



LA FORMACIÓN AGRIO (CRETÁCICO TEMPRANO) EN LA CUENCA NEUQUINA

Luis A. Spalletti¹, Gonzalo D. Veiga¹ y Ernesto Schwarz¹

1. Centro de Investigaciones Geológicas (UNLP – CONICET), Calle 1 644, La Plata, B1900TAC, Argentina.
spalle@cig.museo.unlp.edu.ar

RESUMEN

Los depósitos marinos de la Formación Agrio tienen una muy amplia distribución en las áreas de afloramiento y de subsuelo de la Cuenca Neuquina, constituyendo el registro sedimentario de un amplio intervalo de tiempo del orden de los 7 ma, y son de suma importancia en lo que hace al conocimiento sobre el desarrollo y evolución de los procesos de acumulación y la evolución faunística del Cretácico en esta región. En este trabajo se presenta una síntesis sobre el conocimiento geológico de los miembros Pilmatué (inferior) y Agua de la Mula (superior) de la Formación Agrio, que son los que comprenden a los depósitos generados en ambiente marino. En primer término se hace una revisión sobre la evolución de los estudios estratigráficos y se presenta una síntesis referida a las investigaciones paleontológicas, bioestratigráficas y cronológicas. Se muestran luego las posibles correlaciones con otras unidades estratigráficas, sobre todo las que se encuentran en los sectores marginales, oriental y austral, de la Cuenca Neuquina. Se brinda una descripción sintética de las facies sedimentarias silicoclásticas y carbonáticas marinas y se indican los procesos generadores. Sobre la base de la información sedimentológica y paleontológica se presentan los modelos de sedimentación y paleoecológicos desarrollados en recientes investigaciones. Se hace asimismo una revisión sobre la estratigrafía secuencial, los ciclos de distinta jerarquía y los principales controles sobre su desenvolvimiento. Por último, se sugieren las posibles líneas de investigación que contribuirán a avanzar en el conocimiento de las sucesiones marinas que conforman el cuerpo principal del registro Valanginiano Tardío a Barremiano Temprano de la Cuenca Neuquina.

Palabras clave: Formación Agrio, Cretácico, Cuenca Neuquina, Argentina

ABSTRACT

The Agrio Formation (Early Cretaceous) in the Neuquén Basin. - The marine deposits of the Agrio Formation have an ample distribution in the outcrop areas and in the subsurface of the Neuquén Basin. The knowledge of this record, that covers a time span of about 7 my, is essential to better understand the development and evolution of the processes of deposition and the faunistic evolution of the Cretaceous in the Neuquén Basin. This paper presents a synthesis on the geologic knowledge of the Pilmatué (lower) and Agua de la Mula (upper) members of the Agrio Formation. A revision of the main stratigraphical studies is presented, as well as the outstanding contributions on palaeontology, biostratigraphy and chronology. Special attention is paid to geological correlation, in particular with the units located towards the marginal eastern and southern sectors of the Neuquén Basin. Siliciclastic and carbonate facies are described and interpreted in terms of main processes of accumulation. Based on sedimentological and palaeontological information the most recent conceptual palaeoenvironmental and palaeoecological models are presented. A revision on sequence stratigraphy, including key surfaces, hierarchies and controls, are also discussed. Finally, the potential research topics that would contribute to a better understanding of the Upper Valanginian – Early Barremian marine record of the Neuquén Basin are suggested.

Key words: Agrio Formation, Cretaceous, Neuquén Basin, Argentina

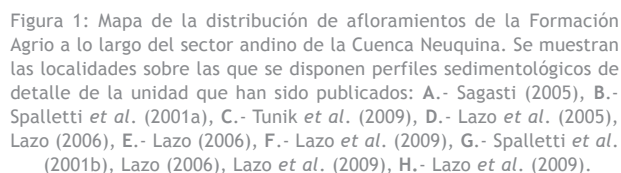
INTRODUCCIÓN

Las sedimentitas marinas que constituyen buena parte del registro de la Fm. Agrio (Valanginiano Tardío – Barremiano Temprano) afloran con una notable continuidad a lo largo del sector andino de la Cuenca Neuquina (Fig. 1), desde la Alta Cordillera del norte de la provincia de Mendoza hasta la Fosa del Agrio (Braccacini 1970) y la terminación austral de la cuenca, al sur de la Dorsal de Huincul. Estos depósitos también se presentan con amplia distribución en el subsuelo de la Cuenca Neuquina, tanto en el área andina como en el sector occidental del Engolfamiento Neuquino (Braccacini 1970).

La acumulación de estos depósitos se produjo durante el estadio evolutivo de *postrift* de la Cuenca Neuquina (Vergani *et al.* 1995), coincidentemente con el desarrollo

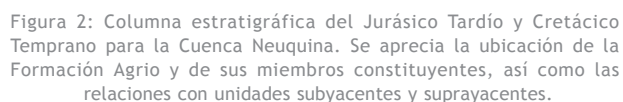
del arco magmático generado como resultado de un proceso de subducción de placas oceánicas proto-Pacíficas a lo largo del margen occidental de Gondwana. Así, los depósitos marinos de la Fm. Agrio se consideran parte del relleno de una cuenca de trasarco (Howell *et al.* 2005) en un estado general de subalimentación debido fundamentalmente a la combinación entre subsidencia térmica y ascenso eustático.

En el marco de este relatorio, la presente contribución intenta brindar una síntesis sobre los conocimientos alcanzados sobre la Fm. Agrio y unidades equivalentes, con énfasis en las características de su registro sedimentario en distintos sectores de la Cuenca Neuquina, relaciones con los términos estratigráficos infra y suprayacentes, contenido paleontológico y edad, ciclicidad interna y sistemas de depositación.



En sus estudios fundacionales sobre los depósitos que constituyen el relleno mesozoico de la Cuenca Neuquina, Groeber (1946) define dos grandes ciclos sedimentarios a los que denominó Jurásico (constituido a su vez por los subciclos Cuyano y Loteniano-Chacayano) que abarca el lapso Triásico Tardío a Kimmeridgiano, y Ándico que comprende al intervalo que va desde el Kimmeridgiano-Tithoniano al Coniaciano. Los depósitos inferiores del Ándico, corresponden a una subunidad denominada Mendociano (*sensu* Digregorio 1972; Digregorio & Uliana 1980) que se ubica por encima de la discordancia intra o intermálmica, neo-oxfordiana o Araucánica, y comprende a todos los depósitos cuya edad va desde el Kimmeridgiano hasta el Barremiano (Stipanovic 1969; Digregorio & Uliana 1980). Desde el punto de vista litoestratigráfico este conjunto ha sido caracterizado como Grupo Mendoza (Stipanovic *et al.* 1968).

La Fm. Agrio (denominación introducida por Weaver 1931¹) constituye la más joven de las unidades del Mendociano o Grupo Mendoza (Fig. 2). Se apoya mediante una importante superficie transgresiva de desarrollo regional sobre los términos clásticos (continentales, transicionales y marinos) de la Fm. Mulichinco, y es cubierta por los depósitos carbonáticos, clásticos y evaporíticos de la Fm. Huitrín (Fig. 2). Su mayor desarrollo y los más característicos afloramientos se registran a lo largo del sector andino (occidental) de la Cuenca Neuquina. El espesor de la Fm. Agrio es superior a los 1.500 m en los sectores axiales



del depocentro neuquino y su composición es predominantemente pelítica (lutitas, lutitas limosas, fangolitas y limolitas), con intercalaciones de sedimentitas carbonáticas (micritas, margas y carbonatos bioclásticos), areniscas y escasos conglomerados finos. A pesar de su constitución de textura eminentemente fina, la Fm. Agrio está expuesta en muy buenos afloramientos a lo largo de la Cuenca Neuquina (Fig. 3), por lo que constituye una unidad ideal para el desarrollo de estudios estratigráficos, sedimentológicos y paleontológicos a escala de detalle, a la vez que es posible observar las variaciones regionales a lo largo de grandes distancias.

El registro de la Fm. Agrio suele dividirse en tres miembros. Los miembros inferior y superior están característicamente constituidos por espesas sucesiones de lutitas oscuras acumuladas en ambiente marino (Fig. 3), entre las que intercalan calizas y areniscas. Tanto hacia el norte de la Cuenca Neuquina (área mendocina) como hacia el sur de la Dorsal de Huincul estos miembros reducen progresivamente su espesor y se tornan más ricos en sedimentitas carbonáticas (micritas, calcarenitas y coquinas) (Leanza & Hugo 1997; Aguirre Urreta & Rawson 2001; Sagasti 2002). En la parte media de la sucesión estratigráfica, aparece un conjunto de sedimentitas de ambiente continental conocidas como Miembro Avilé o Arenisca Avilé (Weaver 1931), del que nos ocupamos con mayor detalle en otro capítulo de este relatorio (Veiga *et al.* 2011).

Los miembros Inferior y Superior de la Fm. Agrio han sido red denominados formalmente como miembros Pilmatué y Agua de la Mula, respectivamente (Leanza *et al.* 2001). Vale agregar que estos autores también incluyen a las calizas y areniscas del Mb. Chorreado, originalmente establecido por Groeber como la unidad basal del Huitriniano, como el término cuspidal de la Fm. Agrio. En

el ámbito de la Hoja Chorriaca, Leanza *et al.* (2006) consig nan espesores de 718 m para el Mb. Pilmatué y de 501 m para el Mb. Agua de la Mula, en tanto que Aguirre Urreta & Rawson (1997) han mencionado un registro superior a los 1000 metros.

CONTENIDO PALEONTOLÓGICO, BIOESTRATIGRAFÍA Y EDAD

Los depósitos marinos de la Fm. Agrio son portadores de una muy rica y variada fauna de invertebrados marinos, entre los que se registran diversos taxones de cefalópodos, bivalvos, gasterópodos, equinodermos, anélidos y crustáceos. A ellos se suman restos de peces y reptiles, así como una importante asociación de palinomorfos. El tan abundante contenido fosilífero de la unidad ha servido de base para el desarrollo de importantes estudios taxonómicos, bioestratigráficos y paleoecológicos, de modo que la Fm. Agrio es una de las unidades estratigráficas mejor conocidas desde el punto de vista paleontológico de nuestro país gracias a numerosas contribuciones (Gerth 1925; Weaver 1931; Leanza 1957; Leanza & Wiedmann 1980, 1992; Volkheimer & Quattrocchio 1981; Manceñido & Damborenea 1984; Leanza & Garate 1987; Angelozzi 1991; Aguirre Urreta & Rawson 1993, 1996, 1997, 1998a, 1998b, 2001; Prámparo *et al.* 1995; Aguirre Urreta 1995, 1998; Ottone 1996; Prámparo & Volkheimer 1996; Leanza & Hugo 1997; Aguirre Urreta *et al.* 1999, 2005, 2007; Concheyro & Sagasti, 1999; Peralta & Volkheimer 1997, 2000; Cichowolski 2002; Leanza *et al.* 2001, 2006; Sagasti 2002; Bown & Concheyro 2004; Lazo 2007a; Rawson 2007; Lazo *et al.* 2009, entre otros). El contenido fosilífero de la Fm. Agrio es tratado con detalle en otro capítulo de este Relatorio.

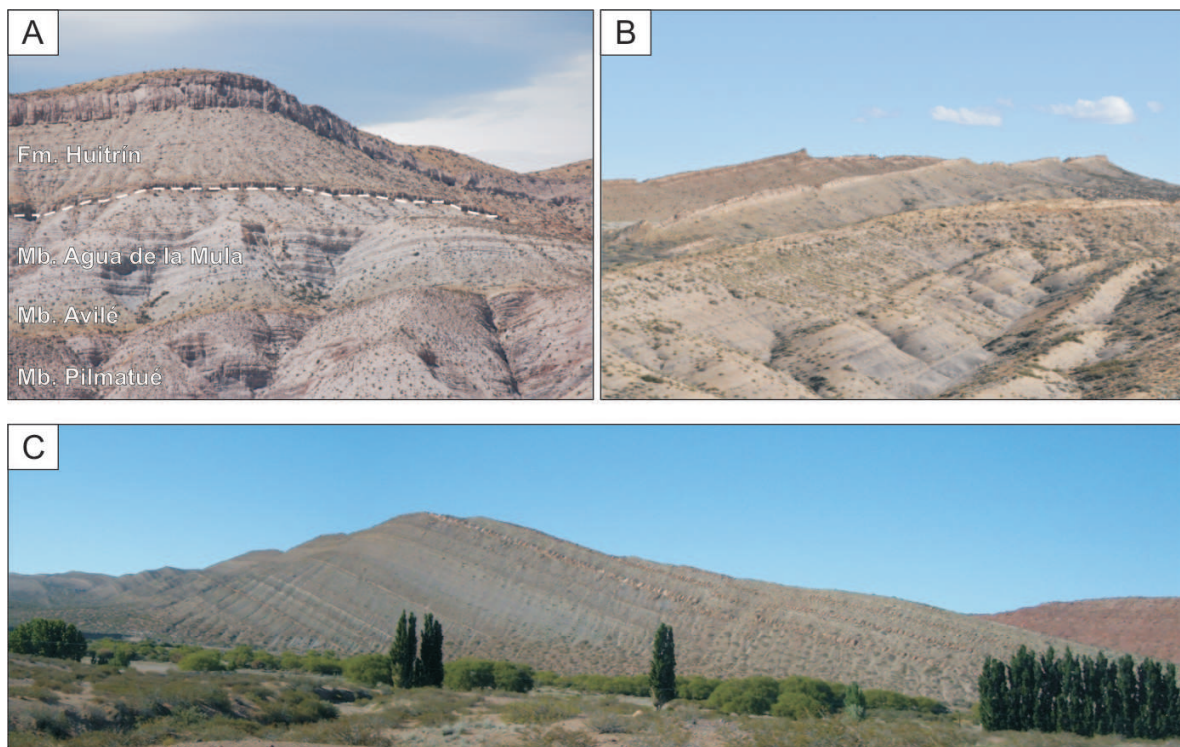


Figura 3: Fotografías de los afloramientos de la Formación Agrio. A) Vista general de la unidad en la región de Portezuelo de las Minas. B) Miembro Pilmatué en Curacó-San Eduardo. C) Miembro Agua de la Mula en Agrio del Medio.

Particularmente, la fauna de amonoideos ha permitido establecer un muy detallado cuadro con biozonas de asociación (Aguirre Urreta & Rawson 1997; Aguirre Urreta *et al.* 1999, 2005, 2007, 2008a, 2008b) a partir del cual se ha establecido la edad de la Fm. Agrio y la de sus miembros constituyentes (Fig. 4). En la región tipo del río Agrio y en la mayor parte del ámbito neuquino la Fm. Agrio se extiende desde el Valanginiano Tardío (Zona de asociación de *Pseudofavrella angulatiformis*) hasta el Barremiano Temprano (biozona de asociación de *Paraspiticerias groeberi*).

El Miembro Inferior o Pilmatué abarca el lapso Valanginiano Tardío a Hauteriviano Temprano alto, pero vale destacar que en las zonas más noroccidentales de Neuquén y en el oeste de Mendoza las lutitas negras de esta unidad habrían comenzado a acumularse ya en el Valanginiano Temprano.

Por su parte, el Miembro Superior o Agua de la Mula se extiende entre el Hauteriviano Tardío y el Barremiano Temprano. Aguirre Urreta *et al.* (2008a) dan a conocer una edad U–Pb en circón (SHRIMP) de $132,5 \pm 1,3$ Ma (véase Fig. 4) correspondiente a un nivel de toba que aparece intercalado entre las lutitas basales del Mb. Agua de la Mula. Esta edad permite tener un valor absoluto correspondiente a la zona de *Spitidiscus riccardii* confirmando su ubicación temporal en el registro más antiguo del Hauteriviano Tardío. Por otro lado, es importante mencionar que si bien durante décadas la asociación de *Paraspiticerias groeberi* fue asignada al Hauteriviano más joven a Barremiano Temprano, estudios recientes sugieren que la misma podría estar confinada exclusivamente al Hauteriviano más alto (e.g. Aguirre Urreta & Mourgues 2009).

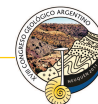
CORRELACIONES

La Fm. Agrio ha sido descripta bajo el mismo nombre en amplios sectores de la Cuenca Neuquina, desde

la Alta Cordillera de Mendoza por el norte hasta la región al sur de la Dorsal de Huincul por el sur. En el subsuelo de la Cuenca Neuquina, especialmente en la región oriental y nororiental del Engolfamiento Neuquino, se aprecia un importante cambio de facies, dado que la sucesión valanginiana a barremiana se compone de un espeso registro de areniscas, conglomerados y fangolitas que constituyen una asociación de Capas Rojas de ambiente continental que reciben la denominación de Fm. Centenario (Digregorio 1972). En el áreas periférica de la Cuenca Neuquina, localizada hacia el sudeste de la Dorsal de Huincul, aparece un conjunto silicoclástico y carbonático definido como Grupo Fortín Nogueira (Rolleri *et al.* 1984), constituido por tres unidades (Roll 1939): Fm. Pichi Picún Leufú (conglomerados y areniscas), Fm. Ortiz (calizas fosilíferas blanquecinas, areniscas y fangolitas varicolores) y Fm. Limay (areniscas y pelitas rojas). Estos depósitos han sido correlacionados por Digregorio (1978) y Digregorio & Uliana (1980) con la Fm. Agrio. No obstante, investigaciones paleontológicas de Manceñido & Damborenea (1984), Rolleri *et al.* (1984) y más recientemente de Leanza & Hugo (1997) han asignado el Grupo Fortín Nogueira al lapso Kimmeridgiano hasta Berriasiano. A lo largo del frente cordillerano, al sur de la Dorsal de Huincul, también se registra la presencia de la Fm. Agrio, constituida por depósitos carbonáticos, psamitas y pelitas de ambiente marino (Marchese 1971; Di Paola 1972) asignados al lapso Hauteriviano Temprano hasta Hauteriviano Tardío (Leanza & Hugo 1997; Concheyro *et al.* 2009). Por encima de este conjunto, aparece en la región una sucesión de conglomerados, areniscas, arcillitas, margas y calizas de ambiente continental que alcanza 159 m de potencia (Leanza *et al.* 2004) y que se ha reunido bajo la denominación de Fm. La Amarga (Musacchio 1970). Esta unidad, portadora de restos de dinosaurios y una importante asociación de ostrácodos, carofitas y palino-

UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS		PISOS	ZONAS	
FORMACIÓN AGRIO	MIEMBRO ARROYO DE LA MULA	BARREMIANO	<i>Paraspiticerias groeberi</i>	130 Ma
		HAUTERIVIANO TARDÍO	<i>Crioceratites diamantensis</i>	
			<i>Crioceratites schlagintweiti</i>	
	MIEMBRO AVILÉ		<i>Stipidiscus riccardii</i>	132,5 ± 1,3 Ma
	MIEMBRO PILMATUÉ	HAUTERIVIANO TEMPRANO	<i>Weavericeras vacaensis</i>	
			<i>Holpitiocerias gentili</i>	
			<i>Holcoptychites neuquensis</i>	133,9 Ma
		VALANGINIANO TARDÍO	<i>Pseudofavrella angulatiformis</i>	

Figura 4: Cuadro estratigráfico de la Fm. Agrio y zonación de amonoideos de los miembros Pilmatué y Agua de la Mula. La información bioestratigráfica está basada en Aguirre Urreta *et al.* (2008, 2009) y Lazo *et al.* (2009). Las edades absolutas corresponden a la Carta Estratigráfica Internacional (International Commission on Stratigraphy 2009). La edad de $132,5 \pm 1,3$ Ma ha sido publicada por Aguirre Urreta *et al.* (2008a).



morfos (Musacchio 1970, 1971, 1978, 1993; Volkheimer *et al.* 1977; Volkheimer 1978), ha sido asignada al Hauteriviense Tardío y Barremiano por Leanza & Hugo (1995, 1997). Aún cuando esta información abre la posibilidad de una potencial correlación con los términos superiores de la Fm. Agrio al norte de la Dorsal de Huincul, trabajos más recientes de Leanza (2005, 2009) sugieren que la Fm. La Amarga se ubica por encima de la discontinuidad que marca el límite superior del ciclo de sedimentación correspondiente a la Fm. Agrio.

LITOLOGÍA Y FACIES SEDIMENTARIAS

La constitución litológica de la Fm. Agrio ha sido mencionada en forma bastante generalizada en numerosas publicaciones de índole estratigráfica. En los últimos años se han elaborado una serie de trabajos de tesis doctoral (Sagasti 2002; Lazo 2004; Archuby 2009) y contribuciones específicas (Spalletti *et al.* 2001a, 2001b; Lazo *et al.* 2005; Sagasti 2005) que han contribuido a tener un más acabado conocimiento de las facies que constituyen las sucesiones marinas de la Fm. Agrio.

Sobre la base de las descripciones de Spalletti *et al.* (2001a, 2001b) y Lazo *et al.* (2005) se definen las siguientes facies sedimentarias:

Lutitas negras bituminosas, que aparecen como sucesiones espesas, de varias decenas de metros de potencia, suelen estar desprovistas de fósiles (ocasionalmente amonoideos en los planos de fisilidad) y carecen de trazas fósiles. Se han formado por procesos de decantación suspensiva en condiciones anóxicas de la interfase sedimentaria. Por lo general son más comunes en la base de los miembros Pilmatué y Agua de la Mula.

Lutitas carbonáticas, micríticas ricas en materia orgánica y moteadas. Son depósitos comunes en la unidad, incluyen restos de amonoideos, gasterópodos, inocerámidos y otros bivalvos. Se consideran el producto de decantación suspensiva sobre un sustrato disaeróbico en condiciones de alta productividad carbonática.

Margas oscuras, que aparecen como cuerpos continuos de menos de 1 m de espesor y alternan cíclicamente con las facies previamente descritas. Pueden contener restos de invertebrados fósiles (amonoideos, inocerámidos, gasterópodos) o carecer de ellos. Se forman por decantación de partículas silicoclásticas y carbonáticas en condiciones variables, desde anóxicas a subóxicas.

Mudstones-wackestones masivos que constituyen cuerpos tabulares que pueden aparecer aislados (hasta 0,5 m de espesor) o agrupados en conjuntos de hasta 7 m de potencia. Contienen bivalvos infaunales en posición de vida, gasterópodos y escamas de peces. Estas capas pueden presentarse bioturbadas, con icnogéneros tales como *Planolites*, *Thalassinoides*, *Chondrites*, *Palaeophycus*, *Phycodes* y *Teichichnus*. Si bien son depósitos de baja energía, representan a ambientes más someros y mejor oxigenados en comparación con las facies antes mencionadas.

Wackestones-packstones (floatstones) bioclásticos bioturbados. Estos carbonatos se presentan en capas de hasta 1 m compuestas esencialmente por restos de bivalvos bentónicos, algunos fragmentados y otros completos y articulados, inmersos en matriz de fango calcáreo. Poseen restos de amonoideos y serpúlidos, y muy frecuente bio-

turbación, con trazas de *Teichichnus*, *Chondrites*, *Thalassinoides*, *Palaeophycus*, *Phycodes* y *Scolicia*. La textura de los carbonatos, el estado de preservación de los restos fósiles y la asociación icnológica permiten interpretar que se trata de depósitos formados en un sustrato marino suelto y aeróbico bajo condiciones de variable energía cinética.

Grainstones-packstones. Son calcarenitas oolíticas y bioclásticas hasta calciruditas bioclásticas que suelen presentarse en baja proporción como capas muy delgadas (menos de 0,2 m) y bioturbadas, aunque también forman conjuntos de hasta más de 7 m de potencia. Pueden ser masivas o mostrar estratificación horizontal, y portan restos de bivalvos y trazas de *Thalassinoides*. Se han acumulado en ambiente de *nearshore* en condiciones óxicas, intensa actividad el oleaje y elevada productividad carbonática. Fenómenos de disolución en el techo de algunos estratos sugieren además períodos de exposición subaérea.

Boundstones de bivalvos. Se presentan en capas de menos de 1 m de espesor y se componen de concentrados autóctonos de ostras, acompañadas de restos de otros bivalvos, amonoideos, briozoos y colonias de serpúlidos, en una fina matriz de fango bioclástico. Presentan con frecuencia trazas de *Palaeophycus*, y algunos cuerpos muestran signos de retrabajamiento al tope (coquinas). Son depósitos de un sustrato firme que representan a un ambiente de transición *nearshore-offshore*, afectado esporádicamente por la actividad de olas de tormenta.

Boundstones coralígenos. Son cuerpos complejos asentados sobre una capa delgada y firme de ostras, constituidos por colonias de corales aplanados y globosos, cónicos y ramosos en posición de crecimiento a los que se asocia macrofauna bentónica, y capas conchiles lensoideales. Estos depósitos aparecen hacia el tope del Mb. Agua de la Mula y han sido interpretados como un arrecife coralino en parche (*patch reef*, Lazo *et al.* 2005) que ha sido retrabajado por acción de tormentas en un ambiente cercano a la base de olas de buen tiempo, durante un episodio de somerización.

Limolitas masivas, moteadas y bioturbadas (con trazas de *Chondrites*, *Palaeophycus* y *Teichichnus*), en cuerpos de menos de 1 m de espesor. Son depósitos que se han formado en un sustrato fangoso, suelto y oxigenado correspondiente a ambientes de *offshore* proximal con significativo aporte de materiales silicoclásticos.

Conjuntos heterolíticos (ondulosos) arenisca/limolita. Aparecen característicamente en la parte superior de la Fm. Agrio como capas alternantes de areniscas con laminación ondulítica de olas y de limolitas masivas y/o lutitas con contenido de bivalvos infaunales. Forman conjuntos de hasta 2 m de espesor en los que son abundantes las trazas de *Palaeophycus* y *Phycodes* asociadas con *Chondrites*, *Gordia* y *Lockeia*. Se interpretan como depósitos formados cerca de la base de olas de buen tiempo.

Areniscas con estratificación cruzada monticular (HCS), que consisten en estratos de areniscas muy finas a finas, de menos de 0,3 m de espesor, caracterizados por estructuras HCS y con un contacto basal abrupto, generalmente sobre intervalos heterolíticos. La facies está compuesta por típicos montículos (*hummocks*) y depresiones (*swales*) con laminaciones simétricas y levemente asimétricas y una longitud de onda entre 40 cm y 1,5 m. En algunas capas se observan tránsitos desde laminaciones paralelas a cruzadas monticulares. Hacia arriba, poseen evidencias de

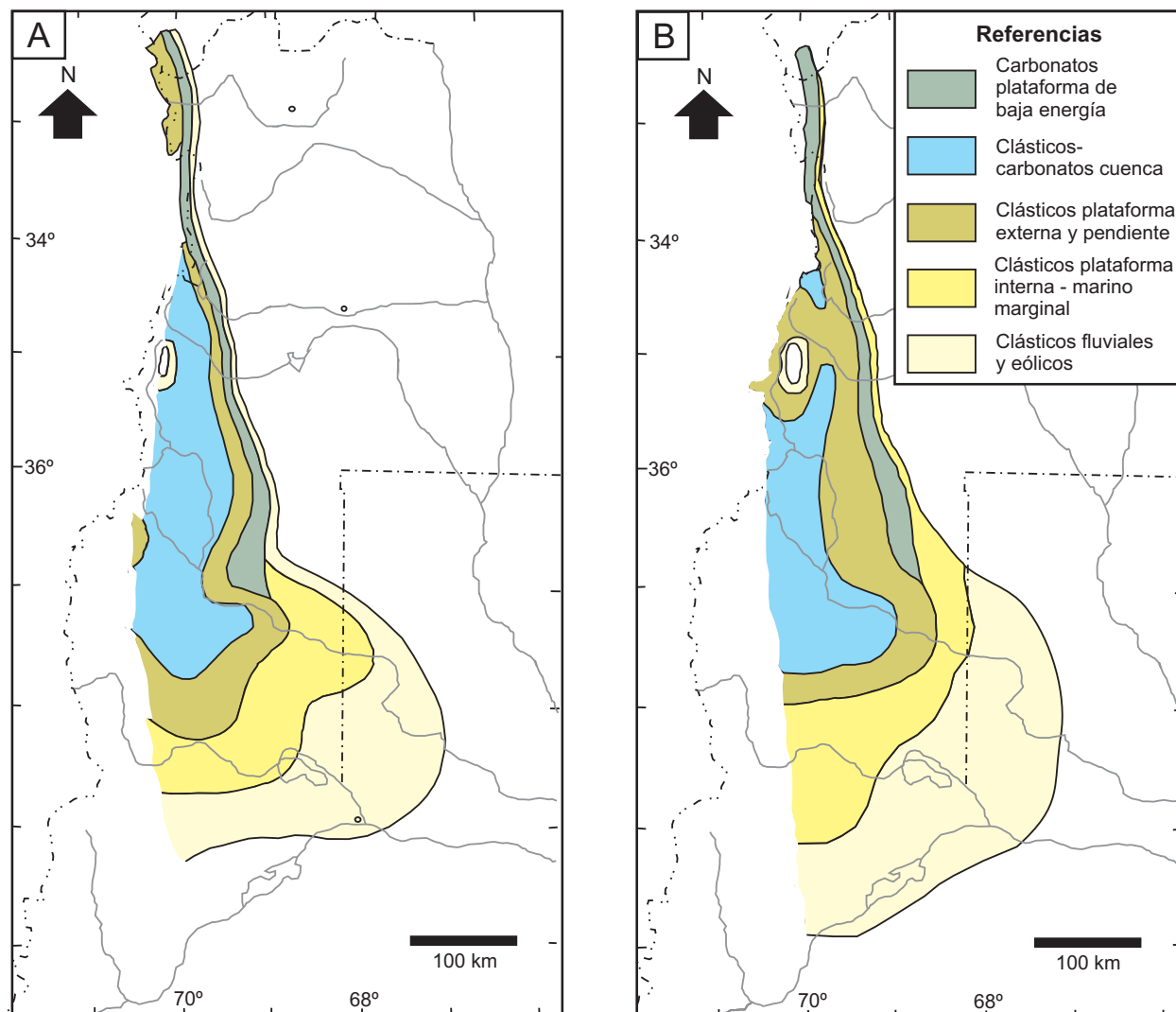


Figura 5: Reconstrucciones paleogeográficas correspondientes a los depósitos marinos de la Formación Agrio (Legarreta y Uliana, 1999) para los tiempos Valanginiano Tardío - Hauteriviano (A) y Hauteriviano Tardío (B).

retrabajo con óndulas de olas. Algunos estratos han soportado deformación sinsedimentaria y poseen estructuras en almohadilla y de escape de fluidos. Esta facies muestra escasa bioturbación, con unas pocas trazas de *Palaeophycus* en el tope de los estratos. Se asigna a la acción de olas de tormenta que actúan en el ambiente de *shoreface* inferior como producto de flujos oscilatorios puros y combinados, de menor profundidad.

Areniscas con óndulas de escala mediana. Son areniscas finas a muy finas con trenes muy bien desarrollados de óndulas de oscilación (simétricos) y de flujo combinado (asimétricos), que aparecen como estratos tabulares delgados o como pequeñas lentes, en ambos casos entre 5 y 15 cm de espesor. Esta facies se caracteriza por una diversa asociación de icnofósiles entre los que se incluyen *Arenicolites*, *Gyrochorte*, *Palaeophycus*, *Rhizocorallium*, *Teichichnus*, *Thalassinoides*, y escasos ejemplares de *Phycodes* y *Scolicia*. Estos depósitos se relacionan con flujos oscilatorios (orbitales) inducidos por tormentas pero de menor régimen de flujo en comparación con los intervalos HCS, y que pueden producirse por aumento de profundidad o por decaimiento en la energía de las tormentas.

Tobas finas masivas. Capas muy delgadas (hasta 0,15 m) producidas por procesos piroclásticos de caída, muy

distales. Constituyen manifestaciones de un volcanismo explosivo sinsedimentario, muy probablemente vinculado con la actividad del arco magmático.

Depósitos de flujos gravitacionales de sedimentos. Han sido reconocidos por Aguirre Urreta *et al.* (2008a), y descritos como sedimentos volcánoclasticos polimícticos que poseen matriz vítrea afectada por procesos de devitrificación. Se presentan amalgamados en capas lenticulares de 1,2 m de espesor y con estructura gradada inversa, y se interpretan como el producto de flujos de detritos subácuos.

MODELO DE SEDIMENTACIÓN PARA LOS DEPÓSITOS MARINOS DE LA FORMACIÓN AGRIO

Las facies marinas de la Fm. Agrio (miembros Pilmatué y Agua de la Mula) se consideran asociadas a un ambiente de rampa marina con lenta subsidencia, y acumuladas durante periodos transgresivos y de alto posicionamiento del nivel de mar (Legarreta & Gulisano 1989; Legarreta & Uliana 1991). Estas condiciones generales fueron interrumpidas por un episodio de brusca caída del nivel del mar que se manifestó por la acumulación de las sedimentitas

continentales (fluviales, eólicas y lacustres) correspondientes al Mb. Avilé.

Trabajos de modelado paleogeográfico generales, elaborados por Legarreta & Uliana (1991, 1999) y Legarreta & Uliana (1996) han permitido tener una noción general de la distribución de los principales sistemas de deposición, tanto para el registro marino valanginiano tardío – hauteriviano y hauteriviano tardío (Fig. 5). En ellos se aprecia que los ambientes sedimentarios correspondientes a ambos intervalos temporales poseen una distribución regional similar, ya que los depósitos marinos más profundos se localizan hacia el sector occidental de la cuenca, en tanto que los someros dominan ampliamente en la región del Engolfamiento Neuquino. Además, para el sector mendocino de la cuenca se define una región de acumulación elongada en sentido meridiano, con rápidos cambios de facies de este a oeste y con el desarrollo de una faja de sedimentación carbonática en los sectores de rampa interna (Fig. 5). Dadas las importantes variaciones faciales que se registran en las sucesiones sedimentarias e incluso el desarrollo de secuencias de distinta je-

rarquía, la elaboración de este tipo de mapas paleogeográficos no resulta muy recomendable. Asimismo, la reconstrucción propuesta por Legarreta & Uliana (1991, 1999) muestra una muy amplia superficie asignada a depósitos clásticos de plataforma interna y *nearshore* en regiones donde predominan netamente depósitos marinos más profundos, asignables en su mayor parte a ambientes de *offshore* y de rampa externa (véase por ejemplo Lazo 2007b; Concheyro *et al.* 2009).

Si bien el ambiente de rampa se identifica para toda la Cuenca Neuquina, debe señalarse que en la región de Neuquén predominan notablemente los depósitos silicoclásticos en tanto que en el área mendocina lo hacen las sedimentitas carbonáticas (véase Sagasti 2002, 2005). Algo similar sucede al sur de la Dorsal de Huincul, donde en la Fm. Agrio hay una elevada participación de rocas carbonáticas y mixtas (carbonáticas-silicoclásticas) (Leanza & Hugo 1997).

Desde el punto de vista paleoambiental, los miembros Pilmatué y Agua de la Mula se han acumulado en un ambiente marino abierto desde las zonas de cuenca –

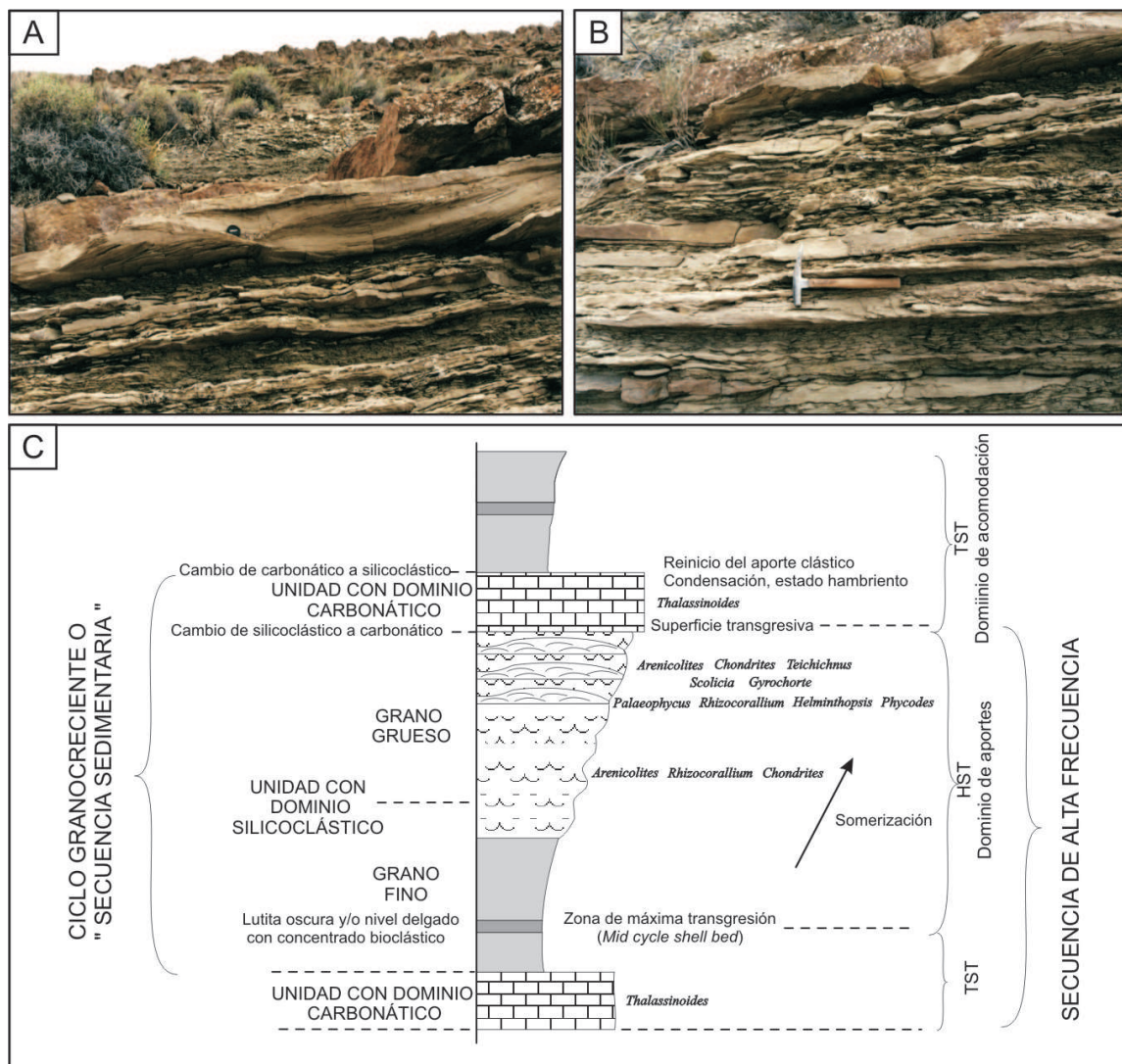


Figura 6: Facies y secuencias de alta frecuencia del Mb. Agua de la Mula (Spalletti *et al.* 2001b). A) Detalle de un conjunto heterolítico con óndulas de ola sobre el cual se apoya una capa de arenisca con estratificación entrecruzada monticular. En conjunto definen la parte superior de una secuencia de alta frecuencia. B) Sucesión compuesta por conjuntos heterolíticos con intercalaciones de areniscas con óndulas de escala mediana. C) Representación esquemática y elementos estratigráficos de las secuencias de alta frecuencia.

offshore hasta de *shoreface*, con dominio de la acción de olas, tanto de buen tiempo como de tormentas (Fig. 6) (Spalletti *et al.* 2001a, 2001b). Desde que el sistema marino es interpretado como una rampa (Legarreta & Uliana 1991, 1999), la misma carece de quiebre o desarrollo de una región de talud, por lo que las facies marinas someras pasan gradualmente a las profundas sin el que se hayan sido comunes depósitos de flujos gravitacionales o por efectos de desmoronamiento (Lazo *et al.* 2005). Sobre la base de las asociaciones de facies, en dicho ambiente es posible reconocer depósitos de rampa externa o profunda (*offshore*), rampa media y rampa interna o somera (*shoreface*) (cf. Spalletti *et al.* 2001a, 2001b; Lazo *et al.* 2005; Lazo, 2006, 2007a). Con todo, paquetes arenosos masivos intercalados entre fangolitas oscuras que aparecen localmente dentro del Mb. Pilmatué se habrían depositado a partir de flujos gravitatorios con alta concentración de sedimentos según Schwarz *et al.* (2011). Esta situación reflejaría la existencia, al menos en forma local o durante corto tiempo, de gradientes deposicionales con mayor pendiente.

Por su parte, Veiga *et al.* (2005) han mostrado que hacia la parte más alta del registro de la Fm. Agrio se en-

cuentran depósitos que reflejan la relativamente súbita somerización del ambiente de rampa marina en los sectores depocentrales (Fig. 7). Para estos intervalos definen dos asociaciones: una asignada a la transición *offshore* - *lower shoreface* y otra a ambiente de *shoreface* superpuestas en forma abrupta a las facies finas cuencales. La primera puede alcanzar hasta 20 m de espesor y se caracteriza por la presencia de facies heterolíticas con estratificación ondulosa y lentiforme, y areniscas bioclásticas finas a medianas con laminación de óndulas de olas, laminación horizontal y estructura *hummocky* (Fig. 7). Los depósitos silicoclásticos de *shoreface* alcanzan un desarrollo de hasta 10 m; se componen esencialmente de areniscas finas a medianas con estratificación entrecruzada en artesa y estratificación horizontal, con signos de deformación sinsedimentaria, más algunos niveles de textura más fina con óndulas de olas (Fig. 7).

En este mismo sentido, en un trabajo más reciente, Tunik *et al.* (2009) han señalado para los términos superiores del Mb. Agua de la Mula la existencia de fenómenos de dolomitización en una sucesión compuesta por *grainstones*, *packstones* y fangos y areniscas calcáreas finas,

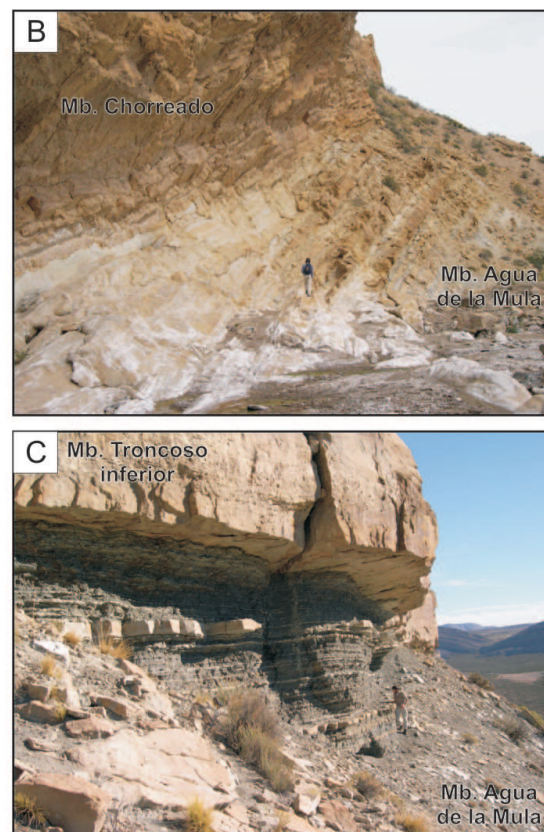
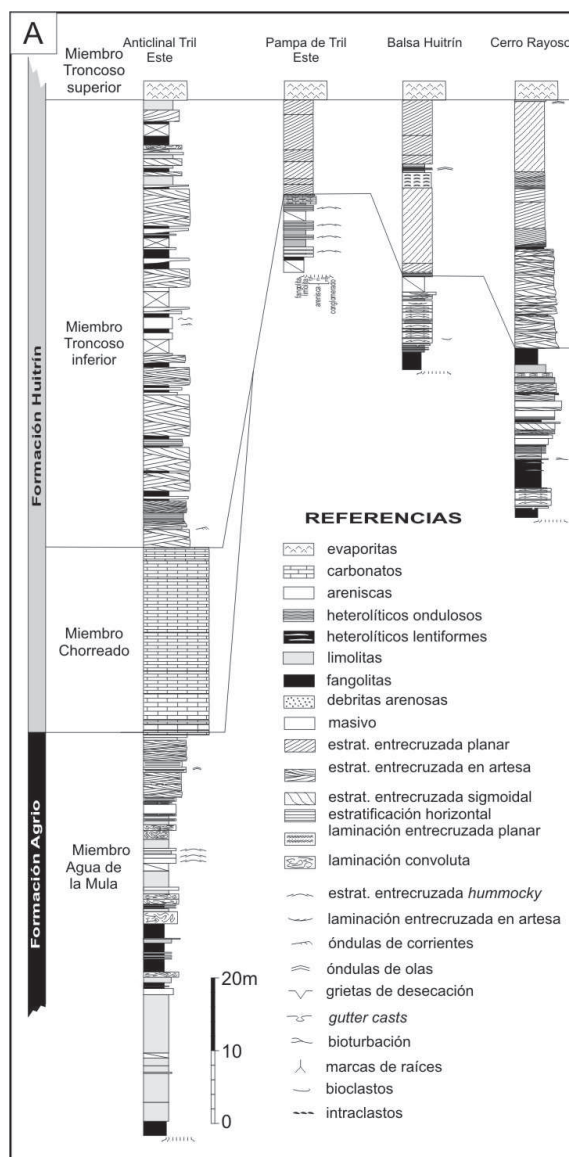


Figura 7: A) Perfiles representativos de la parte superior del Mb. Agua de la Mula (tomado de Veiga *et al.* 2005) en los que se aprecian sus relaciones estratigráficas con unidades suprayacentes, las facies constitutivas y los principales atributos sedimentarios. B) Vista de los depósitos del tope de la Formación Agrio en el área de El Portón. Nótese la disposición granocreciente de los cuerpos sedimentarios. C) Vista de detalle del tope de la Formación Agrio (Mb. Agua de la Mula) en la región de Pampa de Tril. Se aprecia el desarrollo de sucesiones heterolíticas con intercalaciones de areniscas con estratificación entrecruzada.

asignada a ambientes someros submareales, intermareales y supramareales. Según los mencionados autores esta interpretación paleoambiental se vería soportada por la presencia de pisadas de dinosaurios en la parte cuspidal de la sucesión.

PALEOECOLOGÍA E INTERPRETACIÓN SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUSTRATO MARINO

Los depósitos marinos de la Fm. Agrio han sido particularmente objeto de estudios de detalle vinculados con la evolución de las características del sustrato marino y su relación con las facies sedimentarias y estructuras biogénicas presentes. Spalletti *et al.* (2001) efectuaron un trabajo sobre facies sedimentarias y trazas fósiles en los sectores más distales de sedimentación del Mb. Agua de la Mula (Pampa de Tril, véase Fig. 8), que permitió interpretar por vez primera la profundidad relativa del sistema marino, la oxigenación del medio y los caracteres del sustrato. Concluyen que los depósitos de lutitas negras de *offshore* reflejan condiciones de muy pobre circulación (anóxicas a subóxicas) y sustratos altamente saturados que no permiten la proliferación de organismos productores de trazas fósiles. A medida que se redujo la profundidad y aumentó la circulación, el sustrato se tornó moderadamente plástico y exaeróbico, con presencia de bivalvos y gasterópodos infaunales, para pasar luego a condiciones de mayor oxigenación y con una interfase de sedimentos sueltos, con lo que se favoreció el desarrollo de una variada asociación de trazas fósiles correspondientes a la icnofacies de *Cruziana*. Cuando el sistema tuvo escasa profundidad (ambiente de rampa interna) las aguas estuvieron fuertemente oxigenadas, pero la turbulencia y la rápida sedimentación redujeron la abundancia y diversidad de icnofósiles. Por su parte, las bioconstrucciones carbonáticas (*boundstones* de ostras, otros bivalvos, briozoos y serpulidos), formadas en condiciones de rampa interna y aguas bien oxigenadas, poseen baja diversidad de trazas fósiles debido al desarrollo de un sustrato firme.

Por su parte, Lazo *et al.* (2005), presentan un estudio que involucra a los miembros Pilmatué y Agua de la Mula de una región algo más marginal de la cuenca donde predominan los sistemas correspondientes a rampa externa a media. Sobre la base del análisis de invertebrados bentónicos y de las trazas fósiles definen una serie de comunidades en las que predominan los organismos

suspensívoros sobre los detritívoros, desarrolladas en condiciones normales de salinidad y disponibilidad de oxígeno, temperatura cálida, y sustratos blandos a firmes, fangosos a arenosos, con ocasional desarrollo de islas de sustratos duros. Las asociaciones de rampa externa, desarrolladas sobre un sustrato fangoso de aguas calmas afectado periódicamente por tormentas, se caracterizan por una fauna bentónica con escasa diversidad, dominada por organismos perforadores someros e islas de epifaunales. Por su parte, las asociaciones de rampa media han sido frecuentemente retrabajadas por tormentas, están caracterizadas por una alta diversidad de taxones infaunales someros, semi-infaunales, epifaunales y necto-bentónicos. A estos organismos se suman faunas fósiles nectónicas compuestas por cefalópodos y en menor medida peces y reptiles marinos. Lazo *et al.* (2005) también señalan la presencia de una asociación poco frecuente de colonias de corales en parches (*patch reefs*) desarrolladas en ambiente de rampa media, con dominio de organismos epibentónicos, cuyo desarrollo vinculan con cambios relativos en el nivel del mar y en el aporte de material silicoclástico.

En una contribución más reciente, Lazo (2007a) ha definido en el Mb. Pilmatué la existencia paleocomunidades correspondientes a distintas profundidades del ambiente marino, compuestas por bivalvos suspensívoros epifaunales, semi-infaunales e infaunales (perforadores someros y profundos, y perforadores con bacterias simbióticas). Este autor concluye que las paleocomunidades de ambiente de *shoreface* representan habitats de un amplio espectro que reflejan condiciones más favorables para su desarrollo en comparación con las correspondientes a ambientes de *offshore*.

ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL

Desde el punto de vista estratigráfico secuencial, el Ciclo Ándico ha sido considerado una supersecuencia sedimentaria (Legarreta & Gulisano 1989). Ésta es –a su vez– subdividida en tres mesosecuencias, a las que los mencionados autores denominan Mendoza Inferior (con nueve secuencias), Mendoza Media (con cinco secuencias) y Mendoza Superior (con otras cinco secuencias). Los depósitos del Mb. Pilmatué de la Fm. Agrio constituyen la mayor parte de la Mesosecuencia Mendoza Media, en tanto que los correspondientes a los miembros Avilé y Superior (Agua de la Mula) constituyen el cuerpo principal de la Mesosecuencia Mendoza Superior.



Figura 8: Mb. Agua de la Mula de la Fm. Agrio en Pampa de Tril. Se muestran las secuencias sedimentarias (S) con sus correspondientes tractos o cortejos transgresivos (TST) y de nivel alto (HST) definidos por Spalletti *et al.* (2001a). Las flechas indican las relaciones de *toplap* y *downlap* de las clinoformas depositacionales. El tope de la unidad representa una superficie compleja en donde llegan a amalgamarse una superficie de erosión marina, una superficie transgresiva y un límite de secuencia.

El límite inferior de la Fm. Agrio es una superficie transgresiva de magnitud regional denominada Superficie Transgresiva Maestra (*Master Transgressive Surface*, Schwarz & Howell, 2005). Por debajo de la misma se ubica la cuña de mar bajo que corresponde a los depósitos de la Fm. Mulichinco y por encima se encuentra la base de un cortejo transgresivo de segundo orden que se inicia con los depósitos marinos profundos del Mb. Pilmatué. En diversas áreas de la Cuenca Neuquina, inmediatamente por encima de la superficie transgresiva basal aparece una capa carbonática de ambiente marino somero que fuera considerada un marcador clave de la base de la Fm. Agrio por Weaver (1931).

Dentro del Mb. Pilmatué, Lazo (2007b) reconoció cinco secuencias deposicionales: una que comenzaría con depósitos de la Fm. Mulichinco y cuatro secuencias completas que involucran a la parte inferior de la Fm. Agrio. Este esquema de cinco secuencias se asemeja superficialmente al elaborado en forma genérica por Legarreta & Gulisano (1989). Sin embargo, difiere en forma sustancial del esquema previo, puesto que agrega a los típicos cortejos transgresivo y de mar alto, otro basal denominado cuña de margen de plataforma (Lazo 2007b, su figura 3). Según este autor, en todos los casos los depósitos asignados a cortejos de cuña de margen de plataforma representan la mitad o más del espesor total de cada secuencia individual. Sin embargo cortejos de cuña de margen de plataforma difícilmente pueden desarrollarse en sucesiones marinas asignables a rampas deposicionales, como por ejemplo la del propio Miembro Superior de la Fm. Agrio (Spalletti *et al.* 2001a), y menos aún alcanzar el desarrollo que se consigna en el mencionado estudio.

En el tope del Mb. Pilmatué aparece una importante discontinuidad regional que representa la base de una nueva secuencia de segundo orden. Sobre dicho límite de secuencia se apoyan los depósitos de una cuña de mar bajo formada por las facies fluvio-eólicas del Mb. Avilé (cf. Legarreta & Uliana 1991). El Miembro Superior (Agua de la Mula) de la Fm. Agrio conforma los cortejos transgresivos y de mar alto de esta nueva secuencia de segundo orden.

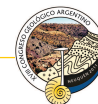
En sectores correspondientes a posiciones de interior de cuenca, Spalletti *et al.* (2001a) analizaron el Mb. Agua de la Mula de la Fm. Agrio en afloramientos de la región de Pampa de Tril (Fig. 8) y —al igual que Legarreta & Uliana (1991)— definieron tres secuencias con jerarquía de tercer orden, cada una de las cuales se caracteriza por un intervalo basal transgresivo (TST) y otro superior de mar alto (HST) que se relacionan con oscilaciones eustáticas (Fig. 8). El tracto transgresivo es relativamente espeso y posee un diseño de superposición agradacional, con depósitos de cuenca y de rampa externa (estado de cuenca hambrienta), mientras que el tracto de nivel alto se caracteriza por depósitos más someros que pueden mostrar un fuerte arreglo progradacional con desarrollo de clinoformas (Fig. 8) o un diseño estratal subhorizontal con tendencia vertical somerizante. En comparación con el tracto transgresivo, el tracto de nivel alto posee bajo valor de la relación acomodación/aporte silicoclástico o acomodación/productividad carbonática. Spalletti *et al.* (2001a) han mostrado también que los depósitos de nivel alto se componen de ciclos de mayor frecuencia caracterizados por intervalos transgresivos con facies anóxicas desarrolladas en sustratos saturados, e intervalos de nivel alto formados

bajo condiciones de mayor oxigenación, sustratos sueltos y con una alta tasa de carbonatos provistos por organismos bentónicos.

Por otra parte, un estudio de detalle de los 130 m cuspidales del Mb. Agua de la Mula en la localidad de Bajada del Agrio (Spalletti *et al.* 2001b) ha permitido definir la existencia de 19 ciclos de hasta 14,5 m de espesor compuestos en su base por sedimentitas carbonáticas (*grainstones* bioclásticos con estratificación cruzada; carbonatos finos esqueléticos; bancos de ostras y serpúlidos; *grainstones* esqueléticos-oolíticos) y en su techo por una sucesión granocreciente de lutitas y fangolitas gris oscuras que pasan a términos heterolíticos de areniscas-fangolitas, areniscas limosas, areniscas con óndulas de olas de escala mediana y areniscas con estratificación cruzada monticular (Fig. 6). Los términos heterolíticos y psamíticos portan abundantes trazas fósiles pertenecientes a la icnofacies de *Cruziana*. Cada uno de estos ciclos es definido como una secuencia de alta frecuencia generada en una rampa marina abierta, que refleja importantes variaciones en acomodación (Fig. 6). Dichas secuencias están constituidas por un tracto transgresivo (TST) en el que prevalecen carbonatos formados en condiciones de máxima condensación y mínimo aporte clástico, limitados en su base por una superficie erosiva de *ravinement*, y un tracto de nivel alto (HST) con dominio de materiales silicoclásticos y marcada tendencia vertical granocreciente, que muestra incremento progresivo en las contribuciones extracuencales y concomitante reducción de acomodación. Estas secuencias de alta frecuencia de la Fm. Agrio muestran el pasaje desde ambientes de *offshore* proximal a *lower shoreface*, y reflejan importantes variaciones en los aportes clásticos, la productividad carbonática y la disponibilidad de espacio, y muestran oscilaciones en la profundidad del orden de los 15 metros. Spalletti *et al.* (2001b) vinculan el desarrollo de cada una de estas secuencias con cambios climáticos globales en la jerarquía de cuarto orden (10⁵ años), es decir en el rango de periodicidades producidas por variaciones en la excentricidad de la órbita terrestre.

Por su parte, el tope de la Fm. Agrio (parte cuspidal del Mb. Agua de la Mula) muestra un singular arreglo de facies, con el desarrollo de depósitos mixtos silicoclásticos y carbonáticos bioclásticos hasta bioconstrucciones carbonáticas, generados en ambientes someros (*shoreface*), de rampa interna, e indicativos de un proceso de generalizada somerización (Spalletti *et al.*, 2001b; Tunik *et al.* 2009). Según Veiga *et al.* (2005), en el norte del Neuquén, estos depósitos marinos someros se desarrollan sobre una superficie regresiva de erosión marina y constituyen los términos iniciales de un tracto o cortejo de caída del nivel del mar (*falling stage systems tract*) con el que culmina la secuencia de segundo orden que comprende a los miembros Avilé y Agua de la Mula de la Fm. Agrio.

Durante una transgresión subsiguiente de mayor frecuencia se instala una plataforma/rampa carbonática que corresponde al Mb. Chorreado de la Fm. Huitrín. Su límite superior es una importante discontinuidad estratigráfica que constituye un límite de secuencia y se manifiesta como una superficie de erosión subaérea. Sobre ella se instala un sistema fluvio-eólico, representado por el Mb. Troncoso inferior de la Fm. Huitrín, que representa el tracto de nivel bajo (*lowstand systems tract*) de una nueva secuen-



cia de bajo orden. En síntesis, el límite superior de la Fm. Agrio constituye una discontinuidad compleja, ya que en algunos sectores es la superficie transgresiva que limita los depósitos del Mb. Agua de la Mula y del Mb. Chorreado de la Fm. Huitrín, mientras que en otros es una importante superficie de erosión que pone en contacto directo a los depósitos del Mb. Agua de la Mula con las capas netamente continentales del Mb. Troncoso inferior de la Fm. Huitrín (Veiga *et al.* 2005) (véase Fig. 7).

En el área del Yacimiento Puesto Hernández, Vergani *et al.* (2001) han realizado un estudio estratigráfico secuencial de alta resolución que comprende a los términos superiores de la Fm. Agrio. La sucesión suma unos 400 m de espesor e incluye a los miembros Avilé y Agua de la Mula (Superior) de la Fm. Agrio y a un conjunto silicoclástico similar al que caracteriza al tope de la Fm. Agrio en afloramientos (cf. Veiga *et al.* 2005) y que Vergani *et al.* (2001) asignan al Miembro Chorreado de la Fm. Huitrín. Dicha sucesión es caracterizada como una secuencia de tercer orden, para la que se estima una duración de 5 Ma (Hauteriviano Temprano a Aptiano Temprano; Vergani *et al.* 2001). Las areniscas eólicas y fluviales del Mb. Avilé conforman el Estadio de Nivel Bajo (LST), las lutitas y carbonatos de ambiente marino abierto que componen la porción basal del Miembro Superior de la Fm. Agrio constituyen el Estadio Transgresivo (TST), en tanto que depósitos clásticos agradantes y progradantes de la parte superior del Miembro Superior -generados en condiciones de mar abierto, litorales y de planicie costera- son los elementos constituyentes del Estadio de Mar Alto (HST). Este conjunto remata finalmente con depósitos silicoclásticos someros asignados a una regresión forzada.

Vale destacar que la secuencia descrita por Vergani *et al.* (2001) se compone de ciclos de mayor frecuencia definidos por conjuntos o sets de parasecuencias con arreglo progradante y escala de varias decenas de metros. La escala de estos ciclos sería equivalente en desarrollo vertical a los cortejos reconocidos por Spalletti *et al.* (2001a) en las exposiciones del Mb. Agua de la Mula en Pampa de Tril (Fig. 8).

Ciclicidad de los depósitos marinos de la Formación Agrio

Las sucesiones geológicas formadas en el interior de las cuencas sedimentarias suelen tener un registro bastante continuo, dado que son mucho menos frecuentes las discontinuidades erosionales y por tanto no se aprecian mayores interrupciones en el proceso sedimentario. Es justamente en estas sucesiones donde es posible relacionar a los ciclos o ritmos sedimentarios con los tiempos de acumulación, y particularmente con el control alocíclico ejercido por cambios climáticos globales debidos a variaciones en el posicionamiento del eje de rotación y en la órbita de La Tierra (Ciclos de Milankovitch).

En nuestro medio, la primera contribución destinada a investigar la relación entre la existencia de ciclos sedimentarios de distinta magnitud en relación con los mencionados cambios globales se efectuó en los depósitos del Miembro Superior (Agua de la Mula) de la Fm. Agrio (Spalletti *et al.* 1990). Sobre la base de perfiles de pozo (resistividad, rayos gama y sísmico), estos autores encontraron cuatro ritmicidades jerárquicas estimadas en 17-23

ka, 114 ka, 422 ka y 1.143 ka, coincidentes con variaciones orbitales de precesión y excentricidad. Más recientemente, Sagasti (2000, 2005) definió para la Fm. Agrio la existencia alternante de hem Ciclos carbonáticos formados en condiciones de oxigenación y hem Ciclos clásticos (oscuros) generados en condiciones subóxicas (Fig. 9). Estos hem Ciclos se caracterizan por una particular signatura geoquímica que se atribuye a fluctuaciones en el influjo terrígeno a la cuenca, y por lo tanto representan ciclos de dilución. Sagasti (2005) interpreta que estos ciclos se producen como respuesta a la migración latitudinal de zonas climáticas causadas por el fenómeno de precesión (Fig. 9). Períodos húmedos favorecen el aporte terrígeno y el desarrollo de los hem Ciclos clásticos, en tanto que en los períodos de clima árido se reduce el aporte clástico y se favorece la sedimentación carbonática.

Controles sobre el desarrollo de las secuencias y la paleogeografía de los sistemas marinos

Con posterioridad al importante proceso de inversión tectónica acaecido durante el Valanginiano, la Cuenca Neuquina entró en un período de calma tectónica (cf. Vergani *et al.* 1995). Se inicia así un lapso en el que la acomodación sedimentaria está gobernada por subsidencia térmica generalizada combinada con importantes cambios de nivel de base. De este modo, los depósitos de la Fm. Agrio muestran variaciones faciales de distinta magnitud que responderían a ciclos eustáticos de larga duración y que se traducen en el desarrollo de dos secuencias de segundo orden, la primera que involucra al Mb. Pilmatué, y la segunda a los miembros Avilé y Agua de la Mula (Legarreta & Gulisano 1989; Legarreta & Uliana 1991). En cada uno de estos conjuntos, se aprecia la presencia de varias secuencias de tercer orden que muy posiblemente son también la respuesta a cambios relativos de nivel del mar, aunque de menor duración (cf. Legarreta & Uliana 1991, 1999; Spalletti *et al.* 2001a; Vergani *et al.* 2001). La presencia de un registro muy completo de depósitos sedimentarios, sin que se hayan producido mayores discontinuidades, permite reconocer en los depósitos marinos de la Fm. Agrio la presencia de ciclos sedimentarios de más corta periodicidad que son atribuibles a oscilaciones climáticas globales inducidas por fenómenos orbitales (cambios de excentricidad), y en la oblicuidad y precesión del eje de la Tierra. Estos ritmos sedimentarios se presentan esencialmente como ciclos bitemáticos en depósitos de *offshore* (cf. Spalletti *et al.* 1990; Sagasti 2005), y como parasecuencias y conjuntos de parasecuencias en depósitos de la transición entre ambientes de *offshore* y *shoreface* (Spalletti *et al.* 2001b; Vergani *et al.* 2001).

Según Sagasti (2005) los ambientes de *offshore* ubicados desde norte del Neuquén hasta el centro de Mendoza durante el intervalo Valanginiano Tardío - Hauteriviano Tardío recibían sólo en forme esporádica cantidades significativas de terrígenos, los cuales contribuían así a un substrato conformado esencialmente por sedimentos carbonáticos. Este mayor aporte se desencadenaba en períodos en los que una faja climática húmeda migraba hacia el norte expandiendo el área de aporte de terrígenos a la cuenca (ciclos de dilución, Sagasti 2005). Por su parte, en los sustratos de *offshore* del sur de la cubeta (ubicados en el centro de Neuquén) siempre prevaleció la acumulación

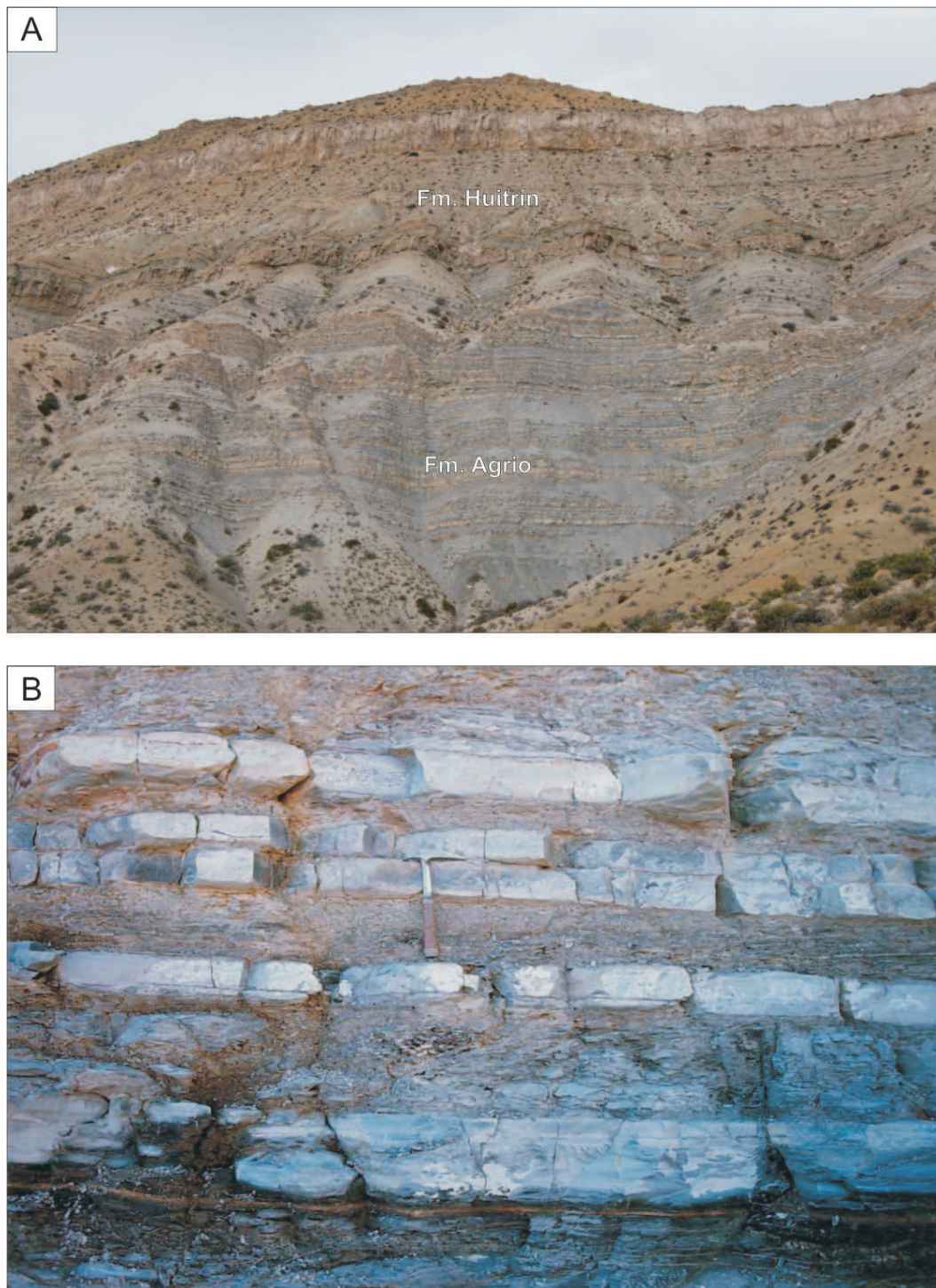
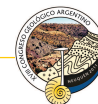


Figura 9: Ciclos inducidos por cambios orbitales en la Fm. Agrio. A) Vista de los afloramientos de la unidad en el Portezuelo de la Minas (sur de Mendoza) en el que se aprecia la alternancia rítmica entre cuerpos sedimentarios con dominio de carbonatos y con dominio de sedimentitas silicoclásticas. Estos ciclos muestran periodicidades atribuibles a cambios globales en excentricidad. B) Ejemplo de hemiciclos clásticos y carbonáticos de la Formación Agrio (Sagasti 2002, 2005) que reflejan periodicidades del orden de los 20 ka. y son asignables a oscilaciones climáticas inducidas por precesión (foto cortesía G. Sagasti).

de materiales silicoclásticos. Esto significaría que aún en los momentos en que la faja climática húmeda migraba a sus posiciones más australes, su influjo sobre las áreas de aporte circundantes era tal que permitía la llegada de terrígenos al centro de Neuquén.

El suministro clástico «quasi» permanente en el *offshore* austral, pero esporádico en el centro y norte de la cubeta tuvo a nuestro entender un fuerte impacto en el

desarrollo vertical de las sucesiones. Así, en el centro-oeste neuquino el dominio de depósitos silicoclásticos finos está acompañado por un registro singularmente potente del intervalo marino Valanginiano Tardío - Hauteriviano Tardío de la Fm. Agrio (espesores que superan los 1000 m). Por el contrario, en el sur de Mendoza, donde ya se registra una sucesión con dominio de facies carbonáticas, los espesores para el mismo intervalo tem-



poral no superan los 300 metros. Puesto que en los ambientes de *offshore* siempre hay espacio para acumular sedimentos y se favorece la sedimentación sobre la erosión, esta significativa diferencia de desarrollo vertical entre ambas regiones no podría ser atribuida a variaciones regionales de acomodación o de preservación de los materiales que llegan exportados de áreas circundantes. En cambio, se postula que esa diferencia se debería a una relativa mayor tasa de sedimentación en el sur (compuesta mayormente por suministro clástico), en tanto existiría una muy baja tasa de sedimentación para el centro y norte, con elevada participación de materiales finos exportados de los sistemas carbonáticos adyacentes.

PERSPECTIVAS

Si bien en los últimos años han avanzado los conocimientos sobre los depósitos marinos de la Fm. Agrio hay todavía muchos interrogantes que podrán ser resueltos con el desarrollo de nuevos estudios estratigráficos y sedimentológicos. En lo que hace al conocimiento integral de la unidad, son necesarios trabajos de relevamiento de secciones de detalle en toda la faja meridional de afloramientos ubicados en la región occidental de la Cuenca Neuquina. Es también importante establecer con mayor claridad las relaciones entre las sucesiones aflorantes en la faja plegada y corrida con las que se encuentran en el subsuelo del sector oriental de la Cuenca Neuquina, y particularmente sobre las unidades de sistemas marinos más profundos ubicados en el sector occidental de la cuenca con las de ambientes marinos someros y transicionales (facies Centenario) que caracterizan al flanco oriental del Engolfamiento Neuquino.

Deben asimismo realizarse estudios más exhaustivos de las asociaciones de facies y de la arquitectura de los cuerpos que componen el registro, tanto del Mb. Pilmatué como del Mb. Agua de la Mula. En tal sentido, la ubicación en secuencia y la distribución de los cuerpos de arena en ambos miembros no parece ser la misma ni corresponder a sistemas de depositación similares. Se impone así la realización de trabajos de modelado bi y tridimensional en los litosomas marinos someros de la parte inferior a media del Mb. Pilmatué y de la sección superior del Mb. Agua de la Mula. En el caso particular de los estudios en el Mb. Pilmatué podrá establecerse si la generación de estos cuerpos de arena es propia del perfil de rampa marina o si tiene relación con una diferente conformación del sustrato marino. Al respecto, estudios recientes han mostrado que aún cuando los depósitos marinos de los miembros Pilmatué y Agua de la Mula tienen un desarrollo general similar, los diseños de superposición no parecen ser los mismos. Aún cuando se requieren mayores investigaciones, puede asumirse como hipótesis que en la porción inferior de la Fm. Agrio el registro tendería al desarrollo de una disposición general agradable, en tanto que en los depósitos del miembro superior serían más características las alternancias entre intervalos agradantes y progradantes, estos últimos con geometrías de clinoformas.

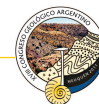
Por último, consideramos que el avance de las investigaciones contribuirá a mejorar las reconstrucciones paleogeográficas de los sistemas marinos. Las eviden-

cias estratigráficas y sedimentológicas sugieren, por una parte, que los depósitos de *offshore* han tenido un desarrollo regional mucho mayor al indicado en trabajos previos, en especial en lo que hace al Mb. Pilmatué hacia el sector austral de la cuenca. Por otra, los sistemas de depositación de los miembros Pilmatué y Agua de la Mula parecen tener diferencias bastante apreciables que no se traducen en las reconstrucciones disponibles hasta el momento. Inclusive también debería investigarse si estas unidades de la Fm. Agrio podrían reflejar variaciones en lo que respecta a los procesos que gobernaron la acumulación a lo largo de los ambientes someros/marginales de la cubeta.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Aguirre Urreta, M.B. 1995. *Stipidiscus riccardii* Leanza y Wiedmann (Ammonoidea) en el Hauteriviano del Neuquén. *Ameghiniana* 31: 407-410.
- Aguirre Urreta, M.B. 1998. The ammonites *Karakaschicer* and *Neohoplaceras* (Valanginian Neocomitidae) from the Neuquén Basin, west-central Argentina. *Journal of Paleontology* 72: 39-59.
- Aguirre Urreta, M.B. & Mourgues, A. 2009. Ammonoideos y bioestratigrafía del límite Hauteriviano-Barremiano en las cuencas andina argentino-chilena. 12º Congreso Geológico Chileno, Actas en CD Rom. Santiago de Chile.
- Aguirre Urreta, M.B. & Rawson, P.F. 1993. The Lower Cretaceous Ammonite *Paraspiticeras* from Neuquén basin, west-central Argentina. *Neues Jahrbuch Geologie Paläontologie, Abhandlungen* 188: 51-69.
- Aguirre Urreta, M.B. & Rawson, P.F. 1996. *Oosterella* (Ammonoidea, Early Cretaceous) from the Neuquén Basin, Argentina. *Neues Jahrbuch Geologie und Paläontologie, Monatshefte* H.8: 453-460.
- Aguirre Urreta, M.B. & Rawson, P.F. 1997. The ammonite sequence in the Agrio Formation (Lower Cretaceous), Neuquén Basin, Argentina. *Geological Magazine* 134: 449-458.
- Aguirre Urreta, M.B. & Rawson, P.F. 1998a. The Early Cretaceous (Valanginian) ammonite *Chancatuceras* gen. nov., a link between the Neuquén and Austral basins. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 53: 354-364.
- Aguirre Urreta, M.B. & Rawson, P.F. 1998b. *Oscostephanid* ammonoids (Valanginian-Hauterivian) from the Neuquén Basin. 7º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, Actas pp. 87. Bahía Blanca.
- Aguirre Urreta, M.B. & Rawson, P.F. 2001. Lower Cretaceous ammonites from the Neuquén Basin, Argentina: a Hauterivian *Olcostephanus* fauna. *Cretaceous Research* 22: 763-778.
- Aguirre Urreta, M.B., Concheyro, A., Lorenzo, M., Ottone, E.G. & Rawson, P.F. 1999. Advances in the biostratigraphy of the Agrio Formation (Lower Cretaceous) of the Neuquén Basin, Argentina: ammonites, palynomorphs and calcareous nannofossils. *Palaeogeography, Palaeoecology and Palaeoclimatology* 150: 33-47.
- Aguirre Urreta, M.B., Rawson, P.F., Concheyro, G.A., Bown, P.B. & Ottone, E.G. 2005. Lower Cretaceous biostratigraphy of the Neuquén Basin. En: Veiga, G.D., Spalletti, L.A., Howell, J.A. & Schwarz, E. (Eds.): *The Neuquén Basin: a Case Study in Sequence Stratigraphy and Basin Dynamics*. Geological Society Special Publication 252: 57-81. Londres.

- Aguirre Urreta, M.B., Amaro Mourgues, F., Rawson, P.F., Bulot, L.G. & Jaillard, E. 2007. The Lower Cretaceous Chañarcillo and Neuquén Andean basins: ammonoid biostratigraphy and correlations. *Geological Journal* 42: 143-173.
- Aguirre Urreta, M.B.; Pazos, P.J.; Lazo, D.G.; Fanning, C.M. & Litvak, V.D. 2008a. First U–Pb SHRIMP age of the Hauterivian stage, Neuquén Basin, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 26: 91-99.
- Aguirre Urreta, M.B., Price, G.D., Ruffell, A.H., Lazo, D.G., Kalin, R.M. Ogle, N. & Rawson, P.F. 2008b. Southern Hemisphere Early Cretaceous (Valanginian-Early Barremian) carbon and oxygen isotope curves from the Neuquén Basin, Argentina. *Cretaceous Research* 29: 87-99.
- Angelozzi, G. 1991. Asociaciones de nanocónidos de la Formación Agrio, Cuenca Neuquina, Argentina. *Ameghiniana* 28: 259-265.
- Archuby, F. 2009. Taphonomy and palaeoecology of benthic macroinvertebrates from the Agua de la Mula Member of the Agrio Formation, Neuquén Basin (Neuquén province, Argentina): sequence stratigraphic significance. Ph. D. Thesis Institut für Paläontologie. Philosophische Fakultät, Würzburg Universität (inédito).
- Bown, P.R. & Concheyro, A. 2004. Lower Cretaceous calcareous nannoplankton from the Neuquén Basin, Argentina. *Marine Micropaleontology* 52: 51-84.
- Braccini, I.O. 1970. Rasgos tectónicos de las acumulaciones mesozoicas en las provincias de Mendoza y Neuquén, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 25: 275-282.
- Cichowolski, M. 2002. Revisión sistemática de los nautiloideos del Cretácico Inferior de la Cuenca Neuquina. 15º Congreso Geológico Argentino, Actas 513-517. El Calafate.
- Concheyro, A. & Sagasti, G. 1999. Lower Cretaceous calcareous nannofossils of Agrio Formation, Mendoza Province, Argentina. 5º Simposio Cretáceo do Brasil 1º Simposio Cretácico de América del Sur Bolentín UNESP: 359-365. Río Claro.
- Concheyro, A., Lescano, M., Caramés, A. & Ballent, S. 2009. Micropaleontología de la Formación Agrio (Cretácico Inferior) en distintos sectores de la Cuenca Neuquina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 65: 342-361.
- De Ferrariis, C. 1968. El Cretácico del Norte de la Patagonia. 3º Jornadas Geológicas Argentinas, Actas 1: 121-144. Buenos Aires.
- Di Paola, E.C. 1972. Correlación litoestratigráfica de sedimentitas cretácicas entre el Cerro China Muerta (provincia de Neuquén) y Bajo de Ortiz (provincia de Río Negro). *Revista de la Asociación Argentina de Mineralogía, Petrología y Sedimentología* 3: 53-62.
- Digregorio, J.H. 1972. Neuquén. En: Leanza, A.F. (Ed.): *Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba 439-506. Córdoba.
- Digregorio, J.H. 1978. Estratigrafía de las acumulaciones mesozoicas. En: *Relatorio Geología y Recursos Naturales del Neuquén*, 7º Congreso Geológico Argentino, Actas 37-65. Buenos Aires.
- Digregorio, J.H. & Uliana, M.A. 1980. Cuenca Neuquina. En: Turner, J.C.M. (Ed.): *Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias, vol. 2: 985-1032. Córdoba.
- Gerth, H. 1925. La Fauna Neocomiana de la Cordillera Argentina, en la parte meridional de la provincia de Mendoza. *Actas de la Academia Nacional de Ciencias* 9 (2): 57-132. Córdoba.
- Groeber, P. 1929. Líneas fundamentales de la geología del Neuquén, sur de Mendoza y regiones adyacentes. Dirección general de Minería, Geología e Hidrología. *Boletín* 58: 1-109. Buenos Aires.
- Groeber, P. 1946. Observaciones a lo largo del meridiano 70°. *Asociación Geológica Argentina, Reimpresiones* 1: 1-174 (1980). Buenos Aires.
- Howell, J.A., Schwarz, E., Spalletti, L.A. & Veiga, G.D. 2005. The Neuquén Basin: an overview. En: Veiga, G.D., Spalletti, L.A., Howell, J.A. & Schwarz, E. (Eds.): *The Neuquén Basin: a Case Study in Sequence Stratigraphy and Basin Dynamics*. Geological Society Special Publication 252: 1-14. Londres.
- International Commission on Stratigraphy, 2009. International Stratigraphic Chart. <http://www.stratigraphy.org/upload/ISChart2009.pdf>
- Lazo, D.G. 2004. Análisis de concentraciones fósiles del Cretácico Inferior de la Cuenca Neuquina. Tesis Doctoral (inédita), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.
- Lazo, D.G. 2006. Análisis tafonómico e inferencia del grado de mezcla temporal y espacial de la macrofauna del Miembro Pilmatué de la Formación Agrio, Cretácico Inferior de Cuenca Neuquina, Argentina. *Ameghiniana* 43: 311-326.
- Lazo, D.G. 2007a. Early Cretaceous bivalves of the Neuquén Basin, west-central Argentina: notes on taxonomy, palaeobiogeography and palaeoecology. *Geological Journal* 42: 127-142.
- Lazo, D.G. 2007b. Análisis de biofacies y cambios relativos del nivel del mar en el Miembro Pilmatué de la Formación Agrio, Cretácico Inferior de cuenca Neuquina, Argentina. *Ameghiniana* 44: 73-89.
- Lazo, D.G., Cichowolski, M., Rodríguez, D.L. & Aguirre Urreta, M.B. 2005. Lithofacies, palaeoecology and palaeoenvironments of the Agrio Formation, Lower Cretaceous of the Neuquén Basin, Argentina. En: Veiga, G.D., Spalletti, L.A., Howell, J.A. & Schwarz, E. (Eds.): *The Neuquén Basin: a Case Study in Sequence Stratigraphy and Basin Dynamics*. Geological Society Special Publication 252: 295-315. Londres.
- Lazo, D.G., Concheyro, A., Ottone, E.G., Guler, M.V. & Aguirre Urreta, M.B. 2009. Bioestratigrafía integrada de la Formación Agrio en su localidad tipo, Cretácico Temprano de la Cuenca Neuquina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 65: 322-341.
- Leanza, A.F. 1957. Acerca de la existencia de *Simbirskites* en el Neocomiano argentino. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 12: 5-17.
- Leanza, H.A. 2005. Las principales discordancias del Jurásico superior y el Cretácico de la Cuenca Neuquina. *Anales Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 57: 147-155.
- Leanza, H.A. 2009. Las principales discordancias del Mesozoico de la Cuenca Neuquina según observaciones de superficie. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales (nueva serie)* 11: 145-184.
- Leanza, H.A. & Garate, J.I. 1987. Faunas de Trigonía (Bivalvia) del Jurásico y Cretácico inferior del Neuquén, Argentina, conservadas en el Museo Juan Olsacher de Zapala. En: Volkheimer, W. (Ed.): *Bioestratigrafía de los Sistemas Regionales del Jurásico y Cretácico de América del Sur* 1: 201-255. Mendoza.
- Leanza, H.A. & Hugo, C.A. 1995. Revisión estratigráfica del Cretácico inferior continental en el ámbito sudoriental de la Cuenca Neuquina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 50: 30-32.
- Leanza, H.A. & Hugo, C.A. 1997. Hoja Geológica 3969 – III Picún Leufú. Provincias del Neuquén y Río Negro. Servicio Geológico Minero Argentino, *Boletín* 218, 135 pp. Buenos Aires.



- Leanza, H.A. & Wiedmann, J. 1980. Ammoniten des Valangin und Hauterive (Unterkreide) von Neuquén und Mendoza, Argentinien. *Eclogae Geologicae Helvetiae* 73: 941-981.
- Leanza, H.A. & Wiedmann, J. 1992. Nuevos Holodiscidae (Cephalopoda, Ammonoidea) del Barremiano de la Cuenca Neuquina, Argentina y su significado estratigráfico secuencial. *Neues Jahrbuch Geologie und Paläontologie, Monatshefte* 1: 24-38.
- Leanza, H.A., Hugo, C.A. & Repol, D. 2001 (=2005). Hoja Geológica 3969-I, Zapala, provincia del Neuquén. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 275, 128 pp. Buenos Aires.
- Leanza, H.A., Apesteguía, S., Novas, F.E. & de la Fuente, M.S. 2004. Cretaceous terrestrial beds from the Neuquén Basin (Argentina) and their tetrapod assemblages. *Cretaceous Research* 25: 61-87.
- Leanza, H.A., Repol, D., Fauqué, L.E. & Zanettini, J.C.M. 2006. Hoja Geológica 3769-31, Chorríaca, provincia del Neuquén. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 354, 95 pp. Buenos Aires.
- Legarreta, L. & Gulisano, C.A. 1989. Análisis estratigráfico secuencial de la Cuenca Neuquina (Triásico superior-Terciario inferior). En: Chebli, G. & Spalletti, L.A. (Eds.): *Cuencas Sedimentarias Argentinas. Serie Correlación Geológica* 6: 221-243.
- Legarreta, L. & Uliana, M.A. 1991. Jurassic-Cretaceous marine oscillations and geometry of backarc basin fill, Central Argentine Andes. En: Macdonald, D.I. (Ed.): *Sedimentation, Tectonics and Eustasy. Sea level Changes at Active Plate Margins*. IAS Special Publications 12: 429-450. Oxford.
- Legarreta, L. & Uliana, M.A. 1996. The Jurassic succession in west-central Argentina: stratal patterns, sequences and paleogeographic evolution. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 120: 303-330.
- Legarreta, L. & Uliana, M.A. 1999. El Jurásico y Cretácico de la Cordillera Principal y la Cuenca Neuquina. 1. Facies sedimentarias. En: Caminos, R. (Ed.): *Geología Argentina*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 29: 399-416. Buenos Aires.
- Manceñido, M.O. & Damborenea, S.E. 1984. Megafauna de invertebrados paleozoicos y mesozoicos. *Relatorio Geología y Recursos Naturales Provincia de Río Negro*, 9º Congreso Geológico Argentino 2: 413-465.
- Marchese, H.G. 1971. Litoestratigrafía y variaciones faciales de las sedimentitas mesozoicas de la Cuenca Neuquina, Prov. de Neuquén, Rep. Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 26: 343-410.
- Mitchum, R.M. & Uliana, M.A. 1985. Seismic stratigraphy of carbonate depositional sequences, Upper Jurassic-Lower Cretaceous, Neuquén Basin, Argentina. En: Berg, O. & Woolverton, D. (Eds.): *Seismic Stratigraphy, II: an Integrated Approach to Hydrocarbon Exploration*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 39: 255-274. Tulsa.
- Musacchio, E.A. 1970. Ostrácocos de las superfamilias Cytheracea y Darwinulacea de la Formación La Amarga (Cretácico inferior), provincia del Neuquén, Argentina. *Ameghiniana* 7: 301-316.
- Musacchio, E.A. 1971. Charophytas de la Formación La Amarga (Cretácico inferior), provincia del Neuquén, Argentina. *Revista Museo de La Plata, nueva serie, Paleontología* 6 (37): 19-36.
- Musacchio, E.A. 1978. Microfauna del Jurásico y Cretácico inferior. En: *Relatorio Geología y Recursos Naturales del Neuquén*, 7º Congreso Geológico Argentino, Actas 147-161. Buenos Aires.
- Musacchio, E.A. 1993. Use of global time scale in correlating nonmarine Cretaceous rocks in southern South America. *Cretaceous Research* 14: 113-126.
- Ottone, E.G. 1996. Early Cretaceous *Scenedesmus* from Argentina. *Ameghiniana* 33: 457-458.
- Pángaro F., Veiga, R. & Vergani, G. 2002. Evolución tecto-sedimentaria del área de Cerro Bandera, Cuenca Neuquina, Argentina. 5º Congreso Argentino de Exploración de Hidrocarburos, 15 pp. Actas en CD. Mar del Plata.
- Peralta, P.I. & Volkheimer, W. 1997. Paleoenvironmental aspects of the Lower Cretaceous Agrio Formation, inferred by dinocyst assemblages, Neuquén Basin, Argentina. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen* 204: 19-33.
- Peralta, P.I. & Volkheimer, W. 2000. Early Cretaceous sea level variations and changes in dinocyst assemblages and organic matter in the Neuquén Basin, western Argentina. *Neuquén Basin, Argentina. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte* 10 (4): 613-631.
- Prámparo, M.B. & Volkheimer, W. 1996. Datos palinológicos de la Formación Agrio, Cretácico Inferior en el Cerro de la Parva, Neuquén, Argentina. 13º Congreso Geológico Argentino y 3º Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 5: 69-73.
- Prámparo, M.B., Volkheimer, W. & Mostajo, E. 1995. Calcareous nannofossils and palynomorphs from Valanginian and Hauterivian (Lower Cretaceous) strata of Cerro de la Parva, central-western Neuquén, Argentina. *Journal of Nannoplankton Research* 17: 81.
- Rawson, P.F. 2007. Global relationships of Argentine (Neuquén Basin) Early Cretaceous ammonite faunas. *Geological Journal* 42: 175-183.
- Rolleri, E., Manceñido, M.O. & Dellapé, D. 1984. Relaciones estratigráficas y correlación de la Formación Ortiz en el sur de la Cuenca Neuquina. 9º Congreso Geológico Argentino Actas 1: 489-523. Buenos Aires.
- Sagasti, G. 2000. La sucesión rítmica de la Formación Agrio (Cretácico inferior) en el sur de la provincia de Mendoza, y su posible vinculación con Ciclos de Milankovitch. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 7: 1-22.
- Sagasti, G. 2002. Estudio sedimentológico y de estratigrafía secuencial de las sedimentitas carbonáticas de la Formación Agrio (Cretácico inferior), en el sector surmendocino de la cuenca Neuquina, República Argentina. Tesis Doctoral (inédita), Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.
- Sagasti, G. 2005. Hemipelagic record of orbitally-induced dilution cycles in Lower Cretaceous sediments of the Neuquén Basin. En: Veiga, G.D., Spalletti, L.A., Howell, J.A. & Schwarz, E. (Eds.): *The Neuquén Basin: a Case Study in Sequence Stratigraphy and Basin Dynamics*. Geological Society Special Publication 252: 231-250. Londres.
- Schwarz, E. & Howell, J. 2005. Sedimentary evolution and depositional architecture of a lowstand sequence set: the Lower Cretaceous Mulichinco Formation, Neuquén Basin, Argentina. En: Veiga, G.D., Spalletti, L.A., Howell, J.A. & Schwarz, E. (Eds.): *The Neuquén Basin: a Case Study in Sequence Stratigraphy and Basin Dynamics*. Geological Society Special Publication 252: 109-138. Londres.
- Schwarz, E., Veiga, G.D. & Burini, J.L. 2011. Unidades de acumulación arenosas/conglomeráticas en el Miembro Pilmatue (Formación Agrio), sector central de la Cuenca Neuquina: implicancias para la reconstrucción paleogeográfica del mar valanginiano- hauteriviano. 18º Congreso Geológico Argentino (en prensa).

- Spalletti, L. A., Del Valle, A. & Kielbowicz, A. 1990. Análisis cicloestratigráfico del intervalo Hauteriviano superior-Barremiano en el área de Filo Morado, Cuenca Neuquina. 3º Reunión Argentina de Sedimentología, Actas: 253-259. San Juan.
- Spalletti, L.A., Poiré, D.G., Schwarz, E. & Veiga, G.D. 2001a. Sedimentologic and sequence stratigraphic model of a Neocomian marine carbonate siliciclastic ramp: Neuquén Basin, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 14: 609-624.
- Spalletti, L., Poiré, D., Pirrie, D., Matheos, S. & Doyle, P. 2001b. Respuesta sedimentológica a cambios de nivel de base en una secuencia mixta clástica – carbonática del Cretácico de la Cuenca Neuquina, Argentina. *Revista de la Sociedad Geológica de España* 14: 57-74.
- Stipanovic, P. 1969. El avance en los conocimientos del Jurásico Argentino a partir del esquema de Groeber. *Asociación Geológica Argentina Revista* 24: 367-388.
- Stipanovic, P.N., Rodrigo, F., Baulies, O. & Martínez, C.G. 1968. Las formaciones presenonianas del denominado Macizo Nordpatagónico y regiones adyacentes. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 27: 67-98.
- Tunik, M.A., Pazos, P.J., Impicini, A., Lazo, D. & Aguirre Urreta, M.B. 2009. Dolomitized tidal cycles in the Agua de la Mula Member of the Agrio Formation (Lower Cretaceous), Neuquén Basin, Argentina. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 16: 29-43.
- Uliana, M.A. & Legarreta, L. 1993. Hydrocarbons habitat in a Triassic to Cretaceous Sub-Andean setting: Neuquén Basin, Argentina. *Journal of Petroleum Geology* 16: 397-420.
- Veiga, G.D., Spalletti, L.A. & Flint, S. 2002. Aeolian/fluvial interactions and high resolution sequence stratigraphy of a non-marine lowstand wedge: the Avilé Member Of The Agrio Formation (Hauterivian), Central Neuquén Basin, Argentina. *Sedimentology* 49: 1001-1019.
- Veiga, G.D., Howell, J.A. & Strömbäck, A. 2005 Anatomy of a mixed marine/non-marine lowstand wedge in a ramp setting. The record of a Barremian/Aptian complex relative sea-level fall in Central Neuquén Basin, Argentina. En: Veiga, G.D., Spalletti, L.A., Howell, J.A. & Schwarz, E. (Eds.): *The Neuquén Basin: a case study in sequence stratigraphy and basin dynamics*. Geological Society of London, Special Publications, 252: 139-162.
- Veiga, G.D., Spalletti, L.A. & Schwarz, E. 2011. Los depósitos continentales del Miembro Avilé de la Formación Agrio (Hauteriviano). En: Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C. & Vallés, J. (Eds.): *Relatorio Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén*. Este volumen.
- Vergani, G.D., Tankard, A.J., Belotti, H.J. & Welsink, H.J. 1995. Tectonic Evolution and paleogeography of the Neuquén Basin, Argentina. En: Tankard, A.J., Suárez Soruco, R. & Welsink, H.J. (Eds.): *Petroleum Basins of South America*. American Association of Petroleum Geologists Memoir 62: 383-402.
- Vergani, G., Barrionuevo, M., Sosa, H. & Pedrazzini, M. 2001. Análisis estratigráfico secuencial de alta resolución en las formaciones Agrio y Huitrín del Yacimiento Puesto Hernández, Cuenca Neuquina, Argentina. *Boletín de Informaciones Petroleras* 3º época 67: 76-87.
- Volkheimer, W. 1978. Microfloras fósiles. En: *Relatorio Geología y Recursos Naturales del Neuquén*. 7º Congreso Geológico Argentino 193-207. Buenos Aires.
- Volkheimer, W. & Quattrocchio, M.E. 1981. Distribución estratigráfica de los palinomorfos jurásicos y cretácicos de la faja andina y áreas adyacentes de América del Sur austral con especial consideración de la Cuenca Neuquina. En: Volkheimer, W. & Musacchio, E.A. (Eds.): *Cuencas Sedimentarias del Jurásico y Cretácico de América del Sur* 2: 407-444. Buenos Aires.
- Volkheimer, W., Caccavari de Filice, M.A. & Sepúlveda, E. 1977. Datos palinológicos de la Formación Ortiz (Grupo La Amarga), Cretácico Inferior de la Cuenca Neuquina (República Argentina). *Ameghiniana* 14: 59-74.
- Weaver, C.E. 1931. Paleontology of the Jurassic and Cretaceous of West Central Argentina. University of Washington, Memoir 1: 1-469. Seattle.