

NUEVA INTERPRETACIÓN PALEOAMBIENTAL Y SU IMPLICANCIA EN LA DISTRIBUCIÓN DE LOS RESERVORIOS ARENO-CONGLOMERÁDICOS DE LA FORMACIÓN LOS MOLLES EN EL ÁREA CENTENARIO, CUENCA NEUQUINA

Basilio Gimenez¹, Gonzalo Veiga², María Soledad Montenegro², Ernesto Schwarz¹

1: Pluspetrol S.A., bgimenez@pluspetrol.net, mmontenegro@pluspetrol.net

2: CIG (CONICET-UNLP), veiga@cig.museo.unlp.edu.ar, eschwarz@cig.museo.unlp.edu.ar

Palabras clave: Formación Los Molles, Dorsal de Huincul, Braid deltas, Tight-gas

ABSTRACT

New Palaeoenvironmental Interpretation and Implications for the Distribution of Conglomerate/Sandy Reservoirs in the Los Molles Formation at the Centenario Area, Neuquén Basin

The Los Molles Formation in the Centenario area is located over the Huincul arch in the southeastern margin of the Neuquén basin. Due to its marginal location and the strong tectonic influence associated with the evolution of this large-scale morph-structural element during the initial stages of its accumulation, it has been interpreted as the record of alluvial fans and sediment-laden fluvial systems. Through the integration of the entire available core data in the area combined with microresistivity images and well logs, a new palaeoenvironmental model is proposed for the Los Molles Formation in this area. This unit might have evolved from a shallow marine system (for which *offshore* and *shoreface* facies are recorded) with local coarse-grained input, up into a coarse-grained deltaic system (braid delta) with record of delta front and delta plain facies associations. Based on this new interpretation the main reservoirs of the Los Molles formation were analyzed, integrating 3D seismic data, borehole images, well-to-well correlations and petrophysical properties in order to identify potential zones for development of the tight-gas targets in the area.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Durante los últimos años se generó un nuevo enfoque sobre los reservorios productivos de la Cuenca Neuquina, siendo los del tipo no-convencional los de mayor relevancia en este período. Dada la declinación productiva de los campos convencionales maduros, el desarrollo de reservorios gasíferos provenientes de areniscas de baja permeabilidad ha permitido mantener e incrementar las producciones de hidrocarburos en campos históricos de la Cuenca.

Uno de estos casos constituye los depósitos areno-conglomerádicos de la Fm. Los Molles (Grupo Cuyo Inferior) en el área Centenario, los cuales fueron descubiertos como productivos de gas seco mediante el pozo exploratorio Ce.xp-1116 en el año 1998. Dicho descubrimiento permitió generar distintos planes de desarrollo al punto que actualmente el área cuenta con más de 130 pozos con objetivo primario en la Fm. Los Molles.

El desarrollo principal de estos reservorios se centra en una estructura anticlinal de orientación WNW-ESE, donde las propiedades petrofísicas resultan ser mejores, disminuyendo la calidad de los mismos con la profundidad hacia el flanco norte. Con el objetivo principal de continuar el desarrollo de la Fm. Los Molles hacia esta zona, se planteó la necesidad de realizar un análisis paleoambiental integrado de modo de poder elaborar modelos de reservorio que capten la variabilidad sedimentológica de la unidad. En este sentido, el área cuenta con varios testigos-corona que habían sido descriptos en forma individual sin un contexto integrador, dando como resultado interpretaciones de ambientes fluviales-aluviales de alta energía debido a la alta proporción de facies gruesas conglomerádicas.

Mediante un estudio integrado de la información de roca, sumado a imágenes de pozo, se propone una nueva interpretación paleoambiental para la Fm. Los Molles en el área Centenario. Para llegar a estas conclusiones, se plantearon los siguientes objetivos específicos:

1. Efectuar análisis de facies en testigos corona para comprender la influencia de diferentes procesos de acumulación; así como establecer las sucesiones verticales presentes a diferentes escalas.
2. Definir sistemas de acumulación que caracterizan a la unidad, tanto vertical como espacialmente.
3. Reconocer superficies clave que permitan delimitar paquetes genéticamente relacionados (unidades estratigráficas a diferentes escalas).
4. Vincular los modelos paleoambientales y secuenciales propuestos con la posible geometría, distribución y extensión de potenciales niveles reservorio.

MARCO GEOLÓGICO

La concesión Centenario se encuentra en el límite SE de la Cuenca Neuquina, sobre los ejidos municipales de Plottier, Neuquén y Centenario. Actualmente se encuentra subdividida en 3 partes debido a la adjudicación de una concesión de explotación no convencional denominada Centenario Centro (Fig. 1).

La Formación Los Molles fue definida originalmente en afloramientos por una sucesión de pelitas oscuras y areniscas intercaladas de interior de cuenca a plataforma (Weaver 1931), depositados desde el Pliensbachiano medio hasta el Aaleniano-Bajociano (Volkheimer 1973; Gulisano *et al.* 1984). En el bloque Centenario, se define a la Formación Los Molles como una sucesión clástica de pelitas grises y oscuras en la base, que pasan verticalmente a areniscas y conglomerados gruesos de edad Pliensbachiano a Bajociano, en clara relación regresiva. Se apoya en discordancia sobre el Precuyo y está limitada en su parte superior por la discordancia Intrabajociana que la separa de la Fm. Lajas (Fig. 2).

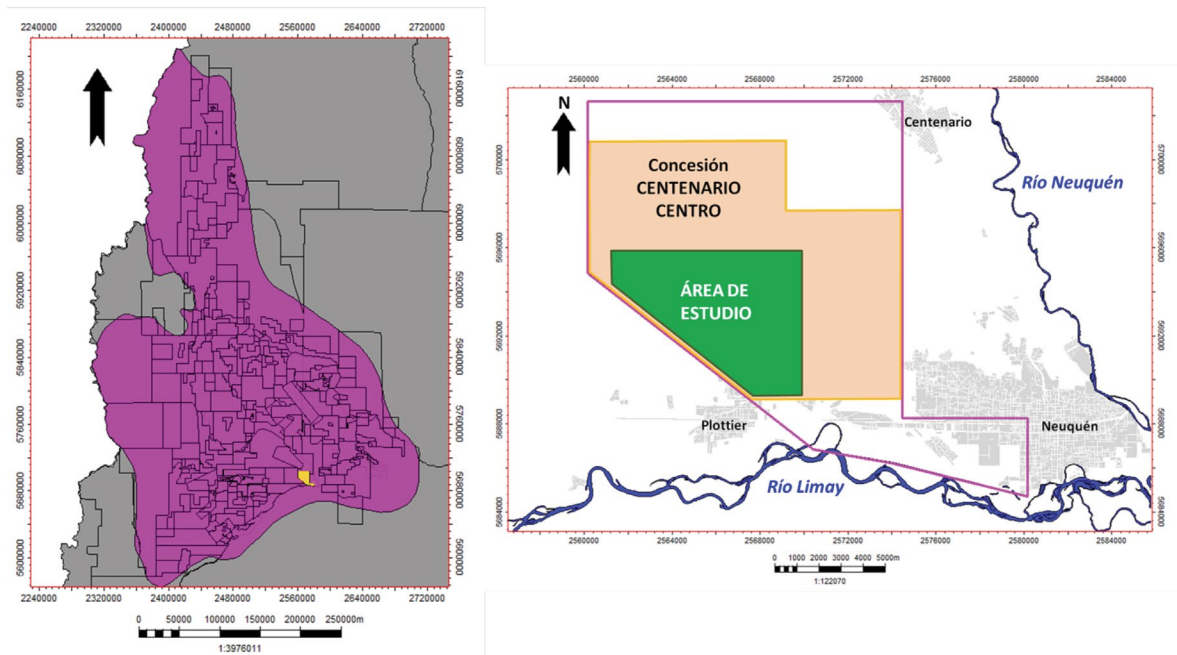


Figura 1. Mapas de ubicación de la Concesión Centenario en el borde SE de la Cuenca Neuquina.

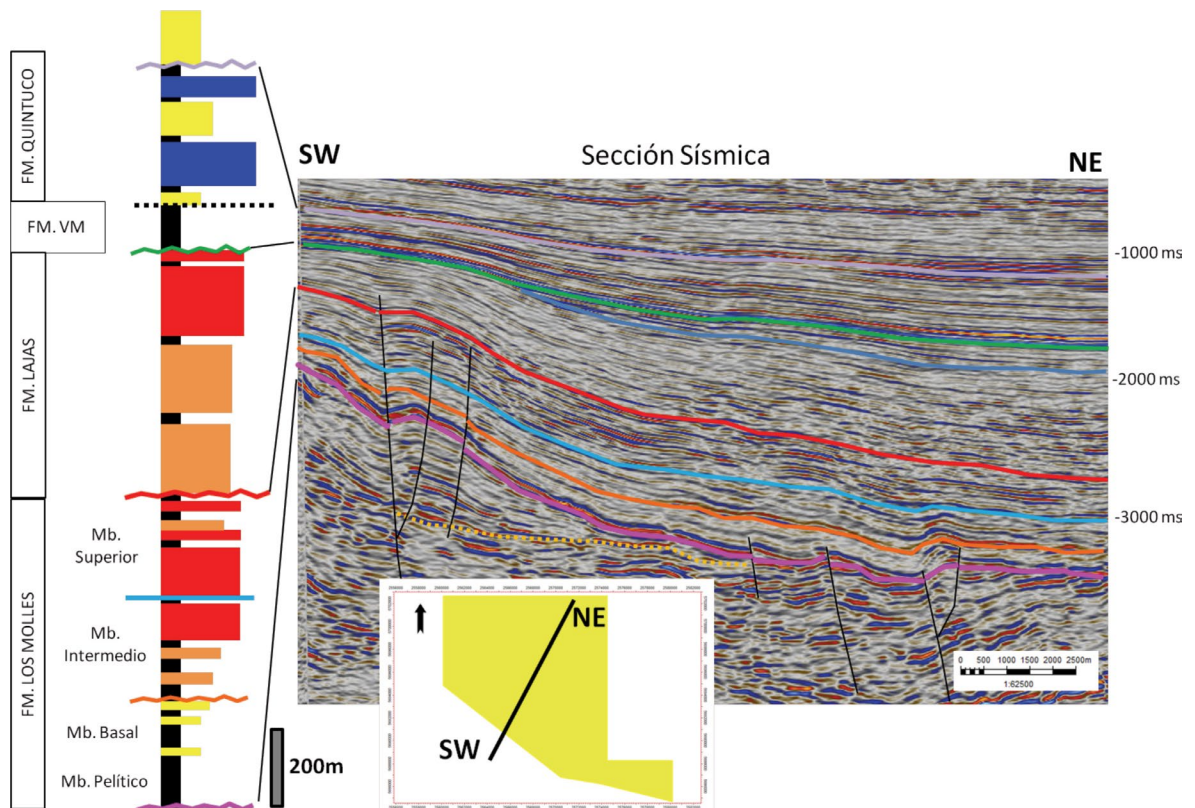


Figura 2. Columna estratigráfica ilustrativa y sección sísmica SW-NE mostrando la estructura anticlinal y el flanco Norte del bloque Centenario.

El área Centenario se ubica sobre el sistema morfológico denominado Dorsal de Huincul en la zona sur de la Cuenca Neuquina, que consiste en un tren de estructuras anticlinales orientadas E-O, con cierre sur contra un sistema de fallas con desplazamiento diversos: transpresión y transcurrencia, compresión pura e inversión por compresión oblicua, asociados a un campo de esfuerzos regional NW-SE (Zubiri y Silvestro 2008; Mosquera *et al.* 2011). La estructura de Centenario corresponde a un anticlinal de orientación WNW-ESE con cierre en tres direcciones, en cuya cresta y flanco norte se lleva a cabo el desarrollo de gas seco proveniente de la Fm. Los Molles.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización del presente estudio, en primer lugar se estudiaron los testigos de corona de 11 pozos (Fig. 3). La descripción sedimentológica de estas coronas se elaboró a escala 1:10 y comprendió un total de 190,19 m registrados en 23 carreras. La distribución estratigráfica de las coronas estudiadas permitió cubrir de forma general los tres miembros de la unidad, aunque la distribución espacial de cada uno no es uniforme, con las coronas del Miembro Basal con una distribución restringida al sector centro-sur del área de estudio. Sobre la base de la información obtenida a partir del análisis de coronas se definieron facies sedimentarias (litofacies) y asociaciones

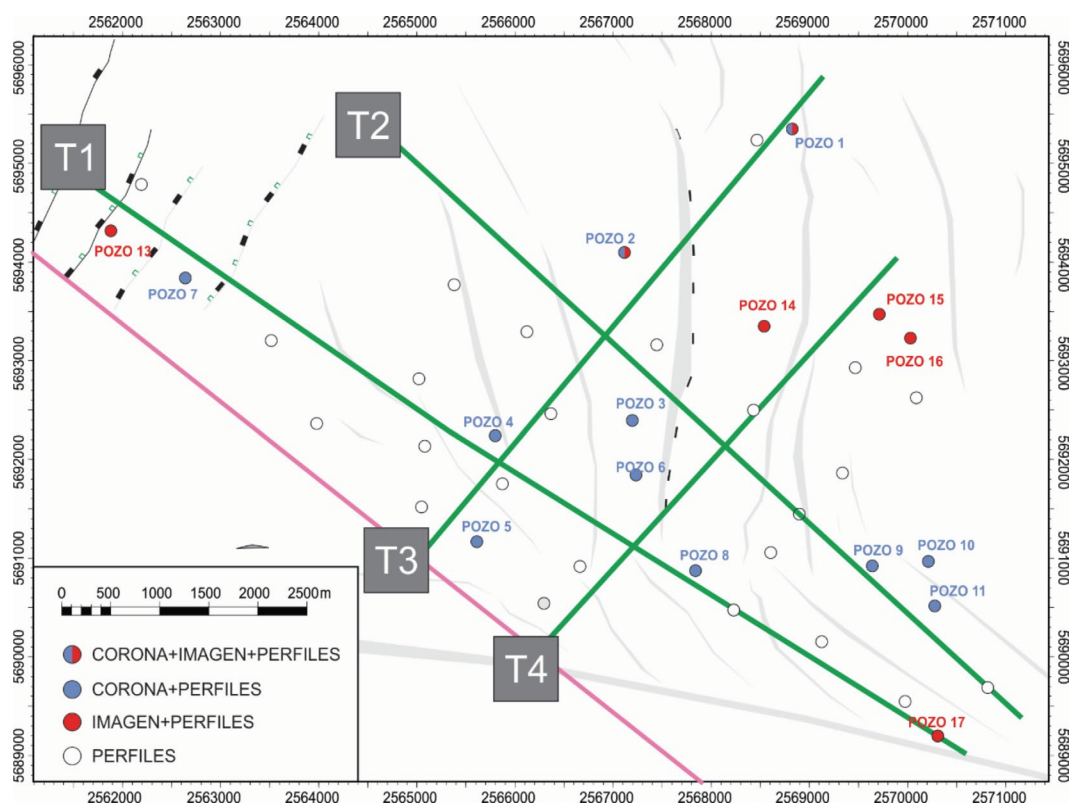


Figura 3. Mapa simplificado mostrando los sondeos utilizados para la integración a escala de todo el yacimiento. Se discriminan los pozos según el tipo de información analizada. Además, se muestran las trazas de las cuatro transectas de correlación (en líneas verdes) construidas para analizar las variaciones espaciales de la sucesión estudiada.

de facies con la correspondiente interpretación de los sistemas de acumulación en cada uno de los pozos analizados. Asimismo, se identificaron arreglos estratales y superficies claves. En cada registro se efectuó también una evaluación del desarrollo vertical de cada uno de los sistemas de acumulación identificados, así como un análisis de la relación entre estos sistemas y la configuración de los valores y desarrollo de las curvas en diferentes perfiles de pozo.

La segunda etapa del estudio consistió en la extrapolación de la información puntual obtenida del análisis de coronas a todo el intervalo de interés en el área de estudio. Para ello, se puso especial énfasis en el estudio de imágenes microresistivas y su relación con las facies sedimentarias observadas en corona. Debido a la buena correlación entre los diferentes tipos litológicos identificados y la diferente respuesta en los perfiles de imágenes fue posible extrapolar, con buen grado de confianza, las principales asociaciones de facies a los intervalos con imagen. Los mismos sumaron aproximadamente 3.350 m y corresponden a 7 pozos (Fig. 3) de los cuales 4 poseen todo el intervalo de interés registrado, mientras que en los dos restantes se limita a los Miembros Basal e Intermedio.

Finalmente, y a partir de la respuesta de estos intervalos en perfiles de pozo (principalmente GR, resistividad, densidad, sísmico) se terminó de completar la distribución de asociaciones de facies/ambientes de acumulación al resto del área de estudio. Para ello se utilizó la información de otros 22 pozos seleccionados, cuya información se combinó con la definida en etapas anteriores y a partir de la elaboración de cuatro transectas de correlación (Fig. 3). Todas estas tareas, combinadas, permitieron desarrollar un modelo conceptual y evolutivo de los sistemas de acumulación definidos para la parte superior de la Formación Los Molles aplicable a toda el área del Yacimiento Centenario y zonas aledañas, especialmente hacia el N y NW.

ASOCIACIONES DE FACIES, SUBAMBIENTES Y SISTEMAS DE ACUMULACIÓN

Sobre la base de la descripción sedimentológica de los testigos de corona de la Formación Los Molles se reconocieron para el intervalo estudiado siete asociaciones de facies (Fig. 4). Las mismas representan fundamentalmente asociaciones litológicas y se asocian con procesos sedimentarios elementales que permitieron comprender los principales mecanismos de transporte y acumulación de sedimentos. Desde el punto de vista genético las mismas no representan en sí mismas condiciones paleoambientales particulares, las que fueron analizadas posteriormente sobre la base de las relaciones verticales y espaciales de estas asociaciones. La definición de asociaciones litológicas en una primera etapa de trabajo no sólo tuvo como objetivo la caracterización de los procesos sedimentarios que dominaron la acumulación de la Formación Los Molles, sino que también sirvió como punto de partida para la comparación de las condiciones petrofísicas y su relación con las principales características texturales de los depósitos (granulometría, selección, presencia de matriz, características de la matriz, etc.).

AF	Litología	Estructuras
AF1	Fangolitas e intervalos heterolíticos.	Masivos. Estructura ondulosa. Laminación horizontal y ondulítica. Elevado índice de bioturbación.
AF2	Areniscas finas a medianas.	Laminación horizontal, HCS, estratificación entrecruzada desde bajo y alto ángulo. Laminación ondulítica. Moderada bioturbación.
AF3	Fangolitas y limolitas en intervalos heterolíticos. Areniscas fangosas.	Masivas. Laminación ondulítica. Baja bioturbación. Deformación sinsedimentaria.
AF4	Conglomerados gruesos con matriz arenosa.	Masivos. Difusa estratificación horizontal.
AF5	Conglomerados desde finos a medianos-gruesos, bien seleccionados, con matriz arenosa gruesa a sabulítica.	Estratificación horizontal y estratificación entrecruzada de alto ángulo. Ocasionalmente masivos. Deformación sinsedimentaria.
AF6	Areniscas medianas a gruesas, bien seleccionadas con clastos psefíticos aislados.	Estratificación horizontal a bajo ángulo y estratificación entrecruzada planar y en artesa. Deformación sinsedimentaria común. Ocasionalmente masivas. Sin rasgos de bioturbación.
AF7	Limolitas y limolitas arenosas. Areniscas muy finas, limosas.	Masivas o con rasgos de modificación postdeposicional (pedogénesis) como estructuras moteadas y en bloques, deformación y bioturbación por raíces. Laminación ondulítica de corriente y horizontal en las areniscas.

Figura 4. Síntesis de las Asociaciones de Facies identificadas para la Formación Los Molles en el área Centenario a partir del análisis de coronas.

Sobre la base de los arreglos verticales en las asociaciones de facies identificadas en las coronas y de las secuencias elementales (granocrecientes-granodecrecientes) fue posible realizar una asignación paleoambiental para los depósitos de la Formación Los Molles en el Yacimiento Centenario que se corresponden fundamentalmente con dos sistemas de acumulación de gran escala. Los mismos están caracterizados por asociaciones litológicas que representan diferentes subambientes dentro de esos sistemas y que están representadas por una o más asociaciones de facies, las que presentan un arreglo vertical característico (Fig. 5).

Dentro de este esquema, fue posible definir para el intervalo estudiado, depósitos que corresponden a un sistema marino somero con dominio de olas y tormentas, que a su vez puede ser subdividido en dos subambientes (*offshore* y *shoreface*), y un sistema deltaico de grano grueso. Dentro de este último, se pudieron identificar depósitos asociados a subambientes de frente deltaico (con una asociación que representa condiciones proximales y otra más distales) y depósitos de planicie deltaica, caracterizados por depósitos asociados a canales distributarios areno-gravosos y facies finas que representan depósitos de planicies de inundación.

La distribución de estos subambientes y sistemas identificados guarda una clara relación estratigráfica dentro del intervalo estudiado, correspondiendo el sistema marino somero a los depósitos del Miembro Basal, mientras que los depósitos deltaicos caracterizan a los Miembros Intermedio y Superior. La diferencia fundamental entre estos dos miembros superiores radica en la proporción de depósitos de frente deltaico respecto de los de planicie deltaica. Es por ello que el análisis detallado de la distribución y evolución secuencial de los sistemas de acumulación se realizará siguiendo este ordenamiento estratigráfico.

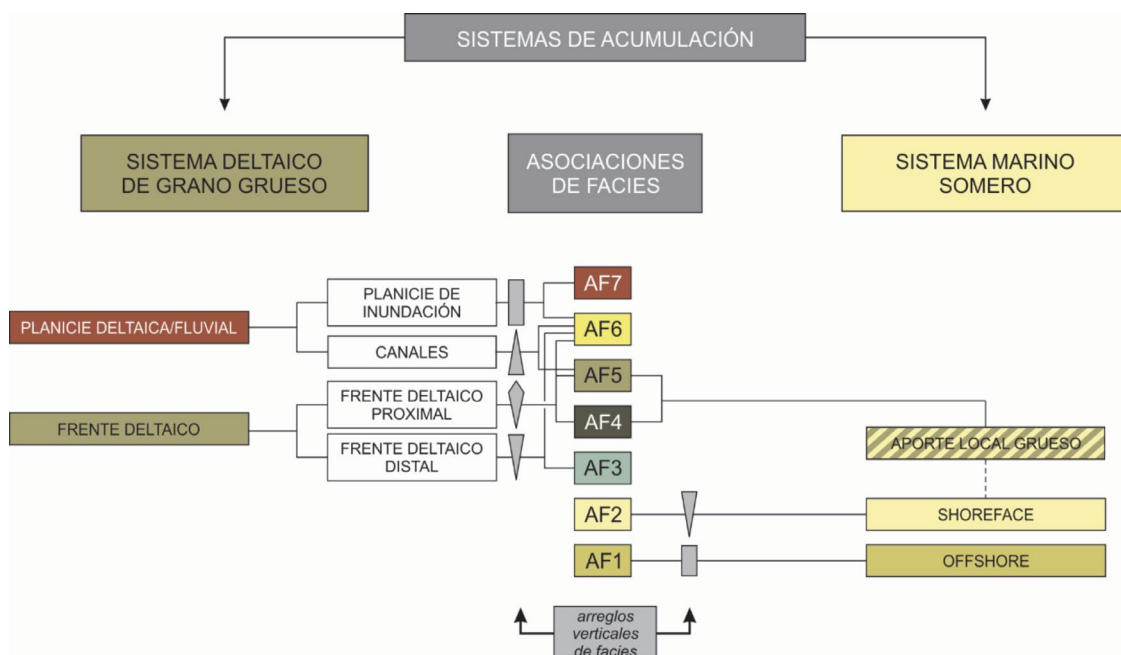


Figura 5. Síntesis de los sistemas de acumulación interpretados en este trabajo a partir de la integración de las asociaciones de facies y diseños verticales característicos. Depósitos interpretados como de *offshore* y *shoreface* representarían un sistema marino somero, el cual ocasionalmente tendría aporte de material grueso. Depósitos interpretados como de frente deltaico (distal y proximal) conformarían las porciones subáreas de un sistema deltaico de grano grueso, mientras que depósitos finos y gruesos alternantes representan las porciones subáreas del mismo (planicie deltaica/fluvial).

MIEMBRO BASAL

El Miembro Basal de la Formación Los Molles en el Yacimiento Centenario está caracterizado por una sucesión de entre 100 y 180 m de potencia en la que intercalan depósitos pelíticos y arenosos, con escasos depósitos conglomerádicos hacia la parte superior. Desde el punto de vista estratigráfico, su contacto basal es transicional desde el Miembro Pelítico, y se define a partir de la ocurrencia de las primeras intercalaciones arenosas (Fig. 2). En algunos pozos, el contacto es poco evidente, resultando difícil la definición del pasaje entre ambas unidades informales. Por su parte, el límite superior tiene una clara expresión litológica a lo largo de toda el área de estudio y está marcado por el pasaje desde depósitos arenosos/ conglomerádicos que caracterizan el tope del Miembro Basal, a una sucesión en la que intercalan depósitos fangosos y arenosos finos de hasta 80 m de potencia que domina la base del Miembro Intermedio. Este límite tiene, también, una clara expresión sísmica en toda el área Centenario (y zonas aledañas hacia el N y NW).

Asociaciones de Facies y Modelo de Acumulación

El Miembro Basal está dominado, en su gran mayoría, por la presencia de fangolitas y areniscas asociadas al desarrollo de un sistema marino abierto y que corresponden a las asociaciones de

facies AF1 y AF2 (Fig. 6A). Los depósitos finos de la AF1 representan condiciones de acumulación de baja energía, en un medio marino abierto y de salinidad normal, por debajo de los niveles de acción de olas de buen tiempo y de tormentas. Estas condiciones promovieron la modificación por bioturbación de los sedimentos, dando lugar a las facies masivas y con elevado grado de bioturbación que caracterizan a esta asociación, y coherentes con la acumulación en un ambiente de *offshore* (Fig. 6A).

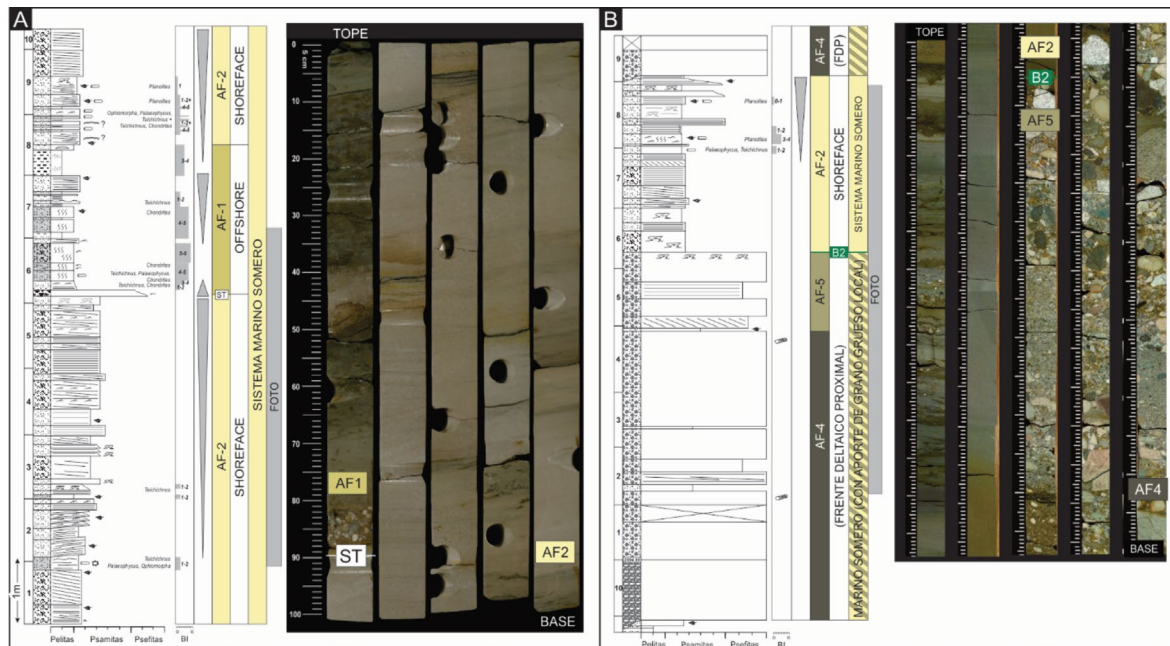


Figura 6. A) Arreglos granocrecientes formados por la superposición vertical de AF1 y AF2, dominantes en el Miembro Basal, que se interpretan como procesos de somerización desde subambientes de *offshore* (AF1) hasta *shoreface* (AF2) de un sistema marino somero. Estos diseños estratales constituyen parasecuencias limitadas por superficies transgresivas (ST), que pueden asociarse además con concentración de material residual grueso. B) Intercalaciones de depósitos de las asociaciones de facies AF2 y AF4+AF5, sugiriendo un aporte local de material grueso al sistema marino somero.

La presencia de intervalos heterolíticos y delgados niveles de areniscas finas a muy finas sugieren la acción de corrientes de mayor energía. Las estructuras ondulosas (*wavy*) en los heterolíticos, así como las estructuras ondulíticas en las arenas, apuntan a la acción de flujos combinados o de oleaje, que sugieren un contexto de acumulación más proximal dentro de este ambiente marino, potencialmente un ambiente de transición *offshore-shoreface*, o sea aquella parte del ambiente que se encuentra entre los niveles de base de olas de buen tiempo y de tormentas (Fig. 7A).

Por su parte, los intervalos más arenosos que componen el Miembro Basal, están caracterizados por la AF2, en la que predominan arenas finas a medianas, con menor grado de bioturbación y con laminación horizontal, de bajo ángulo y convexa (HCS?) (Fig. 6A). Estos depósitos representan condiciones de mayor energía desarrolladas en zonas más someras del sistema marino y corresponden a la acción directa de olas y tormentas y corrientes derivadas del oleaje. En este

contexto, representarían condiciones de acumulación por encima del nivel de base de olas de buen tiempo en un ambiente de *shoreface* (tanto en sus porciones inferiores como superiores) (Fig. 7A).

De esta forma, es posible establecer para la acumulación del Miembro Basal, un modelo de acumulación representado por un sistema marino abierto, con dominio de acción de olas de buen tiempo y tormentas (Fig. 7A). Este sistema estaría representado desde sus partes más distales (*offshore*/transición *offshore-shoreface*) a sus partes relativamente más someras (*shoreface*), aunque no se han identificado, en el área de estudio, las porciones subaéreas de este sistema (*foreshore*/planicie costera).

Un aspecto sobresaliente de la estratigrafía del Miembro Basal es la presencia, hacia la parte superior de la unidad y en los sectores más hacia el SE del yacimiento, de depósitos conglomerádicos que intercalan con las facies fangosas y arenosas del sistema marino somero (Fig. 6B).

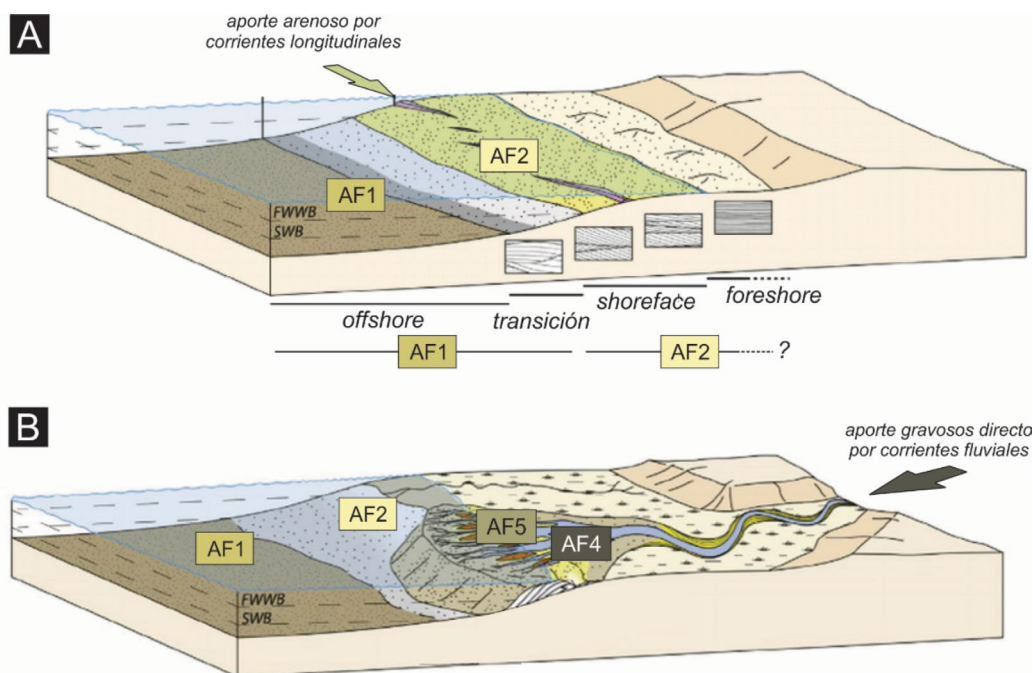


Figura 7. Modelo de acumulación interpretado para el Miembro Basal de la Formación Los Molles en el Yacimiento Centenario. A) Sistema marino con dominio de olas y tormentas interpretado y posición relativa de las asociaciones de facies AF1 (*offshore*/transición *offshore-shoreface*) y AF2 (*shoreface*). El material arenoso habría sido aportado a este sistema a partir de corrientes longitudinales, paralelas a la costa. B) Esquema conceptual mostrando la acción directa de procesos fluviales/aluviales que habrían transportado material gravoso al medio ácuo desde fuentes locales y representados por las asociaciones de facies AF4 (aluvial) y AF5 (fluvial) (adaptado de Vennin *et al.* 2015).

Estos depósitos corresponden a las asociaciones de facies AF4 y AF5 y están caracterizados por conglomerados medianos a gruesos masivos (AF4) y conglomerados finos a medianos con estratificación horizontal y entrecruzada (AF5) (Fig. 6B). Estos depósitos están asociados a corrientes de alta energía y gran capacidad de transporte, y contrastan fuertemente con la acumulación arenosa característica de las porciones más someras del sistema marino del Miembro Basal. Se

interpreta a estos depósitos como producto de la acumulación subácuea a partir de corrientes densas/hiperconcentradas (AF4) y diluidas, las que derivarían de una fuente de sedimentos relativamente local (Fig. 7B). A diferencia del aporte arenoso al sistema marino somero, el que habría sido aportado esencialmente a partir de corrientes longitudinales, paralelas a la costa y asociadas a la acción del oleaje (Fig. 7A), estos depósitos más gruesos estarían vinculadas a aporte fluvial/aluvial directo al sistema somero, a partir de relieves relativamente marcados en posiciones cercanas a la línea de costa (Fig. 7B).

Análisis Secuencial y Arquitectura Estratigráfica

El arreglo vertical que muestran los depósitos del Miembro Basal está dominado por el desarrollo de sucesiones verticales de entre 10 y 30 m, que representan la progradación gradual de este sistema marino somero y se evidencian en el registro por el arreglo granocreciente desde depósitos fangosos (*offshore*), a heterolíticos (transición) y finalmente a sucesiones arenosas (*shoreface*) (Fig. 6A). Los depósitos de *shoreface* también muestran internamente arreglos granocrecientes desde facies de areniscas muy finas a finas a depósitos de areniscas medianas más limpias y con estructuras de mayor régimen y que representarían la transición gradual de depósitos de *shoreface* inferior a depósitos de *shoreface* superior (Fig. 6A). El pasaje de depósitos de *shoreface* a depósitos de *offshore*, por su parte, es relativamente abrupto (Fig. 6A) y representa la inundación del sistema a partir de variaciones de alta frecuencia del nivel relativo del mar o del aporte de sedimentos.

De esta forma, analizando la evolución secuencial de los sistemas de acumulación para este Miembro Basal, se puede considerar que el registro de la acumulación de sistemas marinos someros se arregla en secuencias somerizantes limitadas por superficies de inundación relativamente abruptas (Fig. 8), en ocasiones asociadas a la concentración residual de material relativamente más grueso (Fig. 6A). En ese sentido estas secuencias elementales de facies pueden ser consideradas como parasecuencias (Van Wagoner, *et al.* 1988) y los límites de estas parasecuencias como superficies de inundación (*flooding surfaces*) o transgresivas. Muchos de estos límites de parasecuencias tienen una expresión en perfiles de pozo bastante clara expresada por el pasaje abrupto a facies finas desde facies arenosas. Superficies con estas características son utilizadas para establecer correlaciones entre pozos.

Las parasecuencias muestran, a su vez, arreglos verticales de mayor escala que serían la respuesta a cambios de mayor jerarquía en el balance entre aporte sedimentario y creación de espacio de acomodación en esta parte del sistema. A grandes rasgos, se pudieron definir para el Miembro Basal tres arreglos de mayor escala, compuestos por una superposición, internamente somerizante, de parasecuencias (Fig. 8). Estos arreglos de mayor escala pueden ser considerados como sets de parasecuencias (*sensu* Van Wagoner, *et al.* 1988), en este caso internamente progradacionales. Los límites de estos sets de parasecuencias (identificados como superficies B1, B2 y el tope del

Miembro Basal, Fig. 8), representan cambios de mayor jerarquía en la evolución del sistema y muestran una clara expresión en todo el yacimiento. Si bien su geometría es difícil de precisar hacia el SE debido a la estructuración que posee el área del yacimiento, hacia el NW se identifica que superficies internas dentro del Miembro Basal de igual jerarquía de las identificadas presentan una geometría inclinada (clinoformas), sugiriendo una progradación de gran escala para este intervalo en ese sentido.

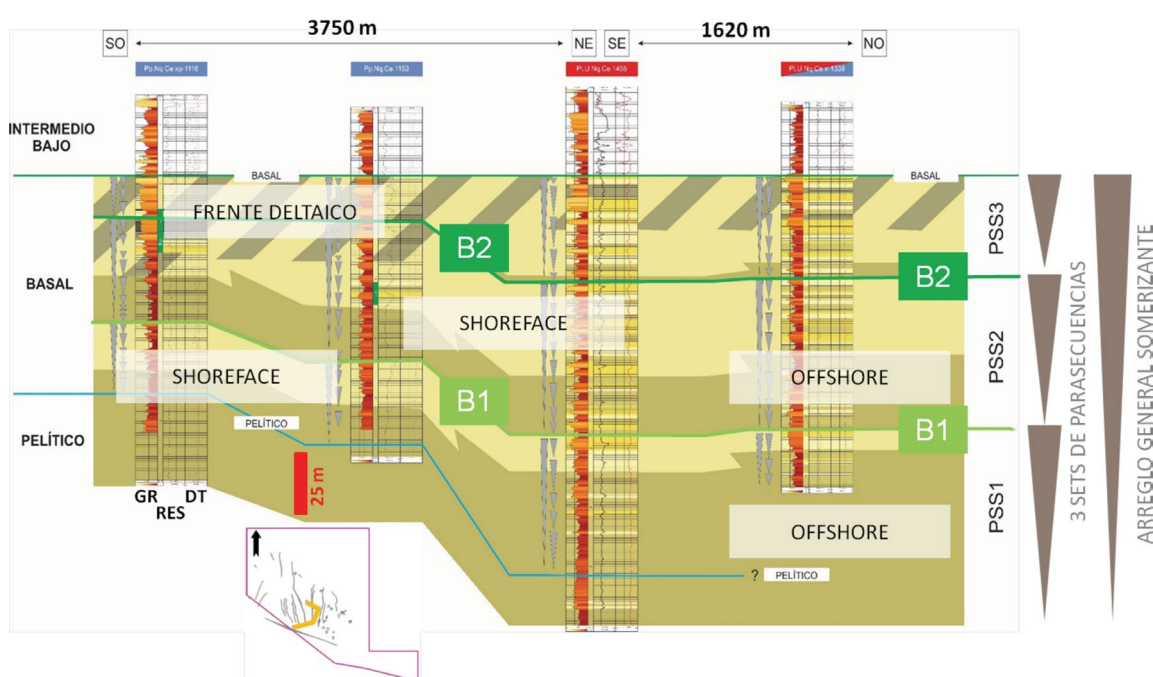


Figura 8. Arquitectura estratigráfica resultante del análisis secuencial del Miembro Basal. Se reconocen numerosos arreglos somerizantes que pueden ser definidos como parasecuencias. A su vez, éstas pueden agruparse en 3 conjuntos de parasecuencias (PSS), limitados por las superficies de correlación B1 y B2, las que tienen expresión a escala de todo el yacimiento. Por su parte todo el Miembro Basal muestra un arreglo general somerizante con la intercalación de facies gruesas (areno-conglomerádicas) hacia el tope.

MIEMBROS INTERMEDIO Y SUPERIOR

El intervalo compuesto por los Miembros Intermedio y Superior de la Formación Los Molles en el Yacimiento Centenario está integrado por una potente sucesión (más de 500 m) dominada por depósitos conglomerádicos, con menor proporción de facies arenosas e intervalos finos (fangolitas-arenas finas) hacia la parte cuspidal (Fig. 2). El límite inferior de este intervalo está definido por una superficie de inundación bien marcada en todo el yacimiento, mientras que el límite superior registra el pasaje a los depósitos del Grupo Cuyo Superior (Formación Lajas), a través de una superficie con clara expresión sísmica (Fig. 2, *marker* sísmico rojo).

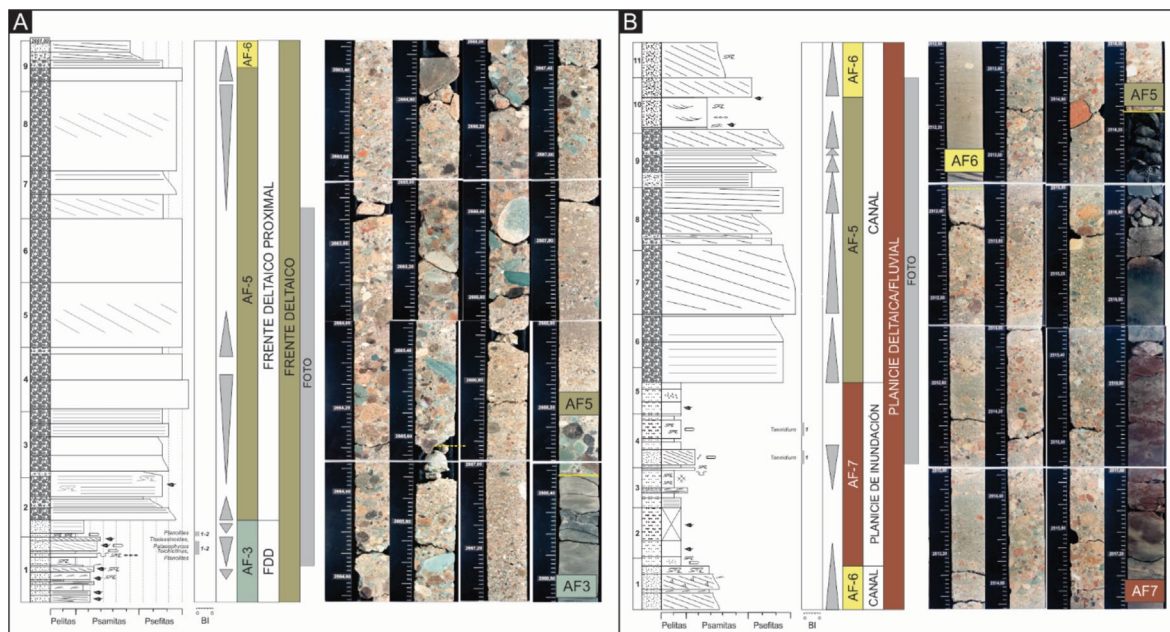


Figura 9. Asociaciones de facies y arreglos verticales característicos de los Miembros Intermedio y Superior. A) Arreglos granocrecientes formado por la superposición vertical de AF3, AF5 y AF6 que caracterizan la acumulación en las porciones proximales de un ambiente de Frente Deltaico. B) Arreglos granodecrecientes formados por la superposición vertical de las asociaciones de facies AF5 y AF6. Estos cuerpos se interpretan como canales subaéreos surcando planicies deltaicas hasta fluviales. Los depósitos de canal se apoyan con bases netas y erosivas por arriba de facies finas de la asociación AF7 compuestas por limolitas moteadas con intercalaciones de arenas muy finas que se interpretan como depósitos de planicie de inundación.

Asociaciones de Facies y Modelo de Acumulación

Desde el punto de vista de las asociaciones de facies presentes en la porción superior de la Formación Los Molles en el Yacimiento Centenario, aparece un complejo mosaico que incluyen las asociaciones litológicas AF3 a AF7 (Fig. 9). Las asociaciones presentes y sus relaciones tanto espaciales como verticales indican el desarrollo de un complejo sistema de transición entre un aporte relativamente grueso desde el continente y su acumulación en ambientes marinos altamente influenciados por este aporte fluvial.

Este sistema de interacción puede ser dividido a su vez en dos subambientes que representan por un lado la parte subácuea del sistema y por otro el sistema fluvial/aluvial alimentador. Dentro del primero, se observa la presencia dominante de depósitos conglomerádicos finos a medianos, organizados y con variedad de estructuras mecánicas (AF5), los que se vinculan verticalmente a depósitos arenosos medianos a gruesos, también con profusión de estructuras mecánicas y muy baja bioturbación (AF6). En ocasiones estas asociaciones de facies muestran claros arreglos granocrecientes (AF6 a AF5) en sucesiones de varios metros de potencia (Fig. 9A), aunque los conglomerados también pueden aparecer de forma relativamente abrupta sobre depósitos más finos/distales. Las secuencias granocrecientes son a veces coronadas por depósitos nuevamente arenosos de la AF6, generando complejas secuencias granocrecientes-decrecientes (AF6-AF5-AF6). Un elemento común en todos estos depósitos es la abundancia de estructuras de deformación sinsedimentaria. También aparecen en todo

este intervalo restos vegetales, algunos de tamaño significativo. Se interpreta a estas secuencias como el producto de la progradación y posterior abandono de lóbulos deltaicos de grano grueso acumulados en un ambiente transicional, que correspondería a un ambiente de frente deltaico proximal (Fig. 10). Asociado a estas secuencias gruesas aparecen también sucesiones granocrecientes de grano más fino caracterizadas por la presencia de intervalos heterolíticos con moderada bioturbación y deformación sinsedimentaria (AF3) (Fig. 9A), las que pueden pasar verticalmente a areniscas medianas a gruesas, muy deformadas de la AF6. Estas sucesiones más finas se interpretan como la expresión distal/lateral de los lóbulos deltaicos y en conjunto constituirían el frente deltaico distal (Fig. 10).

Por su parte, la porción subaérea de este sistema deltaico de grano grueso estaría representada por la planicie deltaica/fluviol, en la que sobresalen dos asociaciones litológicas bien definidas y que implican los contrastes litológicos más marcados de toda la unidad. Por un lado aparecen depósitos conglomerádicos finos a gruesos, moderadamente bien seleccionados, dominados por estratificación horizontal y entrecruzada de alto ángulo (AF5) que se asocian con depósitos arenosos gruesos, entrecruzados o con estratificación horizontal (AF6) (Fig. 9B). Si bien estas sucesiones de facies están caracterizadas por las mismas asociaciones litológicas que dominaban en los depósitos de frente deltaico proximal (AF5-AF6), en este caso las mismas se desarrollan sistemáticamente como sucesiones granodecrecientes de 1 a 2 m de potencia, limitadas en la base por superficies netas, erosivas, con abundantes intraclastos pelíticos (Fig. 9B). Estos depósitos se interpretan como producto de la acumulación en canales fluviales, dominados por corrientes diluidas de alta energía (Fig. 10). El arreglo vertical complejo de sucesiones granodecrecientes de 1-2 m para generar sucesiones de 4-5 m de espesor, sugiere el desarrollo de rellenos complejos de estos canales, potencialmente con el desarrollo de barras internas/laterales gravo-arenosas, aunque la amalgamación vertical de diferentes cuerpos de relleno de canal también puede llevar al desarrollo de sucesiones de grano grueso excepcionalmente potentes.

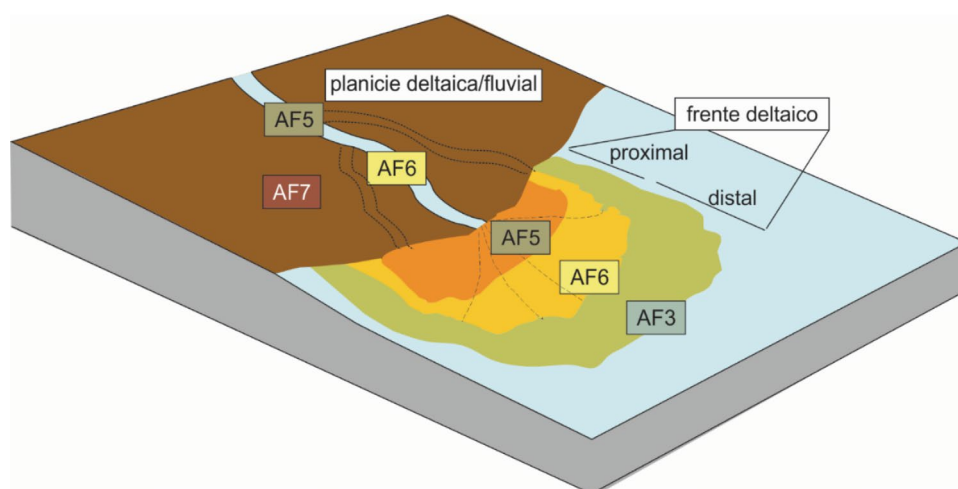


Figura 10. Modelo de acumulación simplificado para los Miembros Intermedio y Superior de la Formación Los Molles en el Yacimiento Centenario. La acumulación se relaciona con el desarrollo de sistemas deltaicos de grano grueso, conformados por porciones subaéreas de frentes deltaicos y alimentados por sistemas fluviales de alta energía y planicies de inundación fluviales (modificado de Nichols 2009).

Por su parte, los depósitos de canal se asocian verticalmente con depósitos de granulometría fina, dominados por limolitas y fangolitas rojizas a verdosas de la AF7. Estos depósitos muestran recurrentes evidencias de exposición subaérea como la presencia de marcas de raíces y moteados/estructura en bloques asociada al desarrollo de procesos pedogenéticos (Fig. 9B). A los depósitos finos se asocian areniscas finas a muy finas con óndulas que representan la acción de flujos unidireccionales efímeros, asociados a eventos de crecidas. El conjunto de estos depósitos representa condiciones de acumulación episódicas, vinculadas con el desbordamiento de los canales fluviales en un contexto de exposición subaérea. En ese sentido representarían ambientes de planicie de inundación (Fig. 10). En conjunto, los depósitos de canal y los de planicie de inundación representan el desarrollo de un sistema fluvial de carga mixta, areno-gravoso, dominado por canales complejos (de diseño posiblemente entrelazado) y depósitos de desbordamiento asociados.

La estrecha vinculación entre los depósitos de este sistema fluvial y los depósitos de frente deltaico, así como su granulometría, sugiere que éste habría constituido el sistema alimentador del delta, por lo que podrían representar la planicie deltaica de ese sistema. De esta forma, es posible establecer para la acumulación de los miembros Intermedio y Superior un sistema deltaico conformado por uno o más frentes deltaicos de grano grueso alimentados por una planicie deltaica con varios puntos simultáneos de aporte de material (braid deltas en figura 1 de McPherson *et al.*, 1987; Fig. 10).

Arreglos Verticales y Estratigrafía Secuencial

El conjunto de depósitos que constituyen los Miembros Intermedio y Superior de la Formación Los Molles en el Yacimiento Centenario muestran arreglos de asociaciones de facies característicos a diferentes escalas que permiten hacer inferencias acerca de la evolución de estos sistemas en relación tanto con cambios propios del sistema o autogénicos y cambios externos al sistema o alogénicos.

A menor escala, se observa el desarrollo de sucesiones verticales granocrecientes de entre 2 y 10/15 m de potencia que muestran el pasaje vertical desde depósitos del frente deltaico distal a depósitos del frente deltaico proximal. Estos arreglos representarían la progradación normal de lóbulos individuales dentro de este sistema de frente deltaico. Estas sucesiones granocrecientes, se transforman en granodecrecientes hacia el tope sugiriendo el abandono gradual de estos lóbulos, posiblemente asociados a la bifurcación y posterior avulsión del canal principal es su zona de desembocadura. Estas secuencias elementales de menor jerarquía muestran una clara expresión en perfiles de pozo, asociados a un incremento gradual de la granulometría desde las porciones más distales a las zonas proximales de los lóbulos. Sin embargo, al igual que para los ciclos de menor jerarquía del Miembro Basal (con quienes podrían compartir la escala), su desarrollo está fuertemente controlado por condiciones de espacio y aporte sedimentario local, por lo que es

difícil considerarlos como elementos de correlación a escala del yacimiento.

A mayor escala, se observa para esta sección superior de la Formación Los Molles el arreglo de secuencias de mayor jerarquía que muestran el pasaje gradual de facies predominantes de frente deltaico distal, a depósitos de frente deltaico más proximal y eventualmente a depósitos de planicie deltaica (Fig. 11). Estas secuencias muestran la progradación gradual de todo el sistema (no sólo los lóbulos individuales), posiblemente como repuesta a un aporte sedimentario por parte de los sistemas fluviales que excede el espacio de acomodación disponible en el ambiente transicional. Este comportamiento es el que sugiere a gran escala que los depósitos identificados constituyen un sistema deltaico de grano grueso, como repuesta esencial a ese exceso de aporte en el ambiente marino somero y a la incapacidad de los procesos marinos de retrabajar el material grueso aportado por los ríos.

Estas secuencias de gran escala están limitadas por superficies relativamente netas y en las que se registra un pasaje abrupto de depósitos subaéreos de planicie deltaica a depósitos finos de frente deltaico más distal (Fig. 11). Estas superficies se generarían como respuesta a episodios de inundación general del sistema a gran escala. El ascenso relativo del nivel del mar que registran estas superficies es independiente de la evolución intrínseca del sistema y podría estar asociado a

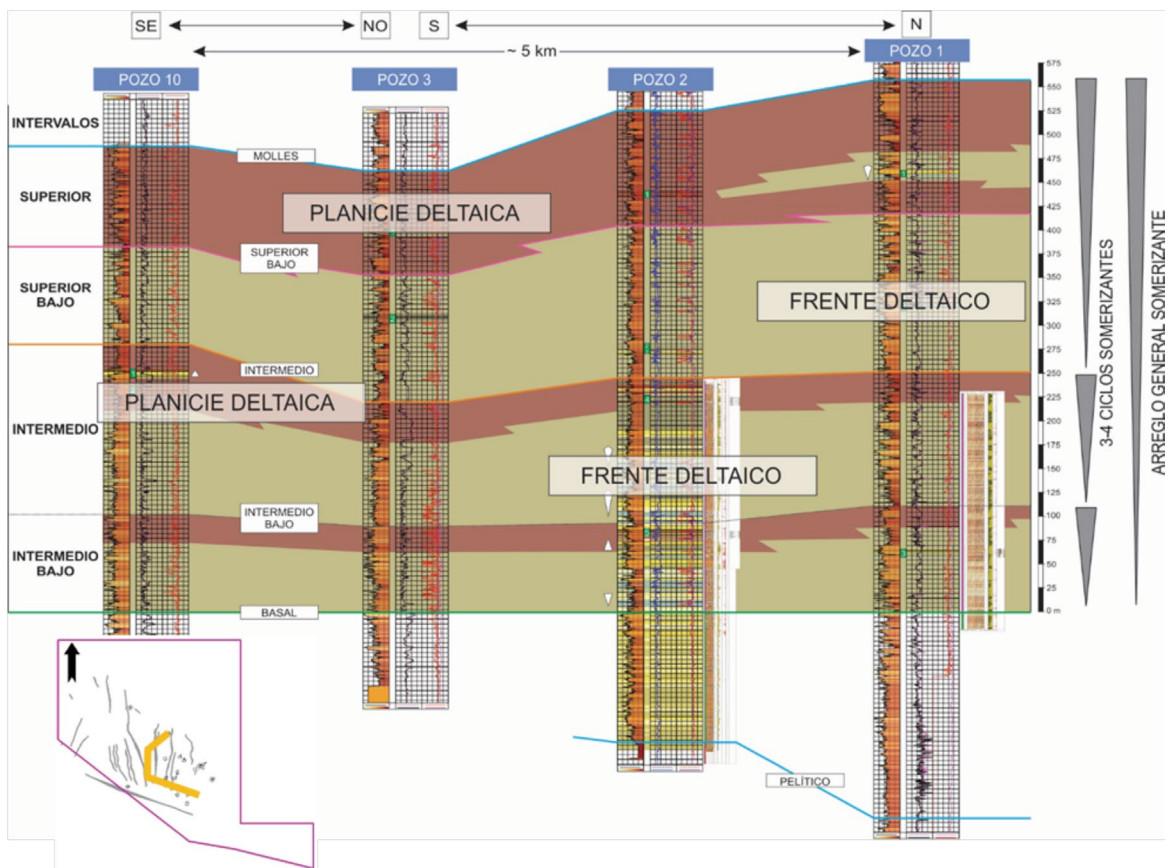


Figura 11. Arquitectura estratigráfica resultante del análisis secuencial de los Miembros Intermedio y Superior de la Formación Los Molles en el Yacimiento Centenario. Se reconocen tres ciclos somerizantes de mediana escala con aumento progresivo de espesor. A su vez, éstos pueden agruparse en un arreglo general somerizante de unos 500 m de espesor.

un incremento de la acomodación por cambios en la tasa de subsidencia mecánica. La vinculación de estas superficies con cambios externos al sistema, confirmaría la posibilidad de utilizar estas superficies como elementos de correlación a escala de todo el yacimiento (Fig. 11). En este sentido, la superficie que separa el Miembro Intermedio del superior, constituiría una de estas superficies de inundación a escala del yacimiento.

De esta forma es posible identificar para el conjunto de los miembros Intermedio y Superior, tres secuencias de progradación deltaica de mayor escala (Fig. 11). Una estaría definida por el Miembro Intermedio Bajo, otra por la parte superior del Miembro Intermedio y la otra por el conjunto Miembro Superior Bajo-Miembro Superior, la que se encuentra truncada por los depósitos del Grupo Cuyo Superior en el área de estudio. Cuando se observa el arreglo de estas tres secuencias se ve claramente cómo las mismas se van haciendo más potentes hacia la parte superior y muestran mayor proporción de depósitos de planicie deltaica (hasta un 40% en la superior). Esto sugiere una progradación general de todo el sistema de una jerarquía mayor (Fig. 11), arreglo que también es insinuado en la arquitectura estratigráfica de gran escala de estas secuencias en el análisis sísmico del intervalo compuesto por los Miembros Intermedio y Superior.

EVOLUCIÓN PALEOAMBIENTAL Y SECUENCIAL

Sobre la base del análisis de los testigos corona disponibles y de la extrapolación a información de imágenes y perfiles de pozo, fue posible reconstruir los sistemas de acumulación que caracterizan a la parte superior de la Formación Los Molles en el Yacimiento Centenario, a la vez que se definió su variabilidad espacial y su evolución en el marco de un esquema secuencial integrado. Estas observaciones, fueron fundamentales a la hora de establecer la geometría, distribución y características texturales de los potenciales reservorios clásticos de esta unidad, permitiendo definir, de forma más ajustada, el contexto general de acumulación en el marco de evolución temprana de la Cuenca Neuquina en áreas asociadas a la Dorsal de Huincul.

El intervalo de interés comienza en el área de estudio con la aparición de los primeros niveles heterolíticos y arenosos finos del Miembro Basal. Esta aparición es relativamente transicional desde los depósitos finos del Miembro Pelítico y representa el primer registro en la secuencia de procesos marinos relativamente someros representados inicialmente por facies relativamente profundas asociadas a la acción de tormentas (*offshore*-transición *offshore/ shoreface*), y eventualmente por depósitos arenosos que representan condiciones aún más someras, dominadas por la acción del oleaje de buen tiempo y sus corrientes asociadas (*shoreface*). Los depósitos del Miembro Basal representan la instalación gradual de un sistema marino somero abierto, con dominio de olas y tormentas, en el cual el material arenoso era provisto por corrientes longitudinales. Desde el punto de vista de la variabilidad espacial, se observa una tendencia a la profundización del sistema en sentido SE-NW y S-N que se evidencia en una mayor proporción de depósitos de *offshore*

en esa dirección y en la desaparición de las sucesiones gruesas presentes hacia el centro-sur del yacimiento. Por otro lado, también se ha observado que la geometría de gran escala del Miembro Basal muestra el desarrollo de clinoformas depositacionales hacia el NW.

Un aspecto clave a la hora de entender la evolución de la Formación Los Molles en el área de estudio es la aparición, hacia el tope del Miembro Basal, de facies conglomerádicas que representan un cambio sustancial en el aporte de material a los sistemas marinos y transicionales. La intercalación de depósitos aluviales asociados a flujos densos e hiperconcentrados con baja eficiencia de transporte sugiere un aporte directo al sistema marino desde fuentes relativamente cercanas, material que se combinaba con el aporte longitudinal de sedimentos significativamente más finos a partir de procesos de deriva litoral asociados a la acción del oleaje. La presencia de este material grueso aportado localmente indica la generación de relieves desde donde derivaron sistemas poco evolucionados y desarrollados en posiciones cercanas a la costa. La tectónica activa para el momento de acumulación de estos sistemas en el área de la Dorsal de Huincul, unos pocos kilómetros al sur habría sido responsable de una reconfiguración de los sistemas que de alguna forma preanuncia el contexto de acumulación que caracterizará la parte superior de la Formación Los Molles en el Yacimiento Centenario.

El pasaje del Miembro Basal al Intermedio se corresponde con una superficie de expresión regional que se corresponde con una superficie de inundación, y con el pasaje a facies distales que contrastan con los depósitos gruesos de la porción superior del Miembro Basal. Sin embargo, el cambio observado en la base del Miembro Intermedio es aún más significativo que una simple inundación del sistema, ya que por encima de esa superficie la acción de olas y tormentas es casi insignificante y la acumulación está directamente asociada con el desarrollo de un sistema deltaico de grano grueso. A diferencia del aporte grueso registrado en el Miembro Basal, las facies que caracterizan el sistema de los Miembros Intermedio y Superior están dominadas por conglomerados mejor seleccionados, asociados al desarrollo de un sistema fluvial entrelazado alimentador. En ese sentido, se puede considerar que si bien existía un relieve lo suficientemente importante como para aportar material grueso directamente a los sistemas transicionales, el mismo habría sido transferido a través de un sistema fluvial integrado, permitiendo el desarrollo de una planicie fluvial que habría alimentado posiblemente múltiples sistemas deltaicos de grano grueso (Fig. 12).

La evolución de estos sistemas deltaicos de grano grueso habría estado puntuada por momento de progradación de los sistemas, en los que el aporte sedimentario claramente superaba la tasa de creación de espacio de acomodación. El resultado de estos momentos de progradación lo constituyen las secuencias somerizantes que caracterizan a los Miembros Intermedio y Superior, y que registran el pasaje de depósitos de frente deltaico distal a frente deltaico proximal, y de éstos a intervalos de planicie deltaica/fluvial. Un aspecto importante a tener en cuenta es que hacia el tope estas secuencias de progradación se vuelven granodecrecientes, puesto que los depósitos de

planicie deltaica/fluval poseen una gran participación de sedimentitas de grano fino con evidencias de exposición subaérea (asociación de planicie de inundación), que contrastan con los intervalos conglomerádicos potentes de frente deltaico proximal. Por lo tanto, el modelo de acumulación resulta fundamental para comprender la naturaleza de estas secuencias de gran escala. Por otra parte, estas secuencias de gran escala están compuestas internamente por secuencias de menor jerarquía que representarían la evolución de alta frecuencia de lóbulos deltaicos individuales. Sin embargo, el hecho de que el sistema está compuesto por múltiples puntos de aporte sedimentario combinado con el movimiento lateral intrínseco de los lóbulos deltaicos individuales habría resultado en una acumulación sedimentaria con una arquitectura de gran escala tabular (Fig. 12).

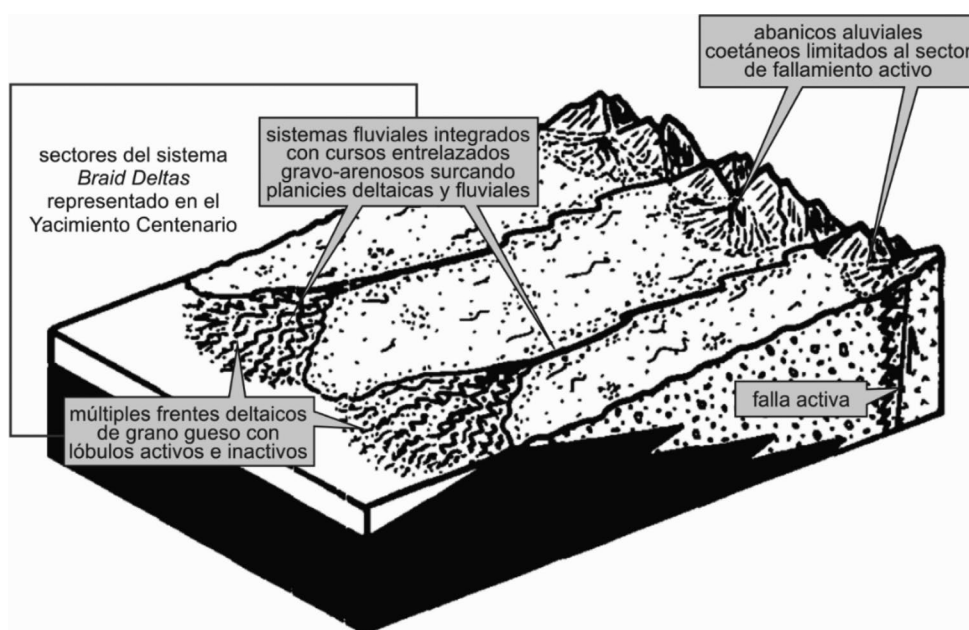


Figura 12. Modelo de acumulación general tipo Braid Deltas interpretado para los Miembros Intermedio y Superior de la Formación Los Molles. El modelo comprende sistemas fluviales gravo-arenosos con varios puntos de entrada al medio marino, formando planicies deltaicas que pasan hacia ambientes de frentes deltaicos de grano grueso (tomado de McPherson *et al.* 1987). La progradación de todo el sistema habría resultado en la acumulación de cuerpos tabulares conglomerádicos de frente deltaico cubiertos por sucesiones de planicies deltaicas/fluval conformadas por intercalaciones de finos de planicies y gruesos de rellenos de canales alimentadores/fluval.

APLICACIÓN DEL MODELO DEPOSITACIONAL A LA CARACTERIZACIÓN DE LOS RESERVORIOS DEL MIEMBRO INTERMEDIO

Los resultados del análisis de detalle de los testigos corona e imágenes de pozo descrito en los párrafos anteriores, permitieron replantear la correlación de los niveles reservorio del Mb. Intermedio. En una primera aproximación, dicha correlación priorizó la delimitación de cuerpos areno-gravosos en su base y techo. Sin embargo, el arreglo interno de las distintas secuencias de mayor resolución sugiere que podrían utilizarse los pasajes netos de granulometrías gruesas a finas,

separando los depósitos en arreglos granocrecientes superpuestos de unos 15 a 25 m de espesor (Fig. 13).

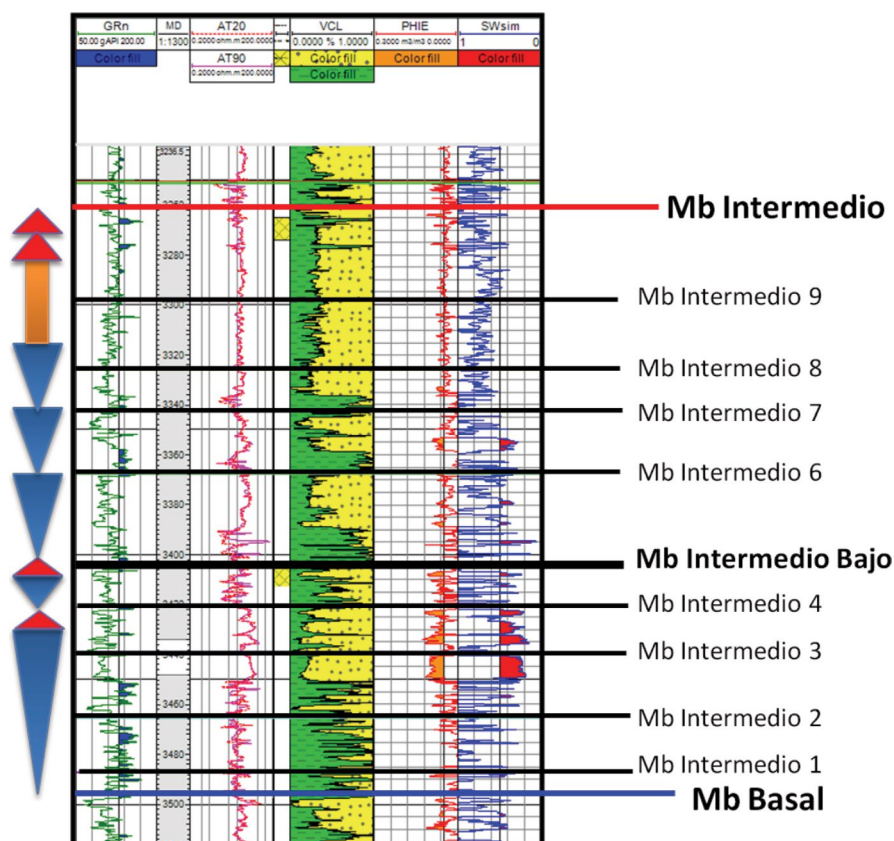


Figura 13. Correlación de detalle de los niveles reservorio del Mb. Intermedio de la Fm. Los Molles en el yacimiento Centenario. Las superficies de correlación separan arreglos granocrecientes de entre 10 y 40 m de espesor, a partir de los cambios netos de litologías gruesas a finas.

En función de esta nueva correlación de detalle, se realizaron mapas de espesor de reservorios areno-gravosos utilizando un *cut-off* de Volumen de Arcilla (VCL) de 40% para todos los pozos del área. A modo de ejemplo, para el Mb. Intermedio 4 (Fig. 14), el mapa de espesor de arenas y conglomerados muestra geoformas canalizadas en la zona sur y geoformas en forma de abanico hacia el norte (Fig. 14B). Los canales se interpretan como parte de la planicie deltaica que alimenta los lóbulos de frente deltaico proximal a distal hacia el norte. Las fajas canalizadas presentan un ancho aproximado de 500 m y un largo de entre 3 y 6 km.

Utilizando este nivel reservorio como guía, se interpretó en la sísmica 3D un reflector de amplitud positiva al que se le extrajo un geocuerpo basado en su valor de umbral de opacidad con una semilla del 95% de confiabilidad, cuya geometría coincide con la delimitada por el atributo RMS calculado sobre dicho intervalo. Como resultado, se ilumina un geocuerpo que coincide con la interpretación de lóbulos de frente deltaico obtenidos de los mapas de reservorio por correlación de pozos (Fig. 14B).

Otro ejemplo es el mapa de espesor de reservorio areno-gravoso del Miembro Intermedio 6 (Fig. 15). En dicho mapa es notable la acumulación de arenas y conglomerados hacia el norte del área, en concordancia con el arreglo interno progradante de dicha secuencia. Hacia el sur, se

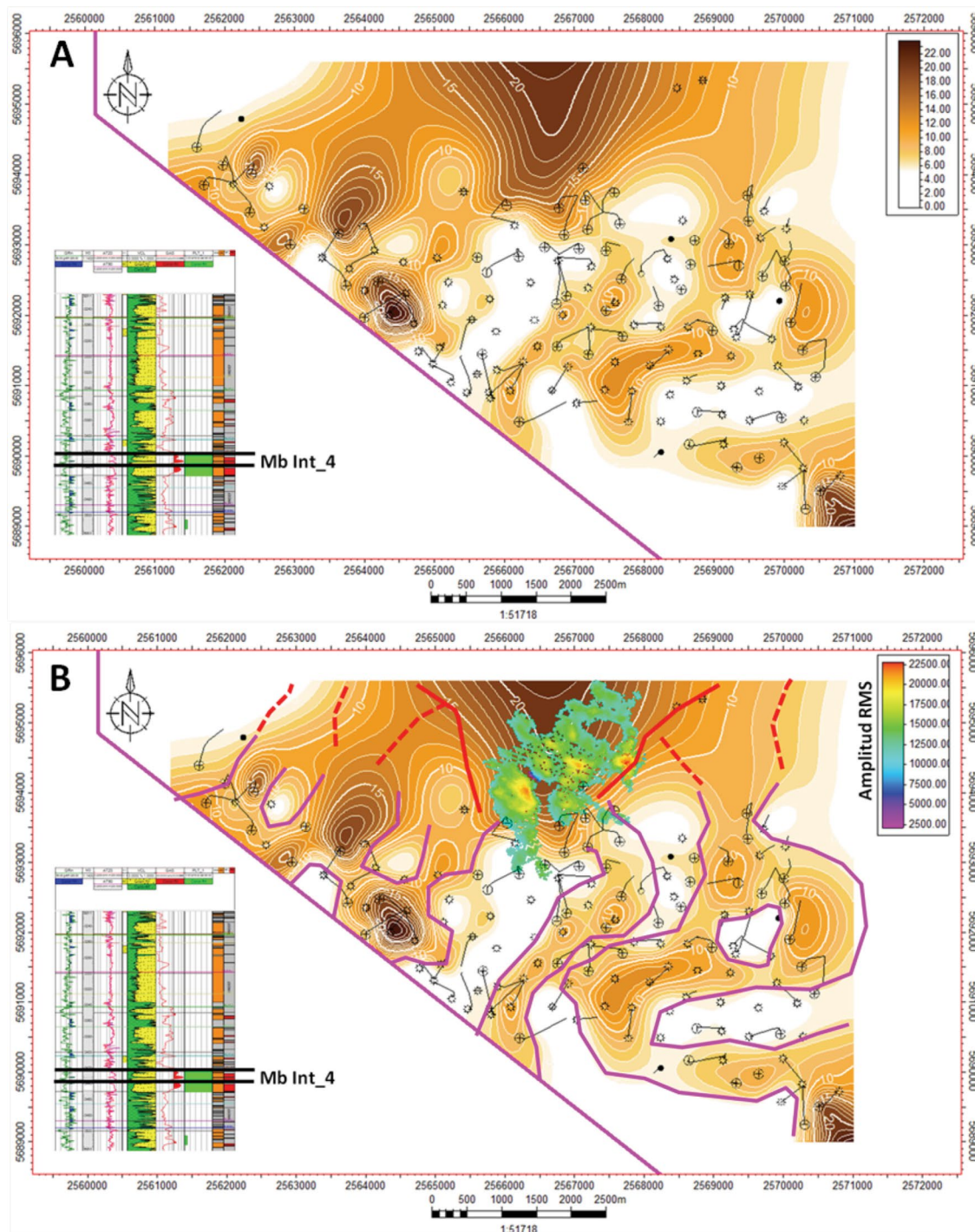


Figura 14. Mapa de espesor de reservorios areno-gravosos del Mb. Intermedio 4, realizado con un *cut-off* de VCL de 40% para todos los pozos (puntos negros) del área. A) mapa sin interpretar; B) mapa interpretado y geocuerpo superpuesto de amplitud RMS de la sísmica 3D.

interpreta nuevamente la presencia de geoformas canalizadas algo más anchas (800-1200 m) y 3,5 a 5 km de largo. Los depósitos al norte se interpretan como lóbulos de frente deltaico que coalescen lateralmente dando espesores importantes continuos en dirección este-oeste (Fig. 15B).

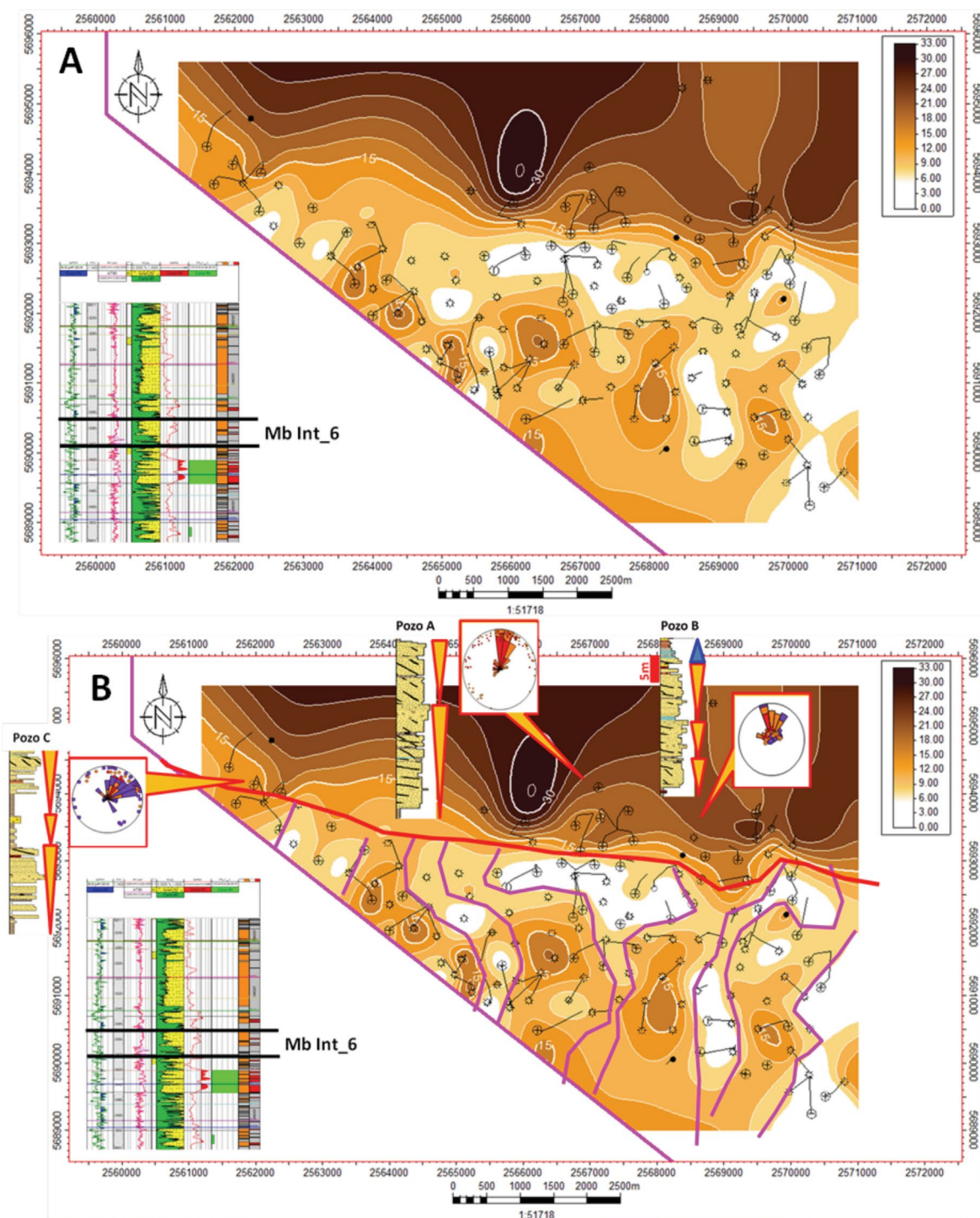


Figura 15. Mapa de espesor de reservorios areno-gravosos del Mb. Intermedio 6. Realizado con un *cut-off* de VCL de 40 % para todos los pozos (puntos negros) del área. A) mapa sin interpretar; B) mapa interpretado y ejemplos de facies y direcciones de dispersión de sedimentos (con remoción del buzamiento estructural) interpretadas en imágenes de pozo.

Si se observan los perfiles de interpretación litológica a partir de imágenes de pozo para este intervalo (pozos A, B y C en Fig. 15B), se observan secuencias granocrecientes de alta resolución de unos 5 a 15 m de espesor, que en algunos casos culminan en depósitos granodecrecientes asignados a la colmatación de los depósitos de frente deltaico proximal y la posterior instauración de la planicie deltaica (pozo B en Fig. 15B). Las direcciones de dispersión de sedimentos tienen una orientación hacia el N-NE, coincidentes con la dirección principal de migración de los lóbulos de frente deltaico interpretados (Fig. 15B; direcciones de dispersión de sedimentos con remoción del buzamiento estructural).

IMPPLICANCIAS REGIONALES

Es interesante comparar los depósitos de la Formación Los Molles en el área de estudio y la evolución temprana de la Cuenca Neuquina. Esta formación en el área Centenario muestra un claro arreglo progradante, desde facies de cuenca distal (Miembro Pelítico) a depósitos más someros (Miembro Basal), que luego pasan a depósitos de un sistema deltaico de grano grueso (Miembros Intermedio y Superior). También se observa que la proporción de depósitos subaéreos de planicie deltaica/fluvial, se incrementa en las secuencias superiores.

Cuando se considera el espesor de las secuencias desarrolladas en los Miembros Intermedio y Superior, se observa que los mismos se incrementan hacia el tope, sugiriendo un aumento en la tasa de creación de acomodación en ese sentido. A partir de la edad posible de las secuencias definidas por su contenido palinológico y micropaleontológico (Pliensbachiano-Bajociano), este comportamiento es coherente con los que se observa en otros sectores de la cuenca, en los que la parte inferior y media del Grupo Cuyo está dominada por un contexto transgresivo en el que la creación de acomodación es el elemento dominante en la definición de una arquitectura estratigráfica de gran escala, tanto en afloramientos del sur de Mendoza (Veiga *et al.*, 2013), como en subsuelo en la plataforma de Catriel (Bloque Agua Salada, Mosquera *et al.* 2008). Sin embargo, a diferencia del arreglo general retrogradante que se observa en estos sectores de la cuenca, el área de estudio se encuentra más relacionada con el comportamiento de los sistemas de Grupo Cuyo en el sector sur de la cuenca, donde independientemente de las condiciones de acomodación, los mismos han evolucionado influenciados por un aporte clásticos significativo que resulta en una progradación de largo término, con el pasaje de facies profundas (Formación Los Molles), a facies transicionales (Formación Lajas) y eventualmente a depósitos continentales (Formación Challacó), aunque estos últimos de edad algo más joven (Arregui *et al.*, 2011).

CONCLUSIONES

La interpretación paleoambiental de la Formación Los Molles en el yacimiento Centenario estuvo históricamente ligada a depósitos de índole continental, fluvio-aluvionales, dada la

característica de presentar espesas acumulaciones de facies gruesas areno-gravosas. Sin embargo, dicho modelo no permitía explicar distintos eventos puntuales pero concisos que se encontraban dentro de la información de testigos-corona, como por ejemplo la presencia de niveles pelíticos oscuros con nanofósiles marinos en posiciones estratigráficamente altas (Miembro Superior), entre otras.

El análisis integral de los testigos-corona junto con la información de imágenes de pozo permitieron generar un nuevo modelo paleoambiental para la Fm. Los Molles asociada a la morfoestructura de la Dorsal de Huincul. Este modelo postula un claro arreglo progradante, desde facies de cuenca marina distal (Miembro Pelítico) a depósitos marino someros, en condiciones abiertas de un sistema de *offshore-shoreface* (Miembro Basal) a transicional con aporte activo de sedimentos mediante un sistema deltaico de grano grueso tipo braid deltas (Miembros Intermedio y Superior). Este contexto implica una progresiva progradación de gran escala (y de baja frecuencia) de los sistemas, mostrando un aporte sedimentario que, en el balance general, superaba a la acomodación que se generaba tanto por actividad tectónica directa como por un ascenso del nivel del mar.

En base a este nuevo modelo, se puede llevar la interpretación a niveles estratigráficos de mayor resolución, utilizando como ejemplo los reservorios del Miembro Intermedio. Cuando dicho intervalo se separa en secuencias granocrecientes de entre 15 y 25 m de espesor, se observa el sistema depositacional interpretado, con depósitos canalizados de planicie deltaica hacia el sur, que alimentan lóbulos de frente deltaico hacia el norte.

REFERENCIAS CITADAS

- Arregui, C.; O. Carbone y R. Martínez, 2011. El Grupo Cuyo (Jurásico Temprano-Medio) en la Cuenca Neuquina. Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén, En: Relatorio XVIII Congreso Geológico Argentino, p. 77-89.
- Gulisano, C.A., Gutiérrez Pleimling, A.R. y Digregorio, R.E. 1984. Esquema estratigráfico de la secuencia jurásica del oeste de la provincia del Neuquén. IX Congreso Geológico Argentino (S. C. Bariloche), Actas 1, p. 236-259.
- McPherson, J.G.; G. Shanmugam y Moiola, R.J., 1987. Fan-deltas and braid deltas: Varieties of coarse-grained deltas. Geological Society of America Bulletin, 99, p. 331-340.
- Mosquera, A., Alonso, J., Boll, A., Alarcón, M., Zavala, C., Arcuri, M., Villar, H.J., 2008. Migración lateral y evidencias de hidrocarburos cuyanos en yacimientos de la Plataforma de Catriel, Cuenca Neuquina. VII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, IAPG.
- Mosquera, A., Silvestro, J., Ramos, V.A., Alarcón, M., Zubiri, M., 2011. La estructura de la Dorsal de Huincul. Relatorio del XVIII Congreso Geológico Argentino, Neuquén, p. 385-397.
- Nichols, G., 2009. Sedimentology and Stratigraphy. Wiley-Blackwell Publishing, 419 pp. Oxford.
- Van Wagoner, J.C.; H.W. Posamentier; R. Mitchum; P.R. Vail; J. F. Sarg; T.S. Loutit y J. Harden-

- bol, 1988. An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions. En: C.K. Wilgus, B.S. Hastings, C.G.St.C. Kendall, H.W. Posamentier, C.A. Ross & J.C. Van Wagoner (Eds.), *Sea-Level Changes: An Integrated Approach*. SEPM Special Publication 42: 39-45. Tulsa.
- Veiga, G.D.; E. Schwarz; L.A. Spalletti y J.L. Massafiero, 2013. Anatomy and Sequence Architecture of the Early Post-Rift in the Neuquén Basin (Argentina): A Response to Physiography and Relative Sea-level Changes. *Journal of Sedimentary Research*, 83, pp. 746-765.
- Vennin, E.; C. Kolodka; A. Asghari; C. Thomazo; J.F. Buoncristiani; H. Goodarzi y G. Desaubliaux, 2015. Discussion on Palaeozoic discontinuities in the Kuh-e Surmeh area (Zagros, Iran). *Marine and Petroleum Geology*, 66: 1073-1092.
- Volkheimer, W. 1973. Palinología estratigráfica del Jurásico de la Sierra de Chacaico y adyacencias (cuenca Neuquina, República Argentina). I. Estratigrafía de las Formaciones Sierra Chacaico (Pliensbachiano), Los Molles (Toarciano, Aaleniano), Cura Niyeu (Bayociano) y Lajas (Caloviano inferior). *Ameghiniana* 10, p. 105-131.
- Weaver, C.E. 1931. Paleontology of the Jurassic and Cretaceous of West Central Argentina. University of Washington, Memoir 1, p. 1-469, Seattle.