

SISMOESTRATIGRAFÍA DEL GRUPO CUYO EN EL NORTE NEUQUINO

Marcos Asensio¹

1: YPF S.A, marcos.a.asensio@ypf.com

Palabras clave: Grupo Cuyo, estratigrafía secuencial, exploración, regresiones forzadas

ABSTRACT

Seismic Stratigraphy of the Cuyo Group in Northern Neuquén

A seismic and stratigraphic interpretation of Cuyo Group along a 100-km seismic transect in the north of Neuquén Province is presented. Seismic clinoforms are documented below the seismic reflector assigned as Auquilco Formation, and above basement chaotic reflectors. Those sets of clinoforms are interpreted using sequence stratigraphy tools to get a regional insight about the temporal development of the unit in that location. The Cuyo Group consist of 5 elementary depositional sequence of 3rd Order, that involve parasequence sets in which some system tracts are absent. Those paracycles are related to allocyclic and autocyclic processes. One remarkable feature is the presence of several forced regressions. These kind of parasequence sets could be linked to regional events, such as the extensional phase occurred during the early to middle Jurassic. That event was significantly different to the one experimented around the Huincul High at that time, which was transpressional-transtensional. In this paper, a seismic geomorphological analysis is presented, in which a turbiditic channel-levee complex is interpreted with different depositional elements, such as channels, incised valleys and lobes, developed between the shelf and the basin floor. These elements were found along three different planes. Finally, a sequence stratigraphic model for Cuyo Group is proposed. The model predicts tracts related to forced regressions, that are expected to have good conditions as *play* concepts.

INTRODUCCIÓN

Las importantes perspectivas hidrocarburíferas que se tienen sobre el Grupo Cuyo en el ámbito del Engolfamiento Neuquino y la Dorsal de Huincul brindaron una prolífica y extensa lista de trabajos sobre la unidad (Gulisano *et al.* 1984, Legarreta y Gulisano 1989, Zavala 1993, Orchuela *et al.* 1987, Gulisano y Gutiérrez Pleimling 1994 y Legarreta y Uliana 1996). Estos trabajos abarcan una amplia temática que involucra aspectos como análisis de facies, estratigrafía secuencial, evolución tectonoestratigráfica, sistema petrolero, análisis de *play* e identificación de oportunidades, entre otros. El objetivo de este trabajo es presentar una interpretación sismoestratigráfica del Grupo Cuyo en el norte neuquino (Fig. 1) a lo largo de una transecta Este-Oeste.

La definición del ciclo Cuyano corresponde a Groeber (1946), siendo delimitado por discordancias en su base y techo. Posteriormente Dellapé *et al.* (1978) lo denominan formalmente

como Grupo Cuyo. Esta unidad estratigráfica fue posteriormente dividida y caracterizada con mejor detalle en los trabajos de Gulisano *et al.* (1984), Legarreta y Gulisano (1989), Zavala (1993), Gulisano y Gutiérrez Pleimling (1995), Legarreta y Uliana (1996) y Fernández-Seveso *et al.* (1996) entre otros.

DATOS Y MÉTODOS

La sección se construyó a lo largo de varios cubos PSTM 3D, desde aproximadamente el área de Chachahuen, hasta Cañadón del Puma abarcando una extensión de aproximadamente 100 km de longitud (Fig. 2). En general, se destaca que la calidad del dato es bastante aceptable. En la misma se reconocieron clinoformas por debajo del reflector asignado a la Formación Auquilco y por encima de los reflectores caóticos del basamento. Estas características sumadas a los pases definidos en pozos cercanos permitieron asignar este paquete de clinoformas al Grupo Cuyo de edad Pliensbaquiano-Calloviano inferior (Digregorio 1978).

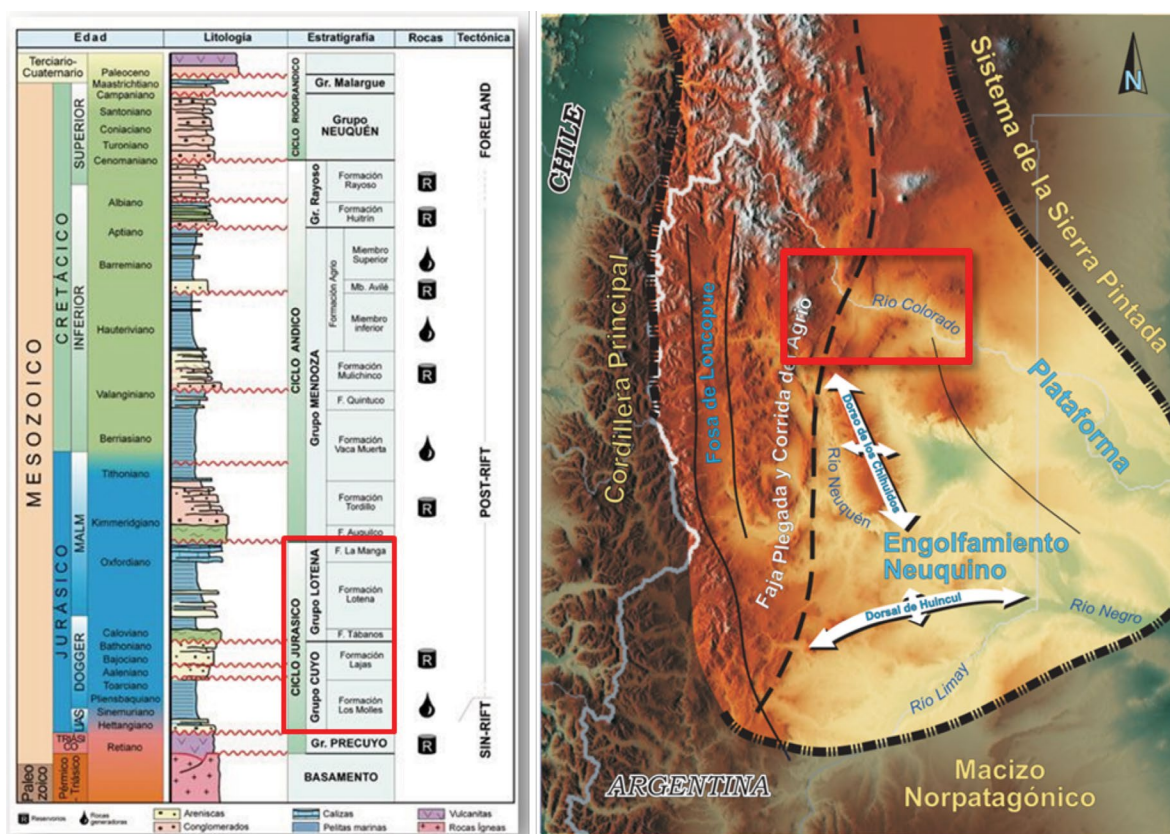


Figura 1. Columna de la cuenca neuquina con la ubicación estratigráfica (modificado de Zavala *et al.* 2006) de las unidades analizadas y mapa regional de la zona de estudio.

Dada la naturaleza misma del dato sísmico, la escala de trabajo es principalmente regional, abarcando una jerarquía de secuencia de 2° orden (Van Wagoner *et al.* 1990). En base a la escala

y la integración con los estudios regionales previos y los datos de pozos, se realizó un análisis estratigráfico secuencial a fin de obtener un modelo genético predictivo. Estos modelos predictivos apuntan a reducir la incertidumbre geológica y aumentar la capacidad de pronóstico, lo cual podría tener alto impacto tanto en la evaluación de nuevas áreas como en la optimización de la ubicación de nuevos pozos.

Primeramente, se realizó un exhaustivo análisis de la información regional existente de la unidad. Posteriormente, se pasó a la interpretación sismoestratigráfica de la sección sísmica. Este análisis consistió en el reconocimiento sísmico de las terminaciones de los reflectores (*downlap*, *onlap*, truncaciones, *toplap*) en el intervalo de estudio. Luego de esta etapa se distinguieron las superficies sísmicas más importantes y se interpretaron como equivalentes a superficies estratigráficas clave. Sobre estas superficies deposicionales se definieron los quiebres de pendiente relacionados, asociados con sus trayectorias (Helland-Hansen y Martins en 1996) y con ello los patrones de apilamiento (Abreu *et al.* 2010). A partir de estas determinaciones, los intervalos definidos entre superficies estratigráficas clave se asignaron a cortejos de facies (Fig. 3). Con esta información, se analizó la ocurrencia, patrones y ciclicidad de estos cortejos y se construyó un diagrama de Wheeler (Qayyum *et al.* 2017). Como es posible observar en la figura 4, se representó el tiempo geológico relativo en la escala vertical y en la escala horizontal la longitud de la sección analizada. Definidos los ejes, se volcó toda la información estratigráfica interpretada. En este gráfico se muestra la distribución lateral de las facies interpretadas, las superficies estratigráficas más relevantes, los quiebres de pendientes y sus hiatos sedimentarios contemporáneos.

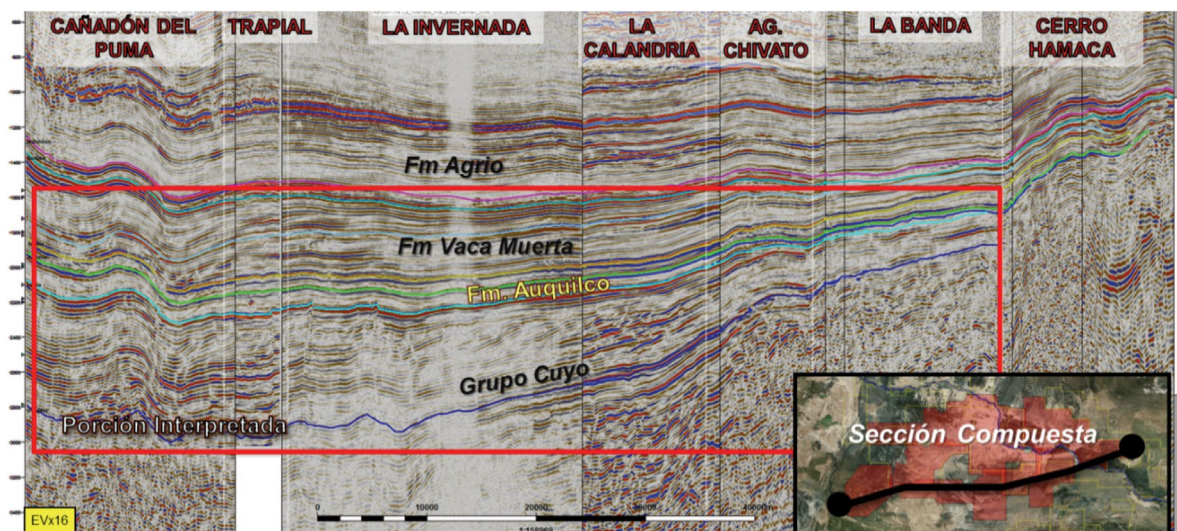


Figura 2. Sección sísmica compuesta analizada. La misma abarca una extensión de aproximadamente 100 km, desde el Río Colorado hasta el frente de la faja plegada y corrida del Agrio a la altura de Chos Malal.

Existen un buen número de pozos que alcanzan los niveles del Grupo Cuyo en la zona bajo análisis. Al analizar las propuestas exploratorias la gran mayoría no fueron perforadas con

el Grupo Cuyo como objetivo primario, sino que fueron prospectados para *plays* ubicados por encima de la Fm. Barda Negra. Se destaca la presencia de gas en el Grupo Cuyo, evidenciada en los pozos Rincón de los Sauces x-1 y Quebrada del León x-1, y evidencias de petróleo en Loma del Barril x-1 y Chihuido de la Sierra Negra xp-337.

ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO

De la sección sísmica seleccionada se interpretaron 5 secuencias deposicionales elementales (Mutti 2011) definidas por límites de secuencia y sus superficies de correlatividad tanto en la base como en el techo. El registro estratigráfico del Grupo Cuyo interpretado de esta forma quedó definido por estos 5 ciclos nominados de base a techo como S1 hasta S5. Como se puede observar en la figura 4, las secuencias deposicionales elementales están definidas límites de secuencia en su base. Limitadas por éstas, se definieron los rellenos de las mismas. De esta forma la S1 y la S4 se componen de un cortejo de mar bajo al que le sigue el desarrollo de un cortejo de mar alto sin mediar las facies transgresivas, culminando con un cortejo descendente o regresión forzada. Particularmente, la S1 se apoya sobre la discordancia Intraliásica mientras que la S4 es coronada por la discordancia Intracalloviana. La S2 queda conformada únicamente por una cuña sedimentaria interpretada como otra regresión forzada. Cronoestratigráficamente por encima de la S2 se ubica la S3, que se compone por dos *set* de parasecuencias uno inferior asociado a depósitos de mar bajo seguido por una regresión forzada suprayacente. Finalmente, la S5 también se compone por dos sets de parasecuencias, presentando un cortejo de mar bajo en su base y depósitos transgresivos hacia el tope.

Arregui *et al.* (2011) presentan una carta cronoestratigráfica para el subsuelo de la región central de la cuenca donde representan los 5 ciclos que interpretan para el Grupo Cuyo, desde el Pliensbachiano-Toarciano hasta el Calloviano medio. Si se considera que en la sección sísmica analizada en el presente trabajo, se interpreta las discordancias Intraliásica e Intracalloviana se podría establecer una correlación entre los 5 ciclos planteados por los autores mencionados y las 5 secuencias elementales presentadas aquí.

Se destaca que no es posible encontrar un patrón de apilamiento completo en ninguna de las secuencias definidas. En algunas de las secuencias interpretadas el patrón de apilamiento se encuentra truncado. Por ejemplo, sólo fue posible definir un intervalo transgresivo al tope de la S5, en el resto pareciera no estar presente o no tener expresión. Otra característica llamativa es la presencia de cuñas sedimentarias asociadas a regresiones normales de mar bajo (LST) seguidas abruptamente por cuñas de regresiones forzadas (FSST).

Geomorfología sísmica y modelo deposicional

De los horizontes identificados se han realizado mapas estructurales de algunas superficies de referencia. Tomando un intervalo isocronopáquico determinado (S3, Fig. 4), se han interpretado los principales rasgos geomorfológicos y se han inferido 3 planos denominados plataforma, talud y fondo marino (Fig. 5 A). Estos claramente se diferencian por la densidad de curvas que los definen e indican las pendientes correspondientes de cada uno y los quiebres de pendiente que los limitan. Analizando las curvas isocronopáquicas se infirió la presencia de ciertos elementos arquitecturales tales como canales y lóbulos, los que fueron constatados en secciones sísmicas (Fig. 5 B).

Estas interpretaciones son soportadas por estudios regionales de subsuelo (Schwarz *et al.* 2009, Orchuela *et al.* 1987, Olea 2005) que indican que estos depósitos estarían relacionados a facies marinas de plataforma en sectores orientales, haciéndose más profundo hacia el oeste-noroeste. En función de los estudios mencionados y las condiciones genéticas que dieron lugar al desarrollo del Grupo Cuyo, se interpretó que estos rasgos estarían asociados a sistemas marinos profundos, más precisamente a complejos de Canal-Lóbulo turbidítico. Del mapeo de los lóbulos identificados, se obtuvo un área aproximada la que ronda los 8 a 10 km² por lóbulo.

DISCUSIÓN

Como se puede ver en la figura 4, un rasgo observado en la interpretación secuencial es la ausencia de ciertos cortejos que no tienen expresión en la sección analizada. Cuando esta sucesión se encuentra incompleta o carece de uno o más cortejos se conocen como paraciclos (Zhu *et al.* 2012). Una sucesión de acomodación completa (Abreu *et al.* 2010) consta de sets de parasecuencias denominadas como cortejo de mar bajo (*Lowstand System Tract* o LST), cortejo transgresivo (*Transgressive System Tract* o TST), cortejo de mar alto (*Highstand System Tract* o HST) y cortejo descendente o regresión forzada (*Falling Stage System Tract* o FSST).

Las regresiones forzadas se caracterizan por un patrón de apilamiento definido por la combinación del avance y descenso de la línea de costa. Su desarrollo es dependiente del nivel de base e independiente del aporte sedimentario (Catuneanu 2006). Este cortejo comunmente se asocia a exposición subaérea de porciones de la plataforma y a posible erosión fluvial con bypass sedimentario (Posamentier *et al.* 1992). En este sentido y dada la importancia de tales depósitos en la sección interpretada, Orchuela *et al.* (1987) documenta la existencia de cuñas fluviales sobre depósitos cuencales en la porción centrorienta a noroccidental de la Cuenca, la que se relaciona con una gran caída regional del nivel de base en el Bathoniano-Calloviano, que expuso gran parte de la plataforma desde el Bajociano. Vergani *et al.* (1995) sugieren que la distribución y espesor del Grupo Cuyo, están íntimamente relacionadas con el sistema de fallas, sugiriendo que el fallamiento extensional fue un importante factor de control en la sedimentación durante el Jurásico temprano a medio.

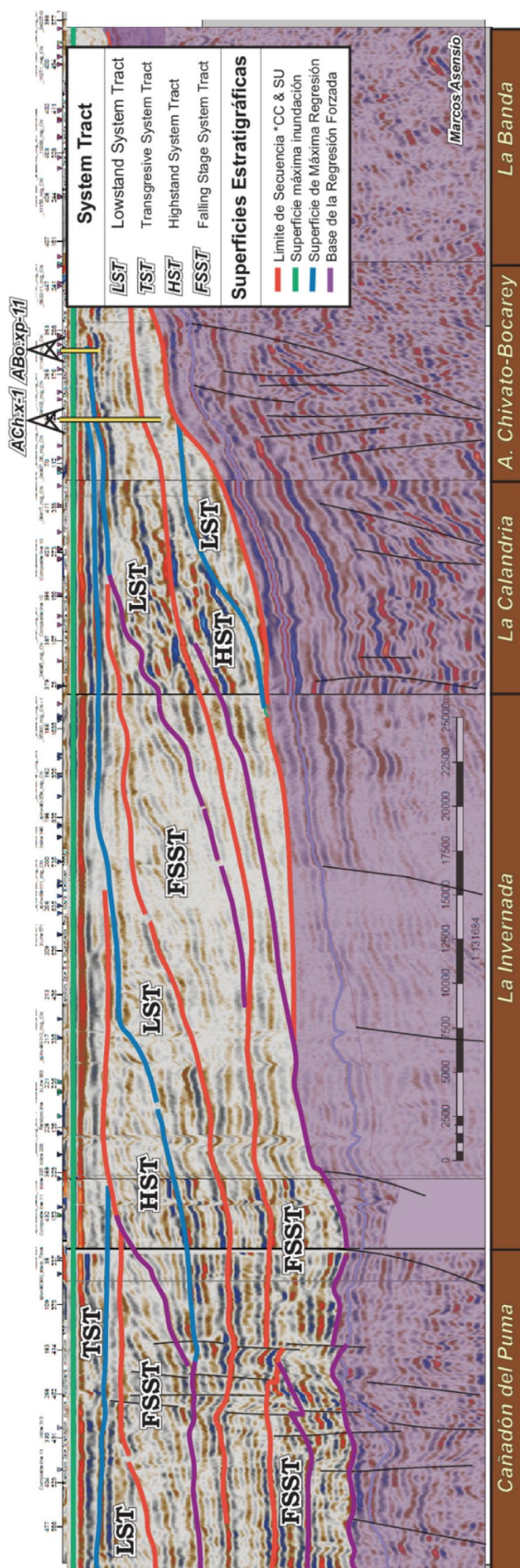


Figura 3. Sección sísmica analizada en el intervalo reconocido como Grupo Cuyo. En la misma se destacan las superficies estratigráficas principales. Estas superficies limitan los cortejos de facies reconocidos a partir de las terminaciones de los reflectores y los patrones de apilamiento (Van Wagoner *et al.* 1990, Catuneanu 2006, Abreu *et al.* 2010).

Por otro lado, y retomando el análisis de la sección sísmica analizada, se puede observar el desarrollo de los mencionados paraciclos. Éstos desarrollan cuñas asociadas a regresiones normales de mar bajo (LST) seguidas abruptamente por cuñas de regresiones forzadas (FSST) así como también ciclos sin desarrollo del intervalo transgresivo (TST) poniendo en contacto cortejos de mar bajo (LST) con cortejos de mar alto (HST).

Una posible interpretación de las truncaciones de los ciclos sedimentarios LST-FSST podría vincular la gran caída eustática mencionada por Orchuela *et al.* (1987) con el desarrollo de estos paraciclos en la S2 y S3. Sin embargo, cuando los paraciclos están compuestos por los cortejos LST-HST sin expresión del intervalo TST, como lo que se observa desde el S1 al S4, podría considerarse que los mismos serían de carácter no acrecional (Helland-Hansen y Martinsen 1996).

Si bien se considera que los factores allocíclicos (eustatismo) son los responsables de las truncaciones que dan lugar al desarrollo de los paraciclos mencionados a esta escala, no se descarta que exista cierta influencia a los factores autocíclicos cuando se analizan los ciclos sedimentarios un orden de magnitud menor. Son interesantes las consideraciones planteadas por Burgess (2016) y Madof *et al.* (2016), donde entre otras cosas hablan de la variación en la dirección de progradación en función de

la compensación de las cuñas sedimentarias, con el consiguiente desarrollo de variaciones a lo largo del rumbo de la línea de costa. Por lo tanto, la génesis y el desarrollo de paraciclos debe de considerarse junto con la escala de análisis. Así pueden tenerse en cuenta varios motivos como precursores de estas particularidades.

Otro punto de discusión es el origen de los depósitos. De acuerdo con los modelos estándar de la estratigrafía secuencial (Catuneanu 2006), los depósitos asociados a las regresiones forzadas consistirían principalmente de facies de aguas someras y de aguas profundas mientras que se desarrollan la erosión de las áreas emergidas. Los trabajos regionales sobre el Grupo Cuyo señalan que en estas posiciones nos encontraríamos con el desarrollo de facies de plataforma a mar profundo (Orchuela *et al.* 1987, Gulisano y Gutierrez Pleimling 1994, Legarreta y Uliana 1996, Schwarz *et al.* 2009). Esta condición es coherente con la interpretación de los sistemas turbidíticos que se asume en este trabajo (Fig. 6). El origen de estos sistemas puede ser intra o extracuenal y se considera que está relacionado con sistemas de flujos cargados de sedimentos que se desplazan por debajo de la línea de costa (Zavala y Arcuri 2016).

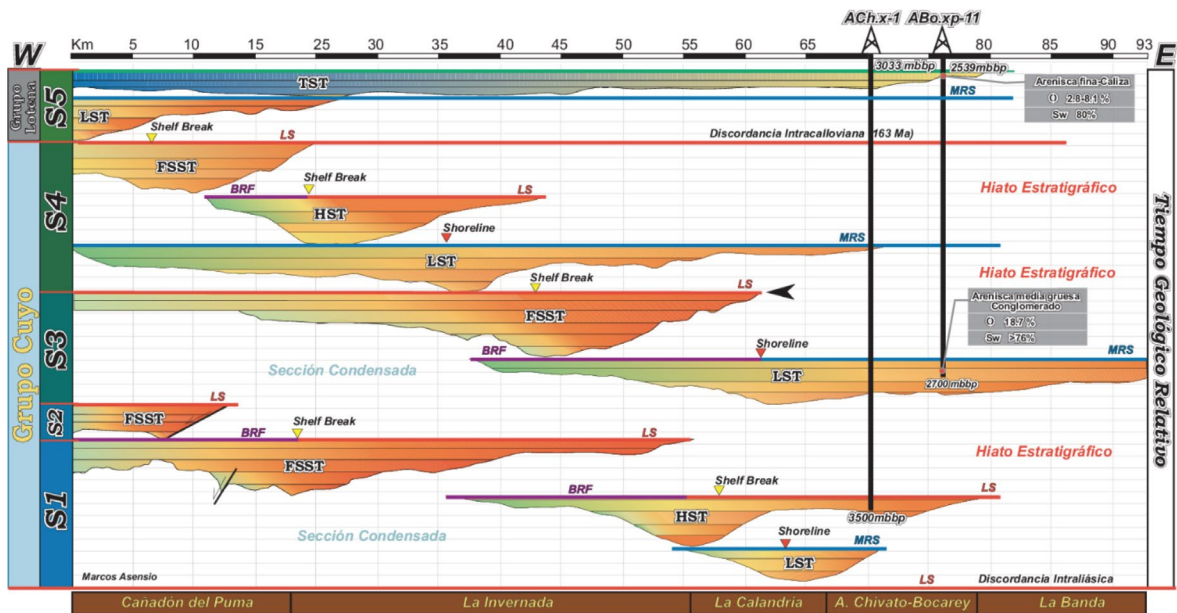


Figura 4. Diagrama de Wheeler construido a partir de la interpretación de la sección de la figura 3. En el mismo se muestran las superficies estratigráficas más relevantes, los puntos de quiebre de pendientes relacionados y sus hiatos sedimentarios contemporáneos. Se indican de manera cualitativa una interpretación del tipo de sedimentos involucrados en cada set de parasecuencias. Los colores cálidos indican buenas facies reservorio y los colores fríos un desmejoramiento de estas facies. La superficie indicada con la flecha negra se muestra en la figura 5a.

Por último, se considera que generalmente los paquetes depositados durante las regresiones forzadas pueden vincularse con buenas chances prospectivas. Fernandez-Seveso *et al.* (1996) suman varios factores positivos para agregar valor a la prospección de este *play*. Entre ellos, la depositación de arenas en posiciones profundas de la cuenca marina en condiciones favorables

para el desarrollo de roca madre, como así también truncaciones erosivas las que son buenas trampas estratigráficas para los hidrocarburos. Estas condiciones favorables para la prospección de estos depósitos se le suma los importantes recursos que se estiman podrían encontrarse en estos sistemas (Asensio y Corona 2017). Por otro lado, los factores críticos que se consideran son la profundidad actual de los depósitos, cercana o superior a los 3000 metros y la compleja historia de soterramiento, migración, exhumación y remigración.

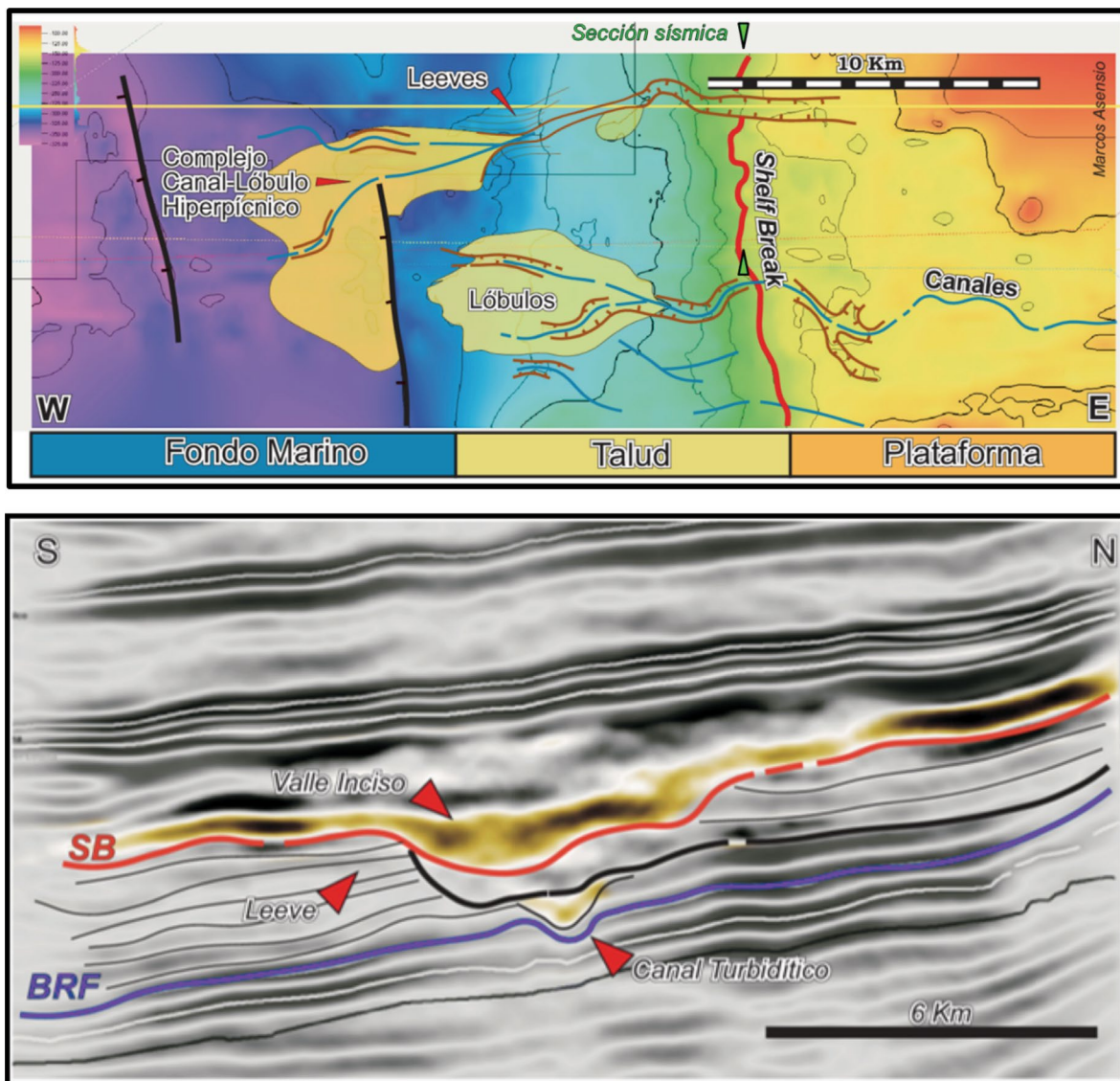


Figura 5. A: Interpretación de la geomorfología sísmica del intervalo indicado en la figura 4, al tope de la S3. A partir de las curvas isocronopáquicas se infieren 3 planos geomorfológicos principales como el plano de la plataforma, el plano del talud y el plano del fondo de la cuenca. Asimismo, se esbozan elemento deposicionales como canales o lóbulos dependiendo del comportamiento de las curvas con respecto de las pendientes. Los colores fríos (violetas y azules) representan las porciones más profundas mientras que los colores cálidos (amarillo y naranja) representan los términos más someros del sistema. B: Sección sísmica norte-sur indicada en A, donde es posible observar claramente la diferencia de escala entre un canal turbidítico desarrollado sobre la regresión forzada (BRF) y las dimensiones de un valle inciso sobre la superficie de límite de secuencia (SB) correspondiente al tope de la S3.

CONCLUSIONES

En los prospectos exploratorios relacionados al Grupo Cuyo en esta porción de la cuenca, en la mayoría de los casos, este *play* no ha sido perforado como objetivo principal, por lo que no se han perforado las mejores ubicaciones, y por lo tanto no se obtuvieron buenos resultados. Estos aspectos y las particularidades enunciadas en el presente trabajo hacen que se resalten sus buenas expectativas prospectivas generales. Como se mencionó, varios pozos en la zona muestran evidencias alentadoras que inducen a pensar que aún existe un importante horizonte exploratorio en el Grupo Cuyo. Asimismo, la realización de un detallado análisis secuencial de la unidad a escala regional abre la posibilidad de generar modelos predictivos con mejores perspectivas exploratorias.

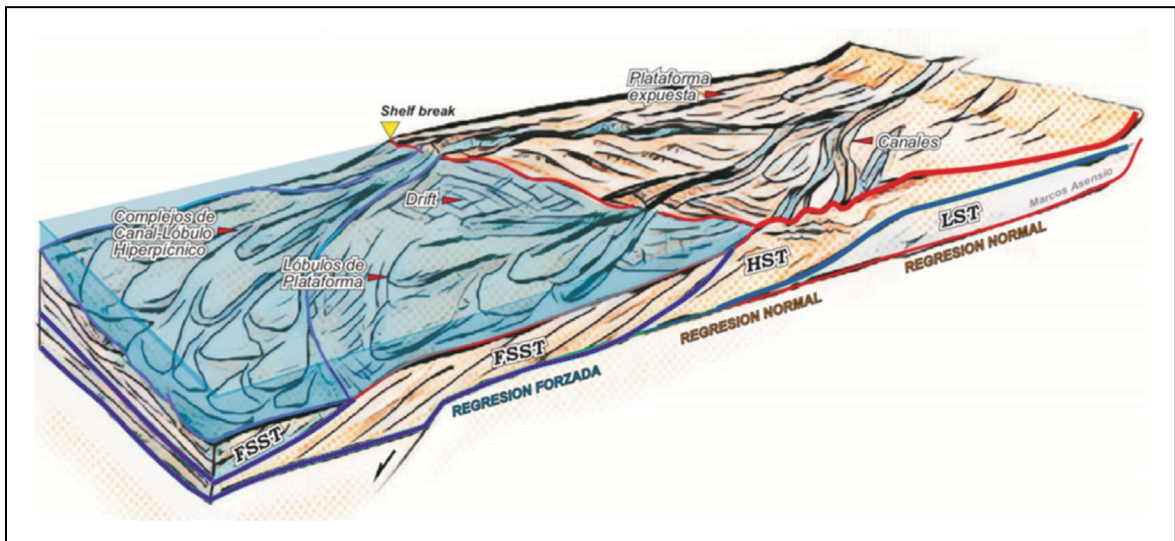


Figura 6. Block diagrama con la interpretación del modelo despositacional y estratigráfico del Grupo Cuyo en el norte neuquino.

Las posibilidades exploratorias se potencian al considerar la aparición de varios pulsos asociados a regresiones forzadas y las alentadoras expectativas prospectivas que acompañan a las mismas. Esto incluye, la aparición de depósitos fluviales en contacto con los sedimentos pelágicos de plataforma, el que suele ser un *play concept* muy interesante, como así también los depósitos turbidíticos asociados a los abanicos de fondo oceánico. Por último, se puede mencionar que el contexto extensional sinsedimentario podría dar lugar a la generación de hidrocarburos en los depocentros Precuyanos y posterior migración a niveles arenosos del Grupo Cuyo por fallas subverticales.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento a Guillermo Corona por aportar las imágenes y las fructíferas discusiones que dieron origen a este trabajo como así también a Julián Fantín y Fermin Goya por sus aportes que llevaron a mejorar el trabajo original. A Octavian Catuneanu por sus sugerencias en la interpretación de la información sísmica y por último, a Walter Brinkworth, Alejandro Bande y Daniel Parra por sus útiles comentarios que ayudaron a mejorar a las primeras versiones del manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- Abreu, V., Neal J. E., Bohacs K. M. y Kalbas J.L., 2010, "Sequence stratigraphy of siliciclastic systems: The ExxonMobil methodology"; atlas of exercises. Tulsa, Oklahoma: SEPM.
- Arregui C., Carbone O. y Martinez R., 2011, "El Grupo Cuyo (Jurásico Temprano- Medio) en la Cuenca Neuquina". XVIII Congreso Geológico Argentino. Relatorio. Neuquén. p 77-89
- Asensio M. y Corona G., 2017, "Regresiones Forzadas en el Grupo Cuyo: Oportunidades petroleras". VII Jornadas de Geociencias. Trabajo inédito. YPF.
- Burguess P. M. 2016, "The future of the sequence stratigraphy paradigm: Dealing with a variable third dimension". *Geology* 44 (4): 335-336.
- Catuneanu, O., 2006, "Principles of sequence stratigraphy". Elsevier. Amsterdam. 375 pp.
- Dellapé, D.A., Mombru, C., Pando G.A., Riccardi, A.C., Uliana, M.A. y Westermann, G.E., 1978, "Edad y correlación de la Formación Tábanos en Chacay Melehue y otras localidades de Neuquén y Mendoza. Con consideraciones sobre la distribución y significado de las sedimentitas del Loteniano". *Obra Centenario Museo La Plata, Vol.:* 81-105, La Plata.
- Digregorio, J.H. 1978, "Estratigrafía de las acumulaciones mesozoicas". En: Rolleri, E. (Ed.) *Geología y Recursos Naturales del Neuquén. Relatorio 7º Congreso Geológico Argentino*: 37-65. Buenos Aires.
- Fernandez-Seveso F., Laffitte G. A. y Figueroa D. E., 1996, "Nuevos plays Jurásicos en el Engolfamiento Neuquino", Argentina, XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos. Actas I: 281
- Groeber, P., 1946, "Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70°". *Asociación Geológica Argentina, Reimpresiones 1:1-174* (1980). Buenos Aires.
- Gulisano, C.A. y Gutiérrez Pleimling, A.R., 1994, "Guía de campo El Jurásico de la Cuenca Neuquina, a) Provincia de Neuquén". *Asociación Geológica Argentina Serie E 2*, 111p., Buenos Aires.
- Gulisano, C.A., Gutiérrez Pleimling, A.R. y Digregorio, R.E., 1984, "Esquema estratigráfico de la secuencia jurásica del oeste de la Provincia de Neuquén". 9º Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 236-259.
- Helland-Hansen, W. y Martinsen, O. J., 1996, "Shoreline trajectories and sequences: description of variable depositional-dip scenarios". *Journal of Sedimentary Research* 66,4, 670-688.

- Legarreta L. y Uliana M. A., 1996, "The Jurassic succession in west-central Argentina: stratal patterns, sequences and paleogeographic evolution". *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 120: 303-330.
- Legarreta, L. y Gulisano, C.A., 1989, "Análisis estratigráfico secuencial de la Cuenca Neuquina. (Triásico superior – Terciario inferior)". *Cuencas sedimentarias argentinas*. Chebli G.A. y L. A. Spalletti (Eds.). Serie Correlación Geológica Argentina N° 6, 221-243. Inst. Sup. del Corr. Geol., Univ. Nac. De Tucumán.
- Madof, A., Harris, A. y Connell, S., 2016, "Nearshore along-strike variability: is the concept of the systems tracts unhinged?". *Geology* 44, 319-322.
- Mutti E., 2011, "Turbidites". AAPG International Conference and Exhibition, Milan, Italy Search and Discovery Article #30214. October 23-26, 2011.
- Olea, M. G. 2005, "Niveles arenosos del grupo Cuyo Superior". Informe Inédito. YPF.
- Orchuela I.A., Cibanal C., y Palade S.H., 1987, "Sismoestratigrafía del Ciclo Cuyano en el sector central del Engolfamiento Neuquino, Provincia del Neuquén, Argentina". In: *Actas Décimo Congr. Geol. Argent. Actas*, 157-160.
- Posamentier, H.W., Allen, G.P., James, D.P. y Tesson, M., 1992, "Forced regressions in a sequence stratigraphic framework: concepts, examples, and exploration significance". *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.*, 76: 1687-1709.
- Qayyum F., Betzler C. y Catuneanu O., 2017, "The Wheeler diagram, flattening theory, and time". *Marine and Petroleum Geology* 86: 1417-1430.
- Schwarz, E., Spalletti, L. A. y Veiga G. D., 2009, "Análisis estratigráfico, sedimentológico y secuencial del Grupo Cuyo y de la Formación Lotena en el Sur de Mendoza. Integración de información geológica de afloramientos y subsuelo". YPF-Universidad Nacional de la Plata/CONICET. Informe Inédito. 142 pp.
- Van Wagoner, J. C., Mitchum Jr., R. M., Campion, K. M. y Rahmanian, V. D., 1990, "Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, core, and outcrops: concepts for highresolution correlation of time and facies". *American Association of Petroleum Geologists Methods in Exploration Series* 7, 55 pp.
- Vergani, G., Tankard, A., Belotti, H. y Welsink, H. 1995, "Tectonic evolution and paleogeography of the Neuquén Basin, Argentina". En Tankard, A. Suárez, R. y Welsink, H. (eds.) *Petroleum Basins of South America*, American Association of Petroleum Geologists, Memoir 62: 383-402.
- Zavala C., Ponce J. J., Arcuri M., Dritanti D., Freije H. y Asensio M., 2006, "Ancient lacustrine hyperpycnites a depositional model from a case study in the Rayoso Formation (Cretaceous) of west-central Argentina". *Journal of Sedimentary Research* 76 41-59.
- Zavala C. y Arcuri M., 2016, "Intrabasinal and extrabasinal turbidites: Origin and distinctive characteristics". *Sedimentary Geology* 337 (36-54)
- Zavala, C. 1993, "Estratigrafía y análisis de facies de la Formación Lajas (Jurásico medio) en el sector sur occidental de la Cuenca Neuquina. Provincia del Neuquén. República Argentina". Tesis Doctoral, Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur (unpublished), 260 p, Bahía Blanca.
- Zhu, Y., Bhattacharya J. P., Weiguo L., Lapen T., Jicha B. R. y Singer B. S. 2012, "Milankovitch-scale sequence stratigraphy and stepped forced regressions of the Turonian Ferron Notom deltaic complex, South-Central Utah, U.S.A". *Journal of Sedimentary Research* 82, 723-746.



**10° CONGRESO DE
EXPLORACIÓN Y
DESARROLLO DE
HIDROCARBUROS**

**Energía y Sociedad
aliados inseparables
Mendoza 2018**