

# LA SECUENCIA NEOPALEOZOICA DE LA QUEBRADA DE AGUA DE JAGÜEL (PRECORDILLERA DE MENDOZA): EDAD Y REDEFINICIÓN ESTRATIGRÁFICA

Carlos O. LIMARINO<sup>1</sup>, John L. ISBELL<sup>2</sup>, Patricia L. CICCIONI<sup>1</sup> y Arturo C. TABOADA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Geología de la Universidad de Buenos Aires-IGEBA (CONICET), Buenos Aires. E-mail: limar@gl.fcen.uba.ar

<sup>2</sup>Department of Geosciences, University of Wisconsin, Milwaukee, USA.

<sup>3</sup>Laboratorio de Investigaciones en Evolución y Biodiversidad (LIEB), Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Sede Esquel – CONICET. E-mail: ataboada@unpata.edu.ar

## RESUMEN

Se propone la denominación de Formación Cordón de Jagüel para la sucesión pérmica de areniscas, pelitas y escasos conglomerados que forman la ladera occidental del Cordón de Agua de Jagüel en la Precordillera de Mendoza. Estas rocas descansan en discordancia sobre metasedimentitas de la Formación Villavicencio y son separadas por falla de areniscas, pelitas y diamictitas pertenecientes a la Formación Agua de Jagüel (Pennsylvaniano). En la Formación Cordón de Jagüel se han identificado seis asociaciones de facies sedimentarias. La asociación 1 está integrada mayormente por conglomerados polimícticos y areniscas gruesas de origen fluvial. El inicio de un ascenso relativo del nivel del mar aparece registrado en la asociación de facies 2, formada por areniscas y pelitas carbonosas depositadas en ambientes transicionales, probablemente estuarinos. La asociación de facies 3, compuesta por areniscas finas, indica el pasaje a un ambiente marino costero, mientras que la asociación de facies 4 incluye areniscas con paquetes de estratificación entrecruzada de gran escala y probablemente corresponde a ambientes subtidales con importante crecimiento de barras de arena de gran porte. Una progresiva somerización llevó a la depositación de pelitas carbonosas, areniscas finas e intercalaciones de margas (asociación de facies 5) en ambientes restringidos (albuferas). Finalmente, la asociación de facies 6 (pelitas laminadas y areniscas finas) indica un nuevo evento transgresivo. Restos de invertebrados marinos pertenecientes a la Biozona de *Costatumulus* y de palinofloras conteniendo *Lueckisporites virkkiae* Potonié y Klaus sugieren una edad pérmica temprana, probablemente cisuraliana tardía para la unidad.

**Palabras clave:** Pérmico temprano, Formación Cordón de Jagüel, Precordillera, Gondwana

## ABSTRACT

*The neopaleozoic sequence of the Agua de Jagüel Creek (Precordillera de Mendoza): age and stratigraphic redefinition.*

The name of the Cordón de Jagüel Formation is proposed for Permian sandstones, mudstones and scarce conglomerates that form the western slope of the Cordón de Agua de Jagüel range in the Precordillera (Mendoza Province). These rocks unconformably overlie low-grade metamorphic rocks belonging to the Villavicencio Formation and are separated by a fault from sandstones, mudstones and diamictites of the Agua de Jagüel Formation (Pennsylvanian). Six facies association have been recognized in the Cordón de Jagüel Formation. The association 1 is composed of conglomerates and coarse-grained sandstones deposited in fluvial environment. The onset of a sea-level rise is recorded in the facies association 2, which is formed by sandstones and carbonaceous mudstones sedimented in transitional environments (estuarine?). Facies association 3 is made up by fine-grained sandstones indicating the transition to coastal marine settings while facies association 4, formed by large-scale cross-bedded sandstones, was very probably deposited in subtidal coastal environments. A progressive shallowing appears in the carbonaceous mudstones, fine-grained sandstones and marls forming the facies association 5 deposited in a transitional environment (lagoons). Finally, facies association 6 (shales and fine-grained sandstones) indicates a new sea level rise. Remains of the marine invertebrates belonging to the *Costatumulus* Biozone and palynofloras containing *Lueckisporites virkkiae* Potonié and Klaus suggest an early Permian age, probably late Cisuralian, for the unit. Proximal non-amalgamated storm deposits are represented by thick sandy beds with hummocky cross stratification, bioclastic accumulations and ripples at the top intercalated with thin shaly levels. Distal storm deposits are thinly laminated or massive silty to sandy beds intercalated in shaly intervals.

**Keywords:** Early Permian, Cordón de Jagüel Formation, Precordillera, Gondwana

INTRODUCCIÓN

El nombre Formación Agua de Jagüel fue propuesto por Amos y Rolleri (1965), siguiendo la denominación de Formación Jagüel sugerida inicialmente por Harrington (1954, publicado en 1971), para incluir a un “grupo de areniscas, lutitas y conglomerados” que forman la mayor parte de la ladera occidental del Cordón del Agua de Jagüel. La secuencia allí aflorante presenta conspicuas intercalaciones de diamictitas y muestra sus mejores exposiciones a lo largo de la quebrada de Agua de Jagüel, unos 4 kilómetros al norte de Paramillos de Uspallata en la Precordillera de Mendoza (Fig. 1). Un segundo grupo de afloramientos, muy tectonizados y de menor desarrollo areal, se presenta en el área de La Cantera al sureste de Paramillos (Fig. 2).

La ubicación estratigráfica y correlación regional de esta sucesión ha sido motivo de controversias desde mediados del siglo pasado, incluyendo diferentes opiniones sobre su edad, relaciones estratigráficas y presencia de discontinuidades a lo largo de la sección.

En lo que corresponde a la edad de la Formación Agua de Jagüel, su antigüedad fue mayormente establecida por el hallazgo de niveles de invertebrados marinos en diferentes posiciones estratigráficas. El estudio de estas asociaciones llevó a opiniones dispares, pues mientras algunos las ubicaron dentro del Pérmico, otros las consideraron de edad carbonífera superior (Amos y Rolleri 1965, Sabbatini y Noirat 1969, González 1982, Taboada 1987, 2006, 2010, Lech 1990, 2002, 2011, Cisterna *et al.* 2011). La diferente interpretación sobre la antigüedad de la unidad no es menor pues, como se verá enseguida, modifica el esquema sobre la edad y número de episodios glaciales en las cuencas del margen occidental del Gondwana.

Un segundo punto de análisis ha sido la relación de base y techo de la Formación Agua de Jagüel. Si bien muchos autores, principalmente basados en observaciones realizadas en el sector sur de la sierra, han considerado a la base como cubierta por acarreo cuaternario (por ejemplo véase López Gamundí 1984; Henry *et al.* 2010), Taboada (1987) consideró que la base de la unidad descansa en relación discordan-

te sobre las metamorfitas de la Formación Villavicencio. Este punto es relevante, pues como se verá en el trabajo, tiene directas implicancias en la evolución tectónica de la región y en la edad de la secuencia neopaleozoica.

Por otro lado, la relación de techo fue descrita en forma diferente, en algunos trabajos se consideró a la parte superior de la unidad cercenada por falla, mientras que en otros se propuso un contacto discordante con las volcánicas del Grupo Choiyoi (Permo-Triásico). Recientemente, Koukharsky *et al.* (2009) describieron una sección volcánoclastica en el techo de la Formación Agua de Jagüel, la que no había sido considerada previamente.

Un importante punto, que no ha sido hasta el presente analizado en detalle, es la presencia de discontinuidades a lo largo del perfil de la quebrada de Agua de Jagüel. Si bien la presencia de plegamientos a lo largo de la secuencia fue mencionada desde los trabajos iniciales, no fue sino hasta las

contribuciones de Ciccioli *et al.* (2008) y Pérez Loinaze *et al.* (2010) que se reconoce la presencia de una importante falla inversa dentro de la secuencia neopaleozoica.

Finalmente, un aspecto relevante de la Formación Agua de Jagüel es la presencia de diamictitas glaciales próximas a la base de la unidad. Estas rocas han sido estudiadas en varios trabajos, los que han propuesto un origen glacial para el intervalo (López Gamundí 1984, 1987, Henry *et al.* 2010). Es importante destacar que si se asume una edad pérmica para la secuencia, la presencia de diamictitas glaciales indicaría un episodio glacial en el Pérmico inferior tal cual fue sugerido por (González y Díaz Saravia 2010). Por el contrario, si la antigüedad de la Formación Agua de Jagüel es carbonífera tardía, el evento glacial pérmico quedaría sin sustento para la Precordillera y las Sierras Pampeanas.

En este trabajo se presenta un estudio estratigráfico de la secuencia neopaleozoica aflorante en la quebrada de Agua de Jagüel,

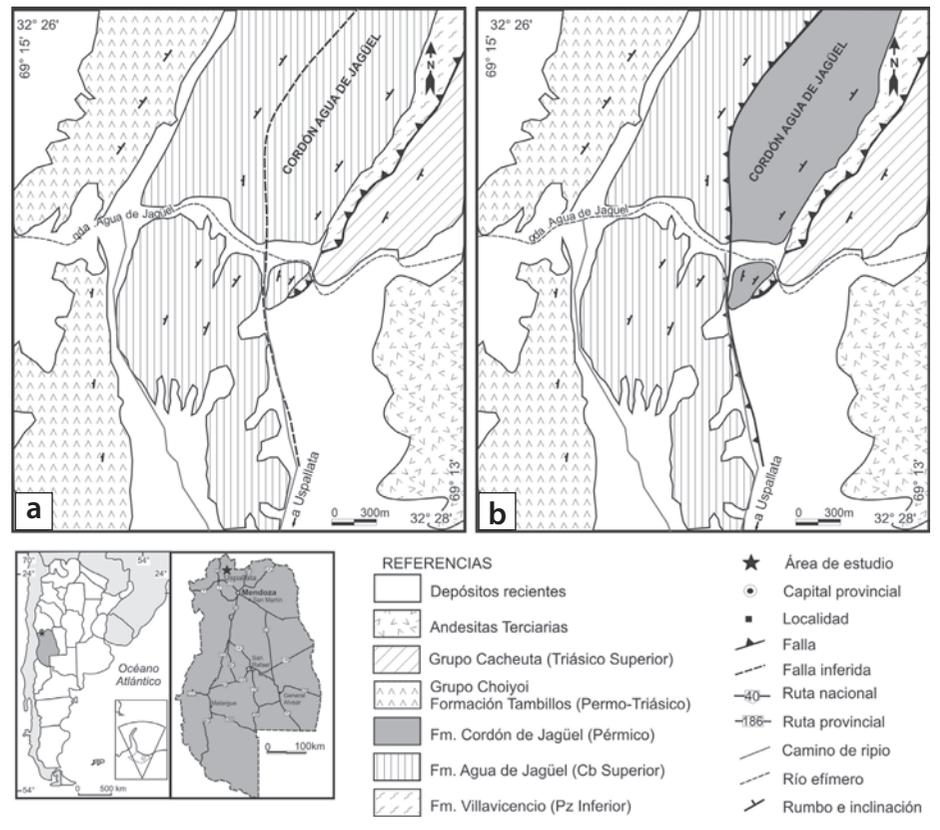


Figura 1: ubicación y geología del área estudiada, en a) se muestra la geología de la región según los esquemas tradicionales y en b) la nueva propuesta presentada en este trabajo.

efectuándose una revisión de la edad y ubicación de los niveles fosilíferos, el análisis de las discontinuidades estructurales observadas en la sucesión, sus paleoambientes depositacionales y un modelo de correlación regional. Como se verá, el presente estudio permite además definir un nuevo esquema litoestratigráfico para el área.

## ESTRATIGRAFÍA Y ESTRUCTURA DE LA REGIÓN

La quebrada de Agua de Jagüel es una de las localidades clásicas de la Precordillera de Mendoza para el Paleozoico superior. Un mapa de la región es mostrado en la figura 1, como allí puede verse las rocas más antiguas corresponden a las metamorfitas de

bajo grado del Paleozoico inferior incluidas en la Formación Villavicencio (Harrington 1941). Sobre esta unidad se dispone una conspicua sección conglomerádica (hasta 50 metros de espesor) integrada en su mayor parte por clastos de metamorfitas y cuarzo, muy probablemente derivados de la unidad infrayacente. Taboada (1987) incluyó a estos conglomerados, y la secuencia de areniscas y pelitas superpuestas, en la Formación Agua de Jagüel, identificándola como “sección inferior” de la unidad. En esta interpretación el intervalo de diamictitas glaciales y pelitas con *dropstones* fue considerado un nivel estratigráfico más alto y referido como “sección intermedia” de la Formación Agua de Jagüel.

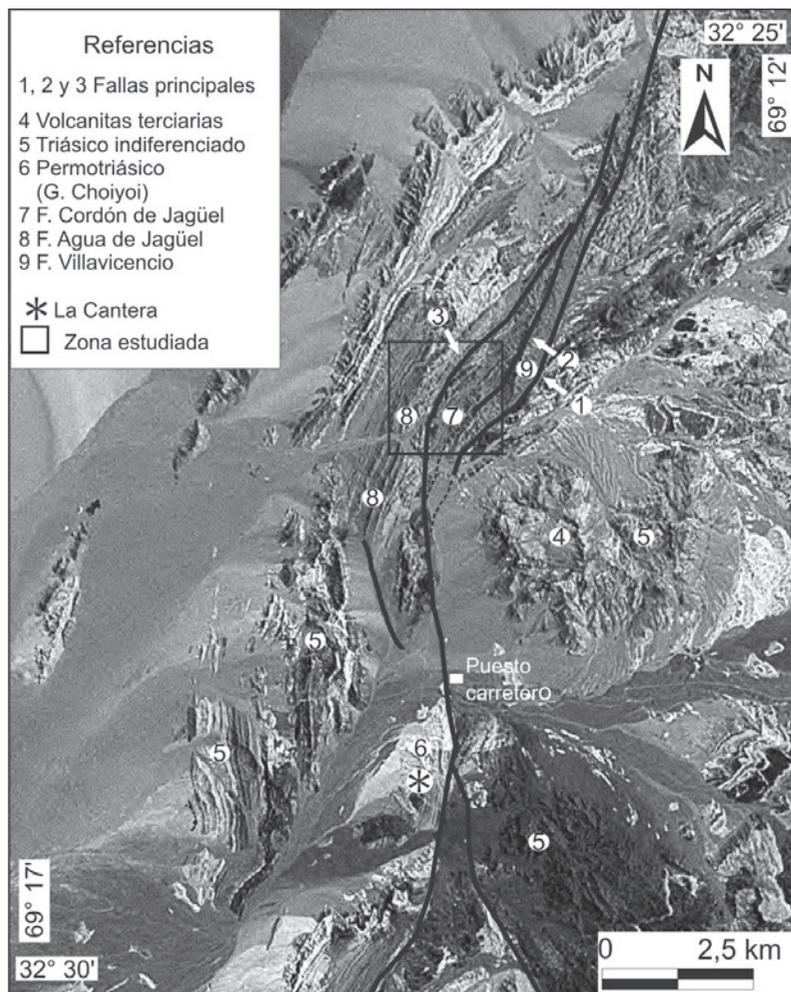
Taboada (1987) dio a conocer el hallazgo de

restos de invertebrados correspondientes a la fauna de *Cancrinella* en la secuencia arenopelítica que sobreyace al conglomerado (sección inferior en el sentido de Taboada 1987), a unos 120 metros de la base. Con posterioridad la asociación de invertebrados fue reubicada en la Zona de *Tivertonia jachalensis-Streptorhynchus inaequiornatus* por Lech (2002) y años más tarde Taboada (1998, 2006) la incluyó en la Zona de *Cos-tatumulus*, de edad cisuraliana. Teniendo en cuenta la presencia del conjunto hasta aquí mencionado, la Formación Agua de Jagüel fue referida por Taboada (2006) al Pérmico temprano.

Pérez Loinaze *et al.* (2010) dieron a conocer el hallazgo de asociaciones palinológicas de edad pérmica temprana, confirmando de esta manera la edad sugerida previamente por Taboada (1987). En particular, los niveles con restos palinológicos provienen de estratos equivalentes a aquellos donde Taboada (1987) encontrara los restos de invertebrados arriba señalados.

Una consecuencia directa de la información hasta aquí brindada es que la Formación Agua de Jagüel, incluyendo los niveles de diamictitas glaciales, sería de edad pérmica temprana. Esta interpretación era, sin embargo, discordante con tres importantes evidencias: 1. El hallazgo de invertebrados marinos referidos por Lech (2002) al Carbonífero superior en niveles superpuestos a las diamictitas glaciales, 2. Una datación radimétrica de  $307,2 \pm 5,2$  Ma (Carbonífero superior) reportada por Lech (2002) de una intercalación volcánica en la parte media de la unidad y 3. Los esquemas de correlación regional que vinculaban al intervalo glacial de la Formación Agua de Jagüel con otras diamictitas glaciales datadas en el Carbonífero superior (López Gamundí *et al.* 1992, López Gamundí 1997, López Gamundí y Martínez, 2000, Limarino y Spalletti 2006, Henry *et al.* 2008, 2010).

Un punto crítico para la resolución de las contradicciones arriba señaladas surge del relevamiento de la región, con especial énfasis en las estructuras geológicas presentes. La figura 1a muestra el mapa de la región con las ideas previas a este trabajo sobre la estratigrafía de la Formación Agua de Jagüel y en la 1b los resultados obtenidos en la presente contribución.



**Figura 2:** desarrollo regional de la falla que separa a las formaciones Agua de Jagüel y Cordón de Jagüel. Obsérvese como la estructura separa a la región en dos bloques, el oriental predominantemente formado por sedimentitas triásicas y terciarias y el occidental con amplio desarrollo de unidades paleozoicas.

Como allí puede verse existe una importante complicación estructural que afecta a la secuencia neopaleozoica que conforman la serranía conocida con el nombre de Cordón de Agua de Jagüel. En efecto, lo que fue considerado anteriormente la sección basal de la Formación Agua de Jagüel se encuentra separada por una importante falla inversa del resto de la unidad, esta falla ascendió tectónicamente el bloque occidental, compuesto por las diamictitas glaciales en su base, por sobre la secuencia arenosa-conglomerádica datada paleontológicamente en el Pérmico y para la que aquí se propone la denominación de Formación Cordón de Jagüel.

El significado regional de la falla en cuestión no es menor, en la figura 2 se muestra un bosquejo estructural para la región en el que sólo se han representado las estructuras geológicas más importantes. Como muestra la figura 2, la falla 1 y su continuación austral representa una importante estructura geológica que divide a la región en dos bloques mayores. El bloque oriental se encuentra casi exclusivamente formado por sedimentitas y volcanitas triásicas junto a volcanitas y cuerpos hipabisales terciarios. Por el contrario, en el bloque occidental existe una importante representación de unidades paleozoicas incluyendo a la Formación Villavicencio y a la totalidad de la secuencia neopaleozoica aflorante a lo largo de la quebrada de Agua de Jagüel. Más al sur aún, la estructura en cuestión separa las sedimentitas carboníferas del cerro La Cantera de rocas volcánicas y volcanoclásticas correspondientes al Grupo Choiyoi (Fig. 2). Específicamente en la quebrada de Agua de Jagüel, la falla 3 (Fig. 2) permite entender porque las faunas recolectadas sobre las diamictitas glaciales (al oeste de la falla) y la datación radimétrica eran consistentes en sugerir una edad Carbonífera tardía, mientras que los niveles fosilíferos registrados cerca de la desembocadura de la quebrada (al este de la falla) correspondían al Pérmico.

En síntesis, la secuencia neopaleozoica presente en la quebrada de Agua de Jagüel no es continua, como fuera anteriormente asumido, y en realidad corresponde a dos conjuntos estratigráficos separados tectónicamente. Nosotros proponemos conservar el nombre de Formación Agua de Jagüel para

la secuencia expuesta al oeste de la falla, respetando de esta forma el uso tradicional del toponímico (Harrington 1954, 1971, Amos y Rolleri 1965, López Gamundí 1984, Ciccioli *et al.*, 2008). Para los afloramientos ubicados al este de la falla, que claramente difieren en edad, se propone aquí la denominación de Formación Cordón de Jagüel en alusión a su disposición formando la ladera occidental del mencionado cordón montañoso.

#### FORMACIÓN CORDÓN DE JAGÜEL

Se propone esta denominación para el conjunto de areniscas, pelitas y muy escasos conglomerados de color gris verdoso oscuro que forman la ladera occidental del Cordón de Agua de Jagüel. Su perfil tipo (Fig. 3) se fija en el extremo sur del citado cordón entre los puntos GPS 32°26'33,2"-69°13'50,1" LS (base) y 32°26'23,4"-69°14'14,5" LO (techo). La secuencia allí aflorante alcanza un espesor mínimo de 225 metros e inclina con ángulos variables entre 20° y 70° al oeste dado a un apretado plegamiento. La base de la formación se dispone en contacto tectónico sobre la Formación Villavicencio a lo largo de la mayor parte del cordón de Jagüel (falla 2 en la Fig. 2), aunque en el extremo austral de esta serranía la falla desaparece y las sedimentitas pérmicas descansan en discordancia angular sobre la Formación Villavicencio (facies normal *sensu* Harrington 1971). Sobre este contacto se dispone un conglomerado de base de espesores variables entre 1 y 10 metros. El techo de la Formación Cordón de Jagüel se encuentra suprimido por falla, siendo el contacto tectónico con la Formación Agua de Jagüel.

Para una mejor descripción e interpretación de los ambientes depositacionales se ha dividido a la unidad en 6 asociaciones de facies sedimentarias (Fig. 4 y cuadro 1).

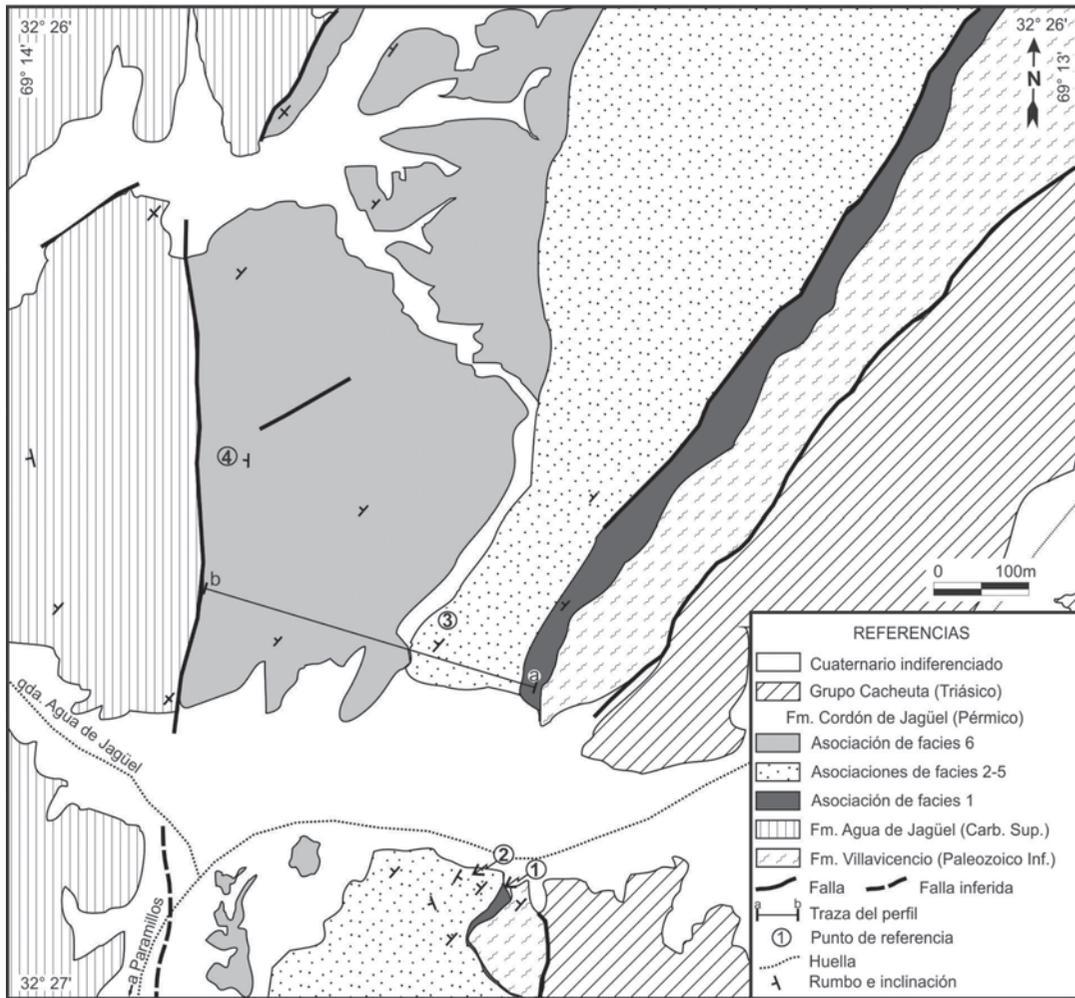
#### **Asociación de facies 1 (de conglomerados polimícticos y areniscas gruesas)**

Esta facies conforma la base de la Formación Cordón de Jagüel (Fig. 3 punto 1) rellenando un paleorrelieve irregular sobre las metamorfitas de la Formación Villavicencio (Fig. 5a). La potencia máxima observada fue de 50 metros, aunque el espesor

varía fuertemente de acuerdo al paleorrelieve preexistente, e incluso llega a desaparecer en algunos sectores. Los conglomerados son dominantes en el tercio inferior, pero disminuyen su participación y la potencia de los bancos hacia el techo. Se trata de ortoconglomerados polimícticos, compuestos mayormente por fragmentos bien redondeados de rocas metamórficas de bajo grado y cuarzo lechoso, predominan las variedades clasto-sostenidas (Fig. 5b) aunque en algunos casos fueron observados escasos conglomerados matriz-sostén. La matriz es invariablemente arenosa, mayormente de grano gruesa y composición lítica-feldespática. Los conglomerados se estratifican en bancos lenticulares de hasta 1 metro de potencia, generalmente macizos y, en algunos casos, exhibiendo estratificación entrecruzada tabular planar en *sets* de escala decimétrica. La base de los bancos frecuentemente es erosiva de moderado relieve.

Las areniscas son de color gris claro a gris verdoso, predominan las de tamaño de grano grueso y, en ocasiones, suelen presentar clastos de gravas diseminados irregularmente. Los estratos son lenticulares e internamente muestran estratificación entrecruzada tabular planar, en artesa, estratificación entrecruzada de bajo ángulo o conforman capas macizas. Finalmente, existe una muy baja proporción de areniscas medianas a finas de color gris verdoso, mostrando estructura laminada horizontal u ondúlítica de corriente.

Las características descriptas sugieren un origen fluvial para el conjunto, sobre todo teniendo en cuenta el dominio de conglomerados estratificados en bancos lenticulares con bases erosivas, los que portan paquetes de estratificación entrecruzada de mediana escala. La lenticularidad de los bancos, la ausencia de superficies de migración lateral y la muy escasa participación de sedimentos finos de planicie de inundación, llevan a suponer la existencia de una red entrelazada de canales fijos con frecuentes eventos de avulsión y reapertura de nuevos canales dentro de la planicie aluvial. Dentro de este contexto, la mayor parte de los conglomerados y areniscas gruesas con estratificación entrecruzada corresponderían a depósitos de barras de canal, mientras que las areniscas finas y medianas con



**Figura 3:** mapa geológico de la quebrada de Agua de Jagüel, los números indican niveles estratigráficos señalados en el texto.

estratificación horizontal u ondúlítica indicaría la presencia de depósitos de tope de barras o bien reducidas planicies de inundación arenosas.

**Asociación de facies 2 (de areniscas y pelitas carbonosas)**

Esta facies sedimentaria muestra sus mejores afloramientos al sur de la huella que rodea al Cordón de Agua de Jagüel (Fig. 3 punto 2) donde alcanza un espesor de 30 metros, hacia el norte se acuña rápidamente hasta casi desaparecer a lo largo del Cordón de Agua de Jagüel. Los afloramientos de esta unidad se encuentran perturbados tectónicamente, formando pliegues de pocas decenas de metros de longitud de onda. Composicionalmente dominan las areniscas gris amarillentas, localmente rosadas, que muestran un incremento en la proporción de cuarzo y feldespato respecto a frag-

mentos líticos cuando se las compara con las areniscas de la asociación de facies 1. En las areniscas dominan las de grano grueso a mediano, localmente gravilosas, estratifican en bancos lentiformes, de espesor inferior a 1 metro, con bases ligeramente erosivas. Estas rocas muestran frecuente estratificación entrecruzada, tanto en artesa como tabular planar, éstas últimas muy esporádicamente presentan laminación ondúlítica ascendente con cortinas de fango en la parte inferior de las capas frontales. Las areniscas finas se estratifican en bancos tabulares, de espesores decimétricos a centimétricos. Dominan en estas rocas las capas planas, la estratificación entrecruzada de bajo ángulo y con menos frecuencia la laminación ondúlítica de corriente con ocasionales cortinas de fango. Finalmente, las pelitas son frecuentemente carbonosas y exhiben abundantes restos de

tallos y hojas en muy deficiente estado de preservación. Estas rocas se presentan macizas, menos frecuentemente laminadas, suelen mostrar niveles de paleosuelos y esporádicamente intercalan capitas milimétricas de carbón. Se interpreta a esta asociación de facies como formada en un ambiente transicional, probablemente estuárico, donde depósitos de barras fluviales (areniscas gruesas y medianas con estratificación entrecruzada) muestran evidencias de acción mareal en sus capas frontales. Además, la presencia de areniscas finas con estratificación ondúlítica y cortinas de fango, indica depositación por corrientes tractivas en condiciones de bajo régimen de flujo que alternaban con sedimentación desde suspensión o bien por corrientes de muy baja velocidad. En este contexto, la forma lenticular a gran escala de la asociación de facies indicaría la geo-

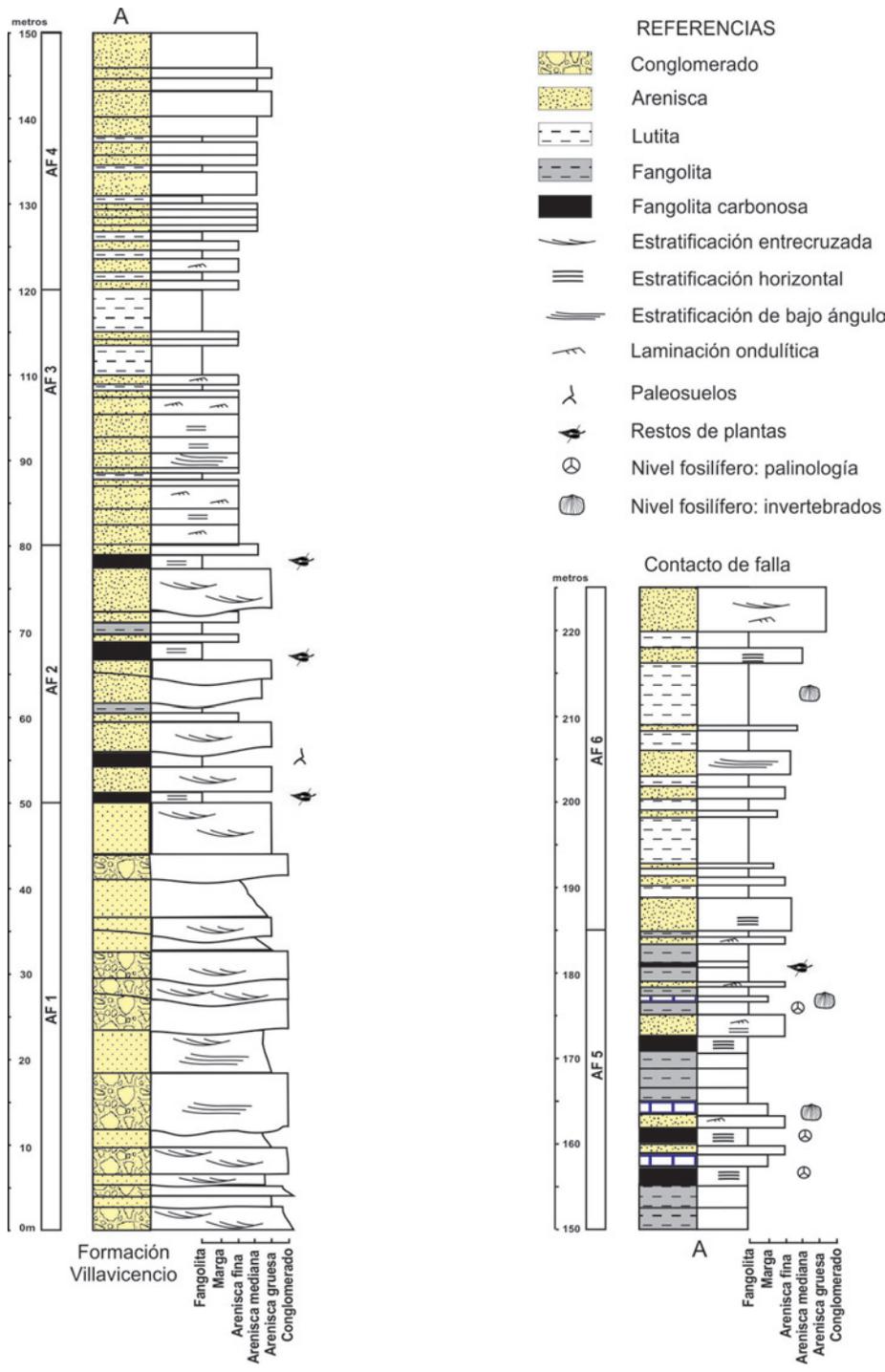


Figura 4: perfil estratigráfico de la Formación Cordón de Jagüel.

metría del valle fluvial inundado, el que como se ha señalado más arriba se acuñaba hacia el norte.

**Asociación de facies 3 (de areniscas finas)**  
 Aproximadamente el 80% de esta asociación de facies se encuentra compuestas por

areniscas finas y muy finas, de color gris verdoso, en ocasiones micáceas. Las areniscas se estratifican en bancos fuertemente tabulares, internamente exhibiendo laminación horizontal, laminación ondulítica de oleaje y corriente y con menos frecuencia paquetes de estratificación entrecruzada

de espesor inferior a 15 cm. Localmente los bancos muestran ondulitas en el techo.

El resto de la asociación de facies está dominado por fangolitas gris verdosas, en algunos casos, micáceas casi invariablemente laminadas y localmente bioturbadas. A diferencia de lo observado en la asociación de facies 2, las pelitas aquí descritas no portan restos de plantas y no resultan carbonosas.

El espesor total de la asociación de facies es de unos 40 metros, verticalmente la relación pelita/arenisca aumenta hacia el techo de la unidad, hasta que en el tercio superior dominan las fangolitas que intercalan delgados niveles de areniscas finas con laminación ondulítica y con menos frecuencia *hummocky*.

La excluyente participación de sedimentos de grano fino, el carácter tabular de los bancos, el dominio de capas laminadas y la presencia de estratificación ondulítica de oleaje sugiere un ambiente marino subtidal en transición al offshore para este intervalo.

**Asociación de facies 4 (de areniscas con estratificación entrecruzada de gran escala)**

Aunque la base de esta asociación de facies muestra proporciones equivalentes de areniscas finas y pelitas, rápidamente el porcentaje de areniscas, su tamaño de grano y el espesor de los bancos aumentan, hasta ser las areniscas ampliamente dominantes a partir del tramo medio de la unidad. El espesor de esta asociación de facies es de unos 30 metros.

Se han diferenciado tres tipos de depósitos arenosos. Los más abundantes corresponden a areniscas medianas (hasta gruesas) que conforman bancos de hasta 4 metros de espesor, los que en su interior muestran *sets* de estratificación entrecruzada tabular de gran escala. Las capas frontales de los paquetes entrecruzados pueden presentar espesores centimétricos y resultan, por lo general, asintóticas a la base de los *sets* y, en algunos casos, muestran óndulas de retrabajo por acción de oleaje.

Un segundo tipo corresponde a areniscas finas con frecuente laminación ondulítica. Estas areniscas se estratifican en bancos tabulares, con espesores inferiores a 20 cm, y alternan rítmicamente con capas de fangolitas. El tercer tipo de arenisca corresponde a are-

**CUADRO 1:** Asociaciones de facies sedimentarias identificadas en la Formación Cordón de Jagüel.

Asociación de facies	Litología	Espesor	Ambientes depositacionales
1	Conglomerados y areniscas gruesas, estratificados en bancos lenticulares de bases erosivas y con frecuente estratificación entrecruzada	50 m	Sistemas fluviales multicanalizados
2	Areniscas desde gruesas a finas y pelitas carbonosas, abundante estratificación entrecruzada y ondúlita. Restos de plantas en mal estado de preservación.	30 m	Ambiente transicional (estuárico?)
3	Areniscas finas, muy finas y lutitas. Abundante estratificación ondúlita de corriente y oleaje. Desaparecen restos de plantas y material carbonoso.	40 m	Ambiente marino costero (mayormente subtidal a <i>offshore</i> )
4	Areniscas predominantemente finas que pasan hacia el techo de la asociación de facies a areniscas medianas y gruesas mostrando estratificación entrecruzada de gran escala.	30 m	Ambiente marino costero con importante desarrollo de barras (subtidal a intertidal)
5	Pelitas con frecuencia carbonosas, areniscas finas y medianas junto a intercalaciones lenticulares de margas. Abundantes restos de invertebrados.	35 m.	Ambiente transicional (lagunas costeras?)
6	Areniscas finas y pelitas dominantes (ocasionalmente areniscas medianas). Abundante laminación horizontal y ondúlita.	40 m	Ambiente marino costero (desde intertidal a <i>offshore</i> ).

niscas desde gruesas a finas, más frecuentes en la base de la sección, que muestran estratificación *hummocky* o capas planas. Finalmente, las fangolitas son de color gris verdoso y aparecen invariablemente laminadas.

Las litologías y estructuras sedimentarias descriptas fuertemente sugieren un ambiente marino costero subtidal a intertidal para esta asociación de facies. En particular, la presencia de paquetes entrecruzados de gran escala indicaría el desarrollo de barras sumergidas o islas barreas hacia el techo de la sección.

#### **Asociación de facies 5 (de pelitas carbonosas, areniscas finas e intercalaciones de margas)**

Corresponde a una asociación esencialmente de grano fino, de 38 metros de espesor, integrada por pelitas, frecuentemente carbonosas, areniscas finas y medianas (raramente gruesas) e intercalaciones lenticulares de margas.

Las pelitas, gris oscuras hasta negras, son mayormente masivas, con menor frecuencia con laminación horizontal, y presentan, en ocasiones, restos de plantas en muy mal estado de conservación. Ocasionalmente, se

intercalan niveles tabulares, de hasta 20 cm de potencia, de carbones arcillosos. Fuera de la traza del perfil, en dirección norte, el espesor de las capas carbonosas aumenta hasta formar secuencias de espesor métrico de pelitas carbonosas interestratificadas con bancos de carbón.

Las areniscas finas son de color gris verdoso, en ocasiones, fangosas, y se presentan formando capas tabulares macizas, más raramente con laminación horizontal u ondúlita tanto ascendente como de oleaje. Un rasgo característico, de las areniscas finas y de las pelitas arriba descriptas, es la presencia de importante bioturbación, en especial perforante.

Las areniscas gruesas se presentan como intercalaciones delgadas, hasta 30 cm de espesor, formando bancos lenticulares de base plana que pueden alcanzar varias decenas de metros de continuidad lateral. En el interior de los bancos es frecuente la presencia de paquetes de laminación entrecruzada de espesor centimétrico.

Finalmente, existen varias intercalaciones de margas y calizas fangosas, estratificadas en bancos macizos que con frecuencia muestran abundantes restos de invertebrados marinos (punto 3 en Fig. 3).

El tamaño de grano fino del depósito, la presencia de capas de pelitas carbonosas y carbones, de margas, de abundantes restos mal conservados de plantas, de invertebrados marinos y de laminación ondúlita tanto ascendente como de oleaje, lleva a interpretar a esta asociación de facies como depositada en un ambiente marino restringido de relativamente baja energía. En particular, su relación vertical con acumulaciones de barras e islas barreas pertenecientes a la asociación de facies 4, podría sugerir un ambiente albuférico de depositación.

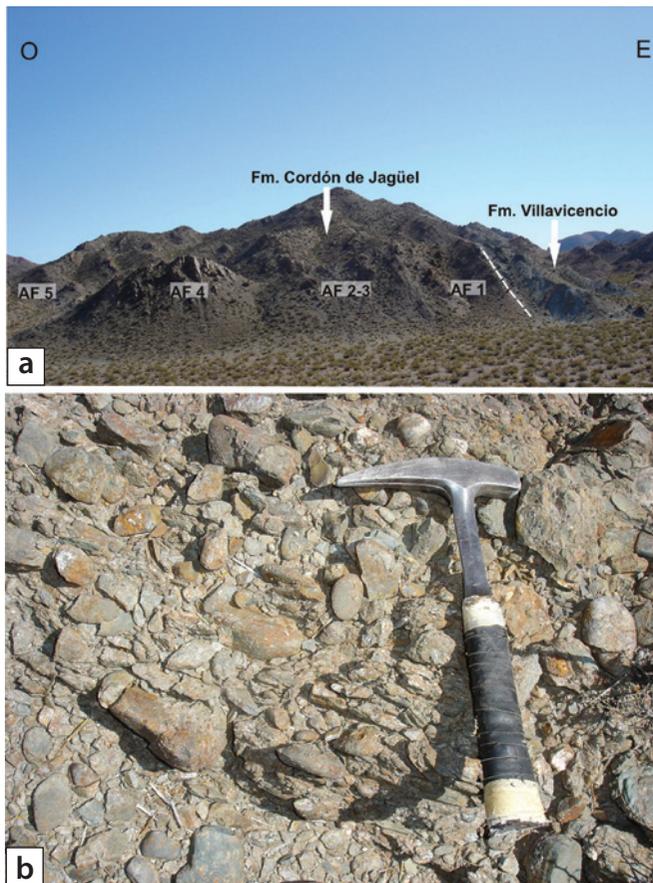
#### **Asociación de facies 6 (de pelitas laminadas y areniscas finas)**

Esta asociación de facies muestra contacto transicional, aunque relativamente rápido, con la precedentemente descrita. La principal diferencia es que las pelitas carbonosas son reemplazadas por gruesos paquetes de areniscas con abundante laminación ondúlita de oleaje y corriente, que intercalan delgados bancos de fangolitas laminadas carentes de restos de plantas y material carbonoso. El cambio litológico está también acompañado por una variación en el color de la secuencia, ya que la coloración gris oscura que caracteriza a la asociación de facies 5 pasa a gris verdoso en la sección aquí descrita.

Las areniscas, de tamaño de grano fino hasta mediano, en ocasiones micáceas, forman bancos tabulares, de unos 20 cm de espesor promedio, los que internamente están dominados por estratificación plana, ondúlita o con menos frecuencia entrecruzada en *sets* de pequeña escala. Ocasionalmente ha sido identificada la presencia de estratificación entrecruzada *hummocky*.

Las fangolitas son macizas, más raramente laminadas y presentan contactos netos con las capas arenosas y, en ocasiones, portan restos de invertebrados (punto 4 en Fig. 3). La relación arenisca/fangolita es variable a lo largo de la asociación de facies ya que la sucesión inicialmente arenosa aumenta progresivamente la proporción de pelitas hasta que estas últimas son dominantes. Al menos dos ciclos granodecrecientes de arenisca-pelita han sido identificados en esta sección.

Es difícil determinar el espesor correcto de esta asociación de facies, pues a medida que



**Figura 5:**  
a) vista regional de las asociaciones de facies identificadas en este trabajo. b) aspecto de los conglomerados basales de la Formación Cordón de Jagüel.

nos acercamos al plano de falla que la separa de la Formación Agua de Jagüel se incrementa la deformación, produciéndose una zona de plegamiento en forma de sinclinales y anticlinales repetidos, lo que hace que el intervalo descrito parezca de mayor espesor que el real. Se estima una potencia mínima de 40 metros para la asociación de facies.

En lo que corresponde al ambiente deposicional es sin duda marino, inicialmente dominado por facies intertidales que verticalmente son reemplazadas por subtidales, transicionales y, finalmente, intervalos de *offshore*. Al menos dos ciclos decamétricos de profundización fueron identificados en este intervalo.

#### CONTENIDO FOSILÍFERO Y EDAD DE LA FORMACIÓN CORDÓN DE JAGÜEL

El primero en dar a conocer el hallazgo de invertebrados marinos en esta secuencia fue Taboada (1987) quien describió una interesante fauna compuesta por braquiópodos,

bivalvos y gastrópodos. Esta asociación corresponde al nivel fosilífero 3 de Taboada (1987) ubicado sobre la margen derecha de la quebrada de Agua de Jagüel aproximadamente a los 32°26'30,9" LS y 69°14'07" LO (punto 3 en Fig. 3). Nuevas colecciones efectuadas para este trabajo confirman la presencia de *Costatumulus amosi* Taboada 1998 (previamente *Canocrinella aff. farleyensis* en Taboada 1987; *Canocrinella/Costatumulus?* sp. en Lech 1990, 2002) asociado a *Coolkilella keideli* Taboada 1998, *Tivertonella leanzai* Taboada 2006 (previamente *Lissochonetes* sp. Lech 1990/ *Tivertonella* sp. Lech 2002) y *Crurithyris roxoi* (Oliveira). Una segunda localidad fosilífera dentro de la Formación Cordón de Jagüel fue encontrada próxima a la falla que separa a esta unidad de la Formación Agua de Jagüel (32°26'29,3" LS-69°14'11,9" LO, Fig. 3 punto 4). Allí fueron también recolectados restos de *Costatumulus amosi* en lentes carbonáticos intercalados en depósitos de fangolitas y areniscas finas de la asociación de facies 6.

Los restos de invertebrados colectados en ambas localidades fosilíferas fueron incluidos en la Biozona de *Costatumulus amosi* (Taboada 1998, 2006) que reemplaza a la Biozona de *Canocrinella* en el sentido de Amos y Roller (1965). La edad sugerida para la Biozona de *Costatumulus* ha sido cisuraliana, inicialmente referida al Asseliano (Taboada 1998), luego al Asseliano-Tastubiano (Taboada 2001a, b, 2006) y finalmente al Sakmariano tardío-Artinskiano temprano (Taboada 2010).

Más recientemente, y con el propósito de confirmar la edad de la sucesión, Pérez Loinaze *et al.* (2010) efectuaron un estudio palinológico de cuatro niveles fértiles encontrados en niveles equivalentes a los descritos por Taboada (1987). Estas asociaciones mostraron un dominio de polen teniado junto a granos de polen bisacados, en menor proporción esporas y excepcionalmente acritarcas.

Entre las especies de granos de polen presentes en las asociaciones se destacan: *Alisporites* sp. cf. *A. australiensis* de Jersey 1962, *Hamiapollenites* sp. cf. *H. andiraensis* Playford y Dino 2000b, *Lueckisporites virkkiae* Potonié y Klaus 1954, *Lunatisporites* sp., *Protohaploxylinus* sp., *Pteruchipollenites gracilis* (Segroves) Foster 1979, *Scheuringipollenites* sp., *Striatopodocarpites* sp. cf. *S. cancellatus* (Balme y Hennelly) Hart 1965, *Striatopodocarpites* cf. *S. pantii* (Jansonius) Balme 1970, *Striatopodocarpites* sp., *Taeniasporites* sp., *Vittatina* sp., junto a algunos trisacados indeterminables.

Las esporas más representadas corresponden a *Anapiculatisporites parviapiculatus* Azcuy 1975, *Cristatisporites* sp., *Granulatisporites austroamericanus* Archangelsky y Gamarro 1979, *Horriditriletes uruguayensis* (Marques Toigo) Archangelsky y Gamarro 1979, *Laevigatosporites vulgaris* (Ibrahim) Ibrahim 1933, *Leiotriletes* sp., *Lophotriletes discordis* Gutiérrez y Césari 1989, *Punctatisporites* sp., *Spelaeotriletes* sp., *Striatosporites* sp. cf. *S. heyleri* (Doubling) Playford y Dino 2000a, *Vallatisporites* sp., *Verrucosporites insuetus* Playford y Dino 2000a, y *Verrucosporites* sp.

En lo que respecta a los acritarcas están representados únicamente por el género *Navigifusa*.

La asociación palinológica descrita fue

comparada con aquellas referidas a la Biocrona *Lueckisporites/Weylandites* del Pérmico inferior de Argentina (Césari y Gutiérrez 2001), cuya sección de referencia se encuentra en la Formación Yacimiento Los Reyunos (unidad inferior del Grupo Chochicó, provincia de Mendoza). El análisis de la distribución de los taxones en otras cuencas gondwánicas permitió sugerir una edad cisuraliana tardía para la asociación (Pérez Loinaze *et al.* 2010).

En síntesis, los restos de invertebrados marinos y las asociaciones palinológicas son consistentes en asignar una edad pérmica temprana tardía (Cisuraliana tardía) para la Formación Cordón de Jagüel.

#### EVOLUCIÓN PALEOAMBIENTAL Y ESTRATIGRÁFICA

Una representación esquemática de la evolución paleoambiental y estratigráfica de la Formación Cordón de Jagüel se muestra en la figura 6, en la que además se representa una curva esquemática de la variación relativa del nivel del mar y la ubicación de los niveles fosilíferos. Del análisis de esta figura, resulta que la Formación Cordón de Jagüel puede ser entendida como originada inicialmente por sedimentación en condiciones de mar bajo, a la que sigue el apilamiento de al menos tres secuencias transgresivas-regresivas.

La mayor parte de la Formación Cordón de Jagüel fue depositada en ambiente marino costero, con la salvedad del tramo inferior (asociación de facies 1) originada en planicies fluviales entrelazadas gravo-arenosas. Este tramo basal descansa directamente sobre las metamorfitas de la Formación Villavicencio y sugiere la existencia de un evento de deformación tectónica antes de la depositación de los conglomerados basales de la Formación Cordón de Jagüel (Fig. 6). Este evento tectónico, y la posterior fase erosiva por él generado, produjeron un importante paleorelieve y muy probablemente la erosión de espesores significativos de sedimentitas carboníferas (Formación Agua de Jagüel). De hecho, la secuencia pérmica aquí descrita omite en su contacto a la Formación Agua de Jagüel y se apoya directamente sobre la Formación Villavicencio, indicando

un importante episodio de erosión regional. Los sistemas fluviales de grano grueso que integran la asociación de facies 1 representan el relleno postectónico de las áreas elevadas en un ambiente enteramente continental, muy probablemente, bajo condiciones de nivel del mar bajo (LSST en Fig. 6).

Un aumento relativo del nivel del mar comenzó a manifestarse a partir de la base de la asociación de facies 2, cuando los ambientes conglomerádicos de alta energía de la asociación de facies 1 fueron reemplazados por arenas y pelitas carbonosas sedimentadas en ambientes transicionales, muy probablemente estuarinos. La superficie de inundación que marca la base de la asociación de facies 2 (Fig. 6), marca el inicio de un evento transgresivo mayor, en el que los sedimentos estuarinos fueron reemplazados rápidamente por secuencias subtidales y transicionales al offshore que forman la parte inferior y media de la asociación de facies 3 (TST1 en Fig. 6). Hacia el techo de esta asociación de facies, se alcanzaron las condiciones de máxima profundización (Fig. 6), correspondientes a un delgado intervalo de pelitas de offshore.

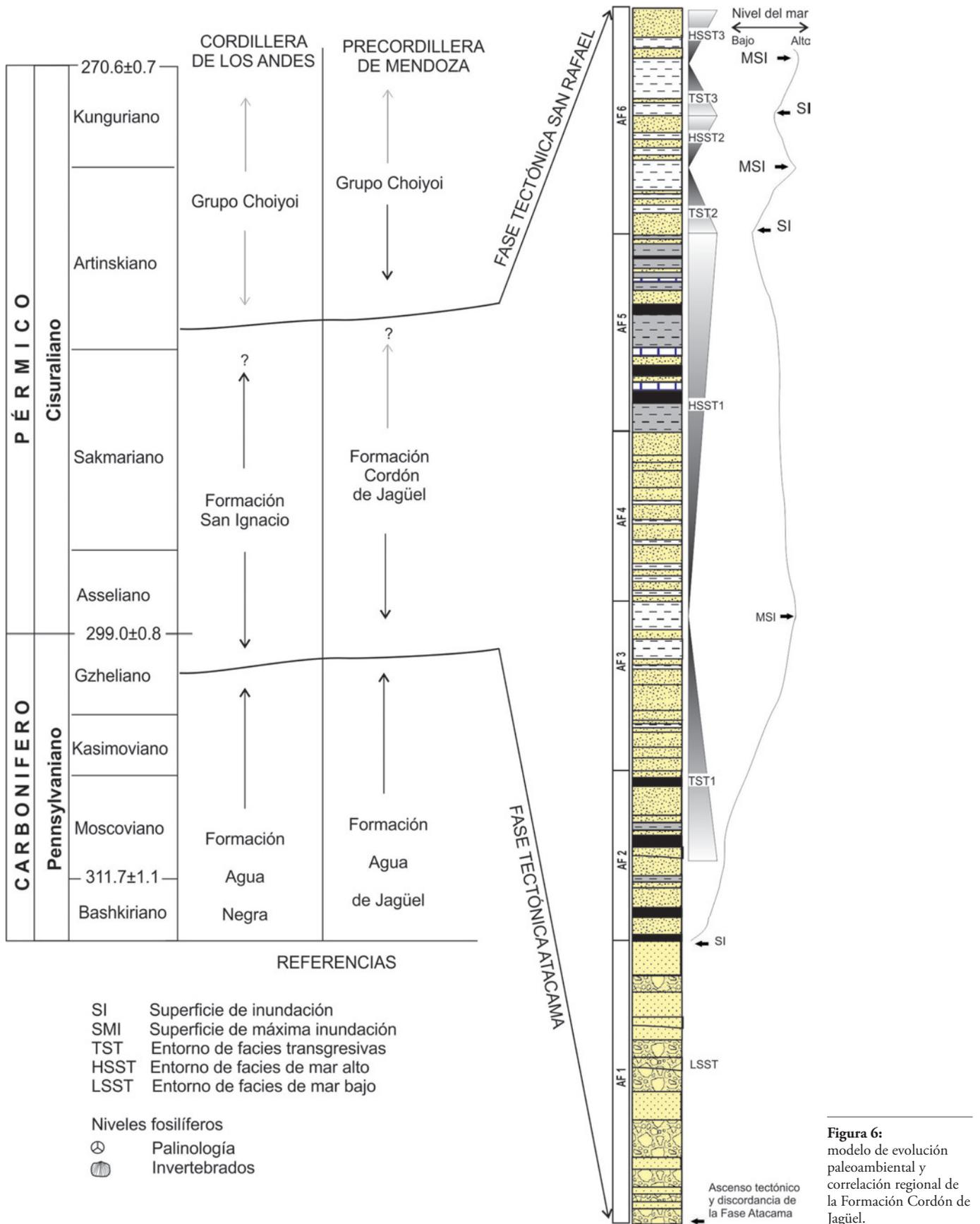
La asociación de facies 4 está claramente dominada por sedimentación subtidal y el crecimiento de barras de arena, muy probablemente en un contexto de mar alto (HSST1 en Fig. 6). Estas condiciones persistieron durante la depositación de la asociación de facies 5, en la que en un ambiente marino protegido produjo la sedimentación de capas de pelitas carbonosas y margas alojando restos de invertebrados marinos. Este intervalo, probablemente albuférico, representa los ambientes más someros registrados durante el estado de nivel de mar alto, antes del evento de inundación que marca la base de la asociación de facies 6 (Fig. 6).

La asociación de facies 6 comienza con areniscas intertidales que evolucionan verticalmente a subtidales y finalmente depósitos de offshore durante el máximo transgresivo (TST2 en Fig. 6). La evolución vertical de la secuencia parece indicar que la asociación de facies 6 registra al menos dos ciclos transgresivos-regresivos (TST2-HSST2 y TST3-HSST3, en Fig. 6) en el sentido de Embry y Johannessen (1992).

#### CORRELACIÓN REGIONAL

La separación de las sedimentitas carboníferas (Formación Agua de Jagüel) de las pérmicas (Formación Cordón de Jagüel) y la existencia de una relación discordante entre ambas, no sólo solucionan varios problemas estratigráficos en el área, sino que permite efectuar varias consideraciones acerca de su correlación regional. En primer lugar las diamictitas glaciales que conforman la base de la Formación Agua de Jagüel claramente correlacionan con secuencias diamictíticas equivalentes en la Cuenca Calingasta-Uspallata (Formación Hoyada Verde, González 1981, López Gamundí 1987, 1991), Paganzo (Formación Guandacol, López Gamundí y Martínez 2000, Pazos 2002, Marensi *et al.* 2005 y Formación Agua Colorada, Limarino y Gutiérrez 1990) y San Rafael (Formación El Imperial). Este intervalo ha sido identificado como sección 6 de la megasecuencia II en el modelo de correlación estratigráfica propuesto para las cuencas del oeste argentino por Limarino *et al.* (2006) y corresponde al segundo evento glacial (LPIA 2) identificado por Isbell *et al.* (2003a, b) en Gondwana. Además dentro de los modelos de evolución paleoclimática, estas diamictitas corresponde al estado paleoclimático 2 (López Gamundí *et al.* 1992) el cual fue referido al Carbonífero superior. Recientes dataciones radimétricas efectuadas en la vecina cuenca de Paganzo por Gulbranson *et al.* (2010) sugieren que el intervalo glacial tuvo su acmé entre el Viséano y el Serpukhoviano, teniendo en cuenta edades  $Pb^{206}/U^{238}$  sobre zircones obtenidas por debajo ( $335,99 \pm 0,06$  Ma) y por encima ( $318,79 \pm 0,1$  Ma) del intervalo glacial. Estas edades son consistentes con la de  $307,2 \pm 5,2$  Ma (Moskoviano-Kasimoviano) obtenida en la Formación Agua de Jagüel (en Lech 2002) por sobre el nivel de transgresión postglacial, varios metros por encima del intervalo diamictítico.

En lo que respecta a la discordancia que separa a las formaciones Agua de Jagüel y Cordón de Jagüel, una relación semejante ha sido recientemente descrita en la Cordillera de Castaño entre las formaciones Agua Negra y San Ignacio por Busquet *et al.* (2005) y Césari *et al.* (2010). La primera de las unidades citadas es correlativa por



**Figura 6:** modelo de evolución paleoambiental y correlación regional de la Formación Cordón de Jagüel.

su litología y edad de la Formación Agua de Jagüel (Fig. 6), mientras que la segunda puede ser correlacionada con la Formación Cordón de Jagüel teniendo en cuenta su posición estratigráfica y disposición discordante sobre la Formación Agua Negra (Fig. 6). Por lo tanto, la discordancia que separa a las formaciones Agua de Jagüel y Cordón de Jagüel en la Precordillera y la que establece el límite entre las formaciones Agua Negra y San Ignacio en la Cordillera de San Juan parecen corresponder con la fase Diastrófica Atacama (Aceñolaza y Toselli 1981, Fig. 6) la que fuera reconocida en la Puna Argentina y en la vecina cuenca de Paganzo (Caselli y Limarino 1993). La edad de esta fase diastrófica no ha podido aún ser establecida con precisión, y puede corresponder al Carbonífero más tardío o al Pérmico más temprano.

En lo que respecta a la correlación de la Formación Cordón de Jagüel con las secuencias enteramente continentales de la cuenca de Paganzo, la unidad sería temporalmente equivalente a la parte media a superior de las formaciones Patquía y De La Cuesta.

## CONCLUSIONES

La información presentada en esta contribución permite arribar a las siguientes conclusiones:

La secuencia neopaleozoica aflorante en la quebrada de Agua de Jagüel no conforma una única unidad litoestratigráfica, sino que debe ser dividida en dos formaciones discordantes: Formación Agua de Jagüel y Formación Cordón de Jagüel.

Se propone mantener el nombre de Formación Agua de Jagüel para la secuencia carbonífera integrada por areniscas y pelitas que en su parte inferior incluye diamictitas glaciarias. De esta forma se respeta el uso tradicional del toponímico.

La Formación Cordón de Jagüel es definida en este trabajo para incluir a un conjunto de areniscas, pelitas carbonosas y conglomerados que se apoyan en discordancia sobre las rocas de la Formación Villavicencio y se encuentran separadas por falla de la Formación Agua de Jagüel. El espesor total de la secuencia es de 225 m y su estratotipo se fija en el extremo austral del Cordón de

Jagüel entre los 32°26'33,2" - 69°13'50,1" LS (base) y 32°26'23,4" - 69°14'14,5" LO (techo, mediciones GPS).

La edad de la Formación Cordón de Jagüel es cisuraliana (Pérmico Temprano tardío) teniendo en cuenta la presencia de invertebrados marinos pertenecientes a la Biozona de *Costatumulus*. Esta edad es confirmada por la existencia de granos de polen presentes en la Biozona *Lueckisporites/Weylandites* del Cisuraliano de Argentina.

Se han reconocido 6 facies sedimentarias que indican recurrentes cambios en la posición de la línea de costa. En este sentido, la asociación de facies 1 fue depositada en un ambiente enteramente continental, más específicamente fluvial entrelazado. La asociación de facies 2 indica un ascenso relativo del nivel del mar que condujo al desarrollo de ambientes de sedimentación mixta (probablemente estuarina). En la asociación de facies 3 predominan sedimentos costeros subtidales hasta de *offshore* proximal. Las asociaciones de facies 4 y 5, también de origen marino, representan la progradación del ambiente costero y el predominio de facies subtidales, intertidales e incluso albuferas. Finalmente, la asociación de facies 6 indican nuevos pulsos transgresivos y el dominio de facies subtidales y de *offshore* proximal.

La Formación Cordón de Jagüel puede ser correlacionada crono y litológicamente con las formaciones San Ignacio (en la Cordillera de Castaño) y con la parte media a superior de las formaciones Patquía y De La Cuesta en la vecina cuenca Paganzo.

El nuevo esquema estratigráfico planteado en este trabajo ubica a las diamictitas glaciarias en la base de la Formación Agua de Jagüel (Pennsylvaniano), estratigráficamente por debajo de los conglomerados basales de la Formación Cordón de Jagüel. Por lo tanto, no existen evidencias ciertas que permitan sustentar la existencia de un evento glacial durante el Cisuraliano en la Precordillera argentina.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con el apoyo de la Universidad de Buenos Aires (UBACyT-GC 01/W321), University of Wisconsin

(USA) y la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Los autores quieren agradecer los comentarios y valiosas sugerencias de los Dres. E.G. Ottone y S.H. Peralta que permitieron mejorar la versión original del trabajo.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Aceñolaza, F. y Toselli, A. 1981. Geología del Noroeste Argentino. Publicación Especial de la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán, 212 p., San Miguel del Tucumán.
- Amos, A.J. y Roller, E.O. 1965. El Carbónico marino en el valle de Calingasta-Uspallata (San Juan-Mendoza). Boletín de Informaciones Petroleras 368: 50-71.
- Archangelsky, S. y Gamero, 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: 417-478.
- Azcuy, C.L. 1975. Miosporas del Namuriano y Westfaliano de la comarca Malanzán-Loma Larga, provincia de La Rioja, Argentina. II. Descripciones sistemáticas y significado estratigráfico de las microfloras. Ameghiniana 12: 113-163.
- Balme, B.E. 1970. Palynology of Permian and Triassic strata in the Salt Range and Surghar Range, West Pakistan. En B. Kummel y C. Teichert (eds.) Stratigraphic boundary problems: Permian and Triassic of West Pakistan. Department of Geology- University of Kansas, Special Publication 4: 305-453, Kansas.
- Busquets, P., Colombo, F., Heredia, N., Sole de Porta, N., Rodríguez Fernández, L.R. y Álvarez Marrón, J. 2005. Age and tectonostratigraphic significance of the Upper Carboniferous series in the basement of the Andean Frontal Cordillera: Geodynamic implications: Tectonophysics 399: 181-194.
- Caselli, A. y Limarino, C. 1993. Las relaciones estratigráficas del Grupo Paganzo en los alrededores del Co. Noqués, Sierra de Maz, provincia de La Rioja. 12° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 49-56, Mendoza.
- Césari, S.N., Busquets, P., Colombo Piñol, F.,

- Méndez Bedia, I. y Limarino, C.O. 2010. Nurse logs: An ecological strategy in a late Paleozoic forest from the southern Andean region. *Geology* 38: 295-298.
- Césari, S.N., y Gutiérrez, P.R. 2001. Palynostratigraphic study of the Upper Paleozoic central-western Argentinian sequences. *Palynology* 24: 113-146.
- Ciccioli, P.L., Limarino, C.O., Tedesco, A.M., Henry, L.C. y Isbell, J.L. 2008. Paleoenvironmental evolution of the Agua de Jagüel Formation (Late Carboniferous-Early Permian): An example of glacial-postglacial transition in open marine basin. 5° Simposio Argentino del Paleozoico Superior. Resúmenes: 13, Buenos Aires.
- Cisterna, G.A., Sterren, A.F. y Gutiérrez, P.R. 2011. The Carboniferous-Permian boundary in the central western Argentinean basins: paleontological evidences. *Andean Geology* 38: 349-370.
- de Jersey, N.J. 1962. Triassic spores and pollen grains from the Ipswich Coalfield. *Geological Survey of Queensland Publication* 307: 18 p., Queensland.
- Embry, A.F. y Johannessen, E.P. 1992. T-R sequence stratigraphy, facies analysis and reservoir distribution in the uppermost Triassic-Lower Jurassic succession, western Sverdrup Basin, Arctic Canadá. En Vorren, T.O., Bergsager, E., Dahl-Stamnes, O., Holter, E., Johansen, B., Lie, E. y Lund T.B. (eds.) *Arctic Geology and Petroleum Potential*, Norwegian Petroleum Society Special Publication 2: 121-146, Oslo.
- Foster, C.B. 1979. Permian plant microfossils from the Blair Athol Coal Measures, Baralaba Coal Measures, and basal Rewan Formation of Queensland. *Geological Survey of Queensland, Publication* 372, *Paleontological Paper* 45: 1-244.
- González, C.R., 1981. Pavimento glaciario en el Carbónico de la Precordillera. *Revista Asociación Geológica Argentina* 36: 262-266.
- González, C.R. 1982. El Paleozoico Superior marino de la República Argentina, bioestratigrafía y paleoclimatología. *Ameghiniana* 18: 51-65.
- González, C.R. y Díaz Saravia, P. 2010. Bimodal character of the Late Paleozoic glaciations in Argentina and bipolarity of climatic changes. *Palaeogeography, palaeoclimatology and palaeoecology* 298: 101-111.
- Gulbranson, E.L., Montañez, I.P., Schmitz, M.D., Limarino, C.O., Isbell, J.L., Marensi, S.A. y 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. y Césari, S. 1989. Nuevas microfloras de la Formación Lagares (Carbonífero), provincia de La Rioja, República Argentina. *Ameghiniana* 25: 85-96.
- Harrington, H.G. 1941. Investigaciones geológicas en las sierras de Villavicencio y Mal País, provincia de Mendoza. *Dirección de Minería y Geología, Boletín* 49, 54 p., Buenos Aires.
- Harrington, H.J. 1954. Descripción Geológica de la Hoja Ramblón 22c, provincias de Mendoza y San Juan. *Dirección Nacional de Geología y Minería, Inédito*, 81p., Buenos Aires.
- Harrington, H.J. 1971. Descripción Geológica de la Hoja Ramblón 22c, provincias de Mendoza y San Juan. *Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín* 114, 87 p., Buenos Aires.
- Hart, G.F. 1965. Microflora from the Ketewaka-Mchuchuma coalfield, Tanganyika. *Bulletin of the Geological Survey of Tanganyika* 36: 1-27.
- Henry, L.C., Isbell, J.L. y Limarino, C.O. 2008. Carboniferous glacial deposits of the Protoprecordillera of west central Argentina. En Fielding, C.R., Frank, T.D., Isbell, J.L. (eds.) *Resolving the Late Paleozoic Ice Age in Time and Space*, Geological Society of America Special Paper 441: 131-142.
- Henry, L.C., Isbell, J.L., Limarino, C.O., McHenry, L.J. y Fraiser, M.L. 2010. Mid-Carboniferous deglaciation of the Protoprecordillera, Argentina recorded in the Agua de Jagüel palaeovalley. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 298: 112-129.
- Ibrahim, A.C. 1933. Sporenformen des Agirhorizontes des Ruhrreviers. *Konrad Tritsch Wurzburg*, 47 p., Berlin.
- Isbell, J.L., Lenaker, P.A., Askin, R.A., Miller, M.F. y Babcock, L.E. 2003a. Reevaluation of the timing and extent of late Paleozoic glaciation in Gondwana: Role of the Transantarctic Mountains. *Geology* 31: 977-980.
- Isbell, J.L., Miller, M.F., Wolfe, K.L. y Lenaker, P.A. 2003b. Timing of late Paleozoic glaciation in Gondwana: Was glaciation responsible for the development of northern hemisphere cyclothems?. En Chan, M.A., Archer, A.W. (eds.) *Extreme depositional environments: mega end members in geologic time*, Geological Society of America Special Paper 370: 5-24.
- Koukharsky, M., Kleiman, L., Etcheverría, M., Quenardelle, S y Bercowski, F. 2009. Upper Carboniferous retroarc volcanism with submarine and subaerial facies at the western Gondwana margin of Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 27: 299-308.
- Lech, R.R. 1990. Distribución de la Fauna de Braquiópodos en la Formación Agua del Jagüel (Carbonífero superior - Pérmico inferior), Provincia de Mendoza, Argentina. 11° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 223-226, San Juan.
- Lech, R. 2002. Consideraciones sobre la edad de la Formación Agua del Jagüel (Carbonífero Superior), Provincia de Mendoza, Argentina. 15° Congreso Geológico Argentino, Acta 3: 142-146, El Calafate.
- Lech, R.R. 2011. A Review of *Orbiculoideasaltensis* Reed, Brachiopoda: Discinidae, of the Upper Carboniferous of Argentina. *Serie Correlación Geológica* 27: 7-16.
- Limarino, C.O. y Gutiérrez, P.R. 1990. Diamictites in the Agua Colorada Formation. New evidence of Carboniferous glaciation in South America. *Journal of South American Earth Sciences* 3: 9-20.
- Limarino, C. y Spalletti, L.A. 2006. Paleogeography of the upper Paleozoic basins of southern South America: An overview. *Journal of South American Earth Sciences* 22: 134-155.
- Limarino, C.O., Tripaldi, A., Marensi, S. y Faucó, L. 2006. Tectonic, sea-level, and climatic controls on Late Paleozoic sedimentation in the western basins of Argentina. *Journal of South America Earth Sciences* 22: 205-226.
- López Gamundí, O.R. 1984. Origen y Sedimentología de las diamictitas del Paleozoico Superior (con especial referencia a la cuenca Calingasta-Uspallata). Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires, (inédita), 132p., Buenos Aires.
- López Gamundí, O.R. 1987. Depositional models for the glaciomarine sequences of Andean Late Paleozoic basins of Argentina. *Sedimentary Geology* 52: 109-126.
- López Gamundí, O.R. 1991. Thin-bedded dia-

- mictites in the glaciomarine Hoyada Verde Formation (Carboniferous), Calingasta-Uspallata Basin, western Argentina: a discussion on the emplacement condition of subaqueous cohesive debris flows. *Sedimentary Geology* 73: 247-256.
- López-Gamundí O.R. 1997. Glacial-postglacial transition in the late Paleozoic basins of southern South America. En Martini I.P. (ed.) *Late Glacial and Postglacial Environmental Changes, Quaternary, Carboniferous–Permian and Proterozoic*: Oxford University Press: 147–168, Oxford.
- López Gamundí, O. y Martínez, M. 2000. Evidence of glacial abrasion in the Calingasta-Uspallata and western Paganzo basins, mid-Carboniferous of western Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 159: 145-165.
- López Gamundí, O.R., Limarino, C.O. y Césari, S.N. 1992. Late Paleozoic paleoclimatology of central west Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology* 91: 305-329.
- Marensi, S., Tripaldi, A., Limarino, C. y Caselli, A. 2005. Facies and architecture of a Carboniferous grounding-line system from the Guadacol Formation, Paganzo Basins, northwestern Argentina. *Gondwana Research* 8: 1-16.
- Pazos, P.J. 2002. The Late Carboniferous glacial to postglacial transition: Facies and sequence stratigraphy, western Paganzo Basin, Argentina. *Gondwana Research* 5: 467-487.
- Pérez Loinaze, V., Ciccioli, P.L., Limarino, C.O. y Césari, S.N. 2010. Hallazgo de palinofloras pérmicas en la Precordillera de Mendoza: su implicancia estratigráfica. *Ameghiniana* 47: 263-269.
- Playford, G. y Dino, R. 2000a. Palynostratigraphy of Upper Palaeozoic strata (Tapajós Group), Amazonas Basin, Brazil: Part One. *Palaeontographica Abteilung B* 255: 1-46.
- Playford, G. y Dino, R. 2000b. Palynostratigraphy of Upper Paleozoic strata (Tapajós Group), Amazonas Basin, Brazil: part two. *Palaeontographica Abteilung B* 255: 87-145.
- Potonie, R. y Klaus, W. 1954. Einige Sporengattungen des alpine Salzgebirges. *Beihefte zum Geologisches Jahrbuch* 68: 517-546.
- Sabattini, N. y Noirat, S. 1969. Algunos gastropoda de las superfamilias Euomophalacea, Pleurotomariacea y Platyceratacea del Paleozoico superior de Argentina. *Ameghiniana* 6: 98-118.
- Taboada, A.C. 1987. Estratigrafía y contenido paleontológico de la Formación Agua del Jaguel, Pérmico inferior de la Precordillera mendocina. 1º Jornadas Geológicas de la Precordillera, Actas 1: 181-186, San Juan.
- Taboada, A.C. 1998. Dos nuevas especies de Lino-productidae (Brachiopoda) y algunas consideraciones sobre el neopaleozoico sedimentario de las cercanías de Uspallata. *Acta Geológica Lilloana* 18: 69-80.
- Taboada, A.C. 2001a. The Carboniferous-Early Permian marine domain in western Argentina. *Newsletter on Carboniferous Stratigraphy* 19: 43.
- Taboada, A.C. 2001b. Bioestratigrafía del Neopaleozoico del Valle de Tres Lagunas, Sierra de Tepuel, provincia de Chubut. *Acta Geológica Lilloana* 18: 291-304.
- Taboada, A.C. 2006. Tivertonia Archbold (Chonetidina, Brachiopoda) del Pérmico inferior de la subcuenca Calingasta-Uspallata, Precordillera argentina. *Ameghiniana* 43: 705-716.
- Taboada, A.C. 2010. Mississippian–Early Permian brachiopods from western Argentina: Tools for middle- to high-latitude correlation, paleobiogeographic and paleoclimatic reconstruction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 298: 152-173.

Recibido: 7 de julio, 2011

Aceptado: 8 de marzo, 2012