

## EL MIEMBRO AVILÉ DE LA FORMACIÓN AGRIO (CRETÁCICO TEMPRANO)

Gonzalo D. Veiga<sup>1</sup>, Luis A. Spalletti<sup>1</sup> y Ernesto Schwarz<sup>1</sup>

1. Centro de Investigaciones Geológicas (Universidad Nacional de La Plata – CONICET)  
La Plata, Argentina. veiga@cig.museo.unlp.edu.ar

### RESUMEN

En este capítulo se presentan las principales características de los depósitos continentales del Miembro Avilé de la Formación Agrio. Esta unidad de edad hauteriviana representa un evento regresivo de baja frecuencia que superpone a estos depósitos continentales de forma abrupta sobre facies marinas profundas del Miembro Pilmatué de la Formación Agrio. Este evento regresivo se traduce en el desarrollo de un potente registro vinculado con sistemas de acumulación continental localizado hacia la porción central de la cuenca. El límite superior de la unidad está marcado por un evento transgresivo de orden mayor a partir del cual se restablecen las condiciones marinas en la cuenca con la acumulación del Miembro Agua de la Mula. A partir del análisis de facies y arquitectural detallado se han identificado sucesiones asociadas con sistemas fluviales (entrelazados y de carga mixta), eólicos y lacustres (abiertos e hipersalinos). La distribución de estos sistemas de acumulación en el espacio y a lo largo de la evolución estratigráfica del Miembro Avilé muestra un complejo arreglo que se vincula con cambios laterales y temporales de diversos factores como el clima, la evolución de largo plazo del nivel freático y la disponibilidad de sedimentos.

**Palabras clave:** Sistemas Fluviales, Sistemas Eólicos, Sistemas Lacustres, Formación Agrio, Miembro Avilé, Hauteriviano, Cuenca Neuquina

### ABSTRACT

*The Avilé Member of the Agrio Formation (Early Cretaceous).* - The main characteristics of the non-marine deposits of the Avilé Member of the Agrio Formation are presented in this chapter. This Hauterivian unit represents a low-order regressive event that accumulates non-marine deposits directly on top of deep-marine shales of the Pilmatué Member of the Agrio Formation. In response to this regressive event, a thick record of non-marine depositional systems is accumulated in the central part of the basin. The upper boundary of this unit is marked by a low-order transgressive event that re-establishes deep-marine accumulation of the Agua de la Mula Member of the Agrio Formation. Facies and architectural analysis allowed the identification of fluvial (braided and mixed-load high sinuosity), aeolian and lacustrine (hypersaline and open) systems. The distribution of these depositional systems in space and time during the accumulation of the Avilé Member reflects a complex array related to lateral and temporal changes in external forcing factors as climate, long-term water-table evolution and sediment availability.

**Key words:** Fluvial Systems, Aeolian Systems, Lacustrine Systems, Agrio Formation, Avilé Member, Hauterivian, Neuquén Basin

### INTRODUCCIÓN

El Miembro Avilé de la Formación Agrio es una unidad silicoclástica compuesta principalmente por depósitos arenosos (también denominada «Arenisca Avilé») que se encuentra representada con una amplia distribución en el sector central de la Cuenca Neuquina (norte del Neuquén y sur de Mendoza) (Fig. 1). Se trata de una unidad de edad hauteriviana de origen continental, caracterizada por la acumulación de depósitos fluviales, eólicos y lacustres. Su espesor varía considerablemente, desde pocos metros en el sur (cerca de su borde deposicional) hasta más de 180 m en los afloramientos más septentrionales. Se apoya con un contacto neto sobre depósitos marinos profundos del Mb. Pilmatué (inferior) de la Fm. Agrio, a través de una superficie que localmente puede presentar evidencias de incisión. El contacto superior del Mb. Avilé con los depósitos marinos profundos del Mb. Agua de la Mula (superior) de la Fm. Agrio es también neto y abrupto. En términos de la evolución neocomiana de la cuenca, el Mb. Avilé (al igual que otras unidades como la Fm. Mulichinco y el Mb. Troncoso Inferior de la Fm. Huitrín) constituye una unidad acumulada durante un estadio de mar bajo y se relaciona con un descenso relativo del nivel del mar de baja fre-

cuencia (2º orden). El Mb. Avilé resulta una unidad de gran interés en la Cuenca Neuquina, no sólo por su significado en la evolución neocomiana de la cuenca, sino también por constituir un excelente reservorio de hidrocarburos en el subsuelo del norte de Neuquén. En este capítulo se intenta realizar una síntesis de esta unidad en términos de sus características litológicas, los sistemas de acumulación presentes, así como su distribución, evolución y principales controles sobre su desarrollo.

### ANTECEDENTES

Las primeras referencias a la existencia de un intervalo arenoso de origen continental dentro de las facies de pelitas negras de la Fm. Agrio corresponden a Weaver (1931) quien destacó su amplia distribución y reducido espesor en comparación con las facies marinas de esa unidad, adoptando el nombre de «Avilé sandstone». De acuerdo con Leanza *et al.* (2001) su nombre podría derivar «del hoy inexistente puesto Avilé, posiblemente situado en la comarca de la estancia Coihueco, ubicada al oeste de la ruta nacional 40 al sur de Chorriaca, donde esta unidad está excelentemente expuesta».

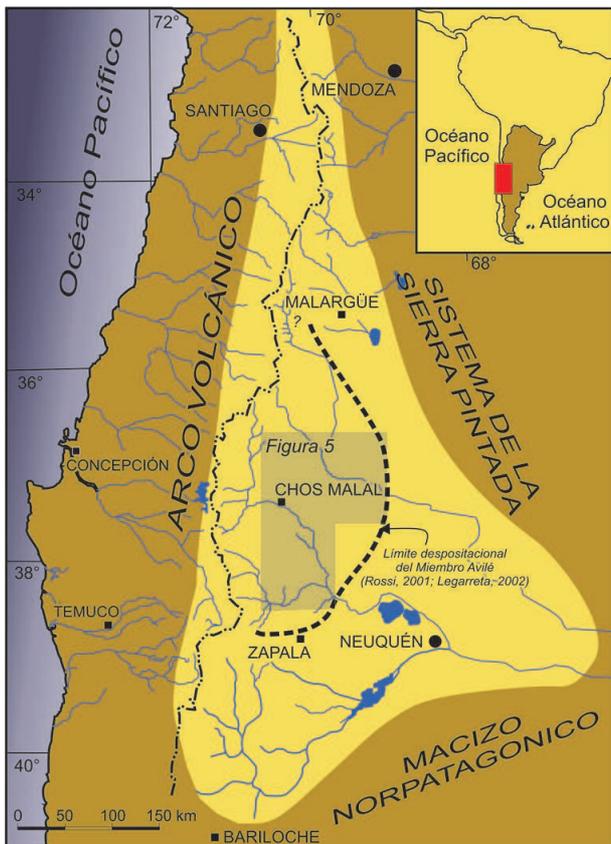


Figura 1. Mapa de ubicación de la Cuenca Neuquina mostrando la distribución localizada hacia el interior de la cuenca de los depósitos del Mb. Avilé. Se muestra también la ubicación de la Fig. 5.

Si bien esta unidad ha sido vinculada desde su definición con un evento regresivo de magnitud, durante mucho tiempo sólo se la consideró dentro de esquemas estratigráficos más generales para el Grupo Mendoza (Leanza *et al.* 1977; Digregorio 1978). Durante esta etapa son muy escasos los estudios enfocados al Mb. Avilé y en especial en lo que respecta a los aspectos sedimentológicos de la unidad (Uliana *et al.* 1977; Mendiberti 1985; Gulisano & Gutiérrez Pleimling 1988). Es recién hacia fines de la década del '80 que, con el advenimiento de los estudios estratigráficos secuenciales, esta unidad cobra importancia como un evento de mar bajo (Legarreta & Gulisano 1989). A partir de allí, en sucesivos estudios estratigráficos secuenciales del relleno de la Cuenca Neuquina no dejó de mencionarse su importancia como una unidad continental acumulada a partir de sistemas fluviales y eólicos producto de una regresión forzada de gran magnitud (Legarreta & Uliana 1991; Ryer 1991; Legarreta & Uliana 1999). Veiga & Vergani (1993) realizan el primer estudio de detalle del Mb. Avilé combinando información de afloramientos y de subsuelo, y en el que aportan información básica no sólo desde el punto de vista de su evolución secuencial sino también de los sistemas depositacionales que lo componen. Mutti *et al.* (1994), por su parte, destacan las relaciones tanto de base como en el tope a facies marinas acumuladas en ambientes profundos y sugieren que las mismas se deben a una completa desecación de la cuenca y a una inundación posterior catastrófica, comparando a este evento regresivo con lo ocurrido durante el Messiniano para la cuenca del Mar Mediterráneo.

Posteriormente, varios autores adhieren a esta hipótesis y consideran que varios de los eventos regresivos presentes en la cuenca, incluido el del Hauteriviano responsable de la acumulación del Mb. Avilé, se corresponden con eventos de desecación total de la cuenca (Legarreta 2002).

Hacia principios de este siglo, varios autores encararon un estudio pormenorizado del Mb. Avilé en todo el ámbito de la Cuenca Neuquina. Rossi (2001), a partir de su trabajo de tesis doctoral, propone cuatro sistemas de acumulación para el Mb. Avilé, a los que interpretó como fluvial efímero, lacustre marginal, playa lacustre y eólico. Este autor sugiere para la unidad un modelo de deposición de abanico terminal flanqueado por un sistema lacustre semipermanente y un ambiente eólico (Rossi 2001; Rossi & Masarik 2002). Por su parte, Veiga *et al.* (2001, 2002, 2007) analizan las características de los sistemas de acumulación presentes así como su evolución dentro de un esquema secuencial de alta resolución.

Varios autores han destacado la importancia del Mb. Avilé como reservorio de hidrocarburos dentro del sistema petrolero Agrio del Hauteriviano-Barremiano (Gulisano *et al.* 2001; Rossi & Masarik 2002), fundamentalmente debido a las muy buenas propiedades que presentan las facies de origen eólico (Rossi & Masarik 2002; Valenzuela 2002). Particularmente, el Mb. Avilé de la Fm. Agrio constituye un excelente reservorio, especialmente en el sector norte de la provincia de Neuquén en yacimientos como Puesto Hernández, Chihuido de la Sierra Negra, Lomita, El Trapial y Filo Morado (Fig. 5), entre otros, y varios autores han definido las características de detalle de esta unidad para casos particulares del subsuelo, lo que ha dado lugar a numerosos informes inéditos entre otras contribuciones (Veiga & Vergani 1993; Rossi & Masarik 2002).

## EDAD Y RELACIONES ESTRATIGRÁFICAS

Las relaciones estratigráficas del Mb. Avilé de la Fm. Agrio resultan bastante sencillas ya que su posición dentro de la potente sucesión de lutitas y margas oscuras de la Fm. Agrio ha sido un elemento destacado desde las primeras descripciones de esta unidad. El contacto basal del Mb. Avilé es siempre neto, por encima de facies marinas profundas del Mb. Pilmatué (Mb. Inferior de la Fm. Agrio) (Fig. 2). Este contacto es abrupto, mostrando un cambio marcado a facies continentales y, muy frecuentemente, de mayor granulometría. Desde el punto de vista de la evolución de la cuenca, este contacto basal muestra un evento regresivo de gran magnitud, el que puede ser correlacionado con un límite de secuencia de baja frecuencia. Localmente, este contacto basal puede mostrar evidencias de incisión, aunque en general el relieve es menor. Hacia el este de la Cuenca, en el subsuelo del norte de Neuquén, Veiga & Vergani (1993) registran la presencia de valles incididos en los depósitos del Mb. Pilmatué asociados con este evento de descenso relativo del nivel del mar. El contacto superior del Mb. Avilé es también abrupto y está marcado por el pasaje desde facies arenosas o pelíticas continentales a margas y lutitas oscuras de la base del Mb. Agua de la Mula de la Fm. Agrio (Fig. 2). Este cambio de facies marcado se observa a lo largo de grandes distancias e indica un evento transgresivo.

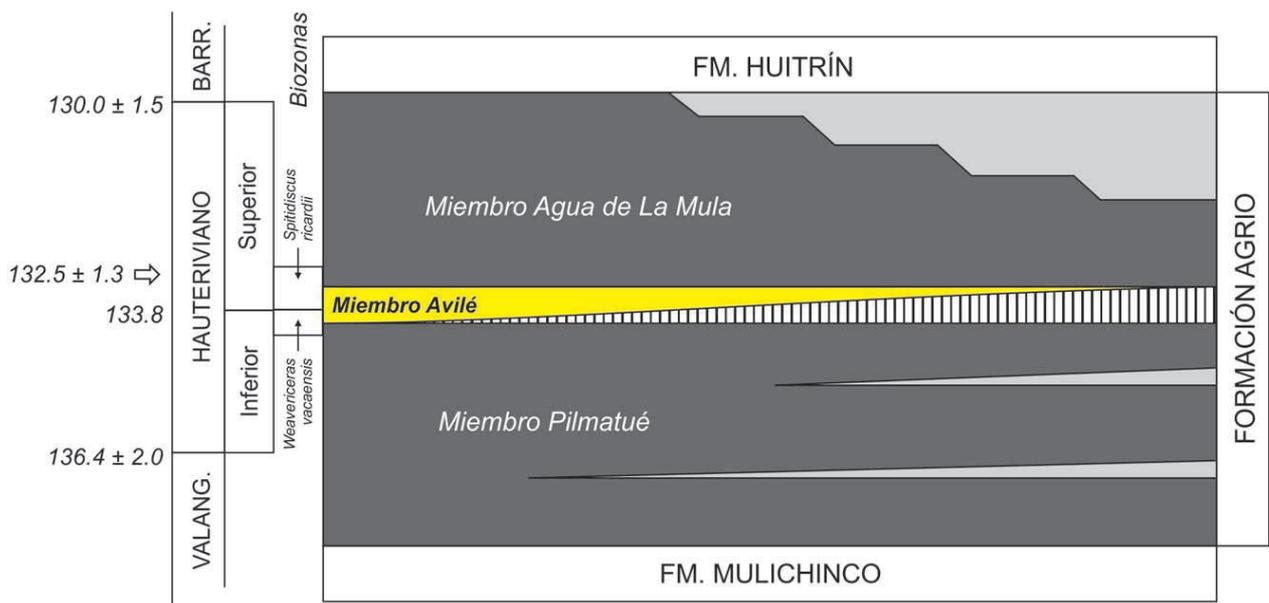


Figura 2. Marco cronoestratigráfico de acumulación del Mb. Avilé de la Fm. Agrio. Los límites temporales del Hauteriviano tomados de Ogg *et al.* (2004) y las biozonas de amonites de Aguirre Urreta *et al.* (2008). La flecha indica la edad absoluta obtenida por Aguirre Urreta *et al.* (2008).

vo de magnitud, que restituyó las condiciones de acumulación marinas en vastos sectores de la Cuenca Neuquina. Al igual que el límite de secuencia basal del Mb. Avilé, esta superficie transgresiva se desarrolla a partir de un evento de baja frecuencia. El cambio abrupto de facies y la ausencia de una transición entre las facies continentales y marinas relativamente profundas fue interpretado por Mutti *et al.* (1994) como consecuencia de una inundación catastrófica debido al restablecimiento de la conexión entre el océano proto-Pacífico y la Cuenca Neuquina.

En cuanto a la edad del Mb. Avilé, no se han encontrado hasta la fecha elementos que puedan proveer una edad propia para estos depósitos. Sólo se han recuperado de esta unidad palinomorfos de origen continental (Prámparo & Volkheimer 1999), aunque Veiga & Vergani (1993) sugieren sobre la base de información bioestratigráfica inédita (Angelozzi 1986) la presencia de nanofósiles calcáreos de posible origen marino pero sin valor estratigráfico preciso. Por lo tanto, su edad está determinada por la excelente zonación bioestratigráfica que ha sido establecida para las secuencias del Neocomiano de la Cuenca Neuquina sobre la base de las ricas faunas de amonites presentes y su combinación con nanoplancton calcáreo y palinomorfos (Aguirre Urreta & Rawson, 1997; Aguirre Urreta *et al.* 2005). En este sentido, los depósitos del Mb. Avilé apoyan en toda la cuenca por encima de depósitos portadores de faunas pertenecientes a la Zona de *Weavericeras vaccaense* del Hauteriviano Temprano más alto, mientras que los depósitos de la parte inferior del Mb. Agua de la Mula corresponden a la Zona de *Spitidiscus ricardii* del Hauteriviano Tardío más bajo (Fig. 2). Recientemente, Aguirre Urreta *et al.* (2008) obtuvieron una edad absoluta (U-Pb SHRIMP) de un nivel de tobas intercalado en las lutitas negras de la base del Mb. Agua de la Mula (7 m por encima del contacto con el Mb. Avilé) de  $132,5 \pm 1,3$  Ma. De esta forma, y de acuerdo con la duración estimada para las zonas de amonites de la Cuenca Neuquina, la edad máxima de acumulación del Mb. Avilé se extendería entre el Hauteriviano inferior más alto y el Hauteriviano

superior más bajo, con una duración estimada en el orden de 1 a 2 Ma (Aguirre Urreta *et al.* 2008) (Fig. 2).

### FACIES Y AMBIENTES DE ACUMULACIÓN

El estudio detallado de los depósitos del Mb. Avilé, a partir de la definición de facies y asociaciones de facies, sumado al análisis arquitectural de los cuerpos de roca presentes ha permitido la identificación de cinco sistemas de depositación para la unidad, vinculados con un contexto de acumulación continental. Los mismos incluyen sistemas fluviales entrelazados arenosos y meandrosos de carga mixta, sistemas eólicos, y lacustres tanto abiertos como hipersalinos (hasta sistemas efímeros distales). Las principales características de estas asociaciones son descriptas a continuación, principalmente sobre la base de lo analizado por Veiga *et al.* (2002, 2007).

#### Sistema Fluvial Entrelazado Arenoso

Este sistema está caracterizado por cuerpos de areniscas de hasta 10 m de espesor limitados en su base por superficies erosivas (Fig. 3A). La geometría de estos cuerpos es tabular, con una continuidad lateral que excede ampliamente los centenares de metros. Cada uno de estos conjuntos está constituido por una amalgamación de estratos lenticulares de hasta 3 m de potencia, los que muestran superficies de contacto cóncavas y erosionales. Internamente, cada uno de los estratos de areniscas está generalmente formado por capas entrecruzadas en artesa de gran escala, en sets que alcanzan hasta 1 m de espesor (Fig. 3B). Aparecen, además, capas con estratificación interna horizontal y lineación parting, depósitos algo más finos con laminación ondulítica y estructuras de deformación sinsedimentaria. Estos depósitos representan el desarrollo de canales fluviales con transporte y depositación de carga traccional esencialmente como macroformas tridimensionales arenosas con dominio de acreción frontal. La amalgamación lateral de cuerpos lenticulares su-

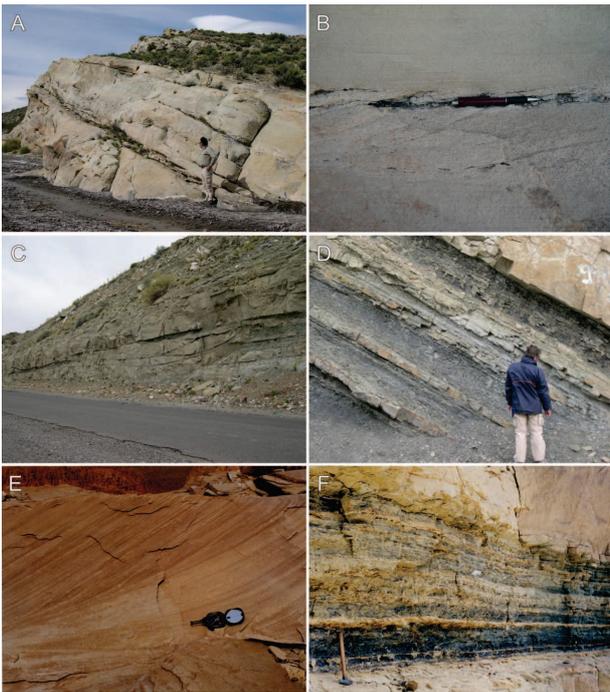


Figura 3: Principales características de los depósitos fluviales y eólicos del Mb. Avilé. A) Amalgamación de estratos de areniscas lenticulares correspondientes a sistemas de canales inestables con alto dominio de depositación de carga de lecho. B) Areniscas con estratificación entrecruzada en artesa con concentración de intraclastos pelíticos en la base de los cuerpos. C) Depósitos de canal donde se aprecia su relación lateral con las facies finas de planicie de inundación. D) Aspecto de las sucesiones de grano fino correspondientes a las planicies de inundación del sistema fluvial de carga mixta. E) Laminación trasluciente subcrítica en depósitos de dunas eólicas. F) Depósitos finos (heterolíticos y fangolitas) con grietas de desecación acumulados a partir de mantos de escurrimiento distales.

giere que se trataba de canales múltiples poco profundos y altamente móviles, desprovistos de bancos cohesivos. Por su parte, el desarrollo multiepisódico en sentido vertical indica que se han generado en períodos con importante aporte de material clástico y escasa agradación de la planicie aluvial, bajo condiciones de baja acomodación.

### Sistema Fluvial Meandroso

Este sistema está caracterizado por la alternancia de cuerpos arenosos lenticulares de canales de variada geometría que intercalan con facies pelíticas y heterolíticas asociadas con eventos de desbordamiento en una planicie de inundación. Los depósitos de canal se presentan como cuerpos lenticulares de hasta 3 m de potencia, constituidos por areniscas medianas y gruesas a las que se asocian niveles ricos en intraclastos pelíticos (Fig. 3C). Estos cuerpos aparecen intercalados entre depósitos de grano fino en una proporción muy variable. Su superficie basal es erosiva y su tope es usualmente neto y plano, aunque en ocasiones se identifica una interdigitación con facies finas de planicie de inundación. Los cuerpos de areniscas desarrollan superficies inclinadas de gran escala orientadas oblicuamente al eje del canal que se atribuyen a procesos de acreción lateral producto de la migración lateral de canales relativamente sinuosos. En ocasiones, sin embargo, los canales pueden presentar escasa continuidad lateral (menor a 20 m) y una organización

interna compleja en la que amalgaman sucesivos canales individuales.

Los depósitos asignados a planicies de inundación de estos sistemas están dominados por sedimentitas pelíticas (esencialmente fangolitas masivas o laminadas producidas a partir de la decantación de suspensiones ácuas) y areniscas de grano muy fino y fino generadas por corrientes de bajo régimen de flujo (Fig. 3D). El atributo más destacado de estos depósitos es la masividad, aunque son comunes las superficies bioturbadas por raicillas y las grietas de desecación. Intercalan entre las facies pelíticas materiales más gruesos (areniscas gruesas a finas) acumulados a partir de corrientes traccionales. Éstos pueden constituir capas delgadas asociadas a crecidas individuales, o bien sucesiones granocrecientes de escala decimétrica en las que se pasa transicionalmente desde sedimentos finos a capas de areniscas masivas o laminadas y que se consideran el registro de lóbulos de desbordamiento. Asociados a estas secuencias es común encontrar cuerpos lenticulares de pequeña escala (0,3 a 1 m) que pueden ser masivos (bioturbados) o mostrar estructura entrecruzada en artesa de pequeña escala, laminación de bajo ángulo o laminación ondulítica de corrientes. Por sus características y su típica aparición en estrecha relación con sucesiones de grano fino se interpreta a estos cuerpos como el relleno de canales de desbordamiento generados durante crecidas episódicas del sistema fluvial. También pueden aparecer cuerpos arenosos de mayores dimensiones (hasta 5 m) con una geometría en forma de cuña, con su base erosional plana y subhorizontal, y su límite superior con importante inclinación. Están compuestos por areniscas medianas a gruesas, bien seleccionadas aunque con intraclastos pelíticos, que muestran internamente el desarrollo de un único set con estructuras de capa plana y entrecruzada de bajo ángulo. Sus importantes dimensiones y sus caracteres faciales y arquitecturales permiten interpretarlos como barras subácuas inducidas por crecidas excepcionales hacia la desembocadura de los canales troncales de los sistemas fluviales en ambientes lacustres más permanentes.

En síntesis, la geometría lenticular de los litosomas de areniscas, su arreglo interno de facies y la existencia de tramos dominados por materiales finos producto de eventos de desbordamiento ponen en evidencia el desarrollo de sistemas fluviales de carga mixta y relativamente alta sinuosidad. Se reconocen típicas secuencias positivas de rellenos de canales principales del sistema con pasajes laterales y verticales a sucesiones heterolíticas y pelíticas atribuibles a planicie de inundación.

### Sistema Eólico

Entre los depósitos eólicos del Mb. Avilé se reconocen tres principales asociaciones de facies que corresponden a un sistema de acumulación eólica y su interacción con un sistema fluvial distal. Se trata de depósitos de dunas eólicas, de mantos de arena eólicos y crecidas fluviales distales. Los depósitos de dunas eólicas están constituidos por areniscas de grano fino hasta mediano, bien seleccionadas y con segregación bimodal, que se presentan en cuerpos tabulares a cuneiformes de centenas de metros de desarrollo lateral y con espesores entre 1 y más de 10 m (Fig. 3E). Internamente se caracterizan por sets entrecruzados tangenciales de gran escala (más de 2 m),

en cuya porción inferior (capas frontales tangenciales) se reconocen láminas cuneiformes de granulometría algo más gruesa asociadas con procesos de flujo de granos y masivas que representan caída de granos. Son también comunes las intercalaciones de capas horizontales de areniscas bimodales formadas por escalonamiento de óndulas eólicas. Internamente los cuerpos entrecruzados pueden estar limitados por superficies de reactivación que definen *sets* que exhiben ligeros cambios en la orientación de las capas frontales.

Las facies atribuidas a mantos de arena eólica son también de psamitas finas a medianas. En este caso muestran laminación horizontal y capas con laminación marcadamente bimodal que se consideran el producto de la migración de óndulas eólicas. Aparecen como cuerpos de geometría tabular, de decenas de metros de desarrollo lateral y espesores entre 1 y 2 m, con sus límites inferior y superior horizontales y netos. Estos depósitos podrían representar a los procesos de acumulación eólica generados durante períodos de reducida disponibilidad de sedimentos producto de un nivel freático relativamente superficial.

Vale destacar que los depósitos de origen eólico intercalan con facies asociadas a procesos de acumulación subácuea compuestos por areniscas de grano fino, niveles heterolíticos psamo-pelíticos y fangolitas en litosomas tabulares de amplio desarrollo lateral y espesores de hasta 4 m (Fig. 3F). Sus principales estructuras sedimentarias son la laminación horizontal, las óndulas ácueas tanto simétricas como asimétricas, y las grietas de desecación. Estos depósitos representan períodos de inundación del sistema eólico o de ascenso del nivel freático y revelan procesos de decantación suspensiva combinados con el

retrabajo del material eólico en cuerpos de agua muy pundos y efímeros.

### Sistema Lacustre

Los depósitos de este sistema de depositación se caracterizan por el notorio predominio de sedimentos de textura fina (fangolitas, areniscas muy finas hasta medianas, e intervalos heterolíticos) que conforman sucesiones del orden de decenas de metros de espesor y que poseen una marcada continuidad lateral, tanto de las capas individuales como del conjunto sedimentario (Fig. 4A). Las rocas pelíticas suelen mostrar tonalidades oscuras y se presentan en intervalos masivos o laminados aunque hacia la parte inferior de la unidad se observa el desarrollo de estructuras pedogenéticas como bloques y *slickensides*. Por su parte, en las sucesiones heterolíticas aparecen estructuras mixtas (con variable grado de participación de arenas y pelitas). Las facies psamíticas son tanto arenitas como wackes muy finas a finas que se presentan en capas delgadas (centimétricas) con frecuentes estructuras de óndulas de flujo combinado y de corrientes (Fig. 4B). En estos depósitos son muy frecuentes las bioturbaciones, entre las que se han reconocido trazas fósiles de *Arenicolites*, *Palaeophycus* y *Taenidium*.

Sobre la base de las características de las facies y de las relaciones entre las mismas se han podido definir para estos depósitos finos asociaciones lacustres de *offshore* y marginales. En la asociación de *offshore* más distal prevalecen las sucesiones predominantemente pelíticas, las que en función de los atributos de las sedimentitas que las componen se habrían acumulado en una interfase sedimentaria con condiciones variables desde subóxicas hasta francamente óxicas, afectada sólo en for-



Figura 4: Principales características de los depósitos lacustres del Mb. Avilé. A) Vista general de los ciclos de acumulación granocrecientes vinculados con la progradación de facies lacustres marginales. B) Nivel arenoso con laminación producida por la agradación de óndulas combinadas de flujo en ambiente lacustre somero. C) Aspecto general de las sucesiones heterolíticas asociadas a sistemas lacustres hipersalinos. Detalle: Pseudomorfos de halita en capas de pelitas. D) Nivel de areniscas finas con estructura monticular, de tipo HCS asociado con condiciones más someras y de mayor aporte clástico.

ma esporádica por la acción de corrientes orbitales y unidireccionales. Las asociaciones de facies de la transición *offshore-nearshore* lacustre muestran alternancias entre depósitos de fangolitas y de conjuntos heterolíticos en los que son algo más frecuentes los fenómenos de removilización por actividad de las corrientes de fondo y denotan una periódica interacción del tren de olas con el sustrato. En tanto, los depósitos lacustres de *nearshore* están conformados por cuerpos de areniscas con estructuras ondulíticas.

Es común en estos depósitos el desarrollo de diseños de superposición granocrecientes (de hasta 4 m de potencia) que culminan con cuerpos arenosos de granulometría mediana a fina con intraclastos pelíticos, en capas con estratificación entrecruzada sigmoidal de gran escala, estratificación de bajo ángulo, capa plana de alto régimen y también óndulas escalonadas. Los mismos se interpretan como producto de un proceso de agradación con aporte más persistente de arenas desde las zonas marginales y retrabajadas en el propio ambiente lacustre marginal por la acción de corrientes de variado régimen, muy posiblemente vinculadas con flujos friccionales proximales que sugieren el desarrollo de lóbulos deltaicos.

En su conjunto, las asociaciones de facies descriptas permiten inferir un modelo conceptual correspondiente a un sistema lacustre holomictico, hidrológicamente abierto. El desarrollo de estructuras pedogenéticas hacia la base sugiere que inicialmente, los lagos habrían tenido un carácter temporario, produciéndose la progresiva instauración de sistemas de tipo permanente. Asimismo, los diseños de superposición granocrecientes, con pasaje vertical desde facies de *offshore* sugieren procesos de progradación de depósitos de *nearshore* lacustre y barras de desembocadura formados por flujos friccionales o hiperpicnales que se asocian con sistemas deltaicos fluvio-dominados.

### Sistema Lacustre Hipersalino / Efímero Distal

Esta asociación de facies está caracterizada por depósitos de granulometría muy fina. Comprende importantes espesores dominados por fangolitas masivas a laminadas, entre las que intercalan depósitos heterolíticos psamo-pelíticos, en los que son variables las proporciones entre ambos componentes, con óndulas en las arenas y laminación en las fangolitas (Fig. 4C). También aparecen niveles relativamente delgados de arenas finas a muy finas (menos de 0,4 m de potencia), en las que son frecuentes tanto las óndulas simétricas como asimétricas, a veces con evidencias de deformación sinsedimentaria (laminación replegada), así como capas planas e inclinadas de bajo ángulo y estructuras monticulares (*HCS?*) (Fig. 4D). En estos depósitos, pero muy especialmente en los que aparecen hacia la base de las sucesiones lacustres, son muy característicos los precipitados salinos, representados por venas de yeso, y por moldes de cristales y pseudo-morfos de halita (Fig. 4C).

Estos conjuntos de grano fino se han generado esencialmente por procesos de decantación desde suspensiones en cuerpos de agua que han variado desde condiciones hipersalinas a penesalinas y normales. El aporte clástico a este sistema habría sido muy reducido, dada la escasa proporción de arenas con respecto a los materiales pelíticos. No obstante, hacia las porciones más someras

de estos cuerpos de agua se evidencian procesos de acumulación de materiales algo más gruesos e influencia de la actividad de olas sobre el sustrato sedimentario.

El conjunto de caracteres de estas sucesiones permite inferir que se habrían formado en un sistema lacustre hidrológicamente cerrado y con escaso aporte clástico. Estos sistemas, aparte del carácter de sus aguas y del reducido aporte de materiales gruesos, muestran importantes variaciones temporales en el nivel de las aguas lacustres y por ende marcadas oscilaciones en la posición de la línea de costa, lo que en este caso estaría representado por la aparición de intercalaciones heterolíticas y de arenas generadas en condiciones de baja profundidad.

### DISTRIBUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE DEPOSITACIÓN

La distribución y características sedimentológicas del Mb. Avilé en el sector centro-norte de Neuquén y sur de Mendoza presentan importantes variaciones tanto en las condiciones generales de acumulación como en los sistemas deposicionales representados. A partir del análisis de la distribución de las facies se han podido definir cuatro zonas en las que el Mb. Avilé presenta características particulares de acumulación y una distribución lateral y vertical de facies distintiva (Fig. 5). En términos generales, en el sector austral la unidad presenta un espesor reducido y un dominio de facies fluviales arenosas. Por su parte, en el sector noroccidental, el Mb. Avilé está igualmente dominado por depósitos fluviales con mayor predominio de facies finas y una vinculación con sistemas lacustres. En el sector nororiental, esta unidad está caracterizada por un dominio de facies de origen eólico, con un pasaje lateral a facies lacustres de un sistema hidrológicamente cerrado y vertical a facies fluviales. Hacia el sector oriental de la cuenca, en el subsuelo del norte de Neuquén y sur de Mendoza, esta unidad presenta condiciones particulares de acumulación, mucho más emparentadas con lo observado en el sector nororiental de afloramientos.

#### Sector Austral

El Mb. Avilé en el Sector Austral de afloramientos se caracteriza por reducidos espesores y por presentar una composición eminentemente gruesa, propia de las clásicas descripciones de la Arenisca Avilé, más que del alcance más complejo que la unidad reviste en la actualidad. En este sector la unidad varía entre unos pocos metros, como en las inmediaciones de Bajada del Agrío o en el Río Salado (Fig. 6A), a algo más de 50 m de espesor, mostrando un incremento paulatino en el espesor general de sur a norte. En términos de su composición, la unidad muestra un predominio de materiales arenosos, los que en algunos casos se asocian a una importante proporción de conglomerados intraformacionales. La textura arenosa permite identificar sin inconvenientes los límites de la unidad ya que tanto en la base como en el techo se observan cambios granulométricos marcados desde y hacia facies de lutitas negras de las secciones marinas de la Fm. Agrío (Mbs. Pilmatué y Agua de la Mula respectivamente). Los depósitos del Mb. Avilé en el sector austral se atribuyen a sistemas fluviales arenosos que habrían presentado un diseño de tipo entrelazado caracterizado por canales relativamente móviles que redepusieron la facies de des-

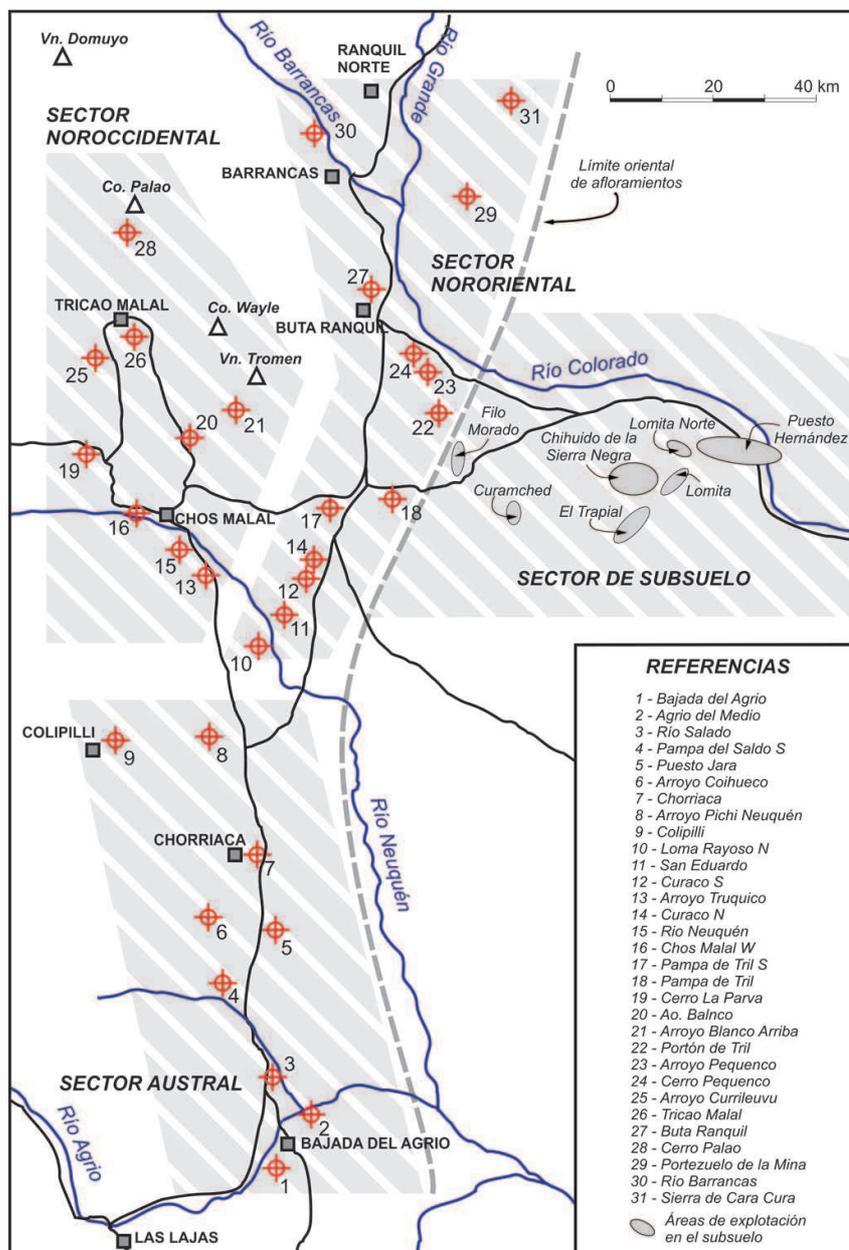


Figura 5: Mapa de distribución de los principales sectores de acumulación del Mb. Avilé descritos en el texto. Para las áreas de afloramiento se muestra la ubicación de las localidades en las que se realizaron estudios de detalle. Para el área de subsuelo se muestra la localización de los principales yacimientos en los que el Mb. Avilé presenta interés como reservorio (tomado de Rossi & Masarik 2002).

bordamiento (Veiga *et al.* 2007). Dichos sistemas se habrían producido bajo condiciones de importante aporte de sedimentos y baja acomodación promoviendo la amalgamación lateral y vertical de las fajas de canales. Sin embargo, hacia la porción más distal de este sector, por ejemplo en la zona del Arroyo Coihueco (Fig. 6B), donde los espesores de la unidad se incrementan gradualmente, es común encontrar intervalos asociados con sistemas fluviales de carga mixta y mayor sinuosidad que indicarían momentos de mayor acomodación y/o de reducción del aporte clástico, generando un arreglo cíclico. También hacia las zonas distales de este sector es común el incremento en la proporción de facies finas hacia la parte superior de la unidad y la aparición de cuerpos aislados de origen eólico que indican el retrabajo a partir del viento de depósitos fluviales.

### Sector Noroccidental

En el Sector Noroccidental de afloramientos el Mb. Avilé de la Fm. Agrió presenta sus máximos espesores, registrándose igualmente un incremento gradual de los mismos hacia el norte, desde poco más de 50 m hasta 180 m en las localidades ubicadas en la región más septentrional de la provincia del Neuquén (Tricao Malal, cerro Palao). En este sector la unidad se encuentra dominada por depósitos de origen fluvial que evolucionan en sentido longitudinal hacia un sistema lacustre hidrológicamente abierto. Como en el sector austral de afloramientos, los depósitos que evidencian la acción eólica se encuentran sumamente restringidos y aparecen en su mayoría como producto del retrabajo local de depósitos fluviales.

Una de las características más distintivas del registro sedimentario del Mb. Avilé en este sector es la alter-



Figura 6: Principales características de las sucesiones del Mb. Avilé en diferentes localidades clave (véase Fig. 5 para la ubicación de las secciones) y sistemas de acumulación presentes. A) Arroyo Pichi Neuquén, sistemas fluviales entrelazados. B) Arroyo Coihueco, alternancia de depósitos asociados a sistemas fluviales entrelazados y de carga mixta. C) Arroyo Currileuvu, sistemas fluviales de carga mixta. D) Cerro Palao, sistema lacustre abierto con importante aporte clástico. E) Pampa de Tril, sistema de interacción fluvio/eólica. F) Cerro Pequenco, sistema lacustre hipersalino.

nancia de secciones dominadas por mantos asociados con sistemas fluviales entrelazados e intervalos finos acumulados por un sistema de carga mixta (Veiga *et al.* 2007), con canales de alta sinuosidad y potentes depósitos de planicie de inundación (Fig. 6C). Estas alternancias de estilos fluviales van perdiendo expresión hacia el sector norte de afloramientos donde la unidad presenta su máxima potencia y una mayor proporción de facies finas. En dicha dirección también aparecen importantes espesores dominados por sedimentitas de grano fino que se asignan a sistemas de depositación lacustres. Asimismo, en las localidades ubicadas en el extremo norte de este sector (cerro Palao, Fig. 6D) se registra también el desarrollo de barras lacustres de gran escala y ciclos de progradación lacustre que podrían estar vinculados con el aporte a partir de los sistemas fluviales entrelazados arenosos proximales del sistema.

En síntesis, las características de los depósitos sedimentarios del Mb. Avilé en el Sector Noroccidental muestran el predominio de facies que reflejan sistemas fluviales integrados, persistentes, de muy buen desarrollo, y con elevada provisión de carga detrítica. Por su parte, en los sectores distales y más septentrionales de este ámbito es importante el registro de depósitos correspondien-

tes a sistemas lacustres más permanentes, de mejor circulación y significativa contribución de materiales detríticos.

### Sector Nororiental

El Sector Nororiental de afloramientos del Mb. Avilé se caracteriza por un arreglo de facies muy diferente al observado en los otros sectores, aunque muchas de las características propias de esta unidad se mantienen, como por ejemplo el brusco cambio a facies continentales en la base, el rápido pasaje hacia el techo a facies marinas profundas del miembro superior de la Fm. Agrío, el incremento significativo del espesor general de la unidad hacia el norte y una dirección general de transporte de los sistemas fluviales igualmente en ese sentido.

En el área más austral de este sector de afloramientos, los depósitos continentales del Mb. Avilé se destacan por un espesor de aproximadamente 30 m y por la estrecha asociación de depósitos vinculados con procesos fluviales y eólicos (Fig. 6E) (Veiga *et al.* 2002). El análisis de detalle de esta unidad en algunas localidades clave con un importante control bi y tridimensional de los cuerpos de roca muestra el desarrollo de cuerpos de origen eólico, principalmente dunas y mantos de arena eólicos. Asociadas a estos depósitos se encuentran facies de acumula-

ción subcúnea interpretadas como crecidas distales. Estos cuerpos se encuentran limitados por superficies horizontales y netas y no se registra una interdigitación con las facies de dunas suprayacentes indicando el desarrollo de ciclos de alta frecuencia asociados con superficies de deflación (Veiga *et al.* 2002; Rossi & Masarik 2002). Hacia la porción superior de la sucesión predominantemente eólica se aprecia que este sistema es reemplazado por un sistema fluvial, dominado por canales arenosos, algunos de ellos con importante proporción de depósitos de acreción lateral y reducida participación de facies finas de desbordamiento.

Hacia el norte del sector nororiental, el espesor del Mb. Avilé se incrementa sustancialmente, lo que pone en evidencia una importante variación en la acomodación del sistema de depositación que se produce simultáneamente con un cambio significativo en las asociaciones de facies presentes. La importante caída relativa del nivel del mar que limita en su base al Mb. Avilé está documentada por la brusca aparición de depósitos fluviales generados en un sistema de acumulación de carga mixta con características efímeras (cerro Pequenco, Fig. 6F). Asimismo, el sistema predominantemente eólico que caracteriza al área austral de este sector, va perdiendo expresión a expensas del desarrollo de una potente sucesión de grano fino que se interpreta como formada en ambientes efímeros distales a lacustres hidrológicamente cerrados. En el tramo inferior de estos registros hay importantes evidencias de un ambiente lacustre de condiciones hipersalinas, en tanto que en sentido vertical se registra una progresiva tendencia a aguas con contenido salino normal. A su vez, las facies lacustres experimentan singulares variaciones texturales en el registro vertical, lo que ha

sido atribuido a cambios en la posición de la línea de costa, tan frecuentes en los sistemas lacustres hidrológicamente cerrados. El tramo superior del Mb. Avilé en los perfiles más al norte se caracteriza por el desarrollo de un sistema de depositación fluvial de alta sinuosidad o de carga mixta. El pasaje a este sistema desde facies eólicas y lacustres es relativamente abrupto aunque hacia el extremo norte dicha transición resulta menos evidente debido posiblemente a las características distales de los sistemas fluviales.

### Sector de Subsuelo

El Mb. Avilé en el Sector de Subsuelo del norte de la provincia del Neuquén y sur de Mendoza posee características particulares. En general la unidad muestra un registro discontinuo con espesores que van desde un par de metros a algo más de 30 m en los sectores de mayor desarrollo, con un predominio de facies arenosas. Veiga & Vergani (1993) consideraron a estos depósitos como asociados a un sistema fluvio-eólico e interpretaron la naturaleza discontinua de los mismos, observada a partir de información sísmica (Gerster & Benotti 1990), como producto del relleno de valles orientados en sentido este-oeste, incididos durante la caída relativa del nivel del mar que dio lugar a la acumulación del Mb. Avilé. Posteriormente, Rossi (2001) y Rossi & Masarik (2002) asignaron los depósitos presentes en el subsuelo del norte neuquino como producto de la acumulación en un sistema eólico, en el que identificaron depósitos asociados a dunas simples transversales e interdunas secas. La naturaleza discontinua de las acumulaciones fue igualmente reinterpretada por estos autores como producto de la preservación de la topografía original de los campos de dunas eólicas duran-

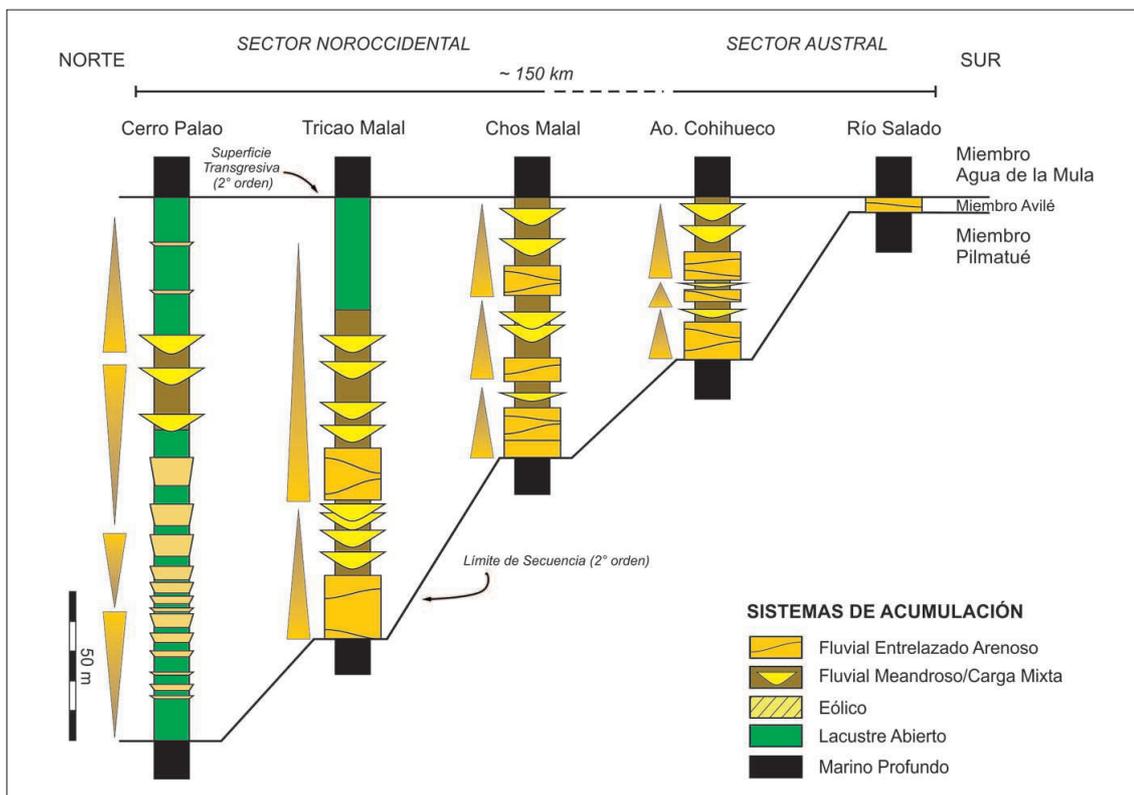


Figura 7: Evolución longitudinal y vertical de los sistemas de acumulación del Mb. Avilé en los sectores Austral y Noroccidental de afloramientos.

te la súbita transgresión del Mb. Agua de la Mula de la Fm. Agrio (Rossi & Massarik 2002; Valenzuela 2002). Sin embargo la naturaleza seca de este sistema eólico y su extensión hacia el este sobre la llamada «plataforma» del Mb. Inferior de la Fm. Agrio, llevó a estos autores a postular su desconexión con los depósitos eólicos aflorantes en el sector nororiental, sugiriendo que se trataría de un último estadio de evolución dentro de los depósitos del Mb. Avilé posiblemente acumulado bajo condiciones de muy reducido aporte clástico. Hacia el norte, en el ámbito del subsuelo del sur mendocino, Rossi & Masarik (2002) y Valenzuela (2002) registran un cambio de facies importante con el pasaje a depósitos finos asociados con un sistema efímero distal, cambio que altera sustancialmente las características de esta unidad, perdiendo en ese sentido su condición de reservorio de hidrocarburos.

### MODELO DE EVOLUCIÓN INTEGRADO

Independientemente de la complejidad de facies y ambientes de sedimentación presentes en el Mb. Avilé, es posible establecer un modelo general de evolución que involucre tanto la distribución de los ambientes de acumulación como su evolución vertical en el contexto de la cuña de mar bajo que esta unidad representa en la evolución neocomiana de la Cuenca Neuquina.

Una de las características más sobresalientes que surgen del análisis detallado de la unidad es su geometría en cuña, esto es, ausencia de incisiones de magnitud en los depósitos marinos previos del Mb. Pilmatué de la Fm. Agrio y aumento gradual pero significativo del espesor de la unidad en un sentido sur-norte (Fig. 7). Cabe aclarar

que ese es también el sentido preferencial de transporte de sedimentos de los sistemas fluviales identificados tanto en el Sector Austral como Noroccidental de afloramientos. La ausencia de incisiones marcadas vinculadas con la caída relativa del nivel del mar que dio origen a esta unidad, se puede correlacionar con la falta de un quiebre de plataforma en los depósitos previos (Legarreta & Uliana 1991) y es una característica que ha sido identificada en otras unidades vinculadas con estadios del nivel del mar bajo en la evolución de la Cuenca Neuquina (Schwarz *et al.* 2006). La geometría en cuña que presenta el Mb. Avilé sumado a sus espesores reducidos en el Sector Austral de afloramientos, indica que gran parte de la acomodación se habría generado en los sectores distales del sistema, posiblemente vinculado con oscilaciones del nivel de base de los sistemas lacustres hacia los que los sistemas fluviales evolucionaban tanto en el Sector Nororiental como en el Sector Noroccidental.

La distribución de las asociaciones de facies dentro de la cuña de mar bajo del Mb. Avilé, por su parte, muestra una complejidad importante. Las variaciones regionales en las asociaciones de facies indican con claridad la evolución de los sistemas sedimentarios a medida que se pasa de las áreas proximales del sur a las más distales en el norte (Fig. 7). Así, se aprecia un claro pasaje desde sistemas fluviales de carga de lecho, desarrollados en condiciones de mayor gradiente y aporte de sedimentos que predominan en el Sector Austral, a sistemas fluviales de carga mixta y por último a depósitos de un ambiente lacustre hidrológicamente abierto hacia las zonas más distales del sistema en el Sector Noroccidental. El registro de los sistemas de acumulación en el Sector Nororiental, por su parte, presenta condiciones particulares asociadas al

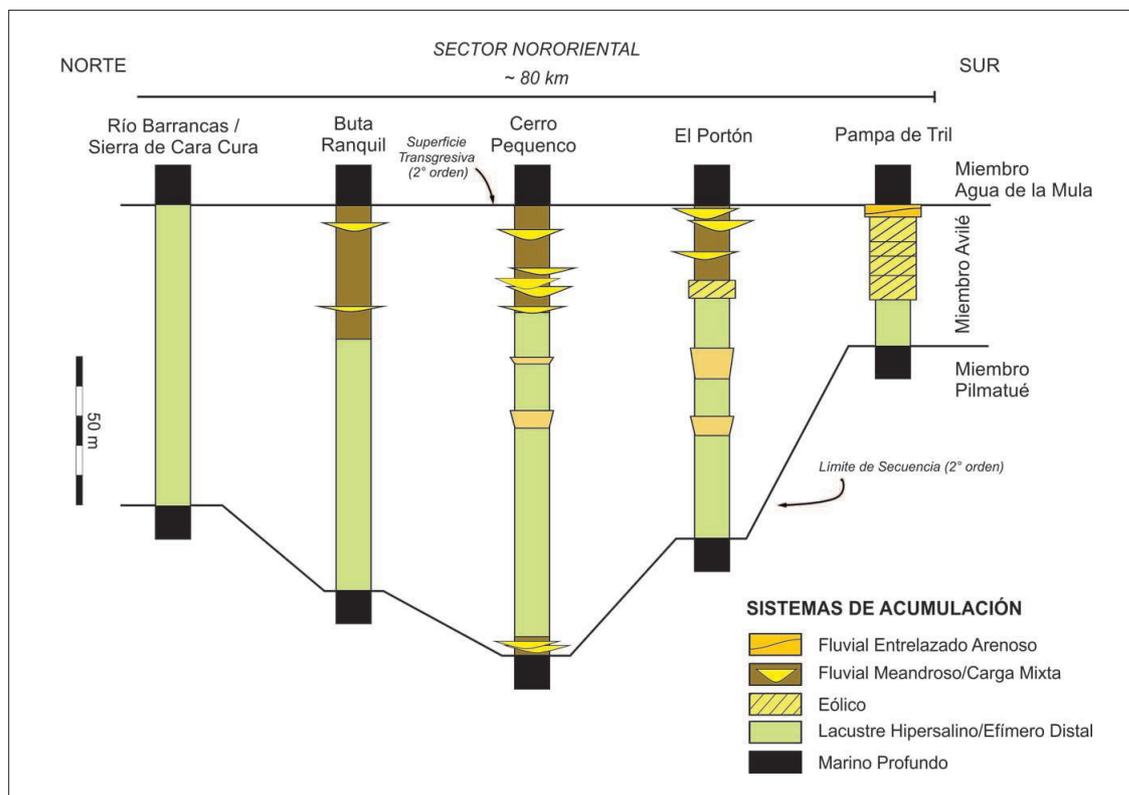


Figura 8: Evolución longitudinal y vertical de los sistemas de acumulación del Mb. Avilé en el Sector Nororiental de afloramientos.



desarrollo de un sistema eólico en la parte austral que se encontraría flanqueando un sistema de acumulación lacustre restringido, desarrollado bajo condiciones de muy reducido aporte clástico hacia el norte de ese sector (Fig. 8). Cabe aclarar que el principal sentido de transporte eólico es hacia el NNE por lo que sería posible pensar que los depósitos eólicos identificados en Sector del Subsuelo del norte de Neuquén podrían guardar relación con este sistema. Sin embargo, Rossi (2001) sugiere el desarrollo de dos estadios de evolución diferentes en los que se desarrollan sistemas eólicos, asociando a los depósitos del subsuelo, los que muestran características de condiciones más secas, con la etapa final de evolución del Mb. Avilé.

Este panorama de compleja interacción de sistemas de acumulación continental, sin embargo, presenta una evidente evolución temporal, vinculada con cambios de largo plazo acaecidos durante el desarrollo de esta cuña de mar bajo. El evento regresivo de magnitud que desencadenó la acumulación del Mb. Avilé en los sectores centrales de la Cuenca Neuquina se ve reflejado no sólo en el abrupto pasaje de facies marinas profundas a depósitos continentales, sino también en el desarrollo hacia la base de la unidad de depósitos que evidencian las máximas condiciones regresivas. De esta forma, se observa que las facies lacustres ubicadas en el Sector Nororiental apoyan sobre depósitos fluviales relativamente gruesos y con importante exposición subaérea que reflejan la máxima regresión y el transporte de materiales terrígenos gruesos hacia las zonas más distales del sistema (Fig. 8). Igualmente en el Sector Noroccidental los depósitos finos asociados a sistemas lacustres abiertos muestran hacia la base evidencias de procesos pedogenéticos que indican prolongada exposición subaérea. Estos rasgos no se observan hacia la parte superior de la unidad donde son exclusivos los depósitos subácueos.

En este sentido, también se registra para toda el área de afloramientos del Mb. Avilé un cambio marcado hacia condiciones de mayor humedad y de mayor acomodación hacia la parte superior de la unidad. Esto es evidente en el sector Noroccidental por el pasaje vertical desde facies fluviales a depósitos lacustres con una importante preservación de materiales finos (Fig. 7). Igualmente en el Sector Nororiental, tanto en los sistemas eólicos como en los sistemas lacustres se registra una evolución vertical a condiciones más húmedas y de mayor acomodación. En los sistemas fluvio/eólicos esta tendencia está marcada por una mayor interacción del nivel freático con la superficie de acumulación, lo que modifica considerablemente la naturaleza de los depósitos que intercalan con las facies de dunas, desde mantos de arena eólicos a facies de neta acumulación subácea (Veiga *et al.* 2002). En los sistemas lacustres del norte de esta región, por su parte, esta tendencia se registra en el pasaje vertical desde facies de un sistema hipersalino/penesalino a depósitos asociados con una salinidad más reducida hacia la parte superior de la unidad. Una característica importante es que esta evolución vertical se observa más nítidamente en los sectores septentrionales, donde la unidad presenta los máximos espesores, mientras que los proximales se habrían comportado como zonas de baja acomodación, inclusive en los estadios finales de evolución en los que importante acomodación se estaba generando en las zo-

nas distales del sistema. Esta evolución vertical de gran escala podría estar vinculada con un ascenso progresivo del nivel freático, asociado con una tendencia transgresiva de baja frecuencia dentro de los depósitos de mar bajo y que culminan con la inundación generalizada de toda la zona de acumulación del Mb. Avilé y el establecimiento de condiciones marinas relativamente profundas que caracterizan al Mb. Agua de la Mula de la Fm. Agrío.

Superpuesta sobre esta tendencia de evolución de mayor jerarquía que se desarrolla en el Mb. Avilé se observa la presencia de una ciclicidad de menor jerarquía y mayor frecuencia que es evidente tanto en los sistemas fluviales como en los sistemas eólicos y en los lacustres. Para los primeros, el registro en el Sector Nororiental muestra una compleja evolución de los sistemas de acumulación, con el desarrollo de numerosas superficies de deflación que podrían representar eventos en los que el nivel freático tenía una posición más superficial (Veiga *et al.* 2002). Bajo estas condiciones se habría reducido considerablemente la disponibilidad de sedimentos promoviendo la erosión a partir de vientos subsaturados. Por encima de estas superficies de deflación se acumularon depósitos asociados a mantos de arena eólicos o depósitos subácueos en función de la posición final del nivel freático, reanudándose la acumulación eólica luego de un descenso relativo del mismo. Esta ciclicidad de alta frecuencia podría estar vinculada con oscilaciones de alta frecuencia del nivel freático promovidas por cambios climáticos o eventualmente cambios de mayor frecuencia superpuestos a una tendencia transgresiva generalizada que culmina con la acumulación de los depósitos marinos por encima del Mb. Avilé. Cambios de alta frecuencia asociados con ciclos orbitales han sido registrados para los depósitos marinos de los miembros inferior y superior de la Fm. Agrío (Sagasti 2000; 2005) por lo que podría ser posible que su influencia haya persistido durante la acumulación del Mb. Avilé.

Los sistemas lacustres que se registran para el Mb. Avilé también muestran un arreglo cíclico que se evidencia en el desarrollo de secuencias de progradación de facies relativamente someras sobre facies de *offshore* lacustre y que podría estar mostrando cambios cíclicos en el aporte de sedimentos asociados con cambios climáticos. Esta tendencia se observa, con diferente intensidad, tanto en los sistemas lacustres más abiertos del Sector Noroccidental, como en los sistemas efímeros más distales del Sector Nororiental.

Igualmente, los sistemas fluviales acumulados en el Sector Noroccidental muestran un arreglo cíclico de asociaciones de facies de alta frecuencia superpuesto a la evolución vertical de baja frecuencia del Mb. Avilé. En este sector se observa la alternancia de intervalos arenosos asociados con sistemas fluviales entrelazados e intervalos heterolíticos vinculados con el desarrollo de sistemas de carga mixta y alta sinuosidad (Veiga *et al.* 2007). Esta ciclicidad resulta más evidente en las porciones medias del sistema fluvial, donde el balance entre el aporte y la acomodación resulta más sensible (Fig. 7). En los sectores proximales, el sistema se habría comportado todo el tiempo como un sistema de baja acomodación, mientras que hacia las porciones distales de los sistemas fluviales algunos de estos ciclos también pierden expresión al vincularse con un escenario general de alta acomodación. La alternancia de sistemas fluviales con diferentes caracte-

rísticas implica condiciones variables en la relación aporte/acomodación. Esta ciclicidad podría también estar ligada con cambios climáticos o con cambios de alta frecuencia del nivel de base de los sistemas fluviales asociados a un ascenso generalizado del nivel del mar, responsable del incremento de la acomodación hacia la parte superior de la unidad y eventualmente de la inundación de todo el sistema de acumulación del Mb. Avilé. Asimismo, un incremento generalizado del aporte clástico y/o una reducción de la acomodación pudieron haber favorecido el desarrollo de sistemas entrelazados, así como de los correlativos ciclos de progradación en los sistemas lacustres más distales.

## PERSPECTIVAS

En el actual estado del conocimiento del Mb. Avilé de la Fm. Agrio, y fundamentalmente debido a su importancia económica como reservorio de hidrocarburos en el subsuelo del Neuquén, el principal desafío en materia de estudios futuros se encuentra en la caracterización detallada de la variabilidad de facies presentes a diferentes escalas. Ello involucra a los distintos ambientes de acumulación identificados, a la distribución regional y vertical de los principales cuerpos arenosos dentro de estos sistemas y, esencialmente al análisis de la complejidad y heterogeneidad interna que estos cuerpos pueden mostrar. Es a partir de estudios sedimentológicos detallados de los afloramientos de esta unidad o de potenciales análogos de superficie que será posible obtener el grado de resolución necesaria que permita encarar los desafíos de una explotación de los recursos más compleja (p.e. etapas de recuperación secundaria/terciaria).

Por otra parte, las características del Mb. Avilé en los diferentes sectores estudiados resulta en una muy variable distribución de facies y ambientes sedimentarios, lo que hace necesaria la elaboración de complejos modelos paleogeográficos que permitan vincular en el espacio sistemas de acumulación con características tan diversas en lo que respecta a acomodación, aporte clástico y disponibilidad de agua, entre otros factores. Las diferencias encontradas hacen difícil las correlaciones directas entre algunos sistemas de acumulación. El desarrollo de sistemas eólicos y lacustres hipersalinos en el este resultaría *a priori* incompatible con el desarrollo de un sistema fluvial con abundante carga detrítica que evoluciona a un sistema lacustre relativamente abierto en el oeste. En tal sentido, sería preciso explorar la posible compartimentalización de los sistemas de acumulación durante el desarrollo de esta cuña de mar bajo, sobre todo considerando que en la Cuenca Neuquina se han registrado sistemas de acumulación desconectados que son particularmente evidentes durante la acumulación de cuñas de mar bajo (Spalletti & Veiga 2007). En este sentido, la identificación de complejos patrones de distribución de facies en el Mb. Avilé podría eventualmente aportar evidencias que permitan explicar algunas variaciones más sutiles en las facies marinas desarrolladas durante los estadios transgresivos y de nivel alto posteriores a la acumulación de esta unidad.

Finalmente y si bien existe una cobertura importante de información para esta unidad en los sectores central y norte del Neuquén y sur de Mendoza, aun no resulta clara

la evolución de esta unidad más hacia el norte, en el sector central de Mendoza, y su relación con secuencias equivalentes en porciones más septentrionales de la cuenca. Un análisis detallado enfocado en esa dirección podría permitir la elaboración de modelos paleogeográficos más integrados y explorar la evolución de la conexión con el océano proto-Pacífico antes, durante e inmediatamente después de la acumulación del Mb. Avilé.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- 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., Concheyro, G.A., Bown, P.R. & Ottone, E.G. 2005. Lower Cretaceous (Berriasian – Aptian) biostratigraphy of the Neuquén Basin. En: Veiga, G.D., Spalletti, L.A., Howell, J.A. & Schwarz, E. (Eds.): *The Neuquén Basin, Argentina: A Case Study in Sequence Stratigraphy and Basin Dynamics*. Geological Society, Special Publication 252: 57-81. Londres.
- Aguirre Urreta, M.B., Pazos, P.J., Lazo, D.G., Fanning, C.M. & Litvak, V.D. 2008. First U-PB SHRIMP age of the Hauterivian stage, Neuquén Basin, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 26: 91-99.
- Angelozzi, G. 1986. Informe micropaleontológico (nanofósiles calcáreos) en los perfiles Loma Tilhue, Curaco, Agua de la Piedra, Co. Mayal Este, Pichi Neuquén, Taquimilan y Anticlinal Pampa Tril. YPF. Informe inédito.
- Digregorio, J.H. 1978. Estratigrafía de las acumulaciones mesozoicas. En: *Relatorio Geología y Recursos Naturales del Neuquén*. 7º Congreso Geológico Argentino 37-65. Buenos Aires.
- Gerster, R.L. & Benotti, S.J. 1990. Un ejemplo de sismo-resolución en la Cuenca Neuquina. *Boletín de Informaciones Petroleras (BIP)* 21: 24-33.
- Gulisano, C.A. & Gutiérrez Pleimling, A.R. 1988, Depósitos eólicos del Miembro Avilé (Formación Agrio, Cretácico Inferior) en el norte del Neuquén, Argentina. 2º Reunión Argentina de Sedimentología, Actas 120-124. Buenos Aires.
- Gulisano, C.A., Minniti, S.M. Rossi, G.C. & Villar, H.J. 2001. The Agrio Petroleum System: hydrocarbon contribution and key elements. Neuquén Basin, Argentina. *New Technologies and New Play Concepts in Latin America*. AAPG 2001 Hedberg Research Conference, Mendoza, Argentina: 114-115.
- Leanza, H.A., Marchese, H.G. & Riggi, J.C. 1977. Estratigrafía del grupo Mendoza con especial referencia a la Formación Vaca Muerta entre los paralelos 35° y 40° L.S., Cuenca Neuquina-Mendocina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 32: 190-208.
- Leanza, H.A., Hugo, C.A. & Repol, D. 2001 (=2005). Hoja Geológica 3969-I, Zapala, provincia del Neuquén. Instituto de Geología y Recursos Naturales. SEGEMAR, Boletín 275: 1-128. Buenos Aires.
- Legarreta, L. 2002. Eventos de desecación en la Cuenca Neuquina: Depósitos continentales y distribución de hidrocarburos. 15º Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas en CD. Mar del Plata.
- Legarreta, L. & Gulisano, C.A. 1989. Análisis estratigráfico secuencial de la Cuenca Neuquina (Triásico Superior-Terciario inferior). En: Chebli, G. & Spalletti, L. (Eds.): *Cuencas Sedimentarias Argentinas, Serie Correlación Geológica*, 6: 221-243. San Miguel de Tucumán.



- Legarreta, L. & Uliana, M.A. 1991. Jurassic-Cretaceous marine oscillations and geometry of a back-arc basin fill, central Argentine Andes. En: MacDonald, D.I.M. (Ed.): Sedimentation, tectonics and eustasy. Sea level changes at active margins. Special Publication 12, International Association of Sedimentologists: 429-450.
- 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(16): 399-432. Buenos Aires.
- Mendiberri, H. 1985. Stratigraphy of Agrio Inferior Formation, Boletín de Informaciones Petroleras (BIP) 3: 35-51.
- Mutti, E., Gulisano, C.A. & Legarreta, L. 1994. Anomalous Systems Tracts stacking patterns within third order depositional sequences (Jurassic-Cretaceous back-arc Neuquen basin, Argentina Andes). En: Posamentier, H. & Mutti, E. (Eds.): Second High-Resolution Sequence Stratigraphy Conference, Volume Proceedings: Tremp 137-143.
- Ogg, J.G., Agterberg, F.P. & Gradstein, F.M. 2004. The Cretaceous Period. En: Gradstein, F.M., Ogg, J.G. & Smith A.G. (Eds.): A Geologic Time Scale 2004. Cambridge University Press: 344-383. Cambridge.
- Prámparo, M.B. & Volkheimer, W. 1999. Palinología del Miembro Avilé (Formación Agrio, Cretácico Inferior) en el cerro de la Parva, Neuquén: Ameghiniana 36: 217-227.
- Rossi, G.R. 2001. Arenisca Avilé: Facies, ambientes sedimentarios y estratigrafía de una regresión forzada del Hauteriviano inferior de la Cuenca Neuquina. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. Vol. 1: 231 pp. Vol. 2: 101 pp.
- Rossi, G. & Masarik, C. 2002. Acumulaciones de hidrocarburos en areniscas eólicas. Un ejemplo del hauteriviano de la Cuenca Neuquina. 15º Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas en CD. Mar del Plata.
- Ryer, T.A. 1991. Lower Cretaceous Avilé Sandstone, Neuquen Basin, Argentina – Exploration model for a lowstand clastic wedge in a back-arc basin. AAPG 1991 Annual Convention. AAPG Bulletin 75: 665.
- 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. 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., Spalletti, L.A. & Howell, J.A. 2006. Sedimentary response to a tectonically induced sea-level fall in a shallow back-arc basin: the Mulichinco Formation (Lower Cretaceous), Neuquén Basin, Argentina: Sedimentology 53: 55-81.
- Spalletti, L.A., & Veiga, G.D. 2007. Variability of continental depositional systems during lowstand sedimentation: an example from the Kimmeridgian of the Neuquen Basin, Argentina. Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis 14: 85-104.
- Uliana, M.A., Dellapé, D.A. & Pando, G.A. 1977. Análisis estratigráfico y evaluación del potencial petrolífero de las Formaciones Mulichinco, Chachao y Agrio (Cretácico inferior de las provincias de Neuquén y Mendoza). Petrotécnica 1-2: 31-46.
- Valenzuela, M. 2002. Los Reservorios del Miembro Avilé de la Formación Agrio. En: Schiuma, M., Hinterwimmer, G. & Vergani, G. (Eds.): Rocas Reservorio de las Cuenca Productivas de la Argentina. IAPG: 433-442. Mar del Plata.
- Veiga, R. & Vergani, G.D. 1993. Depósitos de nivel bajo: nuevo enfoque sedimentológico y estratigráfico del Miembro Avilé en el Norte del Neuquén. Argentina. 12º Congreso Geológico Argentino y 2º Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas I: 55-65. Mendoza.
- Veiga, G.D., Spalletti, L.A. & Flint, S. 2001. Anatomy of the Cretaceous Avilé Sandstone Lowstand Wedge in Central Neuquén Basin (Argentina). AAPG 2001 Annual Conference, Abstract. Denver: A207.
- 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 (Lower Cretaceous) in central Neuquén Basin, Argentina. Sedimentology 49: 1001-1019.
- Veiga, G.D., Spalletti, L.A. & Flint, S.S. 2007. Anatomy of a fluvial lowstand wedge: the Avilé Member of the Agrio Formation (Hauterivian) in central Neuquén Basin (NW Neuquén province), Argentina. En: Nichols, G., Williams, E. & Paola, C. (Eds.): Sedimentary Environments, Processes and Basins. A tribute to Peter Friend. Special Publication International Association of Sedimentologists, 38: 341-365.
- Weaver, C.E. 1931. Paleontology of the Jurassic and Cretaceous of West Central Argentina. Memoir University of Washington 1: 1-496.

