

SEDIMENTOLOGÍA DE LA FORMACIÓN CARRIZAL (TRIÁSICO) EN EL DEPOCENTRO MARAYES - EL CARRIZAL, PROVINCIA DE SAN JUAN, REPÚBLICA ARGENTINA

Luis SPALLETTI¹, Eduardo MOREL², Analía ARTABE², Daniel GANUZA² y Josefina BODNAR²

¹ Centro de Investigaciones Geológicas (UNLP-CONICET). 1 # 644, La Plata, Argentina. spalle@cig.museo.unlp.edu.ar
² Departamento de Paleobotánica, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP. Paseo del Bosque, La Plata, Argentina.

Resumen: Se efectúa el análisis sedimentológico de la Formación Carrizal (Triásico) del Depocentro de Marayes - El Carrizal, ubicado en el sector oriental de la provincia de San Juan. Sobre la base de muy contrastantes características faciales y arquitecturales, la Formación Carrizal es dividida en dos miembros: Arroyo Seco y Rickard. El Miembro Arroyo Seco se caracteriza por el predominio de conglomerados, a los que se asocian areniscas, areniscas conglomerádicas y escasas intercalaciones pelíticas. Estos depósitos se asignan a un sistema fluvial desarrollado en áreas de marcado gradiente y caracterizado por cambios en la disponibilidad de agua y de materiales detríticos, los que fueron esencialmente transportados como carga de lecho. El Miembro Rickard consiste en una sucesión en la que predominan las areniscas y pelitas en litosomas que poseen marcada continuidad lateral, las que aparecen bruscamente cortadas por cuerpos lenticulares de conglomerados medianos. Estas facies permiten definir un sistema fluvial de carga mixta con buen desarrollo de depósitos de planicie de inundación y rellenos de canales compuestos esencialmente por sedimentitas psefíticas. El importante cambio en la arquitectura fluvial que se produce entre los miembros de la Formación Carrizal se relaciona con una marcada variación en la acomodación sedimentaria. El Miembro Arroyo Seco constituye un cortejo de baja acomodación, mientras que el Miembro Rickard se define como un cortejo de alta acomodación. La superficie de retrogradación que limita a ambos miembros señala un cambio importante en el perfil gradado del sistema fluvial, tiene dimensión regional y puede ser considerada como un horizonte de valor cronoestratigráfico.

Palabras clave: Triásico, Depocentro Marayes – El Carrizal, Formación Carrizal, sistemas fluviales de carga de lecho, sistemas fluviales de carga mixta, Argentina.

EXTENDED ABSTRACT

The Carrizal Formation is one of the Triassic units of the Marayes - El Carrizal rift located in the eastern San Juan Province, Argentina (Figs. 1, 2). The facies analysis and the architectural study of the Carrizal Formation (Table 1) allowed recognising two facies associations. Facies association 1 corresponds to the

Arroyo Seco Member (Fig. 3), and facies association 2 to the Rickard Member (Fig. 4).

The Arroyo Seco Member (Figs. 3, 5) comprises vertical stacked channel belt conglomerates, associated with sandstones, gravelly sandstones and scarce mudrocks. Channel belt conglomerates are composed of extraformational rounded to subangular pebbles of gneiss, migmatite, schist,

granitoid, amphibolite and quartz derived from the local crystalline basement. These deposits are encased in amalgamated lenticular beds composed of sandstones, gravelly sandstones and fine-grained conglomerates, in which trough cross-bedding is the most conspicuous sedimentary structure (Fig. 6). Thin and laterally continuous fine- and medium-grained sandstones and mudstones are less common. A monotypic corystospermaceae forest with 38 stems resting in live position was identified in one of the basal levels of the Arroyo Seco Member (Fig. 6). The deposits of this facies association are essentially the result of bedload accumulation in a braided fluvial system (cf. Smith, 1970; Miall, 1978; Bluck, 1979; Steel and Thompson, 1983; Ramos *et al.*, 1986; Smith, 1990; Bristow and Best, 1993; Bristow, 1993b), characterised by marked changes in discharge and sediment supply.

The Rickard Member (Fig. 4) consists of discrete conglomerate channel fill deposits cut into laterally extensive tabular deposits (sandstones, heterolithic intervals, mudstones, coal beds). Three sub-associations are recognised. The first sub-association is composed of discrete thick and lenticular conglomerate beds showing a well defined imbrication structure, and composed of subangular to rounded pebbles and cobbles derived from the local metamorphic-igneous basement (Fig. 7). The second sub-association consists of massive, trough and low-angle cross-bedded, medium- to coarse-grained sandstones and granule sandstones. Remains of reworked stems, very abundant in some levels, were identified in both sub-associations (Fig. 7). The stems in one of the most conspicuous levels are oriented in a NE-SW direction (Fig. 8). The third sub-association is characterised by tabular and laterally extensive massive, laminated and rippled beds of fine- to medium-grained sandstones (Fig. 7), heterolithic intervals, greenish to dark (carbonaceous) mudstones, and thin coal beds. Bioturbation is common (Fig. 7), and several fossiliferous beds composed of *Cladophlebis sp.*, *Dicroidium sp.*, *Yabeiella sp.*, *Kurtziana sp.* and *Johnstonia sp.* have been identified in this sub-association. The deposits of the Rickard Member indicate a mixed-load fluvial system (Collinson, 1986; Spalletti and Barrio, 1998; Spalletti, 2001b) characterised by isolated channels encased in rapidly aggrading and extensive floodplains (Smith *et al.*, 1989; Jensen and Pedersen, 2010).

The Carrizal Formation shows a drastic change

in the evolution of fluvial architecture (Fig. 9). The lower Arroyo Seco Member is dominated by tractional coarse-grained multistorey deposits, formed in gravelly and sandy alluvial plains with a discrete degree of incision. Instead, the upper Rickard Member was originated in a mixed load fluvial system, characterised by rapidly aggrading floodplain deposits in which the main channels are confined by sharp erosional bases and side banks.

The vertical transition from bedload to mixed-load fluvial systems upwards suggests a marked change in the rate of creation of accommodation (McLaurin and Steel, 2007; Leleu *et al.*, 2010). The Arroyo Seco Member is thus characterised as a low-accommodation systems tract and the Rickard Member as a high-accommodation systems tract (Fig. 9). The contact between these two members is a chronostratigraphic retrogradational surface which can be traced for several kilometres along strike.

Keywords: Triassic, Marayes-El Carrizal rift, Carrizal Formation, bedload fluvial systems, mixed-load fluvial systems, Argentina.

INTRODUCCIÓN

Las cuencas triásicas argentinas ubicadas en las cercanías del margen occidental de Gondwana constituyen un conjunto de depresiones elongadas en sentido NW-SE que se asientan sobre una corteza continental espesa, compuesta por rocas del basamento cristalino y por unidades magmáticas del Paleozoico superior - Triásico correspondientes a la Provincia Choyoi. Estas cubetas han sido caracterizadas como sistemas de *rifts* pasivos y geometría de hemigrábenes (Uliana *et al.*, 1989; Kokogián *et al.*, 1993; Ramos y Kay, 1991; López Gamundí, 1994; Tankard *et al.*, 1995; Spalletti, 2001a). En ellas se produjo la acumulación de potentes depósitos silicoclásticos formados en ambientes continentales (Kokogián *et al.*, 1999, 2001; Spalletti, 1999, 2001a) cuyo desarrollo está estrechamente ligado con la paleogeografía, la naturaleza de las áreas de aporte y los cambios en acomodación sedimentaria.

Una de estas características depresiones es el depocentro de Marayes - El Carrizal (Kokogián *et al.*, 2001), localizado en el extremo SW y S de la Sierra de la Huerta (provincia de San Juan) a los 31° L.S y 67° L.O. (Fig. 1). En él, las sedimentitas triásicas constituyen una sucesión del orden de los 2300 m

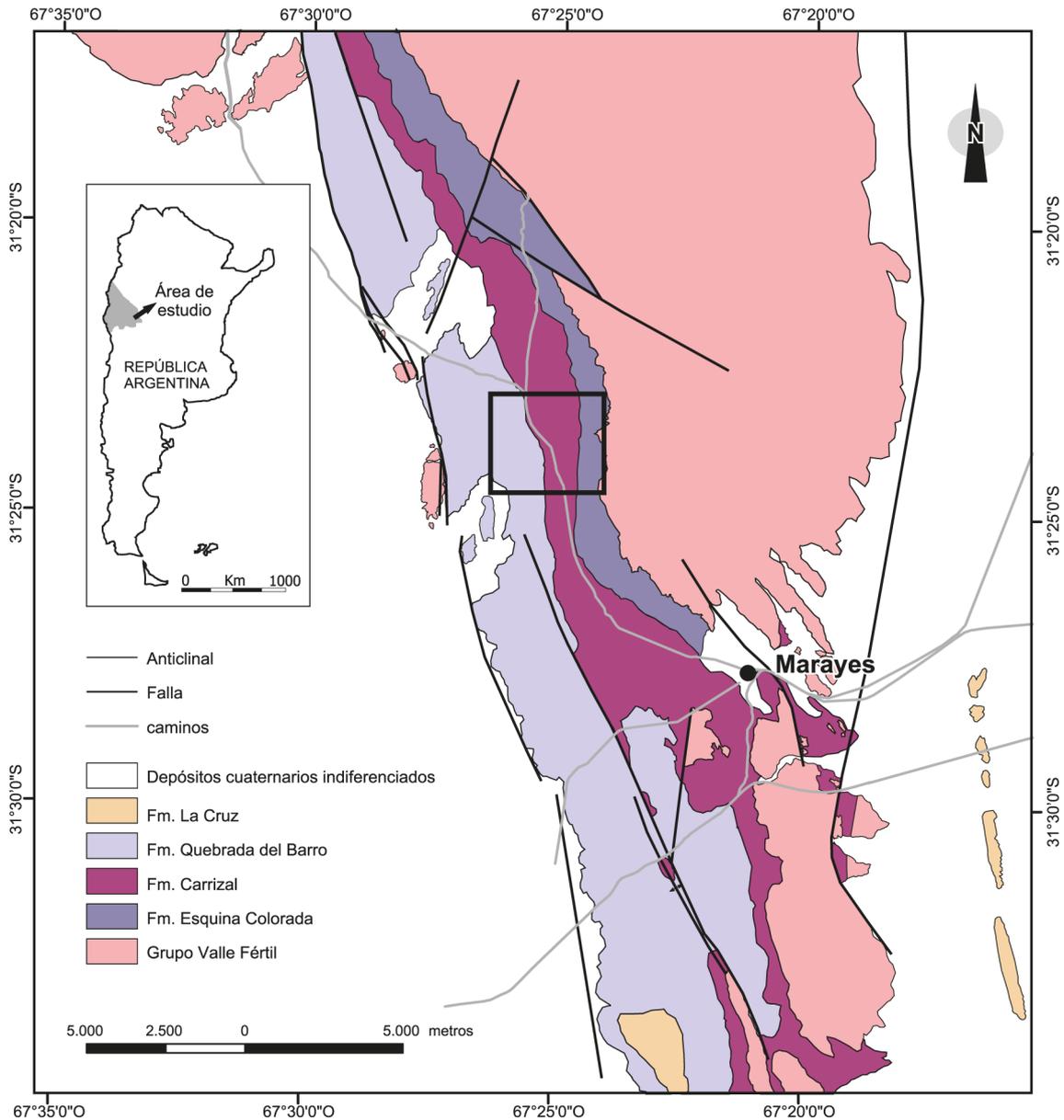


Figura 1. Mapas de ubicación y geológico (modificado de Bossi, 1976) del área de Marayes. En el recuadro se muestra la región de afloramientos donde se relevaron los perfiles sedimentológicos de la Formación Carrizal.

Figure 1. Location map and geological map (modified after Bossi, 1976) of the Marayes area. The box shows the location of studied outcrops.

de espesor (Bossi, 1976) y muestran afloramientos ampliamente distribuidos en sentido regional. El desenvolvimiento de un proyecto de investigación paleobotánico y sedimentológico del Triásico del oeste argentino ha permitido hacer estudios de detalle en este depocentro. En tal contexto, se ha podido determinar que una de sus unidades estratigráficas (la Formación Carrizal), caracterizada por su riqueza en plantas fósiles, posee características faciales muy contrastantes que permiten establecer dos distintos diseños de sedimentación fluvial. Los objetivos

de este trabajo son (1) describir e interpretar las asociaciones de facies sedimentarias y (2) evaluar las causas por las que se produjo una importante variación en los sistemas de deposición de la Formación Carrizal.

ANTECEDENTES Y CONTEXTO GEOLÓGICO

Los primeros estudios geológicos y estratigráficos específicos sobre las sedimentitas triásicas en la región de Marayes (Borrello, 1946; Bergmann, 1948)

Borrello (1946)	Bergmann (1948)	Stipanivic (1957, 2002)		Bossi (1976)		Este trabajo		
Grupo de la Quebrada del Barro	Estratos de Marayes	Grupo Marayes	Fm. Quebrada del Barro	Grupo Marayes	Fm. Quebrada del Barro	Grupo Marayes	Fm. Quebrada del Barro	
Grupo de Carrizal	Estratos con <i>Dicroidium</i>		Fm. Carrizal		Fm. Carrizal		Fm. Carrizal	Miembro Rickard
Grupo de la Quebrada de la Mina	Estratos del Río Seco		Fm. Quebrada de la Mina					Miembro Arroyo Seco
Grupo de la Esquina Colorada	Estratos de Paganzo		Fm. Esquina Colorada		Fm. Esquina Colorada		Fm. Esquina Colorada	

Tabla 1. Evolución de la nomenclatura estratigráfica para las sedimentitas triásicas de Marayes.

Table 1. Evolution of stratigraphic nomenclature for the Triassic deposits of Marayes.

se vinculan con la exploración minera por sus yacimientos de carbón. Borrello (1946) propuso un esquema estratigráfico constituido por cuatro unidades (de base a techo, Esquina Colorada, Quebrada de la Mina, Carrizal y Quebrada del Barro, Tabla 1), las que fueron ulteriormente formalizadas y reunidas en el denominado Grupo Marayes por Stipanivic (1957, también 2002). Por su parte Bossi (1976), en su exhaustivo trabajo de mapeo geológico, indica que este grupo está constituido sólo por tres unidades (formaciones Esquina Colorada, Carrizal y Quebrada del Barro, Tabla 1). En el presente trabajo se considera que la Formación Carrizal admite una subdivisión, y aún cuando se sigue la nomenclatura de Bossi (1976), se definen dos miembros: el inferior se designa como Miembro Arroyo Seco (sobre la base de la nomenclatura original de Bergmann, 1948), y el superior -que porta los niveles plantíferos clásicos descritos en la literatura- Miembro Rickard.

Según Bossi (1976) la Formación Esquina Colorada (450-550 m de espesor) se compone de conglomerados, areniscas y diamictitas más algunas intercalaciones tobáceas. La Formación Carrizal (100-350 m de espesor) consiste en areniscas, conglomerados cuarzosos, limolitas y carbón. Por su parte, la Formación Quebrada del Barro (900 a 1400 m de espesor) se caracteriza por una sucesión de capas rojas conformada por conglomerados, areniscas y diamictitas.

En Marayes, la sucesión triásica se apoya discordantemente sobre las rocas del basamento cristalino (Grupo Valle Fértil, Bossi, 1976) constituido por una compleja asociación de rocas magmáticas y tectonometamórficas (meta-máficas y ultramáficas, mármoles, gneisses y migmatitas) ordovícicas formadas durante la Orogenia Famatiniana (Murra y Baldo, 2006). A su vez, los depósitos triásicos son

cubiertos, discordancia regional mediante, por las sedimentitas continentales cretácicas correspondientes al Grupo El Gigante (Flores y Criado Roqué, 1972). Gardini *et al.* (2009) han determinado que las rocas triásicas se encuentran deformadas por plegamiento y afectadas por dos fallas principales (Pan de Azúcar y Rickard), la primera de las cuales constituye el límite occidental del depocentro de Marayes. Los depósitos de la Formación Carrizal, son portadores de vegetales fósiles, conocidos desde el siglo XIX, y que han sido descritos en diversos trabajos (Geinitz, 1876, 1925; Borrello, 1946; Bergmann, 1948; Stipanivic, 1957; Yrigoyen y Stover, 1970; Herbst y Lutz, 1993, entre otros). Por su parte, en la Formación Quebrada del Barro se ha consignado el hallazgo de reptiles fósiles (Bossi y Bonaparte, 1978; Apaldetti y Martínez, 2009).

MÉTODOS DE ESTUDIO

Las tareas de campo consistieron en reconocimientos regionales de las unidades triásicas en la región de Marayes y el ajuste, con el apoyo de datos de GPS, de la carta geológica publicada por Bossi (1976). Los estudios sedimentológicos se concentraron en dos áreas, cuya geología y estratigrafía se ilustran en la figura 2. En estas localidades se relevaron perfiles sedimentológicos a escala de detalle en la Formación Carrizal cuya selección se efectuó sobre la base de la calidad de los afloramientos y la existencia de flora fósil. Uno de estos perfiles corresponde al Miembro Arroyo Seco (Fig. 3) y el restante al Miembro Rickard (Fig. 4).

El análisis sedimentológico de la Formación Carrizal se basó en la definición de asociaciones de facies. En este estudio se establecieron dos

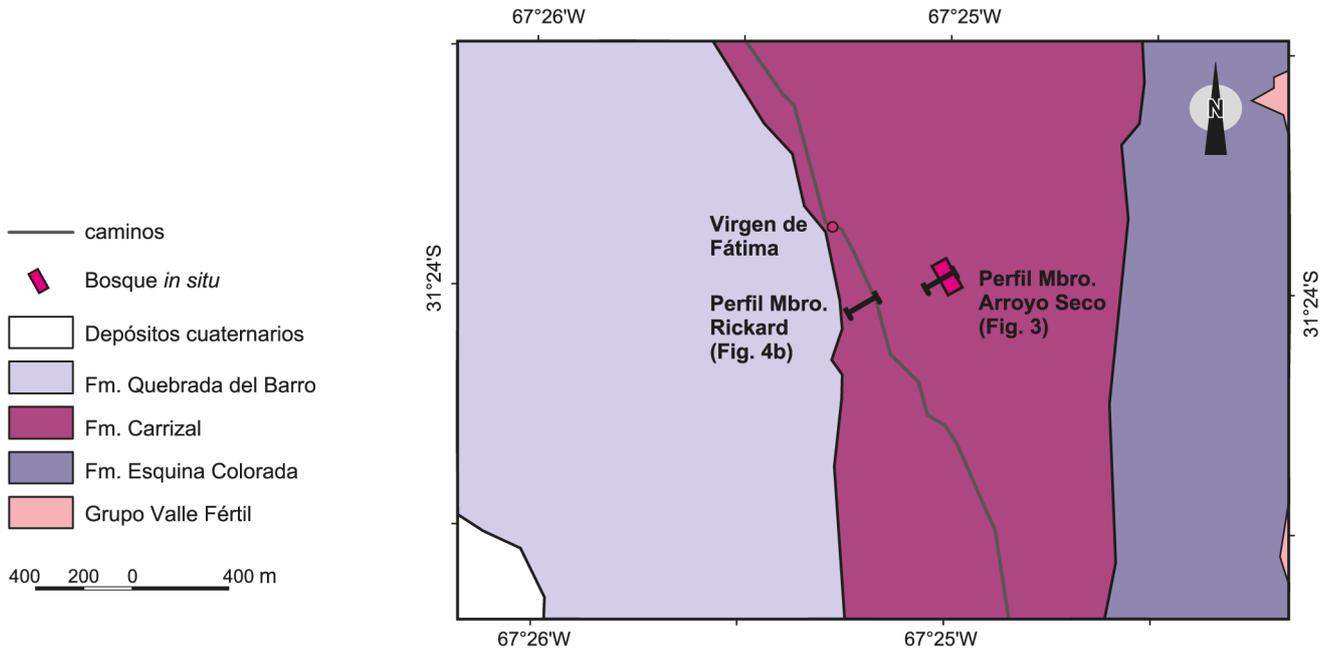


Figura 2. Mapa geológico del área donde se relevaron los perfiles sedimentológicos de la Formación Carrizal.

Figure 2. Geological map of the research area.

asociaciones de facies teniendo en cuenta las características y vinculaciones espaciales entre distintos cuerpos de roca. Estas asociaciones pueden seguirse lateralmente por centenares a miles de metros y fueron utilizadas para definir los sistemas de depositación a escala regional (cf. Mader y Redfern, 2011). La asociación de facies 1 caracteriza al Miembro Arroyo Seco, mientras que la asociación de facies 2 corresponde al Miembro Rickard.

ASOCIACIONES DE FACIES

Asociación de facies 1 (Miembro Arroyo Seco)

Descripción: En esta asociación se reconocen dos términos bien diferenciables. Por una parte cuerpos de rocas conglomerádicas y por otra un variado conjunto de areniscas y areniscas conglomerádicas acompañadas por niveles psefíticos y muy escasas intercalaciones pelíticas (Figs. 3, 5).

Los conglomerados constituyen cuerpos de geometría lenticular con espesores entre 1,6 y 2,7 m, y desarrollo lateral de entre 15 y 30 m, limitados por superficies basales marcadamente cóncavas. Si bien en su mayoría son masivos, en algunos casos se aprecia una difusa estructura de estratificación horizontal. En un 75% a 85% se componen de guijas y guijarros extraformacionales redondeados hasta subangulosos constituidos por rocas del basamento

crystalino local que hoy afloran en el cuerpo de la Sierra de la Huerta; se trata de fragmentos de gneisses, migmatitas, esquistos micáceos, granitoides, anfibolitas y cuarzo de venas. La matriz es una sabulita hasta arenisca mediana de moderada selección y tonalidad gris verdosa pálida.

El otro conjunto está dominado por areniscas muy gruesas a medianas y areniscas conglomerádicas de tonalidades rosadas y gris verdosas, a las que se asocian niveles de conglomerados finos. Estos depósitos se presentan en capas lenticulares que amalgaman tanto lateral como verticalmente, tienen mediana escala (0,4 a 0,9 m de espesor) y desarrollo lateral entre 1 y 5 m (Fig. 5). La estructura interna más conspicua es la estratificación entrecruzada en artesa (Fig. 6a) cuyos ejes se orientan preferentemente en direcciones NE-SO y E-O (Fig. 3), aunque también se identifican algunas capas masivas. Es común que estos depósitos posean trenes de guijas alineadas en sentido paralelo a la estratificación. También es frecuente que las capas entrecruzadas muestren *subsets* con bien definida estratificación en artesa pero de menor escala, entre 15 y 20 cm de espesor. A estos cuerpos se asocian niveles de areniscas finas a medianas entre 15 y 35 cm de espesor que se extienden en sentido lateral por varias decenas de metros y muestran estructura de capa plana, de bajo ángulo (Fig. 6b), masiva, más raramente laminación ondulítica de corrientes con bajo ángulo

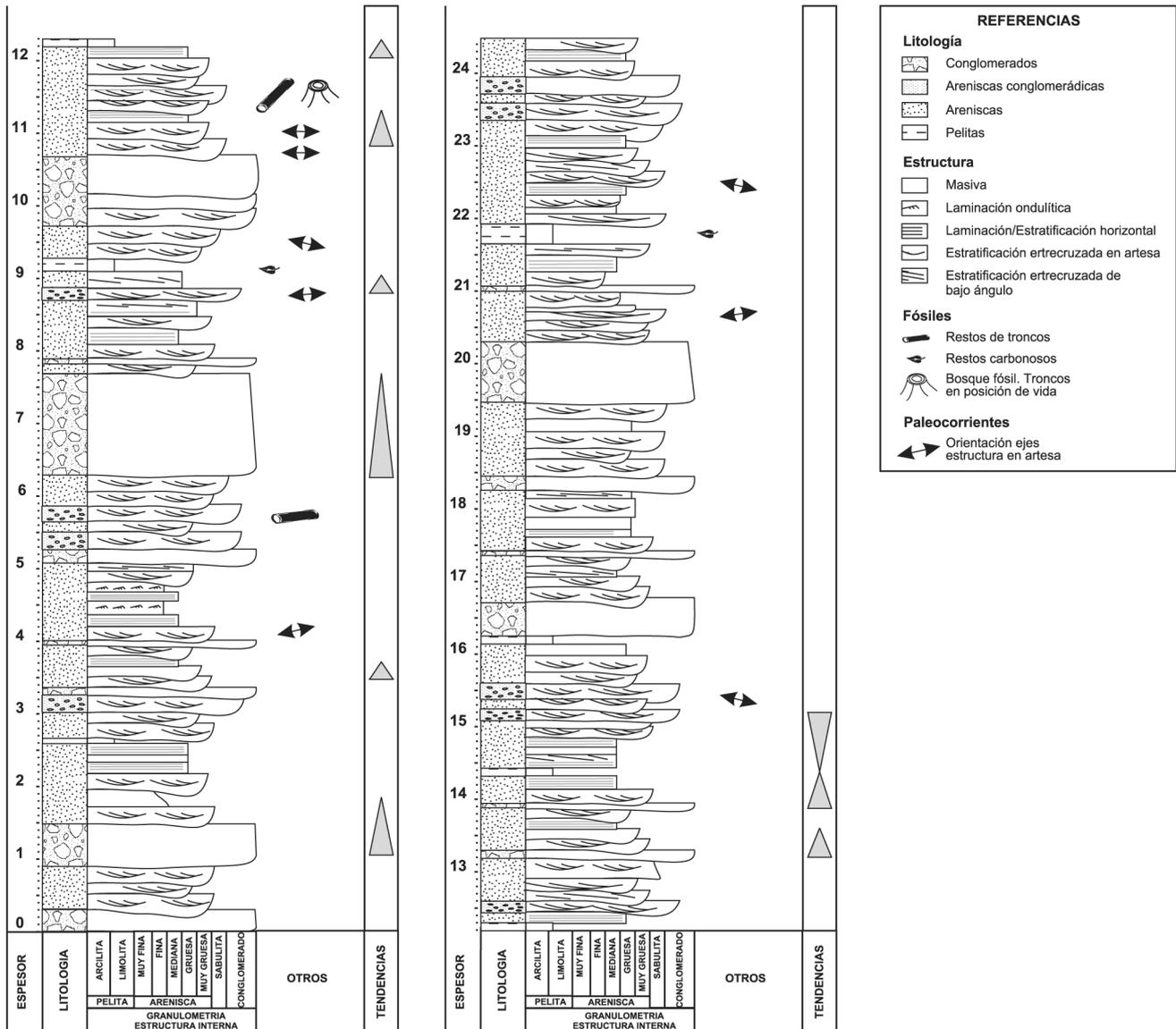


Figura 3. Perfil sedimentológico parcial del Miembro Arroyo Seco. Nótese la importante participación de sedimentitas de textura gruesa (conglomerados, areniscas conglomerádicas y areniscas) así como la ubicación del bosque fósil.

Figure 3. Sedimentary log of the Arroyo Seco Member. Note the high participation of coarse-grained deposits (conglomerates, gravelly sandstones, sandstones) and the stratigraphic location of the fossil forest.

de escalonamiento (Fig. 6c). También aparecen, aunque en forma muy esporádica, intercalaciones tabulares delgadas de fangolitas gris verdosas masivas o con cruda laminación horizontal en las que se encuentran restos carbonizados de material vegetal indeterminable (Fig. 3).

En esta asociación de facies se ha encontrado un bosque monotípico de corystospermáceas, en el

que se ubicaron 38 tallos en posición de vida (Fig. 6d). El mapeo y muestreo detallado de los mismos permitió interpretar que el bosque estaba constituido por un solo estrato arbóreo con algunos árboles emergentes, determinándose una densidad total de 1008 árboles/ha, un área basal total de 50 m²/ha y una altura promedio de 15 m (Artabe *et al.*, 2011). Estos datos resultan semejantes a los que presentan

Figura 4. Perfil sedimentológico parcial del Miembro Rickard, constituido por distintos tipos texturales de sedimentitas silicoclásticas. Los conglomerados constituyen cuerpos lenticulares discretos que representan el relleno de paleocanales.

Figure 4. Sedimentary log of the Rickard Member composed of a complex association of siliclastic deposits. Discrete lenticular conglomerate beds represent the infill of incised palaeochannels.

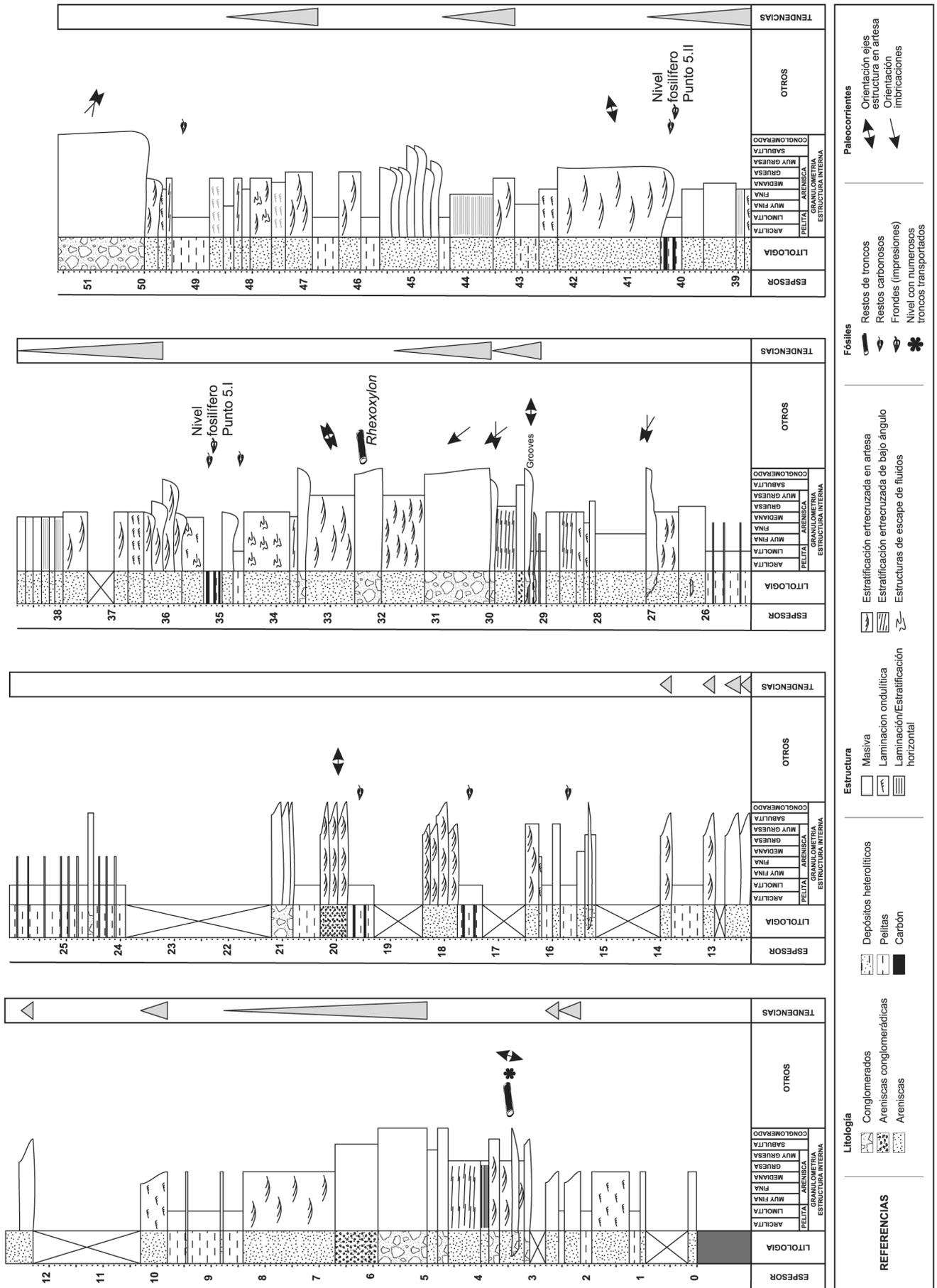




Figura 5. Vista general hacia el oeste desde la localidad donde se encontró el bosque *in situ* del Miembro Arroyo Seco. En primer plano se pueden apreciar los depósitos gruesos y con marcada arquitectura lenticular del mencionado miembro. La línea de puntos muestra el contacto entre los miembros Arroyo Seco y Rickard de la Formación Carrizal.

Figure 5. General view to the west from the locality where the fossil forest of the Arroyo Seco Member was identified. In the front, coarse grained deposits with lenticular architecture (Arroyo Seco Member). The dashed line indicates the contact between the Arroyo Seco and the Rickard members.

otros bosques triásicos en posición de vida hallados en Argentina, como los de la Formación Cortaderita, Triásico Medio, provincia de San Juan (Bodnar, 2010) y de la Formación Río Blanco, Triásico Tardío, provincia de Mendoza (Artabe *et al.*, 2007).

Interpretación: Los atributos de la asociación de facies 1 son característicos de los depósitos fluviales producidos por acumulación de carga tractiva o de lecho (Schumm, 1981, 1985), que en los clásicos modelos de facies han sido asignados a sistemas entrelazados (cf. Smith, 1970; Miall, 1978; Bluck, 1979; Steel y Thompson, 1983; Ramos *et al.*, 1986; Smith, 1990; Bristow y Best, 1993; Bristow, 1993b).

Los rápidos cambios en la arquitectura y en las facies sedimentarias sugieren que el sistema se caracterizó por marcados cambios en la disponibilidad de agua y en la carga sedimentaria y que circuló en un área de gradiente bastante importante (cf. Miall, 1996). Los conglomerados con textura de clasto soporte y cuerpos con marcada lenticularidad representan la acumulación en los canales con mayor desarrollo del sistema fluvial y que tuvieron cierto grado de confinamiento. Estos depósitos de gravas masivas o con cruda estratificación se producen por acreción frontal en barras longitudinales (Lunt *et al.*, 2004; Lunt y Bridge, 2004). Por su parte, los conjuntos de estratos lenticulares amalgamados de areniscas, areniscas conglomerádicas y conglomerados finos con frecuente estratificación

en artesa pueden ser interpretados como depósitos de barras medias (Mader y Redfern, 2011) ubicadas en un sistema de canales con alta movilidad lateral y fuertemente agradantes o amalgamadas por acumulación de carga tractiva (Bridge, 2003; Best *et al.*, 2003; Leleu *et al.*, 2010). Las capas de areniscas que muestran mayor continuidad lateral y que se caracterizan por estructuras de capa plana de alto régimen, masivas y ondulíticas se interpretan como depósitos no confinados del tope de las barras (Bristow, 1993a) o de las márgenes de la planicie fluvial y ponen de manifiesto la existencia de muy marcadas fluctuaciones en el flujo en las áreas de menor profundidad relativa del sistema.

El bosque identificado en depósitos correspondientes a esta asociación de facies debió haberse desarrollado sobre la superficie de islas o barras emergentes del sistema fluvial que quedaron expuestas por períodos relativamente prolongados. Del mismo modo, la abundancia de troncos caídos y transportados se puede interpretar como el resultado de la reocupación de dichas islas por parte de los canales, lo que típicamente sucede en sistemas fluviales de alto gradiente, caracterizados por una marcada migración de los cauces y alta tasa de agradación sedimentaria.

Asociación de facies 2 (Miembro Rickard)

Descripción: El Miembro Rickard se caracteriza

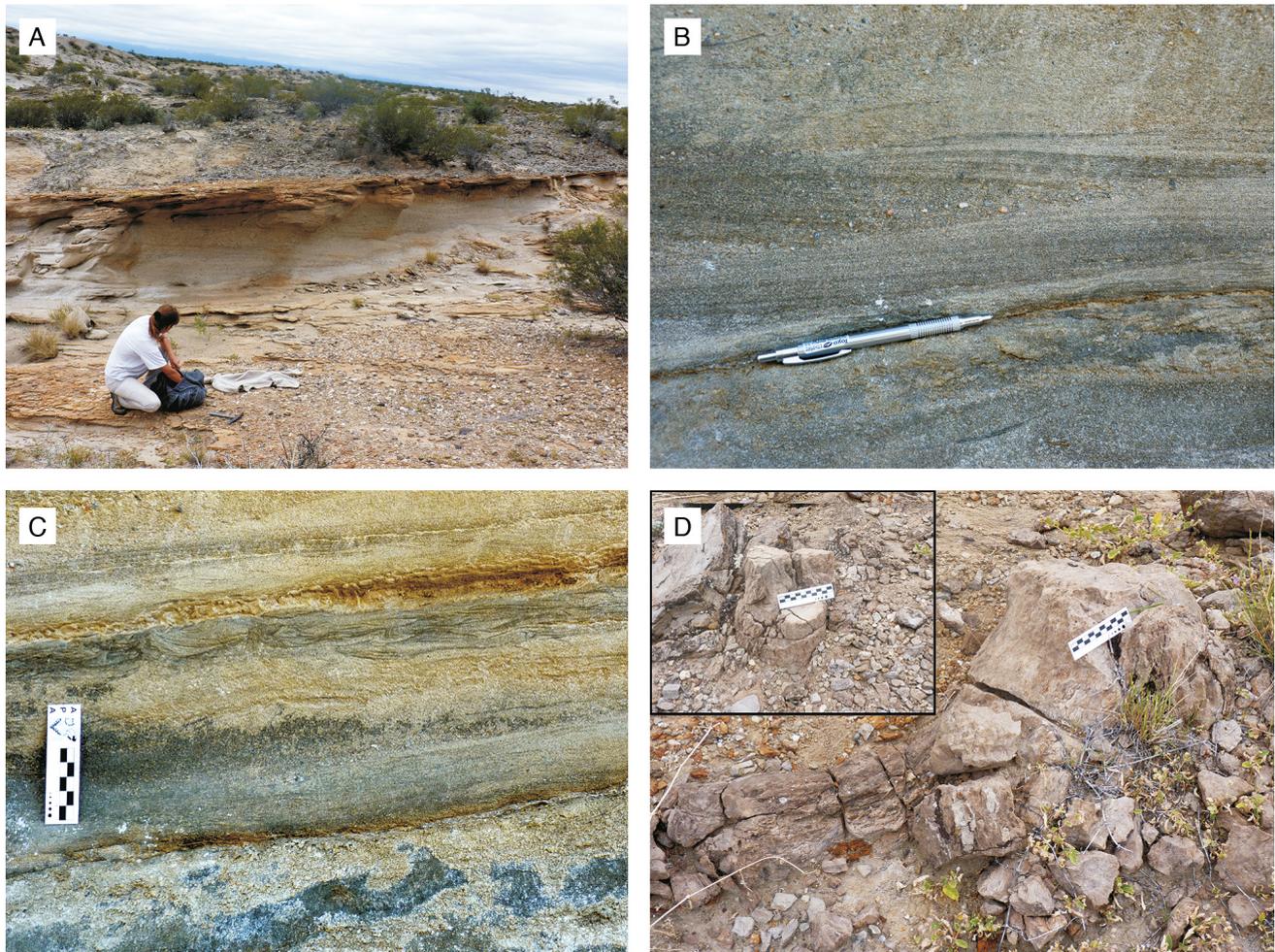


Figura 6. Miembro Arroyo Seco. A) Niveles con estratificación entrecruzada. B) Capas con laminación de bajo ángulo. C) Capa delgada con laminación ondulítica de corrientes y con bajo ángulo de escalonamiento. D) Resto de tronco y raíz del área del bosque *in situ*; nótese la textura gruesa de las rocas en las que están alojados estos restos vegetales.

Figure 6. Arroyo Seco Member. A) Cross-stratified deposits. B) Beds with low-angle cross-lamination. C) Thin bed with current cross-lamination and low angle of climbing. D) Log and root from the *in situ* fossil forest; note the coarse grained texture of the sedimentary deposits where the forest was developed.

por un conjunto sedimentario en el que participan distintas rocas silicoclásticas, desde conglomerados hasta fangolitas (Fig. 4). La mayor parte del registro se compone de areniscas de variada granulometría y pelitas en litosomas que muestran geometrías tabulares a lentiformes, y poseen una marcada continuidad lateral que se mide en decenas a centenares de metros. Estas sucesiones aparecen bruscamente cortadas por cuerpos de conglomerados medianos que poseen una marcada geometría lenticular. Se reconocen así tres distintas sub-asociaciones.

La primera sub-asociación corresponde a los cuerpos lenticulares de conglomerados que presentan espesores importantes, entre 0,9 m y más de 2 m, y superficies basales fuertemente erosivas, que incluso

muestran presencia de surcos (*grooves*) de 0,7 m de amplitud y 0,4 m de profundidad. Están formados por guijarros y guijones (entre 30 mm y 180 mm de diámetro) subangulosos hasta redondeados del basamento metamórfico e ígneo local, con textura de clasto soporte y matriz sabulítica hasta arenosa gruesa (Fig. 7a, b). Mayormente poseen selección buena a moderada y una bien desarrollada imbricación que indica direcciones de paleocorrientes bastante consistentes hacia el NO (Fig. 4). Pueden incluir algunas lentes internas de areniscas conglomerádicas y en sentido lateral suelen pasar a cuerpos más delgados de conglomerados finos, sabulitas y areniscas conglomerádicas. Es común también que estos cuerpos posean un diseño de superposición granodecreciente con pasaje vertical a sabulitas

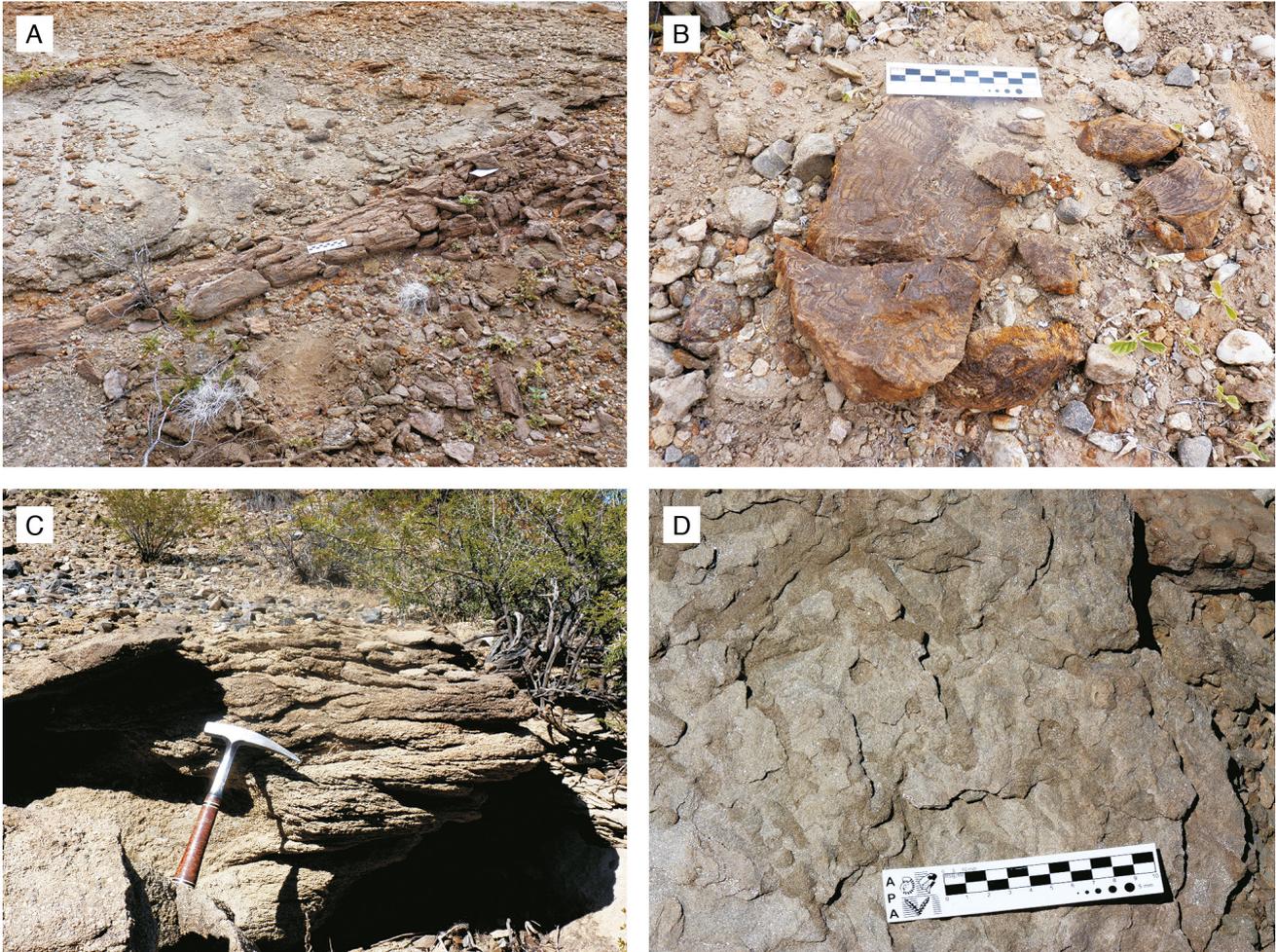


Figura 7. Miembro Rickard. A) Resto de tronco transportado que yace en sentido paralelo a la estratificación, alojado en areniscas muy gruesas y areniscas conglomerádicas. B) Resto de *Rhexoxylon* sp. identificado en un cuerpo lenticular de conglomerados medianos. C) Capa de arenisca con laminación ondulítica de corrientes y bajo ángulo de escalonamiento asociada a niveles con estratificación entrecruzada. D) Nivel con estructuras de bioturbación (tipo *Cruziana*) pertenecientes a la icnofacies de *Scoyenia*.

Figure 7. Rickard Member. A) Rest of transported log lying parallel to stratification; encasing sediments are very coarse-grained sandstones and gravelly sandstones. B) *Rhexoxylon* sp. located in a lenticular bed composed of pebble conglomerates. C) Sandstone bed with current cross-lamination and low angle of climbing, associated with cross-bedded sandstones. D) Level with bioturbation structures (*Cruziana* type) of the *Scoyenia* ichnofacies.

y areniscas gruesas masivas o con estratificación entrecruzada. Estos ortoconglomerados incluyen restos de troncos transportados (Fig. 7a, b), los que en algunos niveles son bastante numerosos. Vale destacar que más raramente algunos cuerpos psefíticos tienen menor selección y aspecto caótico, son masivos e incluso muestran fenoclastos con sus ejes mayores en posición vertical.

La segunda sub-asociación se caracteriza por areniscas medianas a gruesas de colores verdosos, ricas en feldespato potásico y muscovita, y areniscas muy gruesas hasta sabulitas gris rosadas y ocráceas de similar composición. Las capas, entre 0,15 y

0,9 m de espesor, muestran estructuras masivas, entrecruzadas en artesa (algunas de grandes dimensiones, superan 1 m de desarrollo lateral, otras con evidencias de deformación por escape de fluidos), entrecruzadas de bajo ángulo y laminación horizontal, ésta última menos frecuente. Algunos niveles incluyen guijas y gujarros dispersos y trenes alineados de fenoclastos con buen desarrollo de imbricación. Son también comunes las lentes internas discretas de conglomerados finos en cuerpos de espesor reducido (10 a 20 cm) y corto desarrollo lateral (no más de 50 cm). Los ejes de las estructuras en artesa se disponen en un arco de direcciones

NO-SE a SO-NE, en tanto que las imbricaciones indican nuevamente un sentido de desplazamiento de los flujos hacia el NO. Los abundantes troncos transportados que se identifican en el sector inferior del perfil (Figs. 4, 7a) se orientan en dirección NE-SO (Fig. 8), es decir en posición aproximadamente transversal con respecto al sentido que definen las imbricaciones.

Por su parte, la tercera sub-asociación está compuesta por capas tabulares delgadas a medianas (entre 0,10 m y 0,45 m de espesor) de areniscas finas a medianas, verdosas, con estructuras masivas, laminaciones horizontales difusas y de laminación ondulítica con bajo ángulo de escalonamiento (Fig. 7c), varias de las cuales muestran signos de replegamiento por escape de fluidos. En varios niveles se identifican trazas de raicillas y estructuras de bioturbación (Fig. 7d), del tipo de los *Skolithos*, *Paleophycus* y *Planolites*. A estas sedimentitas se asocian frecuentes niveles de fangolitas verdosas y negras, carbonosas (hasta delgados mantillos de carbón), en cuerpos de variado espesor, a veces muy delgados (0,15 m) y otras bastante potentes (de 1,10 m a 1,45 m) y con considerable extensión lateral, que puede superar los 100 m. Es también común que las sedimentitas de esta sub-asociación, en particular areniscas finas ondulíticas y/o con laminación y fangolitas, constituyan ciclos heterolíticos que pueden superar los 2 m de potencia. Estas sucesiones de grano fino muestran asimismo intercalaciones delgadas (0,30 a 0,40 m) de sabulitas y areniscas gruesas masivas o con estratificación entrecruzada en artesa. Los distintos niveles fosilíferos con restos de frondas fósiles (entre los que se identifican *Cladophlebis sp.*, *Dicroidium sp.*, *Yabeiella sp.*, *Kurtziana sp.* y *Johnstonia sp.*) se localizan en las rocas de esta sub-asociación (Fig. 4).

Interpretación: La sucesión del Miembro Rickard, caracterizada por distintos tipos de facies sedimentarias (Fig. 4), la geometría diversa de los cuerpos de roca, el ordenamiento en tres típicas sub-asociaciones y el desarrollo de importantes secciones dominadas por materiales finos (fangolitas, fangolitas carbonosas, areniscas finas a medianas), se interpreta como el depósito de sistemas fluviales de carga mixta (Collinson, 1986; Spalletti y Barrio, 1998; Spalletti, 2001b).

Los cuerpos lenticulares de conglomerados constituyen el relleno de los canales principales del

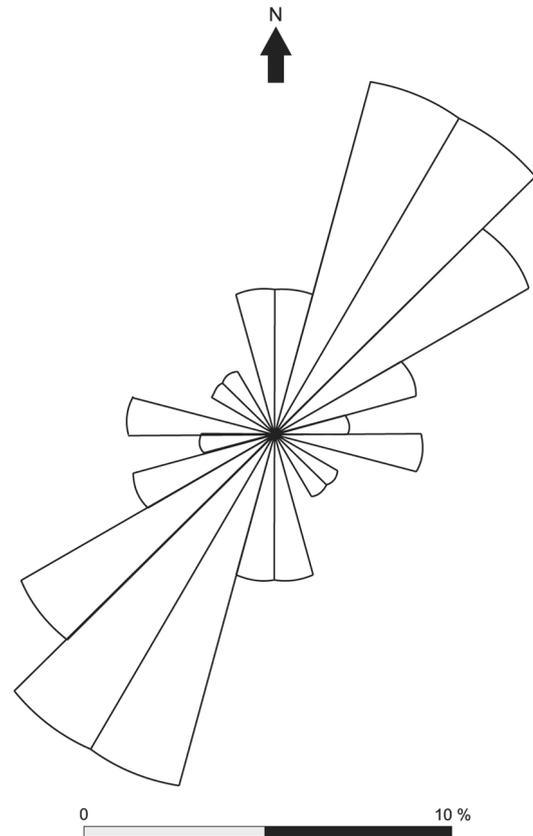


Figura 8. Histograma circular que muestra la orientación de troncos caídos y que yacen paralelos a la estratificación que aparecen en el sector basal del Miembro Rickard. Su ubicación en perfil puede apreciarse en la figura 4.

Figure 8. Rose diagram showing the preferred orientation of reworked logs lying parallel to stratification surfaces. This deposit is located in the lower section of the Rickard Member (see figure 4 for precise location).

sistema fluvial. La presencia de estas importantes acumulaciones de gravas y su pasaje vertical abrupto a depósitos de textura más fina, aún en los casos en que se aprecia tendencia granodecreciente, sugieren que los cauces estuvieron dominados por depositación de carga tractiva. Varios de estos canales fueron ocupados exclusivamente por macroformas gravosas de acreción frontal y lateral, y con considerable agradación vertical. Otros, en cambio, muestran el pasaje vertical desde barras gravosas a barras arenosas o dunas 3D, caracterizadas por la acumulación de arenas y arenas gravosas con estratificación entrecruzada en artesa (Skelly *et al.*, 2003). La textura de los sedimentos implica áreas de marcado gradiente, mientras que la geometría fuertemente lenticular y limitada en sentido areal de los cuerpos psefíticos y psefíticos-psamíticos sugiere que se trataba de cauces con escasa movilidad lateral, característicos

de un sistema de canales en faja (Friend, 1983), con importante incisión en las planicies de inundación y de baja sinuosidad (Spalletti, 1994; Spalletti y Barrio, 1998). Asimismo, la presencia de grandes surcos de erosión en la base de los paleocauces indica que la formación de los canales estuvo asociada con fenómenos de erosión y expansión del flujo en áreas dominadas por sedimentos de grano fino (Mohrig *et al.*, 2000; Jensen y Pedersen, 2010). La orientación de las estructuras direccionales (imbricaciones, surcos, estratificación entrecruzada, troncos transportados) es variada, aunque tienden a indicar un sentido preferencial de las corrientes hacia el O y NO. Estudios estadísticos elaborados por Bossi *et al.* (1979) muestran orientaciones muy diversas para la Formación Carrizal, por lo que no descartamos que nuestros datos tengan sólo valor local y no puedan ser extrapolados con seguridad a todo el depocentro de Marayes.

Los depósitos de las planicies de inundación del sistema fluvial están representados por las otras dos sub-asociaciones de facies. Los litosomas de areniscas medianas hasta sabulitas con variadas estructuras mecánicas de corrientes también representan de carga de lecho, aunque por su textura, espesores y geometría se interpretan como producto de acumulación en canales menores (*crevasses*) del sistema fluvial, muy posiblemente alimentados desde los canales principales en períodos de crecidas y desbordamiento (Diemer y Belt, 1991; Rhee *et al.*, 1993; Mjøs *et al.*, 1993; Bridge y Demicco, 2008). Por su parte, entre las facies de la sub-asociación constituida por depósitos mucho más tabulares y de textura fina, las areniscas finas a medianas se interpretan como depósitos de corrientes unidireccionales no confinadas que operaron con bajo régimen de flujo (migración de óndulas y carpetas traccionales), mientras que las fangolitas son el producto de procesos de decantación suspensiva. Tanto las areniscas como las sucesiones heterolíticas se consideran depósitos de albardón y/o de lóbulos de desbordamiento o *crevasse sprays* (Smith *et al.*, 1989; McCarthy *et al.*, 1997), mientras que las sucesiones más potentes de fangolitas constituyen las acumulaciones de áreas deprimidas de la cuenca de inundación (McCarthy *et al.*, 1997; Jensen y Pedersen, 2010).

En conjunto, las características de los depósitos canalizados del Miembro Rickard permiten sugerir un sistema de depositación fluvial con dominio

de procesos de agradación sobre los de migración lateral (Cuevas Gonzalo y Martinus, 1993). También indican una importante agradación los depósitos de planicie de inundación en los que son escasas las evidencias en el desarrollo de paleosuelos (Kraus, 2002). En los sistemas fluviales la agradación sedimentaria ha sido relacionada con fenómenos sindeposicionales de generación de acomodación (Skelly *et al.*, 2003). Las características del relleno y geometría de los canales sugieren procesos de avulsión sobre planicies de inundación agradantes (Slingerland y Smith, 2004), los que pudieron deberse a la combinación entre factores autocíclicos -como compactación diferencial de los sedimentos de la planicie de inundación (Rajchl y Ulicny, 2005)- y alocíclicos (Ethridge *et al.*, 1999; Ashworth *et al.*, 2007). Por su parte, la presencia de frecuentes fangolitas carbonosas y de niveles delgados de carbón apuntan a la presencia de planicies húmedas con pobre drenaje, fenómenos de estancamiento y escaso aporte de materiales clásticos, y sugieren que por procesos de avulsión los canales principales debieron instalarse en sectores alejados del valle fluvial (*cf.* Jensen y Pedersen, 2010).

ANÁLISIS DEL PASAJE ENTRE LOS MIEMBROS ARROYO SECO Y RICKARD

La Formación Carrizal muestra, de base a techo, un drástico cambio en la evolución de la arquitectura fluvial. La parte inferior de la sucesión sedimentaria, correspondiente al Miembro Arroyo Seco está constituida por depósitos de carga traccional, gruesos y multiepisódicos, formados en planicies aluviales gravosas y arenosas con escaso confinamiento, en las que predominaron los procesos erosivos sobre los de acumulación. En cambio, los términos superiores de la sucesión (Miembro Rickard) corresponden a un sistema fluvial de carga mixta, con predominio de la acumulación sobre los procesos erosivos, y caracterizado por una alta participación de depósitos finos (fangos, arenas finas) de planicie de inundación que fueron incididos por cuerpos canalizados discretos, rellenos esencialmente por depósitos gravosos y gravo-arenosos. Esta marcada diferencia en las asociaciones de facies implica un control de la sedimentación por factores alocíclicos y, en particular, un cambio notable en la generación de acomodación sedimentaria (McLaurin y Steel, 2007; Leleu *et al.*, 2010).

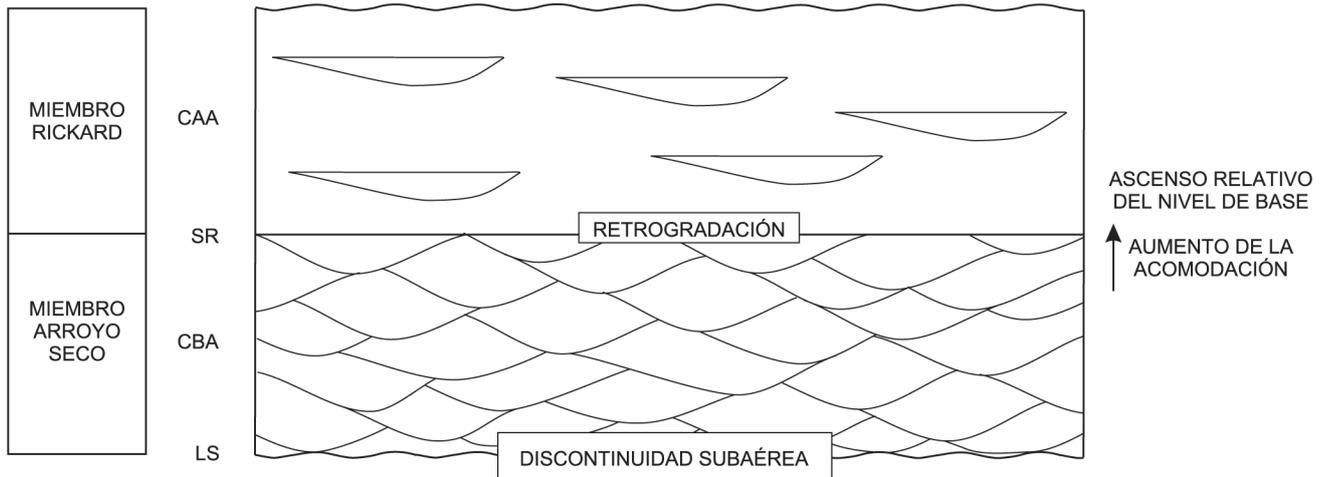


Figura 9. Arquitectura estratigráfica de las secuencias fluviales de la Formación Carrizal. Respuesta sedimentaria a la disminución relativa en el perfil gradado fluvial. LS: límite de secuencia, CBA: cortejo de baja acomodación (Miembro Arroyo Seco), SR: superficie retrogradacional, CAA: cortejo de alta acomodación (Miembro Rickard).

Figure 9. Stratigraphic architecture of the fluvial sequences defined in this paper. Sedimentary response to a lowering in the fluvial equilibrium profile. LS: sequence boundary, CBA: low-accommodation systems tract (Arroyo Seco Member), SR: retrogradational surface, CAA: high-accommodation systems tract (Rickard Member).

Si se sigue un esquema estratigráfico secuencial clásico para explicar las diferencias en arquitectura fluvial (Fig. 9), se puede concluir que los depósitos del Miembro Arroyo Seco constituyen un cortejo de baja acomodación (Spalletti y Barrio, 1998), mientras que los del Miembro Rickard pueden asignarse a un cortejo de alta acomodación (Spalletti y Barrio, 1998), o retrogradacional a agradacional en el sentido de Legarreta *et al.* (1993). En tal contexto, la base de la sucesión de la Formación Carrizal constituye un límite de secuencia, mientras que el abrupto contacto entre los depósitos fluviales de carga traccional del Miembro Arroyo Seco y los de carga mixta del Miembro Rickard se da a lo largo de una prominente superficie de baja frecuencia (Fig. 9) que se sigue regionalmente y que puede ser considerada como un horizonte de valor cronoestratigráfico. Catuneanu (2006) ha propuesto la denominación de superficie de máxima regresión, pero este término sería aplicable a sistemas fluviales vinculados con niveles de base marinos. En el caso de la Formación Carrizal, que se aparta de la mencionada situación, resulta más conveniente caracterizarla simplemente como una superficie retrogradacional que señala un cambio importante en el perfil gradado del sistema fluvial.

CONCLUSIONES

El estudio realizado en el depocentro triásico

de Marayes-El Carrizal ha permitido obtener las siguientes conclusiones:

- 1) A la Formación Carrizal es posible dividirla en dos unidades: el Miembro Arroyo Seco (inferior) y el Miembro Rickard (superior).
- 2) A partir del análisis de asociaciones de facies se han interpretado dos distintos sistemas de sedimentación fluviales para cada uno de estos miembros.
- 3) El Miembro Arroyo Seco, constituido esencialmente por cuerpos de geometría lenticular de conglomerados, areniscas conglomerádicas y areniscas, se interpreta como el registro de un sistema fluvial desarrollado en áreas con importante gradiente, en el que dominó la acumulación de carga tractiva o de lecho, y modulado por cambios marcados en la disponibilidad de agua y sedimentos. En este miembro son frecuentes los restos de madera fósil. Particularmente en un nivel se identificó un bosque fósil con troncos en posición de vida que se habría desarrollado sobre la superficie de barras emergentes o islas del sistema fluvial.
- 4) El Miembro Rickard se compone de distintos tipos de facies sedimentarias, entre las que se reconocen depósitos marcadamente lenticulares de relleno de paleocanales y sucesiones tabulares que corresponden a ambientes de planicie de inundación. Estos atributos permiten asignar el registro del Miembro Rickard a un sistema fluvial de carga mixta y baja sinuosidad. Los litosomas lenticulares, compuestos

tanto por facies monofaciales de conglomerados como por secuencias granodecrecientes de conglomerado - arenisca gruesa, muestran el dominio de sedimentación de carga tractiva que constituyen el relleno de los canales principales de un sistema fluvial, que aparecen fuertemente incididos en depósitos de planicie de inundación, y en los que prevalecieron los procesos avulsivos sobre los de migración lateral de los cauces. Entre los depósitos de planicie de inundación se identifican sedimentos acumulados en canales menores del sistema fluvial, en lóbulos de desbordamiento y como producto de decantación suspensiva. La importante presencia de fangolitas carbonosas y de capas de carbón sugiere el desarrollo de planicies húmedas, mal drenadas y con escasa contribución de materiales clásticos. En este Miembro también se identifican capas de textura gruesa en las que son abundantes los troncos fósiles transportados, así como varios niveles de grano fino (areniscas medianas - finas hasta fangolitas) con preservación de frondas fósiles.

5) El brusco pasaje que se registra entre los miembros de la Formación Carrizal se atribuye a un cambio en la generación de acomodación sedimentaria. El Miembro Arroyo Seco constituye un cortejo de baja acomodación, mientras que el Miembro Rickard se interpreta como un cortejo de alta acomodación. El contacto entre ambas unidades se considera entonces una superficie retrogradacional de baja frecuencia que se sigue regionalmente y a la que se le asigna valor cronoestratigráfico.

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido financiado con recursos de los proyectos PICT 363/2007 de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica y N 535 de la Universidad Nacional de La Plata, República Argentina. Los autores expresan su reconocimiento a David Rivarola, a un revisor anónimo y a los editores de la revista por las sugerencias recibidas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apaldetti, C. y R.N. Martínez, 2009. Nueva información sobre el Sauropodomorpha (Dinosauria, Saurischia) de la Cuenca Marayes, provincia de San Juan y sus implicancias bioestratigráficas. *Ameghiniana. Resúmenes XXIV Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados* 46, 4 (Suplemento), 8R.
- Artabe, A.E., J. Bodnar, L.A. Spalletti, E.M. Morel y D.G. Ganuza, 2011. Reconstrucción ecológica del bosque *in situ* de Marayes, Formación El Carrizal (Triásico), San Juan, Argentina. *Reunión Anual de Comunicaciones de la Asociación Paleontológica Argentina*, Resumen (en prensa).
- Artabe, A.E., L. A. Spalletti, M. Brea, A. Iglesias, E.M. Morel y D.G. Ganuza, 2007. Structure of a Corystosperm fossil forest from the Late Triassic of Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 243:451-470.
- Ashworth, P.J., J.L. Best y M.A. Jones, 2007. The relationship between channel avulsion, flow occupancy and aggradation in braided rivers: insights from an experimental model. *Sedimentology* 54:497-513.
- Bergmann, F.A.J., 1948. Contribución al conocimiento de los yacimientos de carbón de Marayes, Provincia de San Juan. *Revista Minera Geología y Mineralogía* 19:3-98.
- Best, J.L., P.J. Ashworth, C.S. Bristow y J. Roden, 2003. Three-dimensional sedimentary architecture of a large, mid-channel sand braid bar, Jamuna River, Bangladesh. *Journal of Sedimentary Research* 73:516-530.
- Bluck, B.J., 1979. Structure of coarse grained braided alluvium. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh* 70:29-46.
- Bodnar, J., 2010. *La paleoflora triásica de la Formación Cortaderita en la quebrada homónima, cuenca de Barreal - Calingasta, provincia de San Juan, Argentina*. Tesis Doctoral Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata (inédita), 283 pp. La Plata.
- Borrello, A.V., 1946. El perfil de la quebrada de Carrizal (Sierra de la Huerta, San Juan). *Revista de la Sociedad Geológica Argentina* 1:167-176.
- Bossi, G.E., 1976. Geología de la Cuenca de Marayes-El Carrizal (Provincia de San Juan), República Argentina. *6º Congreso Geológico Argentino*, Actas I:23-38. Bahía Blanca.
- Bossi G.E. y J.F. Bonaparte, 1978. Sobre la presencia de un dinosaurio prosaurópodo en la Fm. Quebrada del Barro, en el borde oriental de la cuenca de Marayes-El Carrizal (Triásico Superior, San Juan). *Acta Geológica Lilloana* 15:41-47.
- Bossi, G.E., A.Villanueva García y M.H. Carrión, 1979. Paleocorrientes de la Cuenca de Marayes-El Carrizal (provincia de San Juan, República Argentina). *6º Congreso Geológico Argentino*, Actas 2:225-244. Bahía Blanca.
- Bridge, J.S., 2003. *Rivers and Floodplains; Forms, Processes, and Sedimentary Record*. Blackwell, 491 pp. Oxford.
- Bridge, J. S. y R.V. Demicco, 2008. *Earth surface processes, landforms and sediment deposits*. Cambridge University Press, 830 pp. Cambridge.
- Bristow, C.S., 1993a. Sedimentary structures exposed in bar tops in the Brahmaputra River, Bangladesh. En: Best, J.L. y C.S. Bristow (Eds.) *Braided Rivers*. Geological Society Special Publication 75:277-289. Londres.
- Bristow, C.S., 1993b. Sedimentology of the Rough Rock: a Carboniferous braided river sheet sandstone in northern England En: Best, J.L. y C.S. Bristow (Eds.) *Braided Rivers*. Geological Society Special Publication 75:291-304. Londres.
- Bristow, C.S. y J.L. Best, 1993. Braided rivers: Perspectives and problems. En: Best, J.L. y C.S. Bristow (Eds.) *Braided Rivers*. Geological Society Special Publication 75:1-11. Londres.
- Catuneanu, O., 2006. *Principles of Sequence Stratigraphy*. Elsevier, 375 pp. Amsterdam.
- Collinson, J.D., 1986. Alluvial Sediments. En: Reading, H.G. (Ed.) *Sedimentary Environments and Facies*. Blackwell Science: 20-62. Oxford.
- Cuevas Gonzalo, M. y A. Martinius, 1993. Outcrop data-base

- for the geological characterization of fluvial reservoirs: an example from distal fluvial fan deposits in the Loranca Basin, Spain. En: North, C. y D. Proser (Eds.) *Characterization of Fluvial and Aeolian Reservoirs*. Geological Society Special Publication 73:79-94. Londres.
- Diemer, J.A. y E.S. Belt**, 1991. Sedimentology and paleohydraulics of the meandering river system of the Fort Union Formation, southeastern Montana. *Sedimentary Geology* 75:85-108.
- Ethridge, F.G., R.L. Skelly y C.S. Bristow**, 1999. Avulsion and crevasing in the sandy, braided Niobara River: complex response to base-level rise and aggradation. En: Smith, N.D. y J. Rogers (Eds.) *Fluvial Sedimentology VI*. International Association of Sedimentologists, Special Publication 28:179-191.
- Flores, M.A. y P. Criado Roqué**, 1972. La Cuenca de San Luis. *Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias: 567-580. Córdoba.
- Friend, P.**, 1983. Towards the field classification of alluvial architecture or sequence. En: Collinson, J. y J. Lewin (Eds.) *Modern and Ancient Fluvial Systems*. International Association of Sedimentologists, Special Publication 6:345-354.
- Geinitz, H.V.**, 1876. Über Rhätische Tier- und Pflanzenreste in then Argentinischen Provinzen La Rioja, San Juan und Mendoza. *Paleontographica Supplement* 3:12-14.
- Geinitz, H.V.**, 1925. Contribuciones a la paleontología de la República Argentina. Sobre plantas y animales réticos de las provincias argentinas de La Rioja, San Juan y Mendoza. *Academia Nacional de Ciencias*, Actas 8:335-347. Córdoba.
- Herbst R. y A.I. Lutz**, 1993. Probables hongos (Pyrenomycetes) en el Triásico Superior de Marayes (Formación Carrizal), provincia de San Juan, Argentina. *Ameghiniana* 30:91-92.
- Jensen, M.A. y G.K. Pedersen**, 2010. Architecture of vertically stacked fluvial deposits, Atane Formation, Cretaceous, Nuussuaq, central West Greenland. *Sedimentology* 57:1280-1314.
- Kokogían, D., F. Fernández Seveso y A. Mosquera**, 1993. Las secuencias sedimentarias triásicas. Relatorio Geología y Recursos Naturales de Mendoza, 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos 1:65-78.
- Kokogían, D., L. Spalletti, E. Morel, A. Artabe, R. Martínez, O. Alcober, J. Milana, A. Zavattieri y O. Papú**, 1999. Los depósitos continentales triásicos. En: Caminos, R. (Ed.) *Geología Argentina*. Secretaría de Minería, Servicio Geológico Argentino, Instituto de Geología y Recursos Minerales, Anales 29:377-398. Buenos Aires.
- Kokogían, D., L. Spalletti, E. Morel, A. Artabe, R. Martínez, O. Alcober, J. Milana, A. Zavattieri y O. Papú**, 2001. Estratigrafía del Triásico Argentino. En: Artabe, A., E. Morel y A. Zamuner (Eds.) *El Sistema Triásico en la Argentina*. Fundación Museo de La Plata "Francisco P. Moreno":23-54. La Plata.
- Kraus, M.J.**, 2002. Basin-scale changes in floodplain paleosols: implications for interpreting alluvial architecture. *Journal of Sedimentary Research* 68:901-912.
- Legarreta, L., M. Uliana, C. Larotonda y G. Meconi**, 1993. Approaches to nonmarine sequence stratigraphy - Theoretical models and examples from Argentine basins. En: Eschard, R. y B. Doligez (Eds.) *Subsurface Reservoir Characterization from Outcrop Observations*: 125-143. Editions Technip, París.
- Leleu, S., X.M.T. van Lanen y A.J. Hartley**, 2010. Controls on the architecture of a Triassic sandy fluvial system, Wolfville Formation, Fundy Basin, Nova Scotia, Canada: implications for the interpretation and correlation of ancient fluvial successions. *Journal of Sedimentary Research* 80:867-883.
- López Gamundi, O.**, 1994. Facies distribution in an asymmetric half graben: the northern Cuyo Basin (Triassic), western Argentina. *14th International Sedimentological Congress*, Abstracts S1:6-7. Recife.
- Lunt, L.A. y J.S. Bridge**, 2004. Evolution and deposits of a gravelly braid bar. Sgavanirktok River, Alaska. *Sedimentology* 51:415-432.
- Lunt, L.A., J.S. Bridge y R.S. Tye**, 2004. A quantitative, three-dimensional depositional model of gravelly braided rivers. *Sedimentology* 51:377-414.
- Mader, N.K. y J. Redfern**, 2011. A sedimentological model for the continental Upper Triassic Tadrart Ouadou Sandstone Member: recording an interplay of climate and tectonics (Argana Valley; South-west Morocco). *Sedimentology* 58:1247-1282.
- McCarthy, P.J., I.P. Martini y D.A. Leckie**, 1997. Anatomy and evolution of a Lower Cretaceous alluvial plain: sedimentology and paleosols in the upper Blainmore Group, south-western Alberta, Canada. *Sedimentology* 44:197-220.
- McLaurin, B.T. y R. Steel**, 2007. Architecture and origin of an amalgamated fluvial sheet sand, lower Castlegate Formation, Book Cliffs, Utah. *Sedimentary Geology* 197:291-311.
- Miall, A.D.**, 1978. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. En: Miall, A. (Ed.) *Fluvial Sedimentology*. Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir 5:597-604. Calgary.
- Miall, A.D.**, 1996. *The Geology of Fluvial Deposits; Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology*. Springer, 582 pp. Nueva York.
- Mjøs, R., O. Walderhaug y E. Prestholm**, 1993. Crevasse splay sandstone geometries in the Middle Jurassic Ravenscar Group of Yorkshire, U.K. En: Marzo, M. y C. Puigdefabregas (Eds.) *Alluvial Sedimentation*. International Association of Sedimentologists, Special Publication 17:167-184.
- Mohrig, D., P.L. Heller, C. Paola y W.J. Lyons**, 2000. Interpreting avulsion process from ancient alluvial sequences: Guadalupe-Matarranya system (northern Spain) and Wasatch Formation (western Colorado). *Geological Society of America Bulletin* 112:1787-1893.
- Murra, J. y E. Baldo**, 2006. El metamorfismo de las rocas básicas y ultrabásicas de la Sierra de La Huerta-Las Imanas (Sierras Pampeanas, Argentina): caracterización tectonotérmica del margen occidental del orógeno Famatiniano. *Revista Geológica de Chile* 33:277-298.
- Rajchl, M. y D. Ulicny**, 2005. Depositional record of fan avulsive fluvial system controlled by peat compaction (Neogene, Most Basin, Czech Republic). *Sedimentology* 52:601-625.
- Ramos, A., A. Sopena y M. Pérez Arlucea**, 1986. Evolution of Buntsandstein fluvial sedimentation in the northwest Iberian Ranges (Central Spain). *Journal Sedimentary Petrology* 56:862-875.
- Ramos, V. y S. Kay**, 1991. Triassic rifting and associated basalts in the Cuyo basin, central Argentina. En: Harmon, R.S. y C.W. Rapela (Eds.) *Andean Magmatism and its Tectonic Setting*. Geological Society of America, Special Paper 265:79-91.
- Rhee, C.W., W.H. Ryang y S.K. Chough**, 1993. Contrasting development patterns of crevasse channel deposits in cretaceous alluvial successions, Korea. *Sedimentary Geology* 85:401-410.
- Schumm, S.A.**, 1981. Evolution and response of the fluvial system, sedimentologic implications. En: Ethridge F.G. y R.M.

- Flores (Eds.) *Recent and Ancient Nonmarine Depositional Environments: Models for Exploration*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication 31:19-29.
- Schumm, S.A.**, 1985. Patterns of alluvial rivers. *Annual Reviews of Earth and Planetary Science* 13:5-27.
- Skelly, R.L., C.S. Bristow y F.G. Ethridge**, 2003. Architecture of channel-belt deposits in an aggrading shallow sandbed braided river: the lower Niobara River, northern Nebraska. *Sedimentary Geology* 158:249-270.
- Slingerland, R. y N.D. Smith**, 2004. River avulsions and their deposits. *Annual Review Earth and Planetary Science* 32:255-283.
- Smith, N.D.**, 1970. The braided stream depositional environment: comparison of the Platte River with some Silurian clastic rocks, North Central Appalachians. *Geological Society of America Bulletin* 81:2993-3014.
- Smith, S.A.**, 1990. The sedimentology and accretionary styles of an ancient gravel bed stream: the Budleigh Salterton Pebble beds (Lower Triassic), southwest England. *Sedimentary Geology* 67:199-219.
- Smith, N., T. Cross, J. Dufficy y S. Clough**, 1989. Anatomy of an avulsion. *Sedimentology* 36:1-23.
- Spalletti, L.**, 1994. Facies y arquitectura de depósitos fluviales y lacustres del Triásico superior: Formación Paso Flores, Patagonia noroccidental, Argentina. *V Reunión Argentina de Sedimentología Actas*:41-46.
- Spalletti, L.**, 1999. Cuencas triásicas del oeste argentino: origen y evolución. *Acta Geológica Hispánica* 32:29-50.
- Spalletti, L.**, 2001a. Evolución de las cuencas sedimentarias. En: Artabe, A., E. Morel y A. Zamuner (Eds.) *El Sistema Triásico en la Argentina*. Fundación Museo de La Plata "Francisco P. Moreno": 81-101. La Plata.
- Spalletti, L.**, 2001b. Modelo de sedimentación fluvial y lacustre en la rampa de un hemigraben: el Triásico de la Precordillera Occidental de San Juan, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 56:189-210.
- Spalletti, L. y C. Barrio**, 1998. Arquitectura y secuencias de los sistemas fluviales triásicos (Formación Río Blanco) en la Cuenca Cuyana, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 53:388-400.
- Steel, R.J. y D.J. Thompson**, 1983. Structures and textures in Triassic braided stream conglomerates ("Bunter" Pebble Beds) in the Sherwood Sandstone Group, North Staffordshire, England. *Sedimentology* 30:341-368.
- Stipanovic, P.N.**, 1957. El Sistema Triásico en la Argentina. *XX Congreso Geológico Internacional*, Sección II:73-112, México.
- Stipanovic, P.N.**, 2002. El Triásico en la Argentina. En: Stipanovic, P.N. y C.A. Marsicano (Eds.) *Triásico*. Léxico Estratigráfico de la Argentina, Volumen VIII. Asociación Geológica Argentina, Serie B (Didáctica y Complementaria) 26:1-24. Buenos Aires.
- Tankard, A.J., M.A. Uliana, H.J. Welsink, V.A. Ramos, M. Turic, A.B. Franca, E.J. Milani, B.B. Brito Neves, N. Eyles, J. Skarmeta, H. Santa Ana, F. Wiens, M.L. Cirbián, O. López Poulsen, G.J.B. Germs, M.J. De Wit, T. Machacha y R. Miller**, 1995. Structural and tectonic controls of basin evolution in southwestern Gondwana during the Phanerozoic. En: Tankard, A.J., R. Suárez Soruco y H.J. Welsink (Eds.) *Petroleum Basins of South America*. American Association of Petroleum Geologists Memoir 62:5-52.
- Uliana, M., K. Biddle y J. Cerdán**, 1989. Mesozoic extension and the formation of Argentina sedimentary basins. En: Tankard, A.J. y H.R. Balkwill (Eds.) *Extensional Tectonics and Stratigraphy of the North Atlantic Margin*. American Association of Petroleum Geologists Memoir 46:599-613. Tulsa.
- Yrigoyen, M.R. y L.W. Stover**, 1970. La palinología como elemento de correlación del Triásico en la Cuenca Cuyana. *IV Jornadas Geológicas Argentinas*, Actas 2:427-447. Buenos Aires.