

INTEGRACIÓN DE INDICADORES GEOQUÍMICOS Y MODELO PALEOAMBIENTAL EN LA EVALUACIÓN DEL POTENCIAL COMO RESERVORIO *SHALE* DE LA FORMACIÓN LOS MOLLES EN EL ÁMBITO SUR DE LA CUENCA NEUQUINA

Silvana Utgé¹, M. Laura Loss¹, Fabián Domínguez¹, Julia Bouhier¹, Martín Fasola¹, Rodolfo Guerello¹

1: YPF S.A. silvana.utge@ypf.com, maria.loss@ypf.com, ricardo.dominguez@ypf.com, julia.bouhier@ypf.com, martin.fasola@ypf.com, rodolfo.guerello@ypf.com

Palabras clave: Los Molles, Cuenca Neuquina, Shale, geoquímica, estratigrafía

ABSTRACT

Los Molles Formation (Pliensbaquian-Callovian) has traditionally been considered as one of the main source rocks in the Neuquen basin and also a conventional reservoir when encountered as deep water sandy turbidite facies.

The aim of this work is to evaluate Los Molles as an unconventional reservoir in the south eastern area of the Neuquen basin. 400 km² of 3D seismic were extensively interpreted, allowing to build a regional seismostratigraphic model and paleoenvironmental maps for each sedimentary cycle within the Lower Jurassic. These results were integrated with geological, geochemical and sedimentological studies from older exploration wells.

This approach allowed the identification of two source intervals within the 400 m thick of Los Molles Formation. The bottom section has 40 m thick, mainly homogeneous bituminous shales with up to 3% TOC and type II kerogen, that have been assigned to the initial flooding of the basin (Pliensbachian to Early Toarcian) over an irregular paleosurface with a strong tectonic imprint. The upper section, assigned to the Upper Toarcian, is 360 m thick and consists of bituminous mudstones that alternate with siltstones and fine - grained sands with 2.5 TOC average and type III kerogen. This interval has been interpreted as a distal segment within the Cuyo Group clinoforms, corresponding to slope channels and levees.

The reverse behavior of the redox sensitive elements as Molybdenum, Vanadium, Chromium as wells as from those associated with clastic input (Aluminum, Potassium) in both sections are indicative of shallowing trends that was confirmed by the presence of distinctive macerals. Moreover, thermal maturity data such as vitrinite reflectance, Tmax and hydrogen index support that in this area both sections reached the appropriate conditions to bear potential as an unconventional reservoir.

As a result of these multidisciplinary approach, a strong correlation between the paleoenvironmental position of the stratigraphic sections and its geochemical characteristics was recognized. These distinction between the two organic levels within Los Molles Formation has proven to bear strong impact in predicting the type of fluid and the identification and assessment of its the potential as an unconventional target.

INTRODUCCIÓN

A partir de los alentadores resultados de la Fm. Vaca Muerta como *play* productivo de hidrocarburos en reservorios no convencionales (*shale gas/oil*), se impulsa el análisis de la Fm. Los Molles para evaluar su potencial exploratorio como reservorio *shale gas* en el ámbito suroriental de la Cuenca Neuquina (Fig. 1). A diferencia de la Fm. Vaca Muerta, la Fm. Los Molles presenta una mayor heterogeneidad litológica y variabilidad asociada a sistemas de depositación controlados por una paleotopografía irregular previa lo cual condiciona la distribución de los depósitos.

En este trabajo se estudió un área de 400 km² ubicada en el ámbito suroriental de la Cuenca Neuquina que cuenta con un volumen sísmico procesado con migración *pre-stack* en tiempo. Este permitió ajustar la interpretación sismoestratigráfica e integrarla con la información de 10 pozos exploratorios que presentan registros eléctricos completos y análisis de laboratorios en recortes de perforación y coronas. El objetivo es evaluar en este ámbito el potencial como reservorio no convencional tipo *shale* de la Fm. Los Molles focalizando en el modelo paleoambiental y su relación con los indicadores de geoquímica y mineralogía, para identificar sectores y niveles estratigráficos de mayor interés en la definición de prospectos exploratorios. Lograr la caracterización integral de los niveles orgánicos de la Fm. Los Molles, no solo es clave para predecir el tipo de fluido generado por esta roca madre si no que tendrá un fuerte impacto a la hora de evaluar su potencial como reservorio no convencional (NOC).

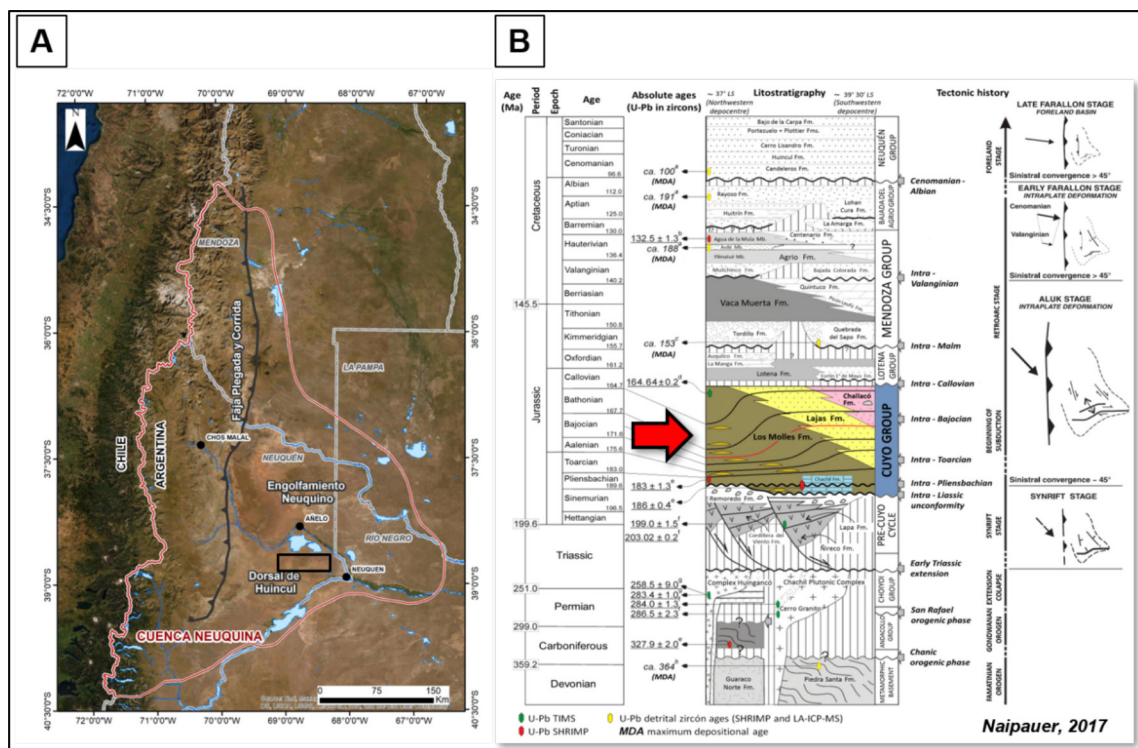


Figura 1. A) Mapa de la Cuenca Neuquina, el recuadro negro representa la ubicación del área de estudio. La línea en color gris oscuro representa el frente orogénico actual. B) Columna estratigráfica de Cuenca Neuquina, tomada de Naipauer 2017.

MARCO GEOLÓGICO Y CONTEXTO TECTONO-ESTRATIGRÁFICO

La Cuenca Neuquina se localiza en el ámbito centro-oeste de la Argentina, entre latitud 32° y 40° Sur. Limitada por el Macizo Nordpatagónico hacia el sur, al noreste por la Payenia y el Sistema de Sierra Pintada o Bloque de San Rafael, y al oeste por la Cordillera Principal, cubre un área aproximada de 160.000 km². Tiene un relleno sedimentario de 7.000 m de espesor compuesto por sedimentos mesozoicos a cenozoicos.

El Gr. Cuyo comprende el primer ciclo sedimentario marino que se depositó en la Cuenca Neuquina en un lapso de tiempo que abarca desde el Sinemuriano-Hettangiano en el sur de la provincia de Mendoza y desde Pliensbachiano-Toarciano hasta el Calloviano Medio en la provincia de Neuquén (Arregui *et al.* 2011). Las unidades litoestratigráficas que corresponden a este intervalo son la Fm. Los Molles, Fm. Lajas y la Fm. Challacó o Punta Rosada según su ubicación geográfica (Brinkworth *et al.* 2018).

La evolución del Gr. Cuyo comienza con una inundación marina correspondiente a la Fm. Los Molles asociada inicialmente a un estadio de *synrift* tardío que rellena un sustrato conformado por depocentros aislados y que llegan a cubrir gran parte del Engolfamiento Neuquino. Este intervalo constituye un cortejo transgresivo de baja frecuencia y, para este sector de la cuenca, se asocia al período Pliensbachiano - Toarciano Inferior (Fig. 2). Presenta una fuerte variabilidad de espesores asociada a la geometría de los depocentros, de orientación preferencial noroeste-sureste,

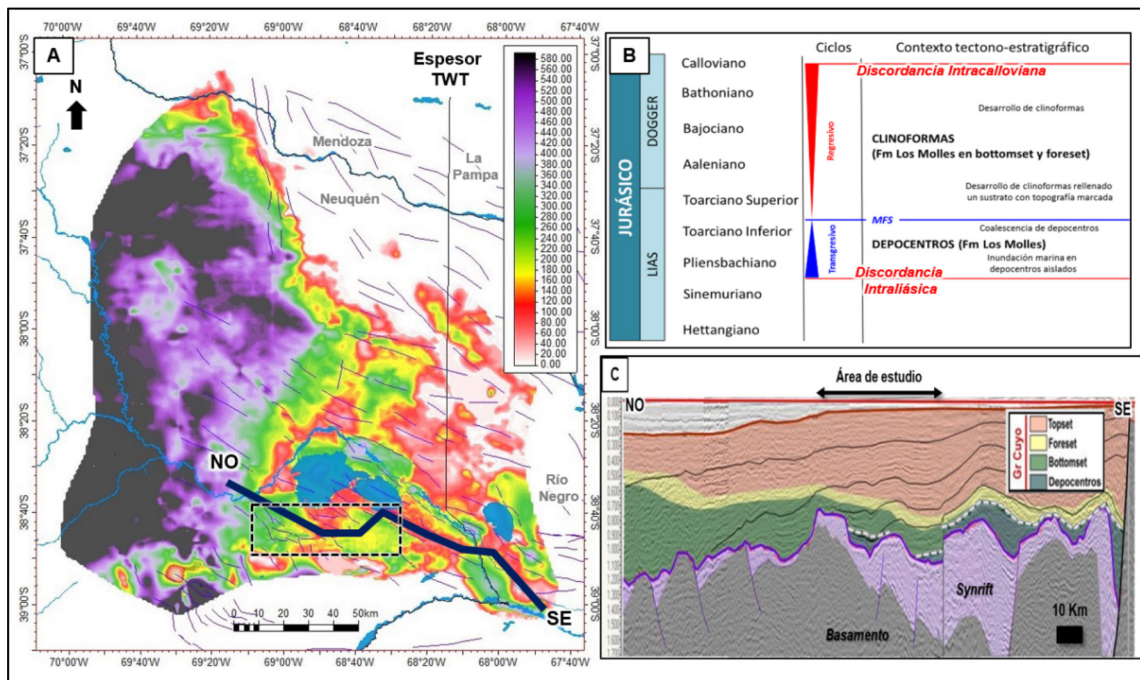


Figura 2. A) Mapa de espesor en tiempo (TWT) de la Fm. Los Molles a escala regional. El recuadro punteado negro señala el área de estudio de este trabajo. La traza azul corresponde al corte de la Figura 2.C. B) Columna con eventos del contexto tecto-estratigráfico de la Fm. Los Molles. C) Corte esquemático sureste-noroeste (ver ubicación en Figura 2.A) en el que se diferencian los depocentros y segmentos de clinoformas de la Fm. Los Molles.

que representan el mayor desarrollo reconocido de la Fm. Los Molles en el ámbito oriental de la cuenca. A partir del Toarciano inferior a Bathoniano comienza un período de retracción en el que se desarrolla un sistema progradante representado sísmicamente por una serie de clinoformas con dirección general sureste a noroeste que responden a variaciones relativas del nivel del mar. Tanto los niveles de la Fm. Los Molles correspondientes al *synrift* tardío como los identificados en segmentos de *bottomsets* y *foresets* distal de las clinorformas progradantes corresponden al objetivo de análisis en este trabajo.

El espesor de la Fm. Los Molles varía notablemente en dirección noroeste-sudeste (Fig. 2.A). En el sector oriental las facies depositadas en el sistema progradante constituyen niveles de menor espesor mientras que son predominante las facies que rellenan depocentros. En el ámbito centro oriental ocurre lo contrario, ya que las facies de *bottomset* y *foreset* de las clinoformas presentan un espesamiento progresivo hacia posiciones más distales de la cuenca, siendo de menor espesor el relleno de los depocentros.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL *PLAY SHALE* LOS MOLLES

La Fm. Los Molles está compuesta por sedimentos marino finos depositados en los segmentos distales de las clinoformas progradantes que constituyen el Gr. Cuyo. Son pelitas grises y gris oscuras que alternan con areniscas finas hasta gruesas y conglomerados. Las facies generadoras presentan un contenido orgánico total (COT) entre 1 y 6 %, corresponde a un querógeno tipo II – III y la materia orgánica es de origen algal y terrígeno (Uliana *et al.* 2014; Veiga *et al.* 2020).

Producto del trabajo regional del *play* Los Molles *shale* se definió una envolvente a partir de tres variables: extensión de facies generadoras, profundidad y tipo de fluido.

Para la profundidad de la base de la sección de interés se considera como límite arbitrario 4.700 m TVD definido por economicidad, asociado a límites técnicos de perforación y terminación de pozos NOC.

La extensión de facies generadoras fue mapeada en base a la información litológica y geoquímica proveniente de pozos e interpretación sismo-estratigráfica alcanzando los 27.000 km². Cabe destacar que existe una baja densidad de pozos que hayan obtenido datos completos de esta unidad a nivel regional, y en general dicha información se concentra en la Dorsal de Huincul.

Con respecto al tipo de fluido, las ventanas fueron definidas en base a datos de madurez térmica por estimaciones de parámetros en rocas como la reflectancia de la vitrinita (%Ro), calibradas con datos de producción. La Fm. Los Molles se encuentra actualmente en ventana de gas en el ámbito del Engolfamiento Neuquino y zonas profundas de Dorsal de Huincul, con profundidades entre 2.500 y 4.700 m, abarcando un área de 9.000 km². En lo que respecta a la ventana de petróleo, la extensión areal es 1.900 km² restringido a profundidades someras menores a 2.200 m principalmente en el entorno de Dorsal de Huincul y margen suroriental de la cuenca (Fig. 3).

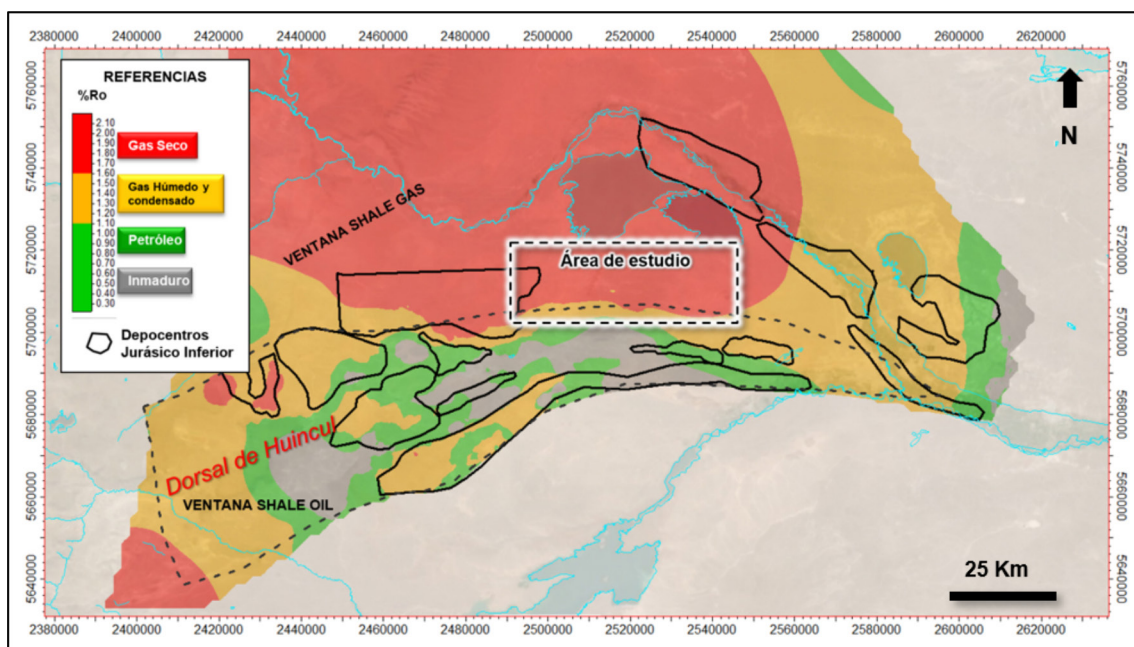


Figura 3. Mapa de madurez térmica (%Ro) de la Fm. Los Molles para el ámbito sur de la Cuenca Neuquina. El recuadro resalta el área de estudio. Los polígonos negros corresponden a los depocentros del Jurásico Inferior.

ÁREA DE ESTUDIO Y ANTECEDENTES

A partir del análisis regional, se generó un estudio focalizado en el ámbito norte de la Dorsal de Huincul (Fig. 3) donde la Fm. Los Molles se encuentra en ventana de gas y condensado para evaluar su potencial como reservorio shale.

En la zona de estudio aún no se han perforado pozos verticales u horizontales con objetivo primario Fm. Los Molles, pero se ha adquirido información de esta unidad en pozos con objetivos más profundos que atravesaron esta unidad, normalmente ubicados en altos estructurales (Fig. 4). En el contexto de las intervenciones efectuadas entre los años 2015 y 2017 se realizaron fracturas hidráulicas en facies orgánicas de la Fm. Los Molles, observándose aporte de fluido gas.

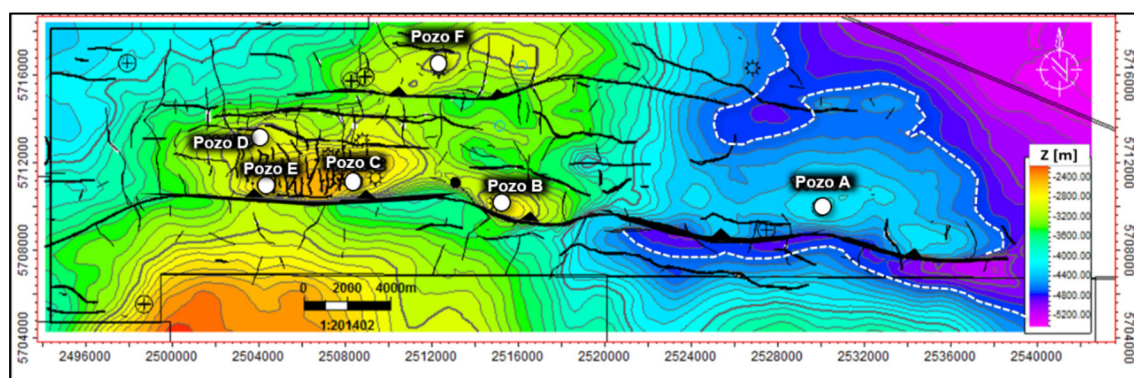


Figura 4. Mapa estructural a la base de la Fm. Los Molles en mTVD. Ubicación de los principales pozos exploratorios utilizados. La línea blanca punteada se resalta la cota de 4.700 mTVD.

En lo que respecta a la presión poral de la Fm. Los Molles, solo se contaba con determinaciones en niveles arenosos intercalados en las facies orgánicas que arrojaban valores de presión cercana a la hidrostática lo que se presentaba como un aspecto desfavorable para este tipo de *play*. En el marco de este proyecto, se registró un DFIT (*Diagnostic Fracture Injection Test*) en niveles *shale* de la Fm. Los Molles en los que se interpretó un gradiente de presión poral (GPP) de 0,73 psi/ft. Estos datos impulsaron el estudio detallado de la Fm. Los Molles en esta zona con el objetivo NOC.

CARACTERIZACIÓN SISMOESTRATIGRÁFICA Y PALEOAMBIENTAL

Una sección sísmica de orientación este-oeste de la zona de estudio muestra la evolución paleoambiental de los ciclos mapeados del Gr. Cuyo para el intervalo Jurásico inferior (Fig. 5).

La Fm. Los Molles inicialmente corresponde a sedimentos finos producto de la inundación sobre una paleotopografía irregular, generando el relleno de los depocentros de edad Pliesbaquiano-Toarciiano inferior (se resaltan en color azul en la Figura 5). Estas facies pasan transicionalmente a clinoformas progradantes características de los estadios regresivos del Toarciiano inferior-Aaleniano. Tal como se resalta en la Figura 5, en este ámbito se identifican los Ciclos II, III, IV y V de Brinkworth *et al.* 2018.

En la zona de estudio los pozos atraviesan la Fm. Los Molles en segmentos de *foresets* y *bottomsets* de estas clinoformas a distintos tiempos. Las facies de depocentro aquí no han sido perforadas aún y por lo tanto no se han podido caracterizar (Fig. 5).

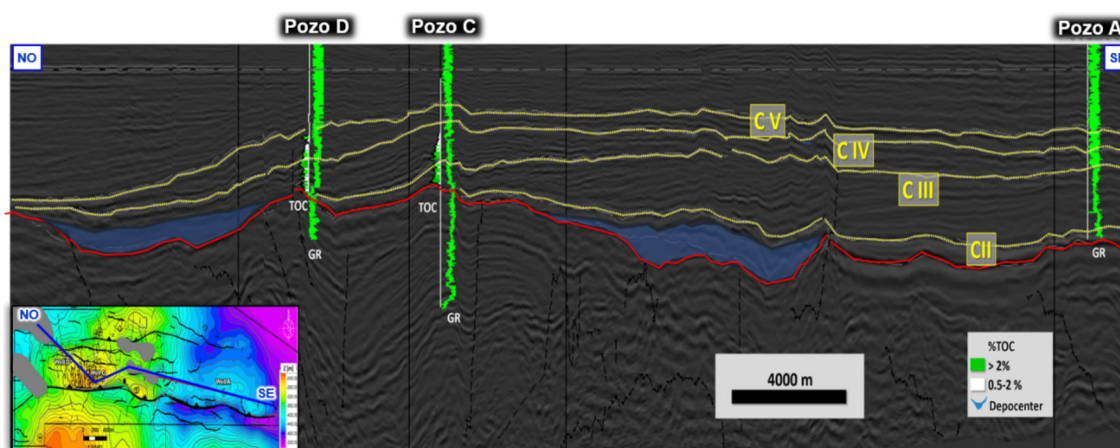


Figura 5. Sección sísmica de orientación sudeste-noroeste. El horizonte rojo es un reflector cercano al tope de precuyano. Las facies de color azul corresponden al relleno de los depocentros de edad Pliesbaquiano-Toarciiano inferior. Los horizontes amarillos corresponden a los topos de los principales ciclos sismoestratigráficos interpretados para el Jurásico Inferior.

Un corte esquemático este-oeste al norte de la Dorsal de Huincul (Fig. 6) muestra la evolución del sistema progradante del Gr. Cuyo. Basados en el modelo propuesto por Brinkworth *et al.* 2018, en este sector de la cuenca se reconocen los ciclos II, III, IV y V en los cuales la distribución de

facies evolucionó a lo largo del tiempo desde una rampa poco profunda y de bajo gradiente hasta un perfil de talud-plataforma bien definido para finalizar con la colmatación de la cuenca. La Fm. Los Molles corresponde a los segmentos de *foreset* distal o talud y *bottomsets* o pie de clinoforma.

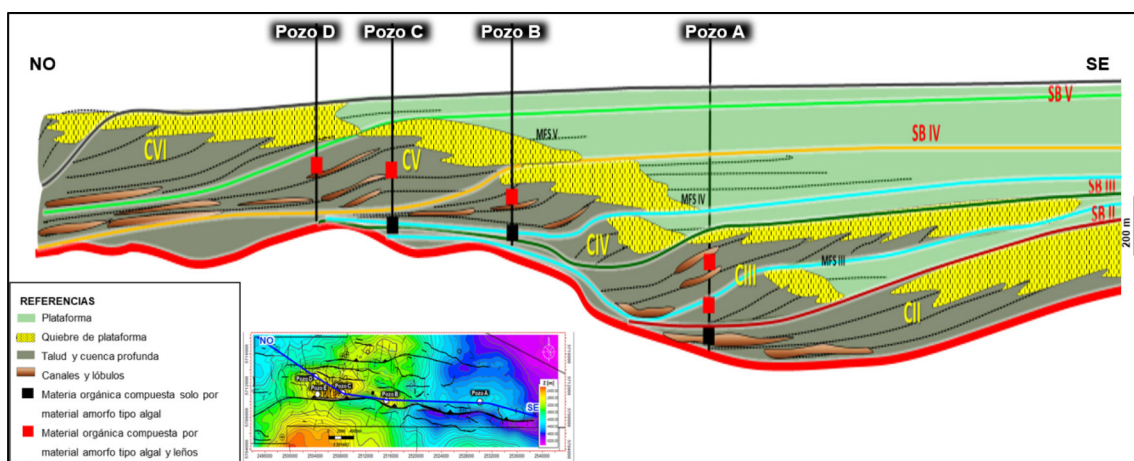


Figura 6. Corte esquemático de orientación noroeste-sudeste (no a escala) de la interpretación sismoestratigráfica del Gr. Cuyo en el ámbito de estudio. Modificada de Brinkworth *et al.* (2018).

CARACTERIZACIÓN LITOLÓGICA, GEOQUÍMICA Y SEDIMENTOLÓGICA

Se caracterizó la Fm. Los Molles en 10 pozos exploratorios mediante la integración de perfiles eléctricos y análisis de laboratorios:

- Descripciones petrográficas en secciones delgadas provenientes de muestras de recortes de perforación que permitieron confeccionar detalladas columnas litológicas.
- Análisis de geoquímica orgánica en recortes de perforación y coronas: mediciones de riqueza orgánica (COT), pirólisis y análisis visual del querógeno (VKA).
- Mediciones de fluorescencia de rayos X (FRX) en recortes de perforación y corona.
- Mediciones de difracción de rayos X (DRX) en muestras de recortes de perforación

En la Figura 7 se presenta un perfil tipo de la Fm. Los Molles mostrando la integración de información proveniente de perfiles, coronas, y recortes de perforación. En el pozo exploratorio de referencia se tiene un espesor total de 400 m reconociéndose dos secciones:

La sección inferior o 1 presenta un espesor de 40 m de facies homogéneas de pelitas negras bituminosas, con riqueza orgánica que promedia 3%. Del análisis de FRX, se reconocen altos valores de Molibdeno (Mo), Vanadio (V) y Cromo (Cr) que son indicadores de condiciones reductoras, y bajos de Aluminio (Al) y Potasio (K) que indican aporte terrígeno. A partir del análisis visual del querógeno (representados en los gráficos circulares), solo se reconoce material amorfo tipo algal y se interpreta como querógeno II. Esta sección basal se interpreta como un evento anóxico y se asocia la a inundación inicial del Pliesbachiano-Toarciano inferior (Al-Suwaidi *et al.*, 2010).

La sección superior o 2 se ubica inmediatamente por encima, presenta 360 m de espesor y se compone principalmente de fangolitas bituminosas con valores de COT que oscilan entre 1 y 4%, con delgadas intercalaciones de limolitas y areniscas finas. Si bien en la materia orgánica analizada continúa predominando el material amorfo tipo algal (90-55%), se observa una importante participación de vitrinita e inertita (10-45%), material proveniente del continente como leños y carbones asignable a un querógeno tipo III. Del análisis de diferentes elementos se reconocen anomalías positivas de Al y Ti y valores más bajos de Mo, V y Cr, indicadores de mayor cercanía al continente. Esta sección corresponde a interdigitación de niveles de roca madre con otros más delgados sin potencial generador. En función de su posición temporal y paleogeográfica fue asignada a los segmentos distales de *foresets* y *bottomsets* de clinoformas en el contexto de alta progradación del sistema jurásico.

El comportamiento inverso de los elementos sensibles a las condiciones reductoras (Mo, V, Cr) y los asociados al aporte clástico (Al, K) en ambos niveles generadores, sumado a los tipos

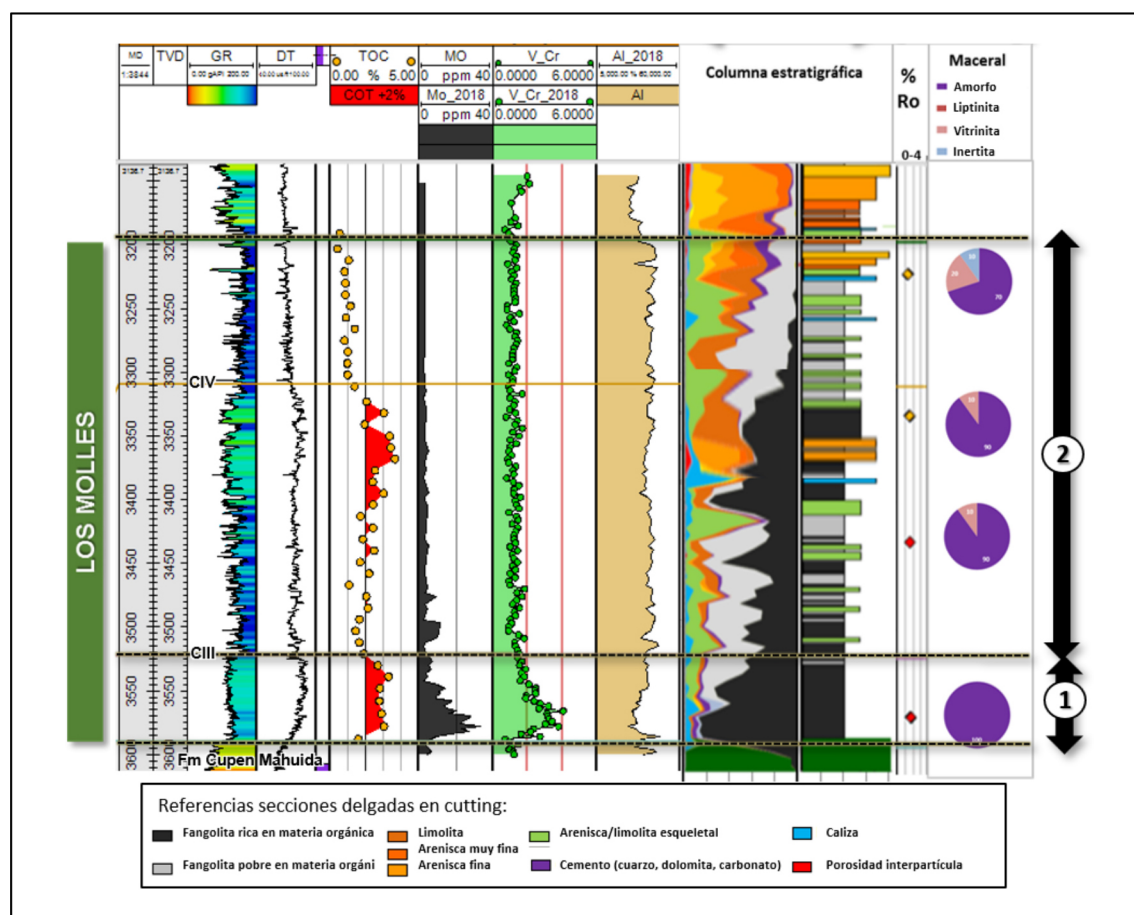


Figura 7. Composite de pozo exploratorio F para la Fm. Los Molles. Track 1: profundidad en MD; track 2: profundidad en TVD; track 3: GR; track 4: DT; track 5: medición en laboratorio de COT en recortes de perforación; tracks 6-7-8: elementos medidos por FRX en recortes de perforación (Mo, V, Cr, Al); tracks 9 y 10: columna estratigráfica generada a partir de descripción petrográfica de cutting; track 11: medición %Ro en cutting; track 12: análisis visual del querógeno (gráfico con proporción de macerales).

de macerales presentes en cada uno sugiere un cambio en las condiciones paleoambientales y de la relación aporte/tasa de variación del nivel del mar. Se interpreta que el nivel inferior de la Fm. Los Molles fue depositado un ambiente marino de fondo de cuenca en el que se evidencia un importante período de anoxia y en el que el tipo de querógeno es II. Mientras que el nivel superior correspondería a una posición más proximal del sistema debido a la alta participación de material terrígeno proveniente del continente. Los niveles orgánicos podrían haberse preservado en sistemas de canal-albardón turbidíticos que contienen querógeno tipo III.

Este análisis se realizó en todos los pozos de la zona de estudio, reconociéndose la extensión areal y continuidad de las secciones descriptas en los distintos ciclos de progradación (Fig. 8).

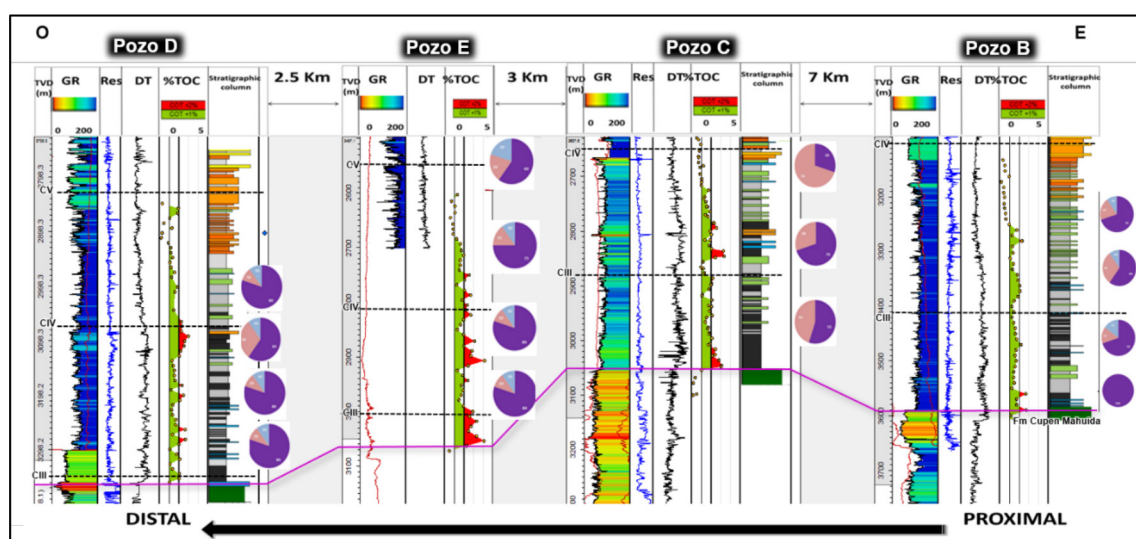


Figura 8. Sección estratigráfica horizontalizada al techo de la Fm. Vaca Muerta de pozos en dirección este-oeste.

INTEGRACIÓN DEL MODELO PALEAMBIENTAL E INDICADORES GEOQUÍMICOS

La escasa presencia de material terrígeno en las facies distales se explica muy bien por el escaso aporte en esa posición paleoambiental, alejada del margen de plataforma.

Con el objetivo de entender el incremento de material proveniente del continente como vitrinita (leños) e inertita (carbones) en la materia orgánica de algunos niveles limoarcillosos identificados en posición de talud, se efectuaron extracciones de amplitud en los horizontes sísmicos. Producto de este análisis se identificaron numerosos canales con amplio contraste de reflectividad, posiblemente vinculado con la alternancia de facies canalizadas más gruesas confinadas por albardones constituidos por material más fino (limolitas, arcilitas y areniscas finas, (Fig. 9).

La hipótesis es que la Fm. Los Molles en el talud no solo corresponde a facies por decantación, sino también a sedimentos depositados en ambientes de albardón que explican la existencia de

la materia orgánica con alto porcentaje de macerales indicadores de aporte terrígeno. Esto a su vez permite entender la alternancia de las pelitas ricas en materia orgánica con sedimentos limo arenosos en los niveles superiores.

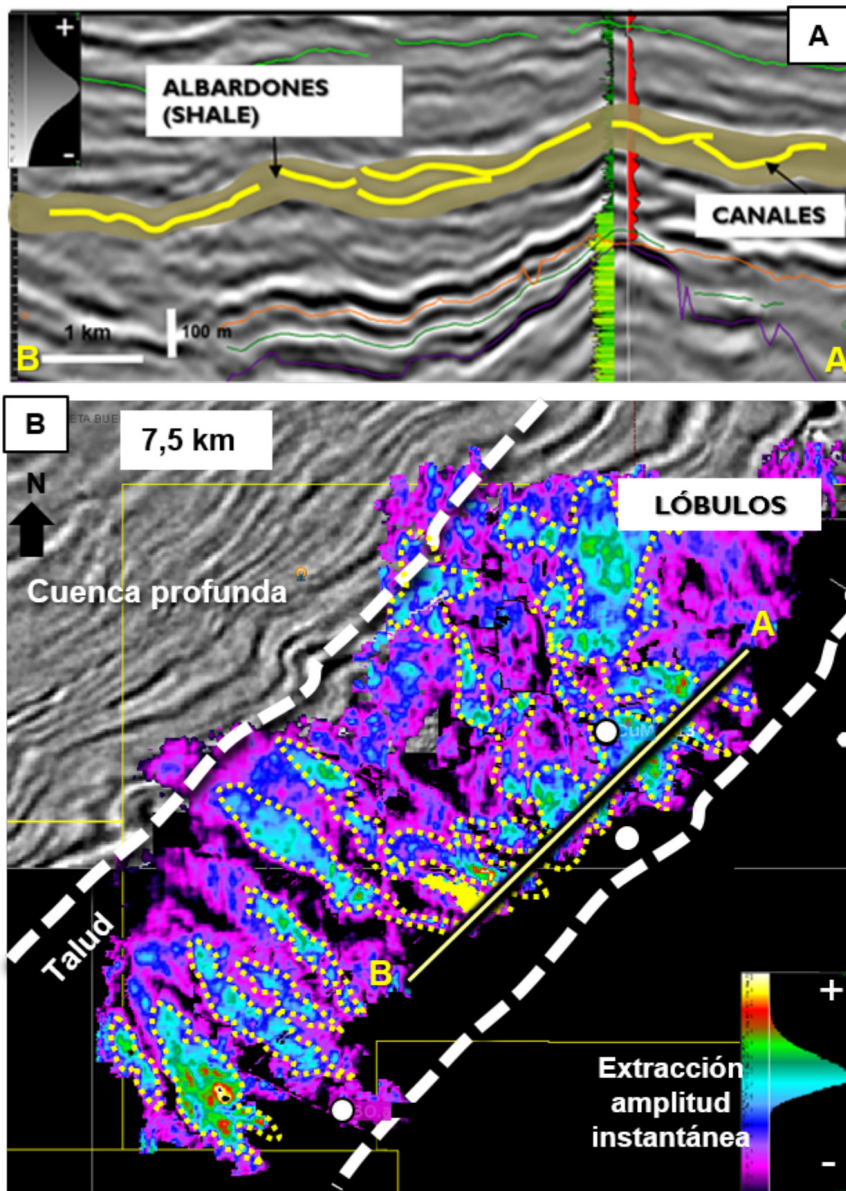


Figura 9. A) Sección sísmica de dirección noreste-sureste B) Time slice con extracción de amplitud instantánea, se resaltan las anomalías positivas asociadas a geoformas canalizadas.

Los mapas paleogeográficos para cada ciclo muestran una correlación entre la cercanía del margen de plataforma y el tipo de materia orgánica presente en los pozos evaluados (Fig.10).

Para los ciclos II y III se tiene una topografía irregular y un contexto transgresivo con el margen de plataforma bien retirado hacia el sureste. La materia orgánica presente en estos intervalos tiene un alto porcentaje de componentes amorfos tipo algal.

Para los ciclos IV y V el sistema prograda hacia el oeste y numerosos canales conectan el margen de plataforma con el fondo de cuenca. Estos actúan como conductos que alimentan extensos lóbulos turbidíticos *downdip*. Los pozos muestran que en esa posición paleogeográfica la materia orgánica en las pelitas presenta, además de material amorfo tipo algal, participación de leños y carbones provenientes del continente.

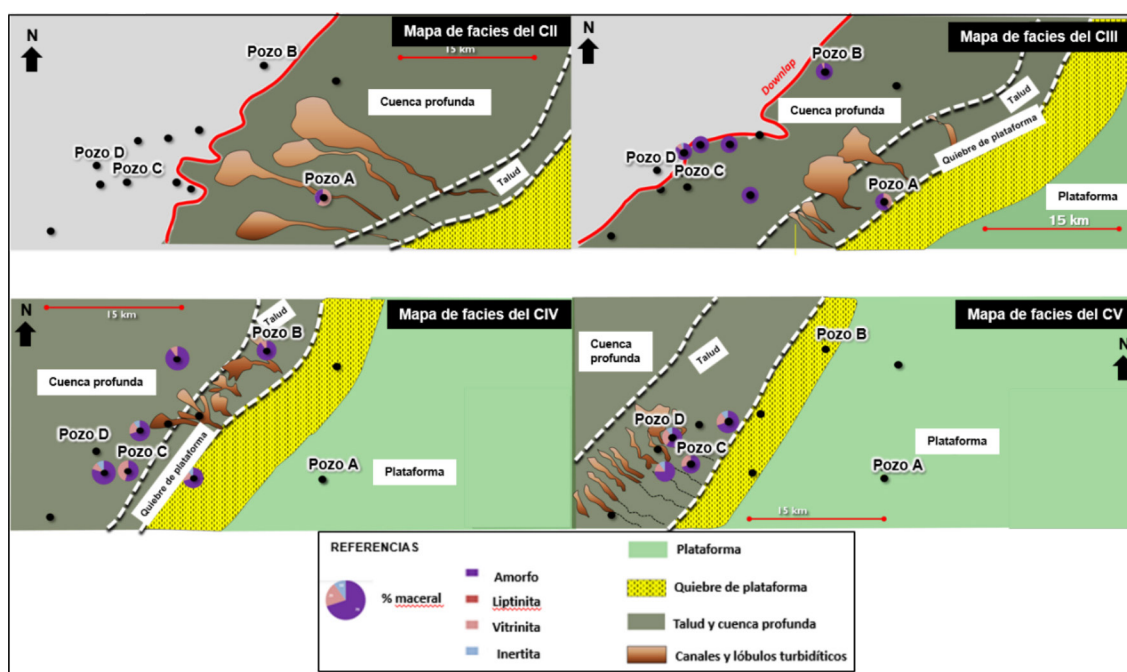


Figura 10. Mapas paleoambientales de los Ciclos II, III, IV y V. Se superponen gráficos circulares con la proporción de macerales para cada pozo.

OPORTUNIDADES EXPLORATORIAS - CONSIDERACIONES FINALES

Producto de la interpretación sismoestratigráfica, mapeo paleoambiental y caracterización geoquímica y sedimentológica, en la zona de estudio se identificaron dos potenciales niveles de interés como *play* no convencional para la Fm. Los Molles.

Un intervalo más profundo de 40 m de espesor, compuesto por pelitas negras bituminosas con COT promedio de 3%, querógeno tipo II y materia orgánica amorfa tipo algal. Corresponde a los segmentos de *bottomsets* de las clinoformas (ámbito distal) y se clasifica como *play shale* asociado el evento anóxico de la inundación inicial del Toarciano inferior.

El segundo intervalo identificado presenta un espesor mayor a 150 m de pelitas negras con COT >2% intercaladas con areniscas finas y fangolitas con valores bajos de COT. Corresponde a querógeno tipo III con alta participación de material proveniente del continente. Se depositó en un ambiente más proximal del sistema en segmentos de *foreset* distal. Este intervalo se interpreta

como un *play shale* híbrido en donde se intercalan niveles de roca madre con otros no generadores.

Ambos niveles presentan extensión areal y espesor suficiente para ser considerados como *play* no convencional tipo *shale* de interés.

Producto de la integración multidisciplinaria de los distintos parámetros evaluados, se reconoce una fuerte correlación entre la posición paleogeográfica de los intervalos de interés y sus características geoquímicas. Esta diferenciación de los niveles orgánicos de la Fm. Los Molles, tiene gran impacto en la predicción del tipo de fluido, en la identificación de sectores de mayor interés del *play* y en la evaluación de su potencial como reservorio no convencional tipo *shale* o híbrido.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a YPF por permitir la publicación del trabajo y a los revisores.

REFERENCIAS CITADAS

- Al-Suwaidi, A.H., Angelozzi, G.N., Baudin, F., Dam-borenea, S.E., Hesselbo, S.P., Jenkyns, H.C., Manceñido, M.O. and Riccardi, A.C., 2010. First Record of the Early Toarcian Oceanic Anoxic Event from the Southern Hemisphere, Neuquén Basin, Argentina. *Journal of the Geological Society*, 167, p. 633-636.
- Arregui, C., Carbone, O. y Leanza, H.A., 2011. Contexto tectosedimentario. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Dan-iel, J.C. y Vallés J.M. (eds), *Relatório Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén*. XVIII Congreso Geológico Argentino, p. 29-36, Neuquén, Argentina.
- Barredo, S., Cristolini, E., Zambrano, O., Pando, G. y García, R., 2008. Análisis tectosedimentario del relleno de edad precuyana y cuyana inferior de la región septentrional del Alto de Kauffman, Cuenca Neuquina. VII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, IAPG, p443-455, Mar del Plata, Argentina.
- Brinkworth, W., Vocaturro, G., Loss, L., Mortaloni, M., Giunta, D. y Massaferrro, J., 2018. Estudio cronoestratigráfico y evolución paleoambiental del Jurásico inferior-medio en el Engolfamiento de la Cuenca Neuquina, Argentina. X Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos Sesiones Generales: "Energía y Sociedad, aliados inseparables", IAPG, p. 597-621, Mendoza, Argentina.
- D'Elia, L., Bilmes, A., Franzese, J. R., Veiga, G. D., Hernández, M. y Muravchik, M., 2015. Early evolution of the southern margin of the Neuquen Basin, Argentina: Tectono-stratigraphic implications for rift evolution and exploration of hydrocarbon *plays*. *Journal of South American Earth Sciences*, 64, p. 42-57.
- Naipauer, M., 2017. Servicios en separación, análisis de procedencia y edades U-Pb en circones detríticos de unidades sedimentarias de la cuenca Neuquina: "Areniscas del Grupo Cuyo".. In: Informe IV – POZO YPF.Nqn.Laj-112. Informe Interno, YPF.

- Pangaro, F., 2005. Análisis estructural y sismo-estratigráfico del Jurásico Inferior a Medio en el sector Sur del Bloque de Explotación Loma La Lata. Reporte Interno YPF. Inédito.
- Uliana, M., Legarreta, L., Laffitte, G. y Villar, H., 2014. Estratigrafía y geoquímica de las facies generadoras de hidrocarburos en las cuencas petrolíferas de Argentina. IX Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, IAPG, p. 3-92, Mendoza, Argentina.
- Veiga, R., Vergani, G., Brisson, I., Macellari, C. and Leanza, A., 2020. The Neuquen Super Basin AAPG Bulletin, v. 104, no. 12, pp. 2521–2555.
- Weaver, Ch., 1931. Paleontology of the Jurassic and Cretaceous of West Central Argentina. University of Washington. Memoir 1: 1-469. Seattle.

