

Caracterización estratigráfica, paleoambiental y biocronológica de la Formación La Deheza (Carbonífero Superior-Pérmino Inferior), San Juan, Argentina

Gustavo Alejandro Correa^{1,*} y Pedro Raúl Gutiérrez^{2,**}

¹Área Paleontología, Instituto y Museo de Ciencias Naturales, Av. España 400 norte, San Juan, Argentina.

²Museo Argentino de Ciencias Naturales “B. Rivadavia”, Av. Á. Gallardo 470, C1405DJR Buenos Aires, Argentina.

*gcorrea@unsj.edu.ar, **prgutierrez@macn.gov.ar.

RESUMEN

Se dan a conocer nuevos afloramientos del Paleozoico superior de la cuenca Paganzo, que constituyen la Formación La Deheza, la cual consta de 690 m de espesor y diez asociaciones de facies. En esta secuencia se encuentran representados el evento posglaciario del Carbonífero (Serpukhoviano-Bashkiriano temprano) (facies I, II y III), la transgresión stephaniana (facies IV), sedimentos continentales con depósitos de carbón (facies V), el evento trangresivo del Asseliano-Sakmario (Cisuraliano temprano?) (facies VI), una última continentalización (facies VII), seguida del evento trangresivo más moderno (Cisuraliano tardío-Guadalupiano temprano?) de la cuenca Paganzo (facies VIII, IX y X). Se discute, también, su validez como unidad estratigráfica, neoestratotipo y se contextualiza de forma temporal, en un entorno regional con los depocentros cercanos de la cuenca Paganzo. Los últimos metros de la facies VI, registran abundantes restos de *Ferugliocladus patagonicus* Archangelsky y Cúneo, *Eucerospermum nitens* Feruglio emend. A. Archangelsky, *Paracalamites* sp. y *Cordaites* sp., que en conjunto componen una importante asociación megaflorística asignable a la “Superzona Ferugliocladus”. Los registros palinológicos encontrados a lo largo de toda la unidad permiten acotarla entre el Serpukhoviano al Cisuraliano tardío-Guadalupiano temprano?.

Palabras clave: Paleoflora; Formación La Deheza; Paleozoico superior; San Juan; Argentina.

ABSTRACT

Stratigraphic, paleoenvironmental and biochronological analysis were performed in the La Deheza Formation (Upper Carboniferous-Lower Permian), San Juan, Argentina. These new upper Paleozoic outcrops in the Paganzo basin are 690 m thick and consist of ten facies associations. In this formation are represented postglacial Upper Carboniferous (Serpukhovian-early Bashkirian) (facies I, II and III), Stephanian transgression (facies IV), continental sediment with coal

deposits (facies V), the transgressive event Asselian-Sakmarian (early Cisuralian?) (facies VI), and the last continental deposits (facies VII), followed by the most modern transgressive event in Paganzo basin (latest Cisuralian-early Guadalupian?) (facies VIII, IX and X). It also discussed its validity as a stratigraphic unit, neostratotype and is defined in a time frame in an environment of nearby depocenters to the Paganzo basin. The last meters of the facies VI show abundant remains of *Ferugliocladus patagonicus* Archangelsky y Cúneo, *Eucerospermum nitens* Feruglio emend. A. Archangelsky, *Paracalamites* sp. and *Cordaites* sp., which together make up a significant megafloristic association assigned to the “Ferugliocladus Superzone”. In addition, pollen records found throughout the entire unit allows to constrain it between the Serpukhovian to latest Cisuralian-early Guadalupian?.

Key words: Paleoflora; La Deheza Formation; upper Paleozoic; San Juan; Argentina.

INTRODUCCIÓN

La cuenca Paganzo se encuentra ubicada en el centro oeste argentino. Abarca gran parte de las provincias de San Juan y La Rioja, noroeste de Mendoza, norte de San Luis, oeste de Catamarca, y una pequeña faja al oeste de Córdoba (Figura 1). Posee alrededor de 140000 km² de extensión (Net y Limarino, 2006). Esta cuenca pericratónica está ubicada entre los 27° y 33° de latitud S y los 65° y 69° de longitud W. Sus límites al este y norte están dados por una extensa área cratónica, compuesta de elementos de las Sierras Pampeanas. Su límite austral está dado por la sierra de San Luis, los arcos de Pie de Palo y de Zonda en la provincia de San Juan. Por último, el límite occidental coincide con la cuenca Calingasta-Uspallata y río Blanco, a la que algunos autores suponen ciertas conexiones (Baldis y Chebli, 1969). El Paleozoico superior de la margen occidental de la cuenca Paganzo, más precisamente en las cercanías del tramo medio del río San Juan (Figura 1), constituye un importante elemento para comprender la evolución tectónica-sedimentaria de dicha cuenca para el Paleozoico superior.

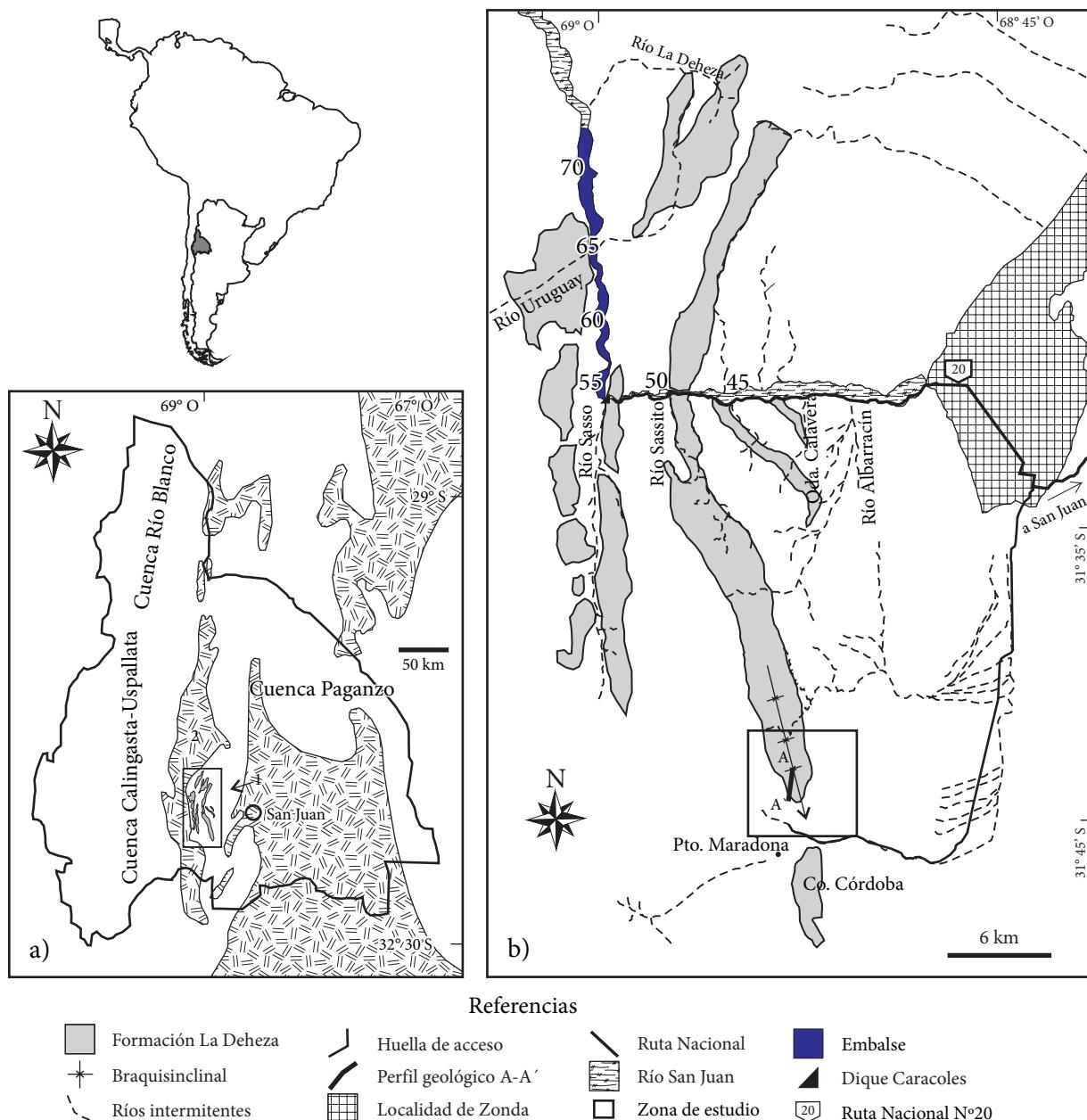


Figura 1. a) Ubicación general de todos los afloramientos de la Formación La Deheza, donde se destacan los afloramientos en estudio en la cuenca Paganzo y su relación con la cuenca Calingasta-Uspallata. b) Detalle de los afloramientos con los kilómetros de la ruta Nacional N° 20, donde se destaca la zona donde se levantó el perfil sedimentológico.

En este trabajo se presenta el análisis de facies de la Formación La Deheza, en más de 650 m medidos en una nueva localidad para la unidad (Estancia Maradona). Además se incorpora nueva información para entender la evolución paleoambiental de la cuenca Paganzo en su sector centro-sur. Se discute la nomenclatura propuesta por Cuerda y Furque (1981) y las posteriores terminologías utilizadas para referirse a los estratos del Paleozoico superior en el sector del río San Juan. Se concluye con una reinterpretación de la Formación La Deheza que, aunque correlacionable, posee características diferentes (como se verá más adelante) de los estratotipos y paraestratotipo del Grupo Paganzo (Formaciones Guandacol, Tupe y Patquía). Se destacan los nuevos hallazgos de 18 niveles con microfloras (PBSJ 658, 672, 682, 674B, 674T, 677, 676, 663, 664, 666, 678, 668, 679, 680, 681, 669, 670 y

671) a lo largo de toda la unidad analizada y un nivel con abundantes restos megaflorísticos en los sectores medio superiores de la unidad.

ANTECEDENTES

A principios de siglo XX, estos afloramientos, fueron caracterizados en forma sintética por diversos geólogos (Stappenbeck, 1910; Bodenbender, 1911; Borrello, 1956) en la prospección de depósitos de carbón, principalmente.

Polanski (1970) propuso el término Formación Colorados del Zonda para incluir los afloramientos en las inmediaciones del río Sassito (Figura 1), los que habían sido previamente denominados

Estratos de Zonda (Keidel, 1922) y Estratos de Paganzo (Bracaccini, 1950). Cuerda y Furque (1983) definieron las formaciones La Deheza y Ojo de Agua (Figura 2) para incluir a las sucesiones del Paleozoico superior que afloran en las cabeceras del río La Deheza (kilómetro 69 de la Ruta Nacional No. 20; Figura 1). La primera unidad, con un espesor total de 557 m, está formada por 12 intervalos (A hasta L) originados en paleoambientes continentales y limitadas, en la base y techo, por fallas inversas que la ponen en contacto con las Formaciones Punta Negra (Devónico) y Ojo del Agua (Pérmico), respectivamente. La Formación La Deheza fue asignada al Pennsilvánico debido a la presencia de restos de *Paracalamites* sp., por su entorno regional y su parecido litoestratigráfico con las formaciones Tupe (Cuerda, 1965), Tuminico (Cuerda *et al.*, 1979) y río Francia (Cuerda y Furque, 1981).

Cuerda y Furque (1983) utilizaron el término Formación Ojo de Agua (Furque, 1963, 1972, 1979) para la sucesión psámática de 215 m de espesor que se apoya sobre la Formación La Deheza por medio de una falla inversa. Estos autores distinguieron cinco intervalos sedimentarios en esta sección (LL hasta O), en los cuales se destaca el predominio de areniscas rojizas con entrecruzamientos a gran, mediana y pequeña escala. Por el nivel estratigráfico y entorno regional le asignaron una posible edad pérmica y la interpretaron como depositada en un paleoambiente fluvial meandrífico.

La mayoría de los trabajos realizados posteriormente se enfocaron en los afloramientos más accesibles (Figura 1), en especial aquellos que son atravesados por el río San Juan, identificando los pisos I y II de Bodenbender (Espejo y López-Gamundi, 1984; Milana *et al.*, 1985, 1987; Milana y Bercowski, 1987a, 1987b; López-Gamundi y Espejo, 1988; Milana, 1988) (Figura 2).

Lech *et al.* (1990) propusieron una correlación litoestratigráfica del Piso I (que aflora entre los kilómetros 65 y 68 de la Ruta Nacional No. 20) con la Formación Tupe, sobre la base de su fauna de invertebrados, a la cual le incorporaron una nueva especie (*Punctothyris* aff. *Sanjuanensis* Lech y Aceñoloza). Milana y Bercowski (1990) correlacionaron la sucesión con el Grupo Paganzo, de esta manera los depósitos postglaciares de la base fueron referidos a la Formación Guandacol, el Piso I a la Formación Tupe y el Piso II a la Formación Patquia.

El epíteto Formación La Deheza fue retomado a partir de la publicación de la Hoja Geológica 3169 IV San Juan (Ramos y Vujovich, 2000), donde todos los afloramientos del Paleozoico superior fueron cartografiados bajo el nombre de Formación La Deheza.

ÁREA DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para el estudio sedimentológico de la Formación La Deheza, al norte de la Estancia Maradona, se realizó un perfil de detalle que midió 690 m de espesor (Figuras 3 y 4). Esta unidad está en contacto concordante con las rocas sedimentarias devónicas de la Formación Punta Negra. El análisis sedimentológico permitió definir diez asociaciones de facies, que en su mayoría fueron originadas en ambientes costeros o asociados a la costa (asociaciones de facies I, II, III, IV, VI, VIII, IX y X) y solo las asociaciones V y VII presentan evidencias de depósito en ambientes fluviales. En todos los casos se reconocieron y estudiaron sus principales litofacies. Para la asociación de facies fluviales se tomó como marco general el esquema formulado por Miall (1996), mientras que para las demás se siguió la propuesta de Reading y Collinson (1996).

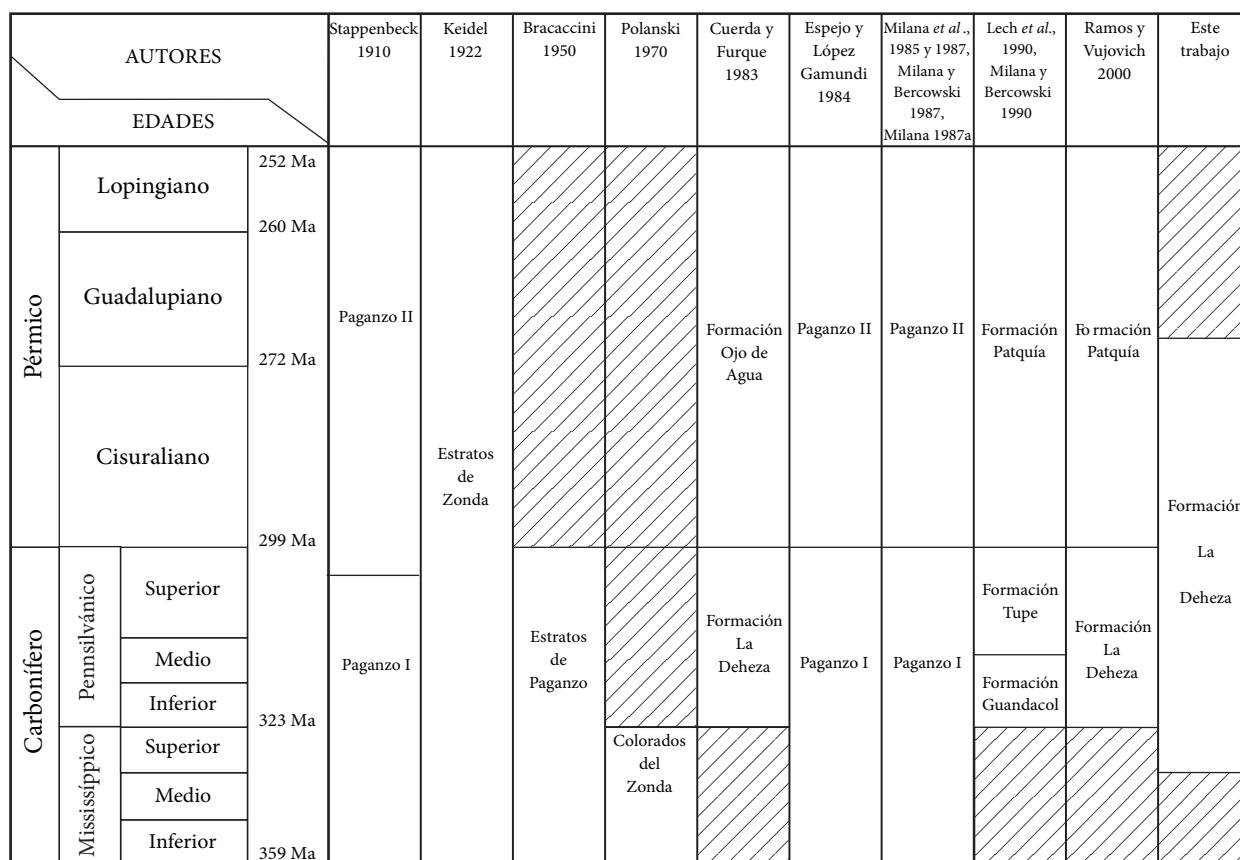


Figura 2. Cronología de diferentes criterios en la nomenclatura de los afloramientos del Paleozoico superior en las inmediaciones del río San Juan.

Para el conteo de composición de clastos se tomó la metodología de Scasso y Limarino (1997).

Los ejemplares de megaflora y los preparados microscópicos de las asociaciones palinológicas, están depositados bajo la sigla PBSJ (Paleobotánica San Juan) en la colección del Instituto y Museo de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de San Juan, Argentina.

ASOCIACIÓN DE FACIES SEDIMENTARIAS

Asociación de facies I

Descripción. Con un espesor de 165 m y en discordancia paralela con las *wackes* de la Formación Punta Negra, esta asociación de facies se encuentra formada por bancos amalgamados de conglomerados masivos o estratificados, intercalados con areniscas conglomerádicas y en menor proporción con pelitas y areniscas finas margosas, en sucesiones con gradación inversa. En total, la facies tiene una proporción de 80% de conglomerados, 18% de areniscas y 2% de pelitas.

Los conglomerados poseen clastos de composición mayoritariamente de *wackes* y calizas, con un tamaño promedio de dos a tres centímetros (Figura 5a). En general, son conglomerados clasto-soportados, macizos, imbricados o estratificados (Figura 5b); los clastos tienen formas redondeadas y subesféricas, en algunos casos tienen bordes planos marcados; los conglomerados aparecen en paquetes tabulares con techo recto y base erosiva. Se realizó un conteo sistemático de más de 230 puntos en los conglomerados (según Scasso y Limarino, 1997), que permitió caracterizar la composición de los clastos como integrados predominantemente por caliza (39.6%) y areniscas (36.2%), y en forma minoritaria le siguen cuarzo (9%) y rocas metamórficas (8.6%); el 6.6% restante corresponde a la matriz. Por su parte, las areniscas se caracterizan por su tamaño de grano mediano a grueso, disposición en bancos de 3 a 4 m de espesor con estratificación entrecruzada en artesas y plana. De forma minoritaria aparecen las litologías más finas, que están representadas por pocos niveles en la asociación de facies, como pelitas y areniscas muy finas. Éstas se encuentran pobres intercaladas con bloques, predominantemente de caliza, de 30 cm de diámetro en promedio (Figura 5c). Es destacable que en la base de estos bloques, las pelitas y lutitas se encuentran deformadas y acompañando la forma del bloque.

De la parte media superior de la asociación de facies (Figura 3), se obtuvo nivel microflorístico (PBSJ 658), que incluye abundantes restos de leño y palinomorfos regularmente preservados (véanse los Apéndices 1 y 2, y Tablas A1 y A2).

Interpretación. El arreglo de gradación invertida de la asociación de facies (Figura 5d), granulometría, proporciones, estructuras y forma de los estratos son interpretadas como producidas en el sector más cercano a un delta de gravas (Orton y Reading, 1993 en Reading y Collinson, 1996) generado a expensas de la retirada del sistema glacial. En este sistema se reconocerían flujos de alta densidad, los cuales habrían reciclado sedimentos de zonas cercanas a sistemas fluviales de alta energía, posiblemente sistemas entrelazados que desembocaban en un cuerpo de agua (¿mar?) por lo que podría corresponder a un sistema deltaico glacial-marino.

Los cuerpos de areniscas tabulares, más abundantes en la parte inferior de la facies, que poseen entrecruzamientos en artesas, se interpretan como barras de considerable espesor. La presencia de bloques con bordes planos es muy probable que correspondan al retrabajo glacial. Finalmente, los bloques de caliza que deforman las facies finas han sido interpretados como clastos flotantes (*dropstones*), lo que le confiere un fuerte rasgo posglaciar y subacuático. Según la composición sedimentaria de más del 75% de los clastos, el área de proveniencia habría sido la “protoprecordillera” (Baldis y Chebli, 1969), debido

que las calizas y areniscas componen la mayoría de las unidades del Paleozoico superior (formaciones La Laja, San Juan, Zonda, La Flecha, Punta Negra, etc.).

La composición de la microflora hallada (PBSJ 658), sugiere que la flora que le dio origen habría estado dominada por elementos con requerimientos higro-hidrófilos (licofitas, pteridofitas, asociada a las cordaitales y algas tipo *Botryococcus*), con baja proporción de representantes de la vegetación meso y xerofítica (coníferas y otras gimnospermas). Esta flora se habría instalado sobre los márgenes de los cuerpos de agua formados sobre las planicies del sistema deltaico que representaría esta asociación de facies. Por otra parte, la presencia de material redepositado en la microflora sería explicado por el redipósito del sedimento glaciario disponible en este sistema sedimentario, generado por la glaciaciación durante el Carbonífero.

Asociación de facies II

Descripción. Esta asociación de facies es lateralmente correlacionable con la anterior, yace de forma concordante sobre la Formación Punta Negra y posee 88 m de potencia (Figura 3). Incluye, en forma mayoritaria, areniscas amarillentas de grano medio a grueso, macizas, con estratificación paralela o en artesas. Además contiene bloques y clastos de diferente composición, los cuales son angulosos o redondeados y se encuentran dispersos entre la arenisca. El tamaño varía desde clastos de pocos centímetros hasta bloques de más un metro de diámetro (en general de composición ígnea). En la base hay abundantes intraclastos de *wackes* verde oliva con bordes angulosos (Figura 5e) y en menor medida, bloques de calizas redondeadas y cuarzo o sílice metamórfico. Es común que estos bloques presenten estrías en su superficie (Figura 5f) y que disminuya el tamaño de éstos hacia arriba en la asociación de facies.

Además, gradúa lateralmente a rocas sedimentarias más gruesas: cuerpos psefíticos macizos, clasto-soportados, mal seleccionados, con bloques redondeados de hasta 50 cm y subesféricos. La composición es en forma mayoritaria de caliza (70%) y en menor proporción (30%) por clastos bien redondeados de rocas metamórficas (3 a 10 cm diámetro) y de *wackes* (5 a 25 cm de diámetro). La matriz está formada por arenisca muy gruesa. Los cuerpos tienen forma lenticular de 1.5 m de potencia por 7 m de largo en promedio, y aparecen apoyados sobre el Devónico.

Interpretación. Esta asociación de facies presenta diferentes y variadas litofacies, producto de los cambios laterales de un mismo sistema de depósito, variando entre areniscas macizas depositadas de forma caótica, mal seleccionadas y depósitos conglomerádicos canalizados.

Los depósitos no canalizados y sedimentados de forma caótica son interpretados como diamictitas postglaciares. En algunos casos los bloques presentan estrías (Figura 4f), lo cual reafirma la hipótesis de retrabajo glacial, en concordancia con los niveles equivalentes descritos por Milana y Bercowski (1987b, 1990). Por la composición sedimentaria de los bloques de areniscas incorporados (*wackes*), muy probablemente indican proveniencia desde la Formación Punta Negra y las calizas de las unidades cárnicas-ordovícicas de la Precordillera. En los niveles superiores hay pequeños lentes de conglomerados finos, competentes, macizos y con mayor proporción de cuarzo, que son interpretados como flujos de granos subacuáticos (*grain flow*).

Los cuerpos lenticulares de conglomerados en los horizontes de areniscas medianas, corresponderían a flujos canalizados que por reactivaciones del sistema (o momentos de mayor caudal) crecerían progresivamente hacia sectores más profundos del cuerpo de agua. Estos conglomerados, por composición litológica, tamaño de grano y redondez de los clastos, muy probablemente habrían estado vinculados genéticamente a los conglomerados de la facies I.

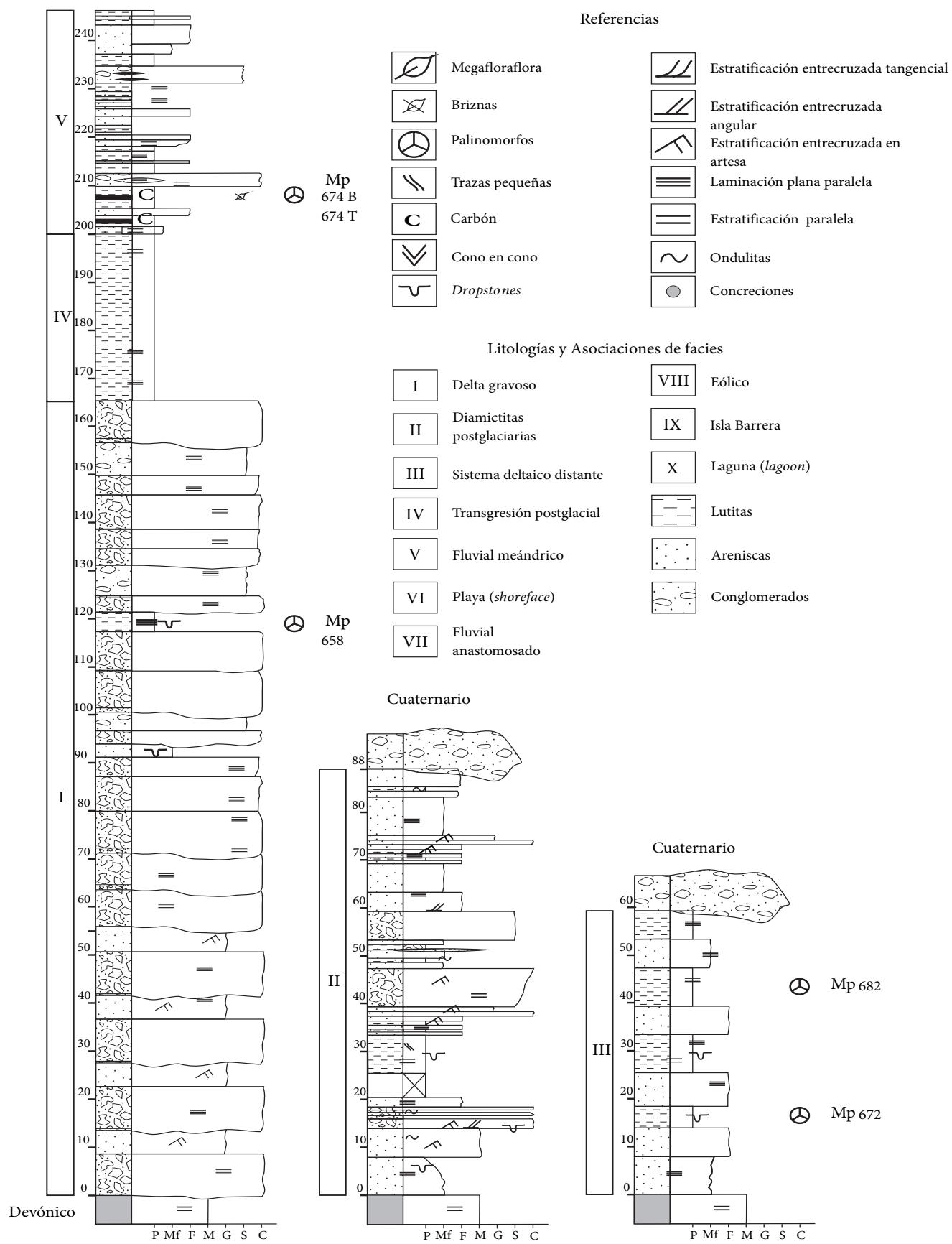


Figura 3. Representación columnar del perfil sedimentario de la Formación La Deheza, al norte de la localidad Estancia Maradona.

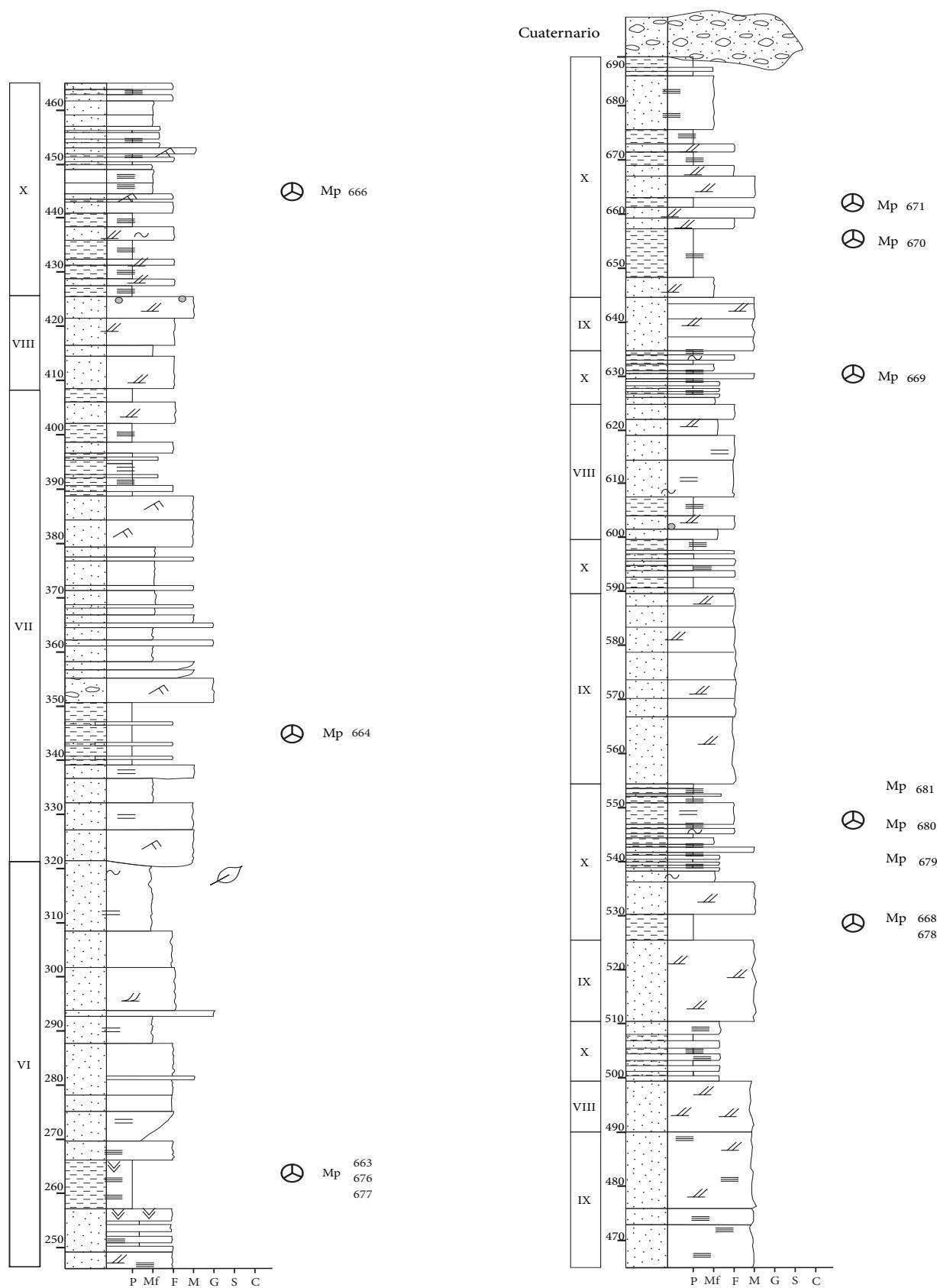


Figura 4. Representación columnar del perfil sedimentario de la Formación La Deheza, al norte de la localidad Estancia Maradona.

Los grandes tamaños de los bloques y la composición carbonática indicarían una zona de proveniencia cercana. Por otro lado, el resto de la litofacies (30%) posee composición metamórfica de posible afinidad con la Provincia Geológica de Sierras Pampeanas (¿Pie de Palo?), tal como fue sugerido para los depósitos basales del Paleozoico superior del kilómetro 47 (Figura 1) por López Gamundi y Espejo (1988). No obstante el poco grado de redondez que tienen los bloques mayores denota transporte no muy prolongado. La composición de los bloques de afinidad netamente precordillerana indicaría que la zona glaciar estaría en su mayoría sobre esta provincia geológica.

Asociación de facies III

Descripción. En contacto concordante con las areniscas de la Formación Punta Negra (Figura 3), yacen las litofacies finas compuestas por areniscas de grano fino a muy fino y pelitas gris verdosas laminadas, con estratificación horizontal, macizas, lineación por partición y altas proporciones de micas (Figura 5g). Aquí son escasos los clastos de *wackes* rodeados de pelitas deformadas en la base. De forma minoritaria, en esta litofacies hay cueros de areniscas carbonáticas con gravas basales de arrastre (*lag basal*) y estratificación entrecruzada de tipo *hummocky* (HCS) (Figura 5h).

Las pelitas gris verdosas de esta facies han brindado dos niveles con microfloras (PBSJ 672 y 682; Figura 3), donde los palinomorfos aparecen mal preservados, composicionalmente similares a los hallados en la asociación de facies I (véase el Apéndice 1 y Tablas A1 y A2).

Interpretación. Las litofacies finas son interpretadas como zonas más profundas del sistema, las cuales generaron depósitos ininterrumpidos de flujos de alta energía (sistema deltaico distante). Aquí la presencia de clastos, es interpretada como *dropstones* provenientes de la Formación Punta Negra. Además, las estructuras de lineación por partición (*parting lineation*) indican corrientes de régimen alto. Un buen indicador de cuerpos de agua de considerable profundidad serían los depósitos HCS en episodios de tormenta. Estas litofacies posiblemente fueran los que Milana (1988) a la altura del kilómetro 63 interpretara como depósitos estuarinos, teniendo en cuenta la correlación de estos afloramientos (Figura 3).

El fenómeno de flotación habría originado el depósito de los clastos grandes, que deformaron las pelitas. Esto concuerda con la idea de deshielo que produjo la desglaciación del Stephaniano (véase Milana y Bercowski, 1987b, 1990; Bercowski y Milana, 1990; Limarino y Gutiérrez, 1990; Limarino *et al.*, 2002; Marenssi *et al.*, 2005; Limarino *et al.*, 2014), lo cual generó gran cantidad de *dropstones* registrados en la cuenca Paganzo.

Asociación de facies IV

Descripción. Esta asociación de facies posee un espesor mínimo de 34 m; está compuesta por una alternancia monótona de pelitas con areniscas muy finas y a veces láminas de caliza. Se caracteriza principalmente por poseer laminación paralela y colores verdosos, lo cual es un rasgo distintivo. Toda la asociación se encuentra deformada por pliegues agudos tipo *chevron* o cortada por pequeñas fallas, lo cual hace difícil una medición precisa del espesor. Es común encontrar en los sectores superiores bancos de carbón de más de 1 m de espesor (Figura 5i). Estos espesores pueden estar exagerados debido al alto replegamiento que tiene la facies. En esta facies se colectaron algunos icnofósiles dispuestos de forma paralela a la estratificación; éstos consisten en marcas rectas que en los costados poseen huellas de tracción y en el medio muestran una banda de arrastre (Figura 5j).

Interpretación. La asociación correspondería a un nivel de mar alto que representaría la transgresión póstuma del evento glaciar, la cual carece de clastos flotantes (*dropstones*) y generó una sedimentación

de tamaños finos. La intercalación de pequeños estratos de caliza, puede ser indicativa de un mar somero, lejano de la costa y con menos aportes sedimentarios clásticos. Los icnofósiles muy probablemente serían de *Maculichna carboniferus* (Pasos), rasgos característicos de la desglaciación del Stephaniano en la Formación Guandacol en Huaco, Huerta de Huachi y equivalentes en la cuenca Paganzo (véase Buatois *et al.*, 2006; Buatois *et al.*, 2010).

A su vez, la presencia de carbón se interpretó como productos del ajuste tectónico posterior, zona altamente plegada, que canalizó los esfuerzos compresivos en estos bancos de carbón (menos competentes).

Asociación de facies V

Descripción. Esta asociación de facies está compuesta por 48 m de espesor y se caracteriza por sus variadas litologías y colores. En esta facies se intercalan areniscas verdosas gruesas, a veces conglomerados. Poseen estructuras laminadas, con entrecruzamientos en artesas o bien, macizos. Son comunes las areniscas finas con pelitas rojas laminadas, pelitas carbonosas grises oscuras en donde hay briznas, estructuras *slickenside* y pequeños niveles con carbón en la base (Figura 5k). Los depósitos finos tienen un espesor entre 2 y 3 m, en los cuales son frecuentes los lentes de areniscas finas a medianas, micáceas, de colores grises y pequeños niveles de carbón (Figura 5l), y en forma minoritaria aparecen pequeñas intercalaciones de areniscas finas hasta pelitas laminadas verdosas, grises y ocres. Los depósitos más gruesos son estratos tabulares de areniscas gruesas a conglomerados finos con entrecruzamiento en artesas.

El nivel de carbón (Figura 3) brindó restos de una microflora (PBSJ 674B y 674T) muy pobre, mal preservada asociada a abundantes restos de tejido vegetal carbonizado en diverso grado (véase Apéndice 1 y Tablas A1 y A2).

Interpretación. Los depósitos tabulares de areniscas y conglomerados finos intercalados con depósitos más finos, son interpretados como depósitos de barra de canal en la planicie de un sistema fluvial meandrítico. La forma tabular de los cuerpos psamíticos con estratificación entrecruzada en artesas y superficies de acreción lateral (LA), son interpretados como barras laterales (*point bars*), típicos de estos sistemas fluviales (Miall, 1996). Los pequeños lentes de areniscas en las cuencas de inundación es probable que representen depósitos de lóbulos de desbordamiento (*crevasse splay*). Los pequeños estratos de carbón muy probablemente sean pequeñas lagunas encapsuladas en la planicie de inundación.

Asociación de facies VI

Descripción. La asociación de facies VI de 80.4 m de potencia mínima, está compuesta por una predominancia de psamitas sobre el resto de las litologías: pelitas y margas en estratos finos con estructuras "cono-en-cono". También aparecen bancos de ruditas de composición cuarzo-feldespática de varios decímetros, aunque éstos son raros.

Las areniscas, de colores verde claro, son de grano mediano a muy fino, aunque su media está en los tamaños finos y conforman un 80% del total de la facies. Es frecuente que las areniscas presenten conjuntos (*sets*) entrecruzados, cuya potencia promedia 40 cm (Figura 5m), con lineación por partición (Crowell, 1955) y laminaciones ondulíticas de oleaje (Figura 5n). En los niveles superiores hay escasa participación de las ondulitas simétricas de crestas rectas.

Las pelitas, minoritarias, en cambio son de coloraciones grises y en los sectores basales poseen laminación horizontal con trazas fósiles paralelas a la estratificación de 3 a 4 cm de largo por 0.5 a 1 mm de ancho. Las trazas dispuestas en forma perpendicular a la estratificación, tienen 4 mm de diámetro en promedio. En los sectores cuspidales hay un nivel fosilífero de abundantes restos de plantas entre las que

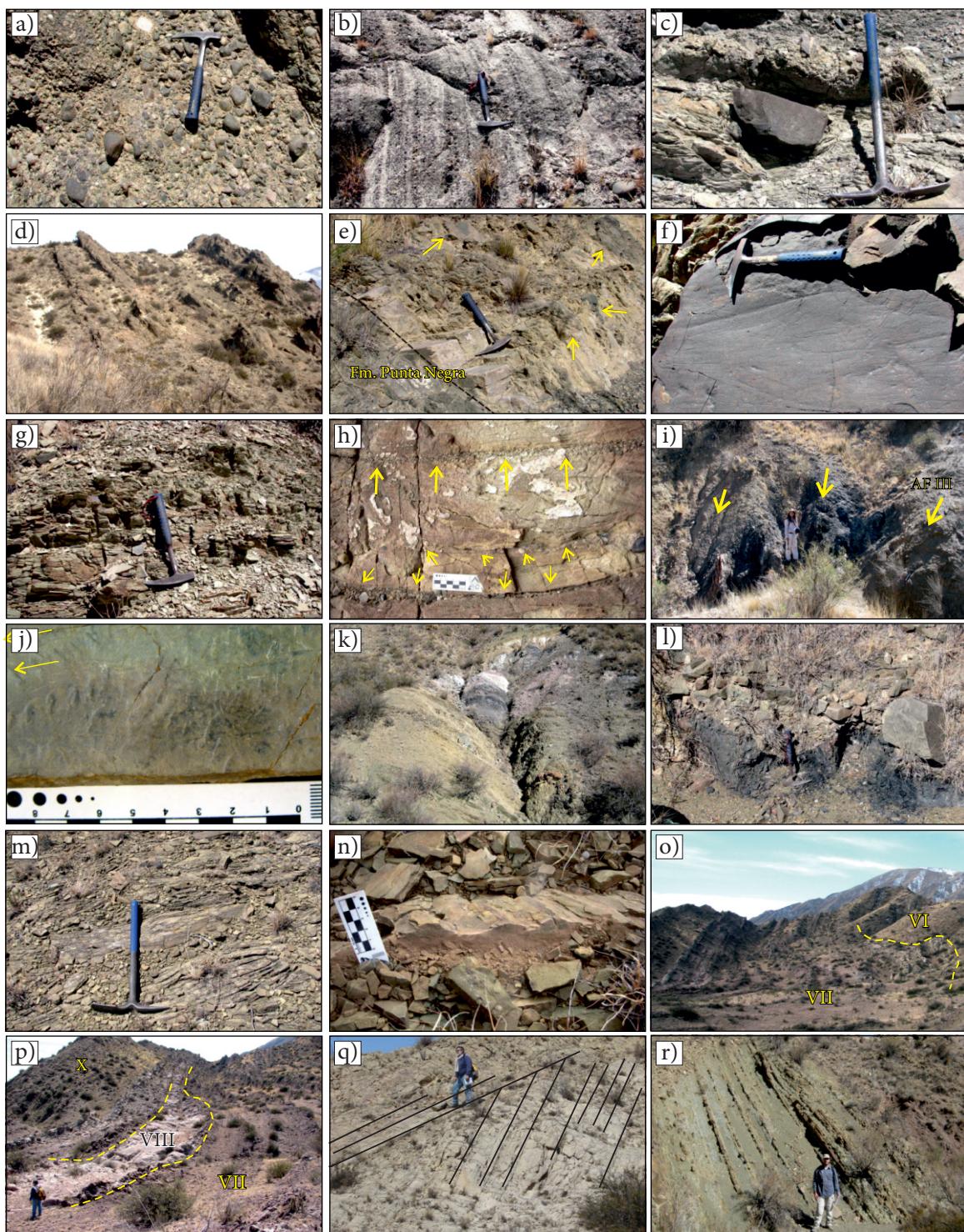


Figura 5. a) Detalle de los conglomerados de grano medio, subredondeados y subesféricos de la asociación de facies I. Las flechas muestran posibles caras aplanas producto del retrabajo glacial. b) Vista general de la tabularidad de los estratos de arenas gruesas intercaladas con los conglomerados. c) Dropstones de gran tamaño en las pelitas de la asociación de facies I. d) Vista general de la asociación de facies I; véase las crestas de conglomerados más resistentes a la erosión. e) Contacto concordante entre las Formaciones Punta Negra (izquierda) y La Deheza (derecha). Las flechas marcan dropstones de diversos tamaños. f) Primer plano de superficie pulida y estrías producidas por la acción glaciar. g) Pelitas laminadas de la asociación de facies I. h) Gravas basales de arrastre (*lag*) ¿en depósitos de tormenta *hummocky*? i) Depósito de carbón con pelitas carbonosas replegadas en la asociación de facies V. j) Trazas de artrópodos: *Maculichna carboniferous* (Pasos) halladas en los depósitos de la transgresión postglacial (asociación de facies IV). k) Vista general de los depósitos fluviales de la asociación de facies V, intercalados con los depósitos de carbón. l) Detalle de los depósitos estratificados de carbón. m) Aspecto general de las areniscas entrecruzadas de *shoreface*. n) Detalle de las óndulas simétricas con techo preservado, probablemente debido a oleaje. o) Vista completa de la asociación de facies VII; con línea punteada se muestra la superficie limitante de orden seis que tiene en la base. p) Vista general de la asociación de facies VII; véanse los contactos con las facies infra- y sobreyaientes. q) Conjuntos (*sets*) entrecruzados a gran escala de las islas barreras. r) Vista de las típicas alternancias de arenas en las pelitas lagunares de la asociación de facies X.

destacan ramas de coníferas con semillas platispérmicas asociadas y equisetales. Hacia el tope de la facies se corta con una superficie de incisión (Figura 5o).

En los sectores inferiores de esta facies, un banco pelítico (10 m de espesor) brindó tres microfloras (Figura 4: PBSJ 677, 676, 663), que aparecen regularmente preservadas (véase Apéndice 1 y Tablas A1 y A2).

Interpretación. Esta asociación de facies, de más de 80 m de espesor, se interpreta como depositada en un frente de playa (*shoreface*). En su parte inferior, la litología y las trazas delicadas descritas, indican zonas más profundas, posiblemente de *shoreface* inferior, con poca turbulencia.

En cambio, la ausencia de granulometrías gruesas en el sector superior de la facies, se interpreta como efectos de un medio muy selectivo, el cual sólo fue capaz de movilizar esos tamaños. La predominancia de areniscas entrecruzadas, buena selección, presencia de estructuras de lineación por partición y ondulitas simétricas, permiten interpretar un ambiente de alta energía. Estos depósitos de areniscas soldadas corresponderían a sectores menos profundos del *shoreface*.

De forma progresiva, hacia la parte superior de esta asociación de facies el sistema se vuelve somero (niveles fosilíferos con megaflora) y a 2 m por encima del nivel fosilífero se interrumpe la sedimentación con una superficie de incisión.

Asociación de facies VII

Descripción. En esta asociación de facies se incluye un conjunto de areniscas de tamaño de grano muy grueso a medio, inmersos en areniscas de grano fino a muy fino y pelitas de coloraciones rojizas, que alcanzan 102.6 m de potencia. Localmente, está separada de la asociación de facies anterior por una superficie de incisión de decenas de metros de ancho (Figura 5o).

Los cuerpos de areniscas gruesas y muy gruesas poseen bases erosivas, estratificación entrecruzada en artesas, algunas tienen clastos de cuarzo redondeados y subesféricos. En los depósitos arenosos de granulometría media a fina y de coloraciones rojizas, es común la aparición de halos de raíces de colores claros, bordes netos y tamaños centimétricos. La forma de los estratos de areniscas y ruditidas son lenticulares a lenticiformes; dichos bancos están inmersos en pelitas y areniscas muy finas que componen gran parte de la asociación (Figura 5p). Las areniscas finas, muy finas y pelitas poseen laminación horizontal y de forma frecuente están intercaladas por delgados lentes de areniscas gruesas con estratificación entrecruzada en artesas.

En general, las rocas que componen esta unidad contrastan entre sí por las diferencias de coloraciones: la parte inferior tiene colores grises a verdes y en la parte superior tiene tonalidades rojizas.

De un banco de pelitas (12 m de espesor) del sector inferior de la facies (Figura 4), se obtuvo microflora (PBSJ 664), con palinomorfos regularmente preservados (véase Apéndice 1 y Tablas A1 y A2).

Interpretación. Los cuerpos de areniscas de granulometría gruesa a media, lenticiformes, son interpretados como depósitos de barras producidas por sistemas fluviales multicanalizados, donde los canales cortaban extensas planicies. La presencia de bases erosivas de los canales sobre las pelitas sugiere flujos de alta energía. Los clastos de cuarzo, podrían ser extraformacionales.

Los depósitos de areniscas finas y pelitas se interpretan como extensas planicies de inundación con numerosas lentes de areniscas gruesas, silicificadas y de 0.5 m en promedio de potencia, los cuales muy probablemente fueron canales de lóbulos de desbordamiento. Además la sola presencia de halos de raíces en las planicies se interpreta como evidencias de suelos incipientes y cierta estabilidad de los canales.

El carácter multicanalizado del sistema fluvial, la alta proporción de depósitos de planicie con respecto a los canales (50 %) más la re-

lativa estabilidad de los canales, permite interpretar el sistema como anastomosado. Esto concuerda con el modelo propuesto por Malaske (2001) para sistemas anastomosados de agradación lenta.

Asociación de facies VIII

Descripción. Esta asociación de facies está compuesta en su mayoría por areniscas finas laminadas y con entrecruzamiento tabular plano o masivas. Constituye bancos gruesos de apariencia tabular y colores blanquecinos a rosado claro que forman crestones resistentes. Los bancos poseen contactos basales netos y planos y en total suman 30 m de potencia. Estas areniscas tienen poca recurrencia en la parte superior del perfil intercalándose con las otras asociaciones de facies. Dentro del marco geológico de la formación, esta asociación posee recurrencias de menores espesores, los cuales van de 8 a 13 m (Figura 5p). Un rasgo importante es que las psamitas, aunque a veces carecen de estructura, siempre conservan la uniformidad de su granulometría y porosidad.

En todos los casos el límite superior de las areniscas entrecruzadas es con pelitas laminadas. Algunas veces el contacto está marcado por concreciones carbonáticas semicirculares a ovaladas y botroidales de 0.5 hasta 5 cm de diámetro.

Interpretación. Las características de las litofacies de esta asociación permiten interpretarla como depósitos eólicos (Crowell, 1955). Los cuerpos de areniscas de grano fino son interpretados como paleodunas. Estos depósitos están separados por finos bancos de pelitas rojizas, que por lo general se encuentran meteorizados, los que probablemente hayan sido cuerpos de interdunas. Esta asociación de facies suele sobreponerse a la asociación de facies IX; en los casos que no preservan estructuras, es difícil su distinción y solamente hay diferencias granulométricas entre ambas.

Asociación de facies IX

Descripción. Esta asociación de facies está compuesta por una marcada homogeneidad de litología, la cual se compone por areniscas de grano medio a grueso, bien seleccionadas donde predominan los conjuntos (*sets*) entrecruzados a gran escala (Figura 5q). Los conjuntos psamíticos, en total, alcanzan 120 m de espesor, de los cuales predominan los conjuntos asociados (*cosets*) de 10 a 30 m. La extensión lateral de los cuerpos individuales es de decenas de metros y las relaciones entre extensión lateral y espesor indican geometrías tabulares. Internamente, los conjuntos de hasta 2 y 3 m de espesor de areniscas amarillas claras, poseen marcada estratificación entrecruzada angular plana.

Los arreglos de litofacies en esta asociación de facies son en general planas y alargadas, a veces presentan espesores de conjuntos entrecruzados de más de 3 m de potencia. En total, son cuatro veces recurrentes en la parte superior del perfil.

Interpretación. Esta asociación de facies comparte algunas características con la asociación VIII, de la cual en algunos casos, puede ser difícil su diferenciación. Es común que estas dos asociaciones de facies se encuentren en contacto; en esos casos se diferencian por el tipo de arreglo interno y granulometría. Las características presentes en esta asociación se interpretan como producto de mecanismos de depósito por mareas, las cuales debido a aportes abundantes de arenas podrían haber generado depósitos de islas barreras (Prothero y Schwab, 1999). La intercalación con los depósitos de la asociación anterior podrían interpretarse como depósitos eólicos en las partes altas de las islas barreras.

Asociación de facies X

Descripción. Esta última asociación de facies es la más representativa del sector superior de la Formación La Dehesa, donde aflora seis veces, que en total suman 144 m, con espesores promedio de 24 m.

La facies se compone de alternancias rítmicas de areniscas y pelitas (Figura 5r), las cuales por separado no superan los 2 m de espesor. Las areniscas tienen estratificación entrecruzada plana y laminaciones horizontales. En las facies superiores hay laminación ondulítica simétrica. Los bancos de pelitas tienen espesores cercanos a 1 metro en promedio; en general pueden tener dos coloraciones: rojizas y verdosas. La estructura interna de estos depósitos es laminación horizontal.

Esta facies ha brindado nueve muestras fértiles, conteniendo asociaciones palinológicas regularmente preservadas, que se pueden agrupar en cinco niveles: a (PBSJ 666), b (PBSJ 678, 668), c (PBSJ 679, 680, 681), d (PBSJ 669) y e (PBSJ 670, 671). En su composición, tanto a nivel genérico como específico, la microflora PBSJ 666 muestra diferencias muy marcadas con las microfloras restantes, por lo que se las considera integrando asociaciones diferentes (véase Apéndice 1 y Tablas A1 y A2).

Interpretación. Estas acumulaciones cíclicas de areniscas entrecruzadas y pelitas laminadas en bancos de poco espesor, más el entorno sedimentario de asociaciones de facies de ambientes cercanos a la costa, se interpreta como un ambiente lagunar (*lagoons*). Las ondulitas simétricas, presentes en estos niveles, podrían indicar corrientes en ambos sentidos del flujo. Además, las lagunas generalmente se encuentran en las cercanías de las costas donde se desarrollan islas barreras, debido a la protección que ésta les genera (Reading y Collinson, 1996).

La íntima asociación con los demás ambientes de la Formación La Deheza (esta asociación de facies siempre se encuentra limitada en base y techo por las asociaciones VIII y IX) pueden ser tomados como un factor importante en la determinación de este ambiente, aunque carezca de fósiles marinos y riqueza de estratos con materia orgánica (Nichols, 2009).

CONTENIDO FOSILÍFERO

Megaflora

Se dan a conocer por primera vez para la Formación La Deheza restos megaflorísticos colectados en la localidad Estancia Maradona (Figura A1 2). La megaflora se obtuvo de un sólo nivel estratigráfico e incluye abundantes ramas de último y anteúltimo orden, con hojas lanceoladas o curvas hacia arriba, dispuestas de forma helicoidal (Figuras A2 a, b) atribuibles a *Ferugliocladus patagonicus* Archangelsky y Cúneo, 1987. De forma asociada se encuentran numerosas semillas platispérmicas con simetría bilateral y ornamentadas con dos cuernos o espinas apicales bifurcados hacia afuera (Figuras A2 c-e), asignadas a *Eucerospermum nitens* Feruglio emend. A. Archangelsky, 2000. El resto de la asociación se compone de fragmentos de tallos y hojas de *Paracalamites* sp. (Figuras A2 f, g) y *Cordaites* sp.

Estos taxones, en especial *F. patagonicus* y su semilla *E. nitens*, son especies índices de la Superzona *Ferugliocladus*, característica del Cisuraliano de la cuenca Tepuel-Genoa (Archangelsky y Cúneo, 1984; A. Archangelsky, 2000). Además, esta superzona fue correlacionada temporalmente con los afloramientos del Pérmino inferior de la Formación Arroyo Totoral en el este de la cuenca Paganzo (véase Archangelsky y Cúneo, 1987; Archangelsky *et al.*, 1996; A. Archangelsky, 1999, 2000) y recientemente en las proximidades del puesto Bachongo con la Formación Andapaico (Correa *et al.*, 2012). Este hecho, plantearía la posibilidad de utilizar la Superzona *Ferugliocladus* en la cuenca Paganzo, como unidad con importancia biocronológica regional.

Palinofloras

En la sección de la Estancia Maradona correspondiente a la Formación La Deheza se han identificado 18 niveles (Figuras 3, 4)

con asociaciones palinológicas, entre las que se han identificado 116 especies, que han permitido caracterizar (Apéndice 1 y Tablas A1 y A3) tres asociaciones microflorísticas: I, II y III (Balarino *et al.*, 2009, 2012).

EDAD

Las asociaciones de facies I, II, III y IV, atribuidas a paleoambientes postglaciares son reconocidas en el resto de la cuenca como de edad carbonífera (equivalente a la Formación Guandacol), Serpukhoviano-Bashkiriano temprano (Limarino *et al.*, 2014). Esto concuerda con el registro palinológico determinado para estas facies por Balarino *et al.* (2009) para la asociación palinológica I y II. Además el evento transgresivo del Pennsilvánico (asociación de facies IV) brindó la traza *Maculichnina carboniferous*, reconocida para la Formación Guandacol en Huaco (Buatois *et al.*, 2010). La asociación de facies V posee delgados bancos de carbón; éstos son importantes elementos de correlación en toda la cuenca Paganzo con la Formación Tupe (Limarino *et al.*, 1988), los cuales ayudan a correlacionar con el estratotipo (Figura 6) Moscoviano (Limarino *et al.*, 2014).

La comparación de las asociaciones microflorísticas reconocidas en la Formación La Deheza con el esquema de biozonación conocido para las cuencas del centro-oeste argentino (Paganzo, río Blanco, Calingasta-Uspallata y San Rafael; Césari y Gutiérrez, 2001), permite

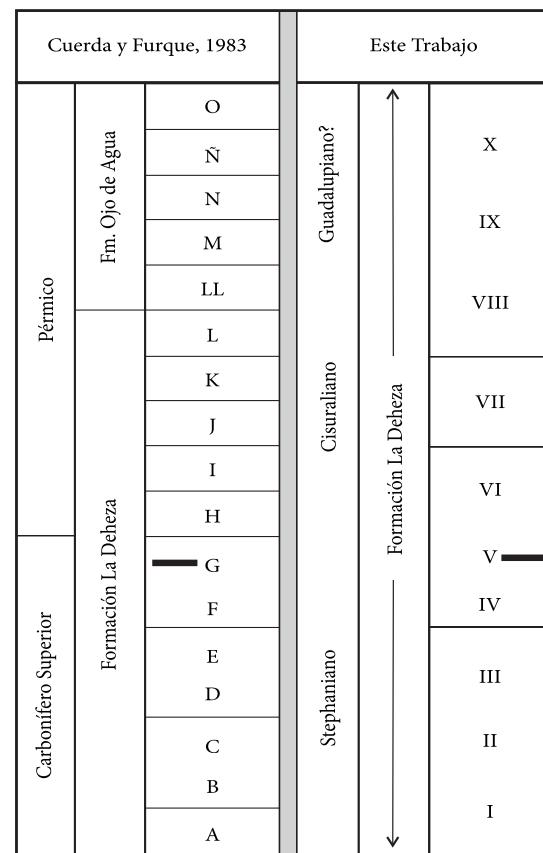


Figura 6. Esquema de correlación entre el trabajo original de Cuerda y Furque (1983) en la sierra de la Deheza y la presente contribución de facies en la localidad Estancia Maradona. Se destacan las similitudes a nivel de facies entre las localidades y cómo de esta forma se pueden correlacionar las formaciones La Deheza y Ojo de Agua, descritas previamente y agrupadas en una sola unidad. La barra simboliza los estratos carbonosos.

señalar en una primera aproximación (Tabla A1) que es posible referir a las asociaciones palinológicas I y II a las biozonas *Raistrickia densa*-*Convolutispora muriornata* (DM; Sherukhoviano-Bashkiriano) y *Pakhapites fusus*-*Vittatina subsaccata* (FS; Moscoviano-Cisuraliano temprano?). Si bien ambas asociaciones tienen elementos que comparten con estas biozonas, como por ejemplo *Vallatisporites arcuatus*, *Brevitriteles cornutus* (Figura A3), *B. levis*, *Cristatisporites menendezi* (Figura A3 d), *C. rolleri* (Figura A3g), *C. stellatus*, *Granulatisporites austroamericanus*, *Lundbladispora riobonitensis*, la aparición de *Converrucosisporites confluens* (Figura A3b), *Vittatina subsaccata*, *Kraeuselisporites sanluisensis* (Figuras A3e, A3f), *Anapiculatisporites teretangulus*, *Alisporites australis* (Figura A3m), *Calamospora breviradiata*, *Horriditriteles ramosus* y *A. similis* (Figura A3n), permiten referir la asociación II a la Biozona FS.

En los últimos metros de la facies VI se determinaron algunos ejemplos de la Superzona *Ferugliocladus*, representantes del Cisuraliano de la cuenca Tepuel Genoa. Esta edad es coherente con la asignada por Balarino *et al.* (2009) en la asociación palinológica II como pérmitica basal, probablemente carbonífera cuspidal.

Los últimos 200 m aproximadamente de perfil, fueron asignados a la asociación palinológica III (claramente diferenciable de la asociación II), aunque presenta algunos elementos en común con las biozonas *Pakhapites fusus*-*Vittatina subsaccata* (FS) y *Lueckisporites-Weylandites* (LW) (Tabla A1), entre ellos *Barakarites rotatus* (Figura A4c), *Scheuringipollenites medius* (Figura A3s), *Protohaploxylinus amplius* (Figura A4k) y *Vittatina costabilis* (Figura A4q); la aparición de *Weylandites lucifer* (Figura A4p), *Lueckisporites cf. virkkiae*, *L. cf. balmei* (Figuras A4 m, A4r), *P. microcorpus* (Figura A4h) y *Hamiapollenites ruditaeniatus* (Figura A4l), permiten referir a esta asociación con la Biozona LW, de edad cisuraliana-guadalupiana?

Por último, de la correlación con la vecina Formación Andapaico (véase Correa *et al.*, 2012), se observa una clara equivalencia composicional, cualitativa y cuantitativa, tanto a nivel específico como genérico, con las microfloras reconocidas (véase Balarino *et al.*, 2012). Se establece así, una edad similar para el techo de ambas unidades.

DISCUSIÓN

La Formación La Deheza fue definida por Cuerda y Furque (1983) en la Precordillera Central, como una unidad equivalente temporal a las clásicas formaciones del Paleozoico superior del este de la cuenca Paganzo (*e.g.* formaciones Tuminico, río Francia y Tupe). Estos autores destacaron que en ese sector de la cuenca, la complicación tectónica, la altura de las sierras y la topografía hacían difícil la realización de un perfil continuo, se limitaron a realizar el perfil sólo en zonas accesibles. Recientemente, la construcción del dique Los Caracoles y Punta Negra volvió prácticamente impracticable el acceso al estratotipo por la ruta Nacional N° 20 (véase Figura 1). Además éstos autores describieron, en contacto por falla, areniscas rojas con grandes entrecruzamientos, a las cuales les asignaron el nombre de Formación Ojo de Agua, que a grandes rasgos coincidía en la descripción del estratotipo (véase Furque, 1963, 1972, 1979).

La propuesta de Polanski (1970), Formación Colorados del Zonda, también se descarta debido a que no cumple con los requisitos del Código Argentino de Estratigrafía (CAE, 1992), a partir de la pobre descripción brindada por el autor.

Los extensos y potentes afloramientos al norte de la Estancia Maradona, revelaron una buena continuidad espacial de la Formación La Deheza, mostrando sucesiones completas y buenos accesos a los afloramientos (Figura A1). Por lo cual, puede correlacionarse el estratotipo de la unidad con la sucesión aquí descrita e incluirse

con algunas variantes laterales sin dificultad (Figura A5). A su vez, la descripción de los estratos anteriormente incluidos por Cuerda y Furque (1983) en la Formación Ojo de Agua, en su localidad tipo, es claramente correlacionable con parte de la unidad (asociaciones de facies VIII, IX y X), aquí caracterizados (Figura 6), y de esta forma se puede simplificar ambas formaciones en una sola unidad.

Es por esto que se proponen los afloramientos de la localidad Estancia Maradona como el neoestratotipo de la Formación La Deheza. Además se suma la ventaja de su continuidad estratigráfica, desarrollo lateral, contenido paleontológico y por tener mejores vías de acceso a los mismos.

EVOLUCIÓN PALEOAMBIENTAL Y CONCLUSIONES

Debido a que en las proximidades de la localidad Estancia Maradona, la Formación La Deheza exhibe sus más completos afloramientos con excelente desarrollo extensional y vertical, es posible proponer un esquema de reconstrucción de la evolución paleoambiental del margen sudoccidental de la cuenca Paganzo de forma más completa (Figura 6). Esta localidad aporta nueva información para la correlación regional de la unidad, ya que estos depósitos constituyen la expresión estratigráfica de la desglaciación carbonífera en el sur de la Precordillera Central (Figura A5).

La presencia de *dropstones*, clastos/bloques con caras aplanadas y estriadas en la base de la unidad (asociación de facies I, II y III), son clara evidencia de interacción con hielos en retirada. Es interesante destacar que estos depósitos diamictíticos postglaciares ubicados al oeste, pueden correlacionarse con los descritos para el noroeste de la cuenca Paganzo (Limarino y Gutiérrez, 1990; López Gamundi y Martínez, 2000; Marenni *et al.*, 2002, 2005; Limarino *et al.*, 2010). Posteriormente, por rebote isostático, la sucesión sigue con pelitas de la asociación de facies IV. Aquí la ausencia de *dropstones* indica un estado avanzado de desglaciación, en el cual no se produjeron procesos de flotación glaciar. A su vez, las intercalaciones de pequeños lentes de rocas carbonáticas muy probablemente indiquen períodos de baja tasa de aporte clástico (Limarino *et al.*, 2010). Estos niveles corresponden regionalmente con los depósitos de la transgresión del Stephaniano característica en los niveles que se sobreponen a los depósitos postglaciales (Limarino *et al.*, 2002).

El pasaje a ambientes fluviales está dado por la asociación de facies V, la que posee niveles carbonosos, los cuales son de indudable valor de correlación dentro de la cuenca (por ejemplo con los de la Formación Tupé en la localidad de Huaco, Limarino *et al.*, 1988).

La ingresión marina del Cisuraliano temprano, depositó las rocas sedimentarias de la asociación de facies VI, las cuales poseen una singular característica debido a que son las portadoras de importantes depósitos megaflorísticos, representado por bancos de semillas, ramas de coníferas y equisetales que indican esa edad.

El último depósito con características netamente continentales está dado por la asociación de facies VII, el cual tiene la particularidad de empezar con una superficie de incisión fluvial de orden 6; esta característica tiene valor regional en la cuenca Paganzo. En el esquema de correlación propuesto por Limarino *et al.* (2006), esta superficie de incisión sería equivalente a la orogenia Sanrafaéllica que pone fin a la transgresión del Asseliano-Sakmario. Esto concuerda en edad, con el hallazgo de ramas y semillas de coníferas que se atribuyen aquí al Cisuraliano de la Superzona *Ferugliocladus*.

Por encima de los depósitos fluviales se suceden cíclicamente y de forma recurrente las asociaciones de facies VIII, IX y X (asociación palinológica III de edad pérmitica, Balarino *et al.*, 2009). Éstas se caracterizan por presentar cantidades mayoritarias de areniscas, las cuales

poseen arreglos y estructura estratigráfica según el paleoambiente en que se depositaron. Una característica común es la coloración rojiza, la cual marcaría el comienzo del ciclo árido que caracteriza la parte más joven de la cuenca Paganzo (Formación Patquia y equivalentes). De forma regional este cambio de coloración puede también usarse como nivel de correlación con los depósitos eólicos, efímeros, clásicos que caracterizan el centro-este de la cuenca Paganzo (Limarino *et al.*, 2006).

SUPLEMENTO ELECTRÓNICO

Los Apéndices 1 y 2, Tablas A1, A2 y A3; Figuras A1, A2, A3; A4 y A5 se encuentran en el suplemento electrónico dentro de la tabla de contenidos de este número en el portal electrónico de la Revista <<http://rmcg.unam.mx/>> .

AGRADECIMIENTOS

Se desea expresar el agradecimiento a los Dres Beri A. y Banchig A. por sus valiosas sugerencias que enriquecieron el manuscrito original, y a los Dres. O. Limarino, L. Balarino, B. Cariglino y L. Carrevedo por su valiosa ayuda en el campo. También a los proyectos financiados por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCYT-PICT 32693 y PRESTAMO BID-PICT 2010-2196) y por CONICET (PIP 0705).

REFERENCIAS

- Archangelsky, A., 1999, Semillas del Paleozoico Superior de Argentina: su utilización bioestratigráfica: *Ameghiniana*, 36(4), 465-476.
- Archangelsky, A., 2000, Estudio sobre semillas neopaleozoicas de Argentina: Boletín de la Academia Nacional de Ciencias, 64, 79-115.
- Archangelsky, S., Cúneo, N.R., 1984, Zonación del Pérmino continental de Argentina sobre la base de sus plantas fósiles, *en* 3er. Congreso Latinoamericano de Paleontología: México, Memorias, 1, 143-154.
- Archangelsky, S., Cúneo, N.R., 1987, Ferugliocladaceae, a new family from the Permian of Gondwana: Review of Paleobotany and Palynology, 51(1-3), 3-30.
- Archangelsky, S., Gamarro, J.C., 1979, Palinología del Paleozoico Superior en el subsuelo de la cuenca Chacoparanense, República Argentina. I. Estudio sistemático de los palinomorfos de tres perforaciones de la provincia de Córdoba: *Revista Española de Micropaleontología*, 11(3), 417-478.
- Archangelsky, S., Azcuy, C.L., Césari, S.N., González, C.R., Hünicken, M.A., Mazzoni A., Sabattini, N., 1996, Correlación y edad de las biozonas, *en* Archangelsky, S. (ed.), El Sistema Pérmino en la República Argentina y en la República Oriental del Uruguay: Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, 203-226.
- Azcuy, C.L., di Pasquo, M.M., 2000, Palynology of the Late Carboniferous from the Tarija basin, Argentina: a systematic review of monosaccate pollen genera: *Palaeotigraphica Abteilung B*, 253(4-6), 103-137.
- Backhouse, J., 1991, Permian palynostratigraphy of the Collie basin, Western Australia: Review of Palaeobotany and Palynology, 67(3-4), 237-314. doi: 10.1016 / 0034-6667 (91) 90046-6.
- Balarino, M.L., 2012, Palinología del Pérmino de la cuenca Claromecó-Colorado, Argentina: *Ameghiniana*, 49(3), 343-364. doi: 10.5710/AMGH.v49i3(462).
- Balarino, L., Carrevedo, M.L., Correa, G.A., Gutiérrez, P.R., Cariglino, B., 2009, Primer hallazgo de palinomorfos pérmiticos de la Formación La Deheza (Paleozoico Superior), en el braquicinal de Maradona, San Juan, Argentina: *Ameghiniana*, 46(4), Suplemento, Resúmenes, 61R-62R.
- Balarino, M.L., Correa, G.A., Gutiérrez, P.R., Carrevedo, M.L., 2012, Palinología de la Formación Andapaico (Pennsylvaniano-Guadalupiano) Precordillera Central sanjuanina (Argentina): consideraciones bioestratigráficas regionales: *Revista Brasileira de Paleontología*, 15(3), 281-299. doi:10.4072.
- Baldis, B.A., Chebli, W., 1969, Estructura profunda del área central de la Precordillera Sanjuanina, *en* 4as. Jornadas Geológicas Argentinas: Mendoza, Argentina, Actas, 1, 47-66.
- Balme, B.E., Hennelly, J.P.F., 1956, Trilete sporomorphs from Australian Permian sediments: *Australian Journal of Botany*, 4(3), 240-260. doi: 10.1071 / BT9560240
- Balme, B.E., Playford, G., 1967, Late Permian plant microfossils from the Prince Charles Mountains, Antarctica: *Revue de Micropaleontologie*, 10(3), 179-192.
- Bercowski, F., Milana, J.P., 1990, Sedimentación glacimárfica: nueva interpretación para la Formación Guandacol (Carbonífero) en el perfil de Río Francia, Precordillera central, San Juan, *en* 3^a Reunión Argentina de Sedimentología, Actas, 37-42.
- Bharadwaj, D.C., 1962, The miospore genera in the coals of the Raniganj Stage, Upper Permian, India: *The Palaeobotanist*, 9(1-2), 68-106.
- Bharadwaj, D.C., Tiwari, R.S., 1964, On two monosaccate genera from Barakar Stage of India: *The Palaeobotanist*, 12(2), 139-146.
- Bharadwaj, D.C., Srivastava, S.C., 1969, A triassic mioflora from India: *Palaeotigraphica Abteilung B*, 125(4-6), 119-149.
- Bodenbender, G., 1911, Constitución geológica de la parte meridional de la provincia de La Rioja y regiones limítrofes, Córdoba, República Argentina: Boletín de la Academia Nacional de Ciencias, 19(1), 2-211.
- Borrello, A.V., 1956, Recursos minerales de la República Argentina, III. Combustibles sólidos minerales: Buenos Aires, Argentina, Instituto Nacional de Investigaciones de Ciencias Naturales, Museo B. Rivadavia, *Revista Ciencias Geológicas*, 5, 655 pp.
- Bose, M.N., Maheshwari, H.K., 1968, Palaeozoic Spores Dispersae from Congo VII. Coal measures near Lake Tanganyika, south of Albertville: *Annales du Musée Royal de l'Afrique Centrale, Série 8, Sciences géologiques*, 60, 1-116.
- Bracaccini, O., 1950, Investigaciones tectónicas en la Precordillera sanjuanina: *Boletín de Informaciones Petroleras*, 301, 1-36.
- Buatois, L.A., Netto, R.G., Mángano, M.G., Balistieri, P.R.M.N., 2006, Extreme freshwater release during the late Paleozoic Gondwana deglaciation and its impact on coastal ecosystems: *Geology*, 34(12), 1021-1024.
- Buatois, L.A., Netto, R.G., Mángano, M.G., 2010, Ichnology of late Paleozoic postglacial transgressive deposits in Gondwana: Reconstructing salinity conditions in coastal ecosystems affected by strong meltwater discharge: *Geological Society of America Special Paper*, 468, 149-173.
- Césari, S.N., Gutiérrez, P.R., 2001, Palynostratigraphic study of the Upper Paleozoic central-western Argentine sequences: *Palynology*, 24(1), 113-146.
- Clarke, R.F.A., 1965, British Permian saccate and monosulcate miospores: *Palaeontology*, 8(2), 322-354.
- Comité Argentino de Estratigrafía (CAE), 1992, Código Argentino de Nomenclatura Estratigráfica: Buenos Aires, Argentina, Asociación Geológica Argentina, serie B, 20, 64 pp.
- Correa, G.A., Carrevedo, M.L., Gutiérrez, P.R., 2012, Paleoambiente y paleontología de la Formación Andapaico (Paleozoico Superior, Precordillera Central, Argentina): *Andean Geology*, 39(1), 22-52.
- Crowell, J.C., 1955, Directional-current structures from the Prealpine Flysch, Switzerland: *Geological Society of American Bulletin*, 66(11), 1351-1384.
- Cuerda, A.J., 1965, Estratigrafía de los depósitos neopaleozoicos de la sierra de Maz (provincia de La Rioja), *en* 2as. Jornadas Geológicas Argentinas: Salta, 1963, Actas, 3, 79-94.
- Cuerda, A.J., Furque, G., 1981, Depósitos carbónicos de la Precordillera de San Juan, Parte I. Comarca del cerro La Chilca (Río Francia): *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 36(2), 187-196.
- Cuerda, A.J., Furque, G., 1983, Depósitos carbónicos de la Precordillera de San Juan, Parte II. Quebrada La Deheza: *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 38(3-4), 384-390.
- Cuerda, A.J., Cingolani, C.A., Varela, R., Schauer, O.C., 1979, Depósitos carbónicos en la vertiente occidental de la Sierra de Valle Fértil, provincia de San Juan: *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 34(2), 102.
- De Jersey, N.J., 1962, Triassic spores and pollen grains from the Ipswich coalfield: *Geological Survey of Queensland*, 307, 1-18.
- Días-Fabricio, M.E.D., 1981, Palinologia da Formação Rio Bonito na área de Gravataí-Morungava, Rio Grande do Sul: *Pesquisas em Geociências*, 14(2), 69-130.
- di Pasquo, M., Azcuy, C., Souza, P., 2003, Palinología del Carbonífero Superior del Subgrupo Itararé en Itaporonga, cuenca Paraná, Estado de São Paulo,

- Brasil. Parte 1: sistemática de esporas y paleofitoplancton: Ameghiniana, 40(3), 277-296.
- Espejo, I.S., López Gamundi, O.R., 1984, Depósitos continentales del Paleozoico Superior en el sector central de la Precordillera sanjuanina, provincia de San Juan, en 9º Congreso Geológico Argentino: San Carlos de Bariloche, Argentina, Actas, 5, 258-273.
- Foster, C.B., 1975, Permian plant microfossils from the Blair Athol Coal Measures, Central Queensland, Australia: *Palaeontographica Abteilung B*, 154(5-6), 121-171.
- Foster, C.B., 1979, Permian plant microfossils of the Blair Athol Coal Measures, Baralaba Coal Measures, and basal Rewan Formation of Queensland: Geological Survey of Queensland, Publication 372, Palaeontological Paper 45, 1-244.
- Furque, G., 1963, Descripción geológica de la Hoja 17b-Guandacol, provincias de La Rioja y San Juan, Dirección Nacional de Geología y Minería: Boletín 92, 104 pp.
- Furque, G., 1972, Descripción geológica de la Hoja 16b, Cerro Bolsa, Provincias de La Rioja y San Juan: Buenos Aires, Argentina, Servicio Nacional Minero Geológico, Boletín, 125, 69 pp.
- Furque, G., 1979, Descripción geológica de la Hoja 17c, Jáchal, provincia de San Juan: Buenos Aires, Argentina, Servicio Geológico Nacional, Boletín, 164, 79 pp.
- García, G.B., 1996, Palinología de la Formación El Imperial, Paleozoico Superior, cuenca San Rafael, República Argentina. Parte II: granos de polen, incertae sedis, acritarcas: Ameghiniana, 33(1), 7-33.
- Gulbranson, E.L., Montañez, I.P., Schmitz, M.D., Limarino, C.O., Isbell, J.L., Marenni, S.A., Crowley, J.L., 2010, High-precision U-Pb calibration of Carboniferous glaciation and climate history, Paganzo Group, NW Argentina: *Geological Society of America Bulletin*, 122, 1480-1498.
- Gutiérrez, P.R., 1993, Palinología de la Formación Agua Colorado (Carbonífero Superior), sierra de Famatina, provincia de La Rioja, Argentina. I. Granos de polen: Ameghiniana, 30(2), 163-212.
- Gutiérrez, P.R., Limarino, C.O., 2001, Palinología de la Formación Malanzán (Carbonífero Superior), La Rioja, Argentina: nuevos datos y consideraciones paleoambientales: Ameghiniana, 38(1), 99-118.
- Gutiérrez, P.R., Zavattieri, A.M., Ezpeleta, M., Astini, R.A., 2011, Palynology of the La Veteada Formation (Permian) at the Sierra de Narváez, Catamarca Province, Argentina: Ameghiniana, 48(2), 154-176.
- Hart, G.F., 1964, A review of the classification and distribution of the Permian miospore: Disaccate Striatiti, en 5me. Congrès International du Stratigraphie et de Géologie du Carbonifère, Compte Rendus, 3, 1171-1199.
- Jansonius, J., 1962, Palynology of Permian and Triassic sediments, Peace River area, western Canada: *Palaeontographica Abteilung B*, 110(1-4), 35-98.
- Jansonius, J., Hills, L.V., 1976, Genera file of fossil spores: Special Publication, Department of Geology, University of Calgary, Alberta, Canada.
- Jones, M.J., Truswell, E.M., 1992, Late Carboniferous and Early Permian palynostratigraphy of the Joe Joe Group, southern Galilee basin, Queensland, and implications for Gondwanan stratigraphy: *Journal of Australian Geology and Geophysics*, 13(2), 143-185.
- Kar, R.K., Bose, M.N., 1967, Palaeozoic sporae dispersae from Congo. III.-Assise des schistes noirs de la Lukuga: *Annales du Musée Royal de l'Afrique Centrale*, Serie 8, Sciences géologiques, 53, 1-238.
- Keidel, H., 1922, Sobre la distribución de los depósitos glaciares del Pérmico conocidos en la Argentina y su significación para la estratigrafía de la Serie Gondwana y la paleogeografía del hemisferio austral: *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*, 25, 75-98.
- Kosanke, R.M., 1950, Pennsylvanian spores of Illinois and their use in correlation: *Bulletin of the Illinois State Geological Survey*, 74, 1-128.
- Lech, R.R., Milana J.P., Bercowski, F., 1990, Nueva asociación de braquíópodos fósiles en el Carbonífero Superior de Precordillera central, San Juan, Argentina, en 5º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía: San Miguel de Tucumán, Argentina, Actas, 89-96.
- Leschik, G., 1956, Die Keuperflora von Neuwelt bei Basel. II. Die Iso- und Mikrosporen: *Schweizerische Paläontologische Abhandlungen*, 72[1955], 1-70.
- Limarino, C.O., Gutiérrez, P.R., 1990, Diamictites in the Agua Colorada Formation. New evidence of Carboniferous glaciations in South America: *Journal of South American Earth Sciences*, 3(1), 9-20.
- Limarino, C.O., Sessarego, H.H., Césari, S.N., López-Gamundi, O.R., 1988, El perfil de La Cuesta de Huaco, estratotipo de referencia (hipoestratotipo) del Grupo Paganzo en la Precordillera Central: Buenos Aires, Argentina, 1986, *Anales de Academia Nacional de Ciencias Exactas, Física y Naturales*, 38, 81-109.
- Limarino, C., Césari, S.N., Net L.I., Marenni S.A., Gutiérrez, P.R., Tripaldi, A., 2002, The Upper Carboniferous postglacial transgression in the Paganzo and Rio Blanco basins (northwestern Argentina): Facies and stratigraphic significance: *Journal of South American Earth Sciences*, 15(4), 445-460.
- Limarino, C., Tripaldi, A., Marenni, S., Fauqué, L., 2006, Tectonic, sea-level, and climatic controls on Late Paleozoic sedimentation in the western basins of Argentina: *Journal of South American Earth Sciences*, 22(3-4), 205-226.
- Limarino, C.O., Spalletti, L.A., Colombo-Piñol, F., 2010, Evolución paleoambiental de la transición glacial-postglacial en la Formación Agua Colorada (Grupo Paganzo), Carbonífero, Sierra de Narváez, NO argentino: *Andean Geology*, 37(1), 121-143.
- Limarino, C.O., Césari, S.N., Spalletti, L.A., Taboada, A.C., Isbell, J.L., Geuna, S., Gulbranson, E.L., 2014, A paleoclimatic review of southern South America during the late Paleozoic: A record from icehouse to extreme greenhouse conditions: *Gondwana Research*, 25, 1396-1421. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gr.2012.12.022>
- López-Gamundi O., Espejo, I., 1988, Análisis petrofacial de las epiclastitas neopalaeozoicas en los alrededores del Río Sassi (San Juan): áreas de proveniencia e implicancias paleogeográficas: Asociación Geológica Argentina, Revista, XLIII(1), 91-105.
- López-Gamundi, O.R., Martínez, M., 2000, Evidence of glacial abrasion in the Calingasta-Uspallata and western Paganzo basins, mid-Carboniferous of western Argentina: *Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology*, 159, 145-165.
- Malaske, B., 2001, Anastomosing rivers: a review of their classification, origin and sedimentary products: *Earth-Science Reviews*, 53(3), 149-196.
- Marenni, S.A., Tripaldi, A., Caselli, A.T., Limarino, C.O., 2002, Hallazgo de tillitas sobre el flanco occidental del anticlinal de Agua Hedionda (Provincia de San Juan): evidencias de avances y retrocesos del hielo durante la glaciaciación gondwánica en la cuenca Paganzo: Revista de la Asociación Geológica Argentina, 57(3), 349-352.
- Marenni, S.A., Tripaldi, A., Limarino, C.O., Caselli, A.T., 2005, Facies and architecture of a Carboniferous grounding-line system from the Guandacol Formation, Paganzo basin, northwestern Argentina: *Gondwana Research* 8(2), 187-202.
- Marques-Toigo, M., 1974, Some new species of spores and pollens of Lower Permian age from the San Gregorio Formation in Uruguay: *Anais da Academia Brasileira da Ciências*, 46(3-4), 601-616.
- Marques-Toigo, M., Picarelli, A.T., 1985, On the morphology and botanical affinities of Lundbladispora Balme 1963 in the Permian of the Paraná basin, Brazil: *Boletín Instituto de Geociencias, Universidade de São Paulo, Série Científica*, 15, 46-52.
- Menéndez, C.A., 1965, Contenido palinológico en sedimentos con Rhacopteris ovata (McCoy) Walk de la sierra de Famatina, La Rioja: *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia*, 1, 45-80.
- Menéndez, C.A., 1971, Estudio palinológico del Pérmico de Bajo de Vélez, Provincia de San Luis: *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia"*, Paleontología, 1, 263-306.
- Miali, A., 1996, The geology of fluvial deposits. *Sedimentary Facies, basin Analysis and Petroleum Geology*: Roma, Springer-Verlag, 482 pp.
- Milana, J.P., 1988, Sedimentación estuaría carbonífera tardía en la Precordillera Central, San Juan, en Buenos Aires, Argentina, 2a. Reunión Argentina de Sedimentología, Actas, 185-188.
- Milana, J.P., Bercowski, F., 1987a, Nueva localidad marina para el neopalaeozoico de precordillera, en la confluencia de los ríos San Juan y Uruguay, San Juan, Argentina, en 4a. Reunión Grupo PICG 211 (IUGS-UNESCO), S.C. de la Sierra de Bolivia, Resúmenes, 46-48.
- Milana, J.P., Bercowski, F., 1987b, Rasgos erosivos y depositacionales glaciales en el neopalaeozoico de Precordillera central, San Juan, Argentina, en 4a. Reunión Int. Grupo PIGG 211 (IUGS-UNESCO), S.C. de la Sierra de Bolivia, Actas, 56-59.
- Milana, J.P., Bercowski, F., 1990, Facies y geometría de depósitos glaciales en un paleovalle Carbonífero de Precordillera Central, San Juan, Argentina, en 3a. Reunión Argentina de Sedimentología: San Juan, Actas, 3, 199-204.

- Milana, J.P., Banchig, A.L., Bercowski, F., 1985, Descripción sedimentológica de la sección basal de una secuencia neopaleozoica de la Precordillera de San Juan: Buenos Aires, 1986, Actas de las 1as. Jornadas sobre Geología de Precordillera, Asociación Geológica Argentina, Serie A-Monografías y Reuniones, 2, 295-300.
- Milana, J.P., Bercowski, F., Lech, R.R., 1987, Análisis de la secuencia marino-continental neopaleozoica en la región del río San Juan, Precordillera Central Argentina, en 10º Congreso Geológico Argentino: San Miguel de Tucumán, Argentina, Actas, 3, 113-116.
- Naumova, S.N., 1953, Sporovo-pyltsevye kompleksy verkhnego devona Russkoi platformy I ikh znachenie dlya stratigrafi (Complexes sporo-poliniques du Dévonien supérieur de la plateforme russe et leur valeur stratigraphique): Trudy Instituta Geologicheskikh Nauk, Akademiya Nauk SSSR 143, Seriya Geologicheskaya, 60, 1-204.
- Net, L.I., Limarino, C.O., 2006, Applying sandstone petrofacies to unravel the Upper Carboniferous evolution of the Paganzo basin, northwest Argentina: Journal of South American Earth Sciences, 22, 239-254.
- Nichols, G., 2009, Sedimentology and Stratigraphy: Chichester, Wiley-Blackwell, 419 pp.
- Orton, G. J., Reading, H.G., 1993, Variability of deltaic processes in terms of sediment supply, with particular emphasis on grain size: Sedimentology, 40, 475-512. doi: 10.1111/j.1365-3091.1993.tb01347.x
- Pérez-Loinaze, V.S., Limarino, C.O., Césari, S.N., 2014, Carboniferous outcrops at La Herradura Creek, San Juan Province (Western Argentina), revisited: age of the transgressions: Andean Geology, 41(1), 83-105. doi: 10.5027/andgeoV41n1-a04
- Playford, G., 1978, Lower Carboniferous spores from the Ducabrook Formation, Drummond basin, Queensland: Palaeontographica Abteilung B, 167(4-6), 105-160.
- Playford, G., Dino, R., 2002, Permian palynofloral assemblages of the Chaco-Paraná basin, Argentina: systematics and stratigraphic significance: Revista Española de Micropaleontología, 34(3), 235-288.
- Playford, G., Powis, G., 1979, Taxonomy and distribution of some trilete spores in Carboniferous strata of the Canning basin, Western Australia: Pollen et Spores, 21(3), 371-394.
- Polanski, J., 1970, Carbónico y Pérmico de la Argentina: EUDEBA, Manuales, 216 pp.
- Potonié, R., Klaus, W., 1954, Einige Sporengattungen des Alpinen Saltzgebirges: Geologischen Jahrbusch, 68, 517-546.
- Potonié, R., Sah, S.C.D., 1960, Sporae dispersae of the lignites from Cannanore Beach on the Malabar Coast of India: The Palaeobotanist, 7(2), 121-135.
- Prothero, D., Schwab, F., 1999, Sedimentary Geology: An introduction to sedimentary rocks and stratigraphy: W.H. Freeman and Company, 82-89
- Qu, L.F., Wang, Z., 1986, Triassic spores and pollen, en Institute of Geology, Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang, and Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences (eds.), Permian and Triassic Strata and Fossil Assemblages in the Dalongkou Area of Jimsar, Xinjiang: Geological Publishing House, Beijing, Geological Memoirs Series, 2(3), 111-173.
- Ramos, V.A., Vujojovich, G.I., 2000, Descripción geológica hoja 3169-IV San Juan, Provincia de San Juan: Buenos Aires, Argentina, Secretaría de Energía y Minería, SEGEMAR, Instituto de Geología y Recursos Minerales, Boletín, 243, 82 pp.
- Reading, H.G., Collinson, J.D., 1996, Clastic Coasts, en Reading, H.G. (ed.) Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy: Oxford, Blackwell Science, 154-231.
- Samoilovich, S.R., 1953, Pollen and spores from the Permian deposits of the Cherdyn' and Aktyvbinsk areas, Cis-Urals: Trudy Vsesoziuznyi Nauchnoissledovatel'skii Geologo-razvedochnyi Institut, Leningrad, New Series, 75, 5-57 [en ruso]. Traducido por Elías, M.K., 1961: Oklahoma Geological Survey, Circular, 56, 7-103.
- Scasso, R.A., Limarino, C.O., 1997, Petrología y diagénesis de rocas clásicas: Asociación Argentina de Sedimentología, 258 pp.
- Schopf, Wilson, L.R., Bentall, R., 1944, An annotated synopsis of Paleozoic fossil spores and the definition of generic groups: Illinois Geological Survey Report, 91, 1-73.
- Stappenbeck, R., 1910, La Precordillera de San Juan y Mendoza: Buenos Aires, Argentina, Anales del Ministerio de Agricultura, Sección Geología, Mineralogía y Minería, 4(3), 1-187.
- Tiwari, R.S., 1965, Miospore assemblage in some coals of Barakar stage (Lower Gondwana) of India: The Palaeobotanist, 13(2), 168-214.
- Tiwari, R.S., 1973, Scheuringipollenites, a new name for the Gondwana palynomorphs so far assigned to «Sulcatisporites Leschik 1955»: Senckenbergiana Lethaea, 54, 105-117.
- Wilson, L.R., 1962, Permian plant microfossils from the Flowerpot Formation, Greer County, Oklahoma: Oklahoma Geological Survey Circular, 49, 1-47.

Manuscrito recibido: Febrero 4, 2014

Manuscrito corregido recibido: Julio 7, 2014

Manuscrito aceptado: Julio 9, 2014