes y en los arroyos Los Blancos y La Manga (Fig. 1).

Las facies de corales arrecifales representan un cambio notable en la dinámica estratigráfica y sedimentaria de la Formación La Manga, ya que constituyen un medio caracterizado por una alta productividad orgánica, aguas someras y bien iluminadas. En Bardas Blancas alcanzan un espesor de 15 m (Fig. 2) y están dominadas por formas domales y ramificadas donde se reconocieron los géneros *Thamnasteria*, *Australoseris*, *Garateastrea* y *Stelidioseris* (Palma *et al.* 2009, Hoqui 2016, Hoqui *et al.* 2016). Las áreas de intercolonias están compuestas por fragmentos de corales, bivalvos, gastrópodos, foraminíferos, serpúlidos, briozoos, dasicladáceas y cianofitas (Palma *et al.* 2009). Procesos de disolución, recristalización y reemplazamiento silíceo son muy frecuentes.

En la ladera oriental de la sierra Azul (arroyo Coihueco) aparecen cuerpos coralinos que alcanzan 18 m de espesor, formados por un notable biostroma y aislados y pequeños arrecifes de corales en parche (2-4 m). Son ligeramente convexos y en clara transición lateral y vertical con el biostroma. El desarrollo de estos cuerpos, al igual que en el caso de Bardas Blancas, se encuentra sobre facies de *grainstones* oolíticos y definen una clara sucesión somerizante. La fauna acompañante es similar a la mencionada para Bardas Blancas.

Los *grainstones* oolíticos, o *grainstones* oobiolásticos muestran estratificación entrecruzada tabular. Están compuestos por oolitas esféricas, con estructura concéntrica, frecuentemente micritizadas, otras rotas y disueltas, cementadas por cemento fibro-radial y granular. Fueron interpretadas como depósitos de barras submareales ocasionalmente expuestas a la acción de agua dulce, que originó la parcial o total disolución de las láminas de las envolturas (Palma *et al.* 2007, Piethe y Palma 2008).

Depósitos perimareales han sido reconocidos por Palma *et al.* (2013) en diferentes localidades del sur de la provincia de

Mendoza (Yeseras Grandes, arroyos Los Blancos, La Manga y La Vaina) (Fig. 1). Los mismos están compuestos por *mudstones*, *wackestones* y estromatolitos planares con intercalaciones de conglomerados de clastos planos (*flat-pebble* conglomerates) y brechas autoclásticas que caracterizan diferentes tipos de ciclos de somerización que varían de escalas centimétricas a decimétricas. Los ciclos finalizan con evidencias de exposición subaérea, tales como fenestras y estructuras *tepees*. También se reconocen grietas de desecación de diferentes tipos (lo que sugiere recurrente deshidratación), brechas y evidencias de diagénesis vadosa y/o de agua dulce, lo que favoreció la calcitización de cristales de evaporitas durante eventos de exposición subaérea (Palma *et al.* 2013). Durante estos períodos los fluidos porales se encontraban subsaturados con respecto a sulfatos, promoviendo por un lado la disolución de yeso y/o anhidrita, y por el otro la disponibilidad del calcio para futuras reacciones. Procesos similares fueron descritos por Khalifa *et al.* (2003) para el Mioceno inferior de la costa del mar Rojo.

El análisis de estos ciclos en distintas localidades, su patrón de apilamiento y la naturaleza de los cortejos sedimentarios permitieron hacer correlaciones y demostrar la importancia de las fluctuaciones del nivel del mar en la generación de estos depósitos (Palma *et al.* 2013).

BRECHAS PALEOKÁRSTICAS Y SUPERFICIE EPIKÁRSTICA

Las discontinuidades paleokársticas han sido reconocidas en sucesiones sedimentarias tan antiguas como el Arqueano (Erikson y Altermann 1998), siendo muy frecuentes en el Paleozoico (Wright 1982, Kabanov *et al.* 2010), en el Mesozoico (Jiménez de Cisneros *et al.* 1993, Robledo y Pomar 2000) y en el Cenozoico (Rodríguez-Aranda *et al.* 2002), entre muchos otros casos mencionados en la literatura. Las brechas que se mencionan en este artículo tienen homogeneidad litológica, aunque notables diferencias en la geometría

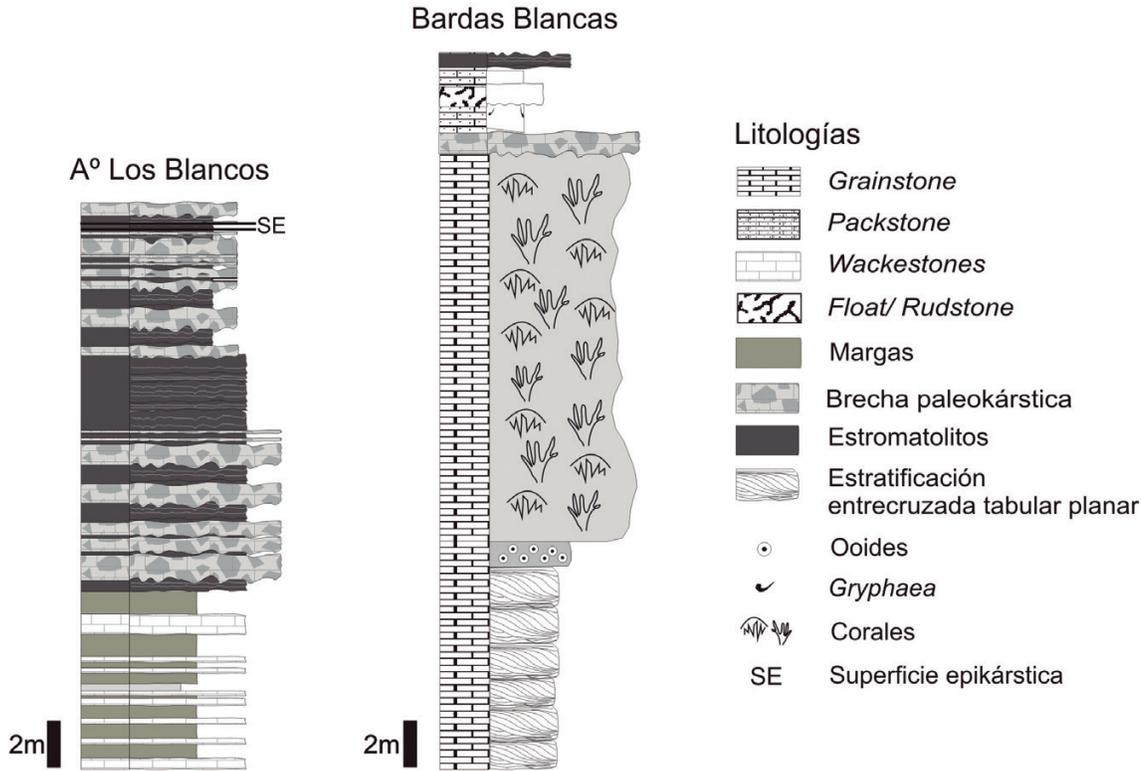


Figura 2: Perfiles esquemáticos de la Formación La Manga en arroyo Los Blancos y en Bardas Blancas.

tría, en el tamaño de los clastos y su génesis. Se reconocieron los siguientes tipos:

Brechas mantiformes

Son brechas calcáreas dispuestas en cuerpos tabulares con espesores de 1 a 2 m con contactos irregulares, presentes en afloramientos principalmente localizados en Bardas Blancas (Fig. 3a) y arroyo Coihueco. En Yeseras Grandes y arroyo La Vaina, alcanzan espesores del orden de los 40 a 60 cm. Están compuestas por intraclastos angulosos de tamaño variable que pueden alcanzar los 20 cm, provenientes de las facies arrecifales y barreras oolíticas o bien de facies perimareales. Varían de clasto soportadas a matriz soportadas (Fig. 3b) masivas desorganizadas (Fig. 3c) aunque localmente pueden aparecer ligeramente estratificadas. Su extensión lateral alcanza cientos de metros.

Brechas de colapso

Corresponden a brechas calcáreas, principalmente clasto soportadas aunque aparecen también matriz soportadas. Ambos tipos son caóticas y presentan notable variedad en función del tamaño y forma. Desde un punto de vista composicional

incluyen clastos de facies arrecifales y oolíticas, similares a las anteriores. Son frecuentes en el arroyo Coihueco. El tamaño de sus componentes es extremadamente variable (Fig. 3d), desde milímetros a decímetros, reconociéndose formas angulosas a subangulosas dispuestas en forma aleatoria, en ocasiones rotados y corroídos. Son lateralmente muy discontinuas y el contacto con la roca huésped es siempre fuertemente irregular. Pueden alcanzar hasta 2 m de espesor.

Brechas de sumideros

Son brechas calcáreas, que varían de clasto soportadas a matriz soportadas. Se reconocen en el arroyo Coihueco e inmediaciones. Rellenan de manera caótica cavidades verticales a subverticales, irregulares, con forma de embudo. Pueden alcanzar 2 m de alto y hasta 70 cm de ancho (Fig. 3e). Sus componentes son angulosos y aparecen rotados y en ocasiones afectados por fracturas y brechamiento interno (Fig. 4a) y con frecuente cementación de óxidos de hierro.

Interpretación

Los procesos de disolución, que origina-

ron los diferentes tipos de brechas descritas, fueron influenciados por la interacción del clima, variaciones del nivel de base, del nivel freático, de la litología y el tiempo de exposición (James y Choquette 1988).

El origen de las brechas mantiformes está relacionado a una intensa disolución de componentes metaestables por acción de aguas meteóricas durante la caída del nivel de base y consecuente exposición subaérea, con la generación de fases diagenéticas sobrepuestas similares a las reconocidas por Esteban y Klappa (1983) y James y Choquette (1988). Por su geometría estas brechas podrían estar relacionadas al desarrollo de cavidades horizontales elongadas cercanas o en el nivel freático de acuerdo con lo descrito por Esteban y Klappa (1983) y Loucks (1999). Por su parte, las brechas de colapso, se habrían generado en facies similares a las anteriores. La mezcla de aguas de diferente composición habría favorecido la caída gravitacional del techo y/o paredes de cavidades abiertas en la zona vadosa, de manera análoga a las descritas por James y Choquette (1988), Loucks (1999) y Sando (1988) y en respuesta al descen-

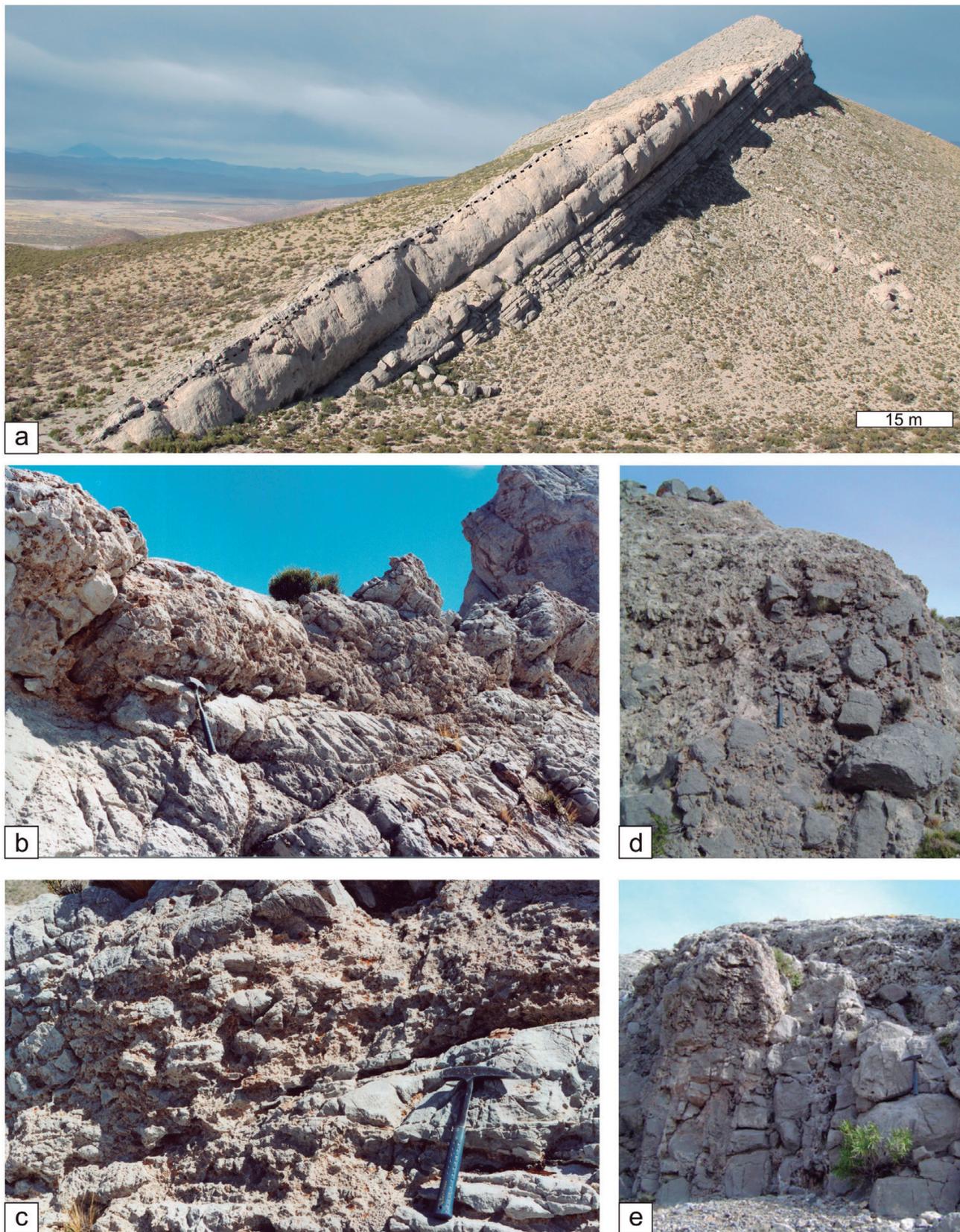


Figura 3: a) Superficie paleokárstica sobre facies arrecifales en Bardas Blancas; b) Brecha mantiforme en Bardas Blancas; observar disposición y fábrica caótica; c) Detalle de brecha mantiforme (en b); observar mala selección y disposición de los clastos; d) Brecha de colapso en arroyo Coihueco; observar variaciones de la fábrica y tamaños de los clastos; e) Brecha de sumidero; notar conducto subvertical con forma de embudo (arroyo Coihueco).

so del nivel freático (Loucks y Mescher 2001). Estas brechas tienen una distribución discontinua por lo que no habrían estado relacionadas con un nivel freático análogo. Podrían ser consideradas como “*pocket breccias*” de Mazzullo y Mazzullo (1992).

En cuanto a su génesis, las brechas de sumidero estarían relacionadas a la circulación vertical de aguas desde la zona vadosa a través de los planos de estratificación y fracturas, lo que condicionó las zonas preferentes de disolución, semejante a lo señalado por Loucks y Mescher (2001).

SUPERFICIE DE EPIKARST

Ésta es común en las facies perimareales de las localidades Yeseras Grandes y los arroyos La Vaina, Los Blancos y La Manga. Aparece en el techo de los ciclos descritos por Palma *et al.* (2013) (Fig. 4b). Se presenta como una superficie ligeramente ondulosa o con topografía suave (Fig. 4c), donde se observan cavidades ovales a subcirculares (sumideros) de diámetros centimétricos (Fig. 4d) y que penetran las láminas subyacentes. Se muestran separadas lateralmente y no evidencian el típico aspecto de “*swiss-cheese*” (Baceta *et al.* 2001). Son también comunes las pequeñas fisuras centimétricas (Fig. 5a) que finalizan en pequeñas depresiones con paredes y fondos irregulares, que en lámina delgada muestran bordes disueltos y relleno con óxidos de hierro y clastos angulosos de cuarzo (Fig. 5b). La superficie está truncada y cubierta por una costra ferruginosa, o amarillenta y ocre, tal como señalaran Groeber *et al.* (1952). Asimismo, aparecen capas discontinuas de hasta 3 cm de niveles pisolíticos, en variable estado de preservación, con cemento pendiente y relleno de limo vadoso (Fig. 6a). Muchas de las pisolitas presentan en sus núcleos oncoideos o bien están disueltos y rellenos por calcita drusiforme (Fig. 6b). Los datos isotópicos de este cemento obtenido de tres muestras presentan valores de $\delta^{13}\text{C}$ que oscilan entre 1,53 y -2,22 ‰ y $\delta^{18}\text{O}$ entre -5,08 / -6,21 ‰. Es común encontrar también parches de sílice, aunque los cuerpos silicificados

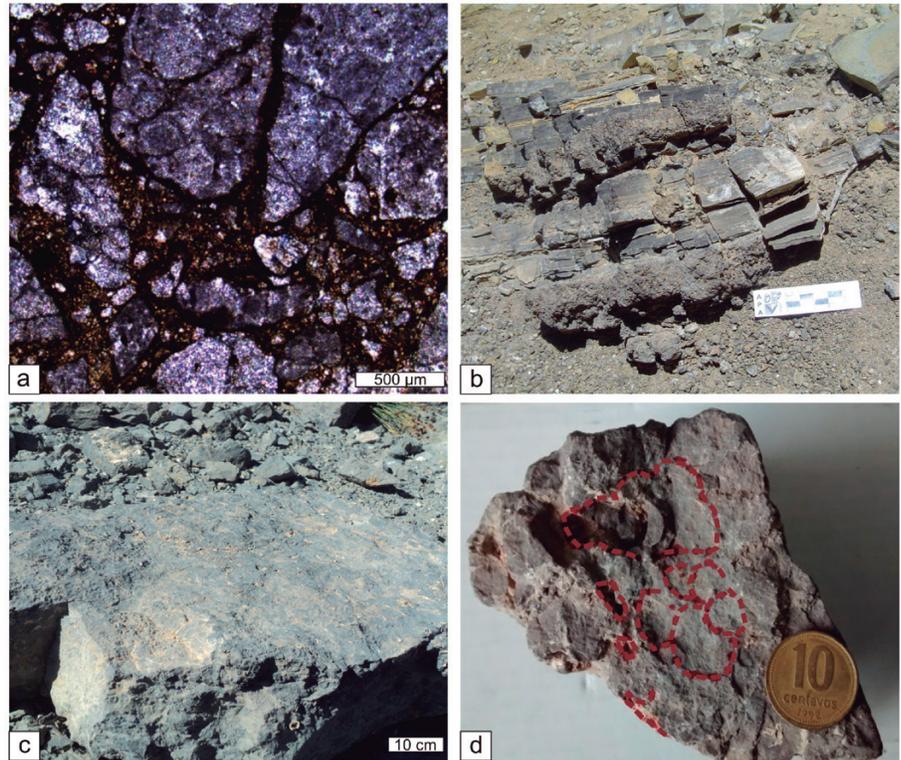


Figura 4: a) Fotografía de lámina delgada con clastos fracturados en brechas de sumidero, observar selección y abundante óxidos de hierro; b) Aspecto típico de ciclos perimareales; observar alternancia de brechas y estromatolitos planares; c) Vista general de la superficie epikárstica; observar ondulaciones y fisuras; d) Cavidades subcirculares aisladas y adyacentes en la superficie epikárstica.

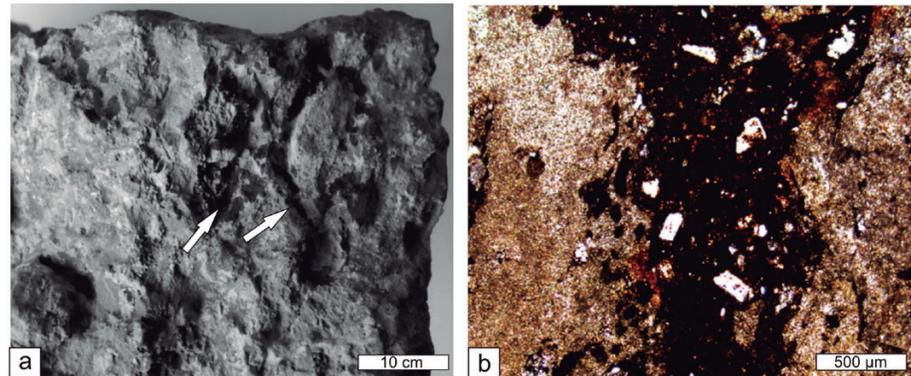


Figura 5: a) Fisuras de disolución y relleno; b) Fotografía en lámina delgada del relleno de fisuras (en a); notar bordes corroídos, cementación de óxido de hierro y clastos de cuarzo.

(Fig. 6c) que muestran un límite muy definido con la roca huésped aparecen asociados a las brechas mantiformes. En lámina delgada se observa el reemplazo de aloquímicos y cemento por cuarzo con textura en mosaico, microgranular (Fig. 6d) y granular (Fig. 6e). Localmente aparece calcedonia.

Interpretación

La superficie epikárstica presente en las facies perimareales, en el contexto de una rampa interna con bajo gradiente, representaría el sector más distal de la discontinuidad reconocida en Bardas Blancas y Coihueco, y ha sido confirmada teniendo en cuenta aspectos sedimentológicos, morfológicos y diagenéticos de la superfi-

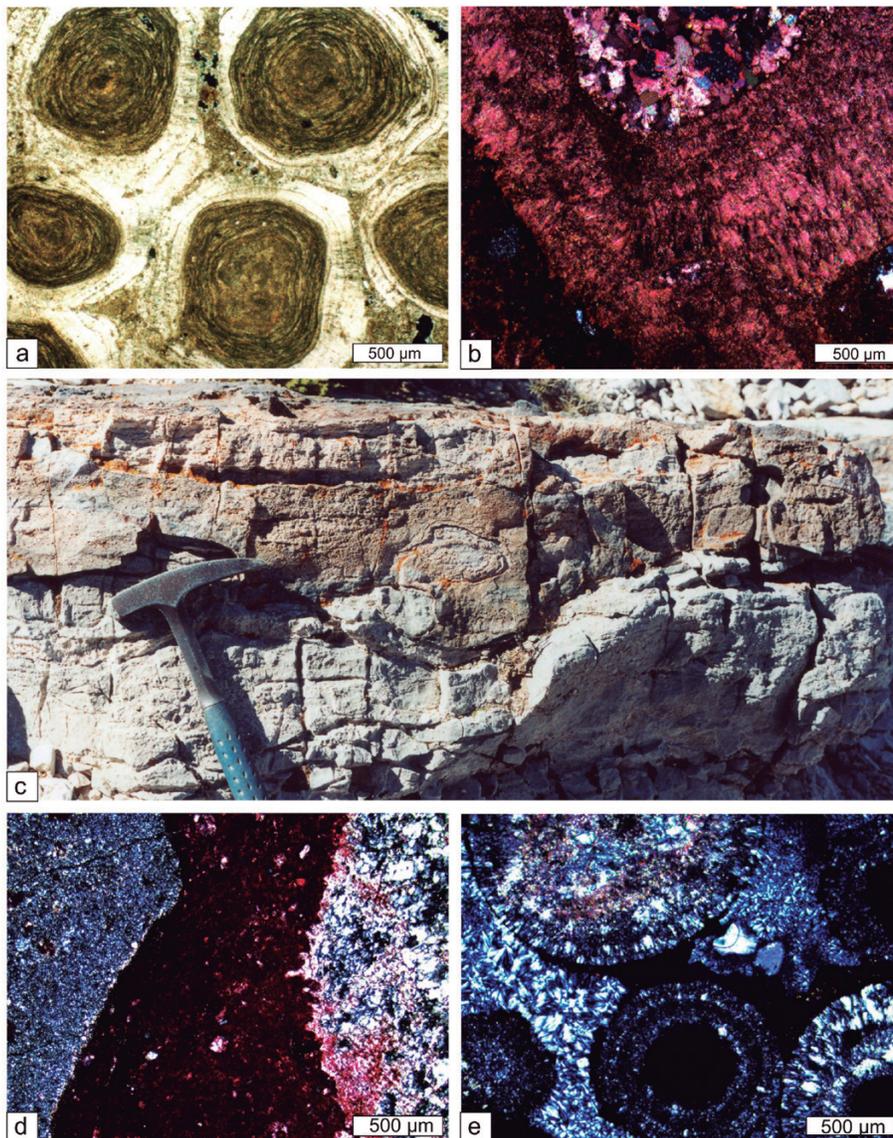


Figura 6: a) Fotografía de láminas delgadas de pisolitas; observar cemento pendiente y relleno de limo vadoso; b) Detalle de las láminas pisolítica. Núcleo disuelto y relleno por calcita drusiforme; c) Cuerpo silicificado; observar la relación con roca huésped y cavidad laminada; d) Detalle de la silicificación (en c); observar reemplazo por cuarzo microgranular; e) Facies oolíticas (Bardas Blancas) silicificadas; notar cemento de cuarzo granular y calcedonia. La silicificación aún permite observar el tipo de envoltura original de los ooides.

cie (Palma *et al.* 2013).

Las cavidades y fisuras (Figs. 4d y 5a) indican el pasaje de aguas meteóricas gravitacionales durante la exposición subaérea de las facies perimareales y su relleno con material clástico y óxidos de hierro indicarían diferentes fases de relleno. Si bien no hay desarrollo de paleosuelos es común la presencia, aunque discontinua, de pisolitas. Efectos diagenéticos de las áreas inter a supramareales (Palma *et al.* 2013) ocurren en un ambiente meteórico-

freático de agua dulce. Los mismos incluyen formación de pisolitas y precipitación de cementos pendientes, disolución, presencia de limo vadoso y precipitación de calcita drusiforme en las cavidades de disolución.

La precipitación de óxido de hierro evidencia una zona meteórica-marina, similar a la mencionada por Whitaker y Smart (1998) para Bahamas. Los valores negativos de $\delta^{18}\text{O}$ indican una influencia de aguas meteóricas asociadas a procesos de

karstificación y evaporación (Driese *et al.* 1994), en tanto que los valores de $\delta^{13}\text{C}$ no mostrarían evidencias de acción de aguas freáticas-meteóricas cargadas con CO_2 derivado de suelos (Driese *et al.* 1994).

En cuanto a la silicificación puede aceptarse que la misma fue posterior a la exposición subaérea y cementación, ya que se observan relictos de la fábrica carbonática original. Los procesos de silicificación de carbonatos son muy frecuentes y están controlados por variaciones de pH (Hesse 1989) y por el flujo de aguas meteóricas-freáticas a través de los carbonatos originales. Tal como lo señalan Bustillo y Alonso-Zarza (2003) las relaciones de la silicificación con la estructura de la roca huésped (figura 6c), permiten aceptar que la misma es de origen freático.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este trabajo permite actualizar las observaciones realizadas por Groeber hace más de seis décadas. Los cambios de facies en la Formación La Manga en respuesta a cambios del nivel del mar ya habían sido mencionados por Groeber (1918) en la sierra Azul, sierra de la Cara Cura y Bardas Blancas. Una clara manifestación de estos cambios faciales están representados por el desarrollo de las calizas alveolares y de superficies con alteraciones con tonalidades amarillentas o costras pardas de alteración reconocidas por Groeber *et al.* (1952) para esta unidad. Trabajos realizados en los últimos años profundizaron el análisis de las variaciones laterales de facies (Palma *et al.* 2009, 2012, 2013, 2014), incluyendo la distribución de facies con desarrollo de paleokarsts y epikarsts (Palma *et al.*, 2013). Las brechas paleokársticas representan un hiato estratigráfico de suma importancia en el registro y evolución de la rampa carbonática de la Formación La Manga. Las evidencias de caída del nivel del mar asociadas a límites de secuencias con desarrollo de facies paleokársticas pueden ser identificadas a través de la integración de facies sedimentarias, evidencias de exposición subaérea y estilos de

cementación de la zona meteórica-freática. El conjunto de observaciones confirman caída del nivel de base y exposición subaérea con la formación de brechas mantiformes, de colapso y sumidero que afectaron las facies arrecifales y oolíticas, mientras que para los sectores más distales de la rampa, el bajo gradiente y quizás un menor tiempo de exposición favorecieron el desarrollo de epikarst en los sectores primareales.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado con los proyectos PICT-2542 y PIP/D1861. Los autores agradecen a A.C. Riccardi (FC-NyM-UNLP) por las determinaciones paleontológicas de amonites, al Sr. G. Herrero (Universidad Complutense de Madrid, España) por su ayuda en la preparación de las muestras y al Dr. J.M. Ugidos del laboratorio de isótopos estables de la Universidad de Salamanca (España). Asimismo, se agradece a F. Gómez y a M.L. Rodríguez Schelotto la lectura crítica del manuscrito y sus sugerencias. Esta es la contribución R-213 del Instituto de Estudios Andinos Don Pablo Groeber.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Baceta, J.I., Wright, V.P. y Pujalte, V. 2001. Palaeo-mixing zone karst features from Paleocene carbonates of north Spain: criteria for recognizing a potentially widespread but rarely documented diagenetic system. *Sedimentary Geology* 139: 205-216.
- Bustillo, M.A. y Alonso-Zarza, A.M. 2003. Transformaciones edáficas y diagenéticas de los depósitos aluviales distales del Mioceno de la cuenca de Madrid, área de Paracuellos de Jarama. *Estudios Geológicos* 59: 39-52.
- Cooper, J.D. y Keller, M. 2001. Paleokarst in the Ordovician of the southern Great Basin, USA: implications for sea level history. *Sedimentology* 48: 855-873.
- Dix, G.R., Robinson, G.W. y McGregor, D.C. 1998. Paleokarst in the Lower Ordovician Beekmantown Group, Ottawa Embayment: structural control inboard of the Appalachian orogen. *Geological Society of America Bulletin* 110: 1046-1059.
- Driese, S.G., Krishnan, S., Mora, C. y Stapor, F. 1994. Paleoweathering of Mississippian Montegale Limestone preceding development of a lower Chesterian transgressive systems tract and sequence boundary, middle Tennessee and northern Alabama. *Geological Society of America Bulletin* 106: 866-878.
- Eriksson, P.G. y Altermann, W. 1998. An overview of the geology of the Transvaal Supergroup dolomites (South Africa). *Environmental Geology* 36: 179-188.
- Esteban, M. y Klappa, C.F. 1983. Subaerial exposure environment. En: Scholle, P.A., Bebout, D.G. y Moore, C.H. (eds.) *Carbonate Depositional Environments*, American Association of Petroleum Geologists, Memoir 33: 1-54, Tulsa.
- Groeber, P.F.C. 1918. Estratigrafía del Dogger en la República Argentina. Estudio sintético comparativo. Ministerio de Agricultura de la Nación. Dirección General de Minas, Geología e Hidrología. Boletín 18 serie B (Geología): 1-81, Buenos Aires.
- Groeber, P.F.C., Stipanovic, P.N. y Mingramm, R.G. 1952. Mesozoico. En *Sociedad Argentina de Estudios Geográficos* (ed.) *Geografía de la República Argentina*, GAEA, II (1), 541 p., Buenos Aires.
- Hesse, R. 1989. Silica diagenesis: Origin of inorganic and replacement cherts. *Earth Science Review* 26: 253-284.
- Hoqui, 2016. Análisis paleoecológico y tafonómico del sistema arrecifal de la Formación La Manga (Oxfordiano) en el sector mendocino de la Cuenca Neuquina. Trabajo final de licenciatura, Universidad de Buenos Aires (inédito), 103 p., Buenos Aires.
- Hoqui, M., Bressan, G.S. y Palma, R.M. 2016. Revisión de la fauna de corales y descripción de la fábrica en las facies arrecifales de la Formación La Manga (Calloviano-Oxfordiano) en Bardas Blancas, Cuenca Neuquina. VI Simposio Argentino del Jurásico, Resúmenes: 18, Malargüe.
- James, N.P. y Choquette, P.W. 1988. *Paleokarst*. Springer-Verlag. 416 p., New York.
- Jiménez de Cisneros, C., Molina, J.M., Nieto, L.M., Ruiz-Ortiz, P.A. y Vera, J.A. 1993. Calcretes from a paleosinohole in Jurassic paleokarst (Subbetic, southern Spain). *Sedimentary Geology* 87: 13-24.
- Kabanov, P.B., Alekseeva, T.V., Alekseeva, V.A., Alekseeva, A.O. y Gubin, S.V. 2010. Paleosols in late Moscovian (Carboniferous) Marine Carbonates of the East European Craton revealing "Great Calcimagnesian Plain" Paleolandscapes. *Journal of Sedimentary Research* 80: 195-215.
- Kerans, C. 1993. Depositional Systems and Karst Geology of the Ellenburger Group (Lower Ordovician), Subsurface West Texas. The University of Texas at Austin, Bureau of Economic Geology, Report of Investigations N° 193, 63 p., Texas.
- Khalifa, M.A., Abou El Ghar, M.S. y El Belasy, M. 2003. Lithofacies, sequence stratigraphy and depositional history of the Abu Ghusun and Um Mahara formations (Oligo-Miocene), Ras Banas, Red Sea. Third International Conference on the Geology of Africa, 801-824, Assiut.
- Leanza, H.A. 1981. The Jurassic-Cretaceous boundary beds in west-central Argentina and their ammonite zones. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie* 161: 62-92.
- Legarreta, L. 1991. Evolution of a Callovian-Oxfordian carbonate margin in the Neuquén Basin of the west-central Argentina: facies, architecture, depositional sequences and global sea-level changes. *Sedimentary Geology* 70: 209-240.
- Lomado, A.J., Harris, P.M. y Orlopp, D.E. 1993. Casablanca field, Terragona Basin, Offshore Spain. A karsted carbonate reservoir. En: Fritz, R.D., Wilson, J.L., y Yurewicz, D.A. (eds.) *Paleokarst related hydrocarbon reservoirs*, SEPM Core Workshop n°18: 201-226, New Orleans.
- Loucks, R.G. 1999. Paleocave Carbonatic Reservoir: Origins, burial-depth modifications, spatial complexity and reservoir implications. *American Association Petroleum Geologist Bulletin* 83: 1795-1834.
- Loucks, R.G. y Mescher, P.K. 2001. Paleocave facies classification and associated pore types (abstract), in Southwest Section Annual Meeting. American Association of Petroleum Geologists CD-ROM, 18 p., Dallas.
- Loucks, R.G., Mescher, P.K. y McMechan G.A. 2004. Three-dimensional architecture of a coalesced, collapsed-paleocave system in the Lower Ordovician Ellenburger Group, Central Texas. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 88: 545-564.
- Mazzulo, S.J. y Mazzulo, L.J. 1992. Paleokarst and karst associated hydrocarbon reservoir

- in the Fusselman Formation, west Texas, Permian basin. En Candelaria, M.P. y Reed, C.L. (eds.). Paleokarst, karst related diagenesis and reservoir development: examples from Ordovician-Devonian age strata of West Texas and the mid-continent: Permian Basin Section. Society of Economic Palaeontologists and Mineralogists Publication 92-33: 110-120, Tulsa.
- Palma, R.M., Lo Forte, G. y Lanes, S. 1997. Diagenesis of the Lower Callovian Member of La Manga Formation, Aconcagua Basin, Mendoza, Argentina. 18° Regional European Meeting of Sedimentology, Heidelberg, Germany. *Heidelbergensis* 1: 260-263.
- Palma, R.M., López Gómez, J. y Piethé, R.D. 2007. Oxfordian ramp system (La Manga Formation) in the Bardas Blancas area (Mendoza Province), Neuquén Basin, Argentina: facies and depositional sequences. *Sedimentary Geology* 195: 113-134.
- Palma, R.M., Kietzmann, D.A., Adamonis, S. y López Gómez, J. 2009. Oxfordian reef architecture of the La Manga Formation, Neuquén Basin, Mendoza Province, Argentina. *Sedimentary Geology* 221: 127-140.
- Palma, R.M., Kietzmann, D.A., Martín-Chivelet, J., López-Gómez, J. y Bressan, G.S. 2012. New biostratigraphic data from the Callovian-Oxfordian La Manga Formation, Neuquén Basin, Argentina: Evidence from an ammonite condensed level. *Revue de Paléobiologie* 11: 345-356.
- Palma, R.M., Kietzmann, D.A., Bressan, G.S., Martín-Chivelet, J., López Gómez, J., Farias, M.E. e Iglesias Llanos, M.P. 2013. Peritidal cyclic sedimentation from La Manga Formation (Oxfordian) Neuquén Basin, Mendoza, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 47: 1-11.
- Palma, R.M., Bressan, G.S., Kietzmann, D.A., Riccardi, A.C., Martín-Chivelet, J. y López-Gómez, J. 2014. Palaeoenvironmental significance of middle Oxfordian deep marine deposits from La Manga Formation, Neuquén Basin, Argentina. *Journal of Iberian Geology* 40: 507-520.
- Palma, R.M., Kietzmann, D.A., Comerio, M., Martín-Chivelet, J., López Gómez, J. y Bressan, G.S. 2015. Oxfordian microbial laminites from La Manga Formation, Neuquén Basin, Argentina: Remarkable nanobacteria preservation. *Journal of Iberian Geology* 41: 351-363.
- Piethé, R.D. y Palma, R.M. 2008. Sedimentología, cicloestratigrafía y análisis secuencial de la Formación La Manga (Oxfordiano), Bardas Blancas, Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63: 682-695.
- Riccardi, A.C. 1984. Las asociaciones de amonitas del Jurásico y Cretácico de Argentina. 9° Congreso Geológico Argentina, Actas 4: 559-595.
- Riccardi, A.C. 1992. Biostratigraphy of west-central Argentina. En: Westermann, G.E.G. (Ed.) *The Jurassic of the Circum-Pacific*: 139-141, Cambridge.
- Robledo, P.A. y Pomar, L. 2000. Upper Miocene karst collapse structures of the east coast, Mallorca, Spain. *Acta Carsologica* 29: 2-12.
- Rodríguez-Aranda, J.P., Calvo, J.P. y Sanz Moreno, M.E. 2002. Lower Miocene gypsum paleokarst in the Madrid basin (central Spain): dissolution diagenesis, morphological relics and karst end-products. *Sedimentology* 49: 1385-1400.
- Sando, W.J. 1988. Madison Limestone (Mississippian) paleokarst: a geologic synthesis. En: James, N.P. y Choquette, P.W. (eds.) *Paleokarst*: 256-277, Berlín.
- Stipanovic, P.N. 1965. El Jurásico de la Vega de la Veranada (Neuquén), el Oxfordense y el diastrofismo divesano (Agassiz-Yailña) en Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 20: 403-478.
- Stipanovic, P.N. 1969. El avance de los conocimientos del Jurásico argentino a partir del esquema de Groeber. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 24: 367-388.
- Stipanovic, P.N. 1996. Milestones in the Study of the Jurassic of Argentina. En: Riccardi, A.C. (ed.) *Advances in Jurassic Research*, 23-42, Zurich.
- Whitaker, F.F. y Smart, P.L. 1998. Hydrology, geochemistry and diagenesis of fracture blue holes, South Andros, Bahamas. *Cave and cave Research* 25: 75-82.
- Wright, V.P. 1982. The cognition and interpretation of paleokarst: two examples from the Lower Carboniferous of south Wales. *Journal of Sedimentary Petrology* 52: 83-94.

Recibido: 7 de setiembre, 2016

Aceptado: 30 de noviembre, 2016