

DE RESERVORIOS CONVENCIONALES A RESERVORIOS SHALE: CARACTERIZACIÓN SISMO-ESTRATIGRÁFICA Y SEDIMENTOLÓGICA DEL INTERVALO AGRIO-CENTENARIO EN LA CUENCA NEUQUINA

Colaboradores principales del Grupo Transecta 1: **Cristina Masarik¹, Ernesto Schwarz², Mirta Suárez³,
Martín Cervera⁴, Thamy Sales⁵, Victoria Lazzari⁶, Pablo Castellarini⁷, Carlos Echevarría⁸, Edgardo Marcaida³,**

Franco Martín³

1: Chevron Argentina S.R.L. mmsr@chevron.com

2: Centro de Investigaciones Geológicas (UNLP-CONICET). eschwarz@cig.museo.unlp.edu.ar

3: YPF S.A. mirta.suarez@ypf.com, edgardo.marcaida@ypf.com, franco.martin@ypf.com

4: Vista Energy. fernando.cervera@vistaoilandgas.com

5: Petróleos Sudamericanos. thamy.sales@petronec.com.ar

6: Phoenix Global Resources. v.lazzari@phoenixgr.com

7: Total. pablo.castellarini@totalenergies.com

8: Pampa Energía S.A. carlosechevarria@pampaenergia.com

Colaboradores principales del Grupo Transecta 3: **Yolanda Ruiz¹, Ramiro Damiani², Karina Mykietiuik¹,
Laura González¹, Pablo Castellarini³, Nicole Storni⁴, Alfonso Mosquera², Martín Alarcón⁵, Leandro Venara⁵,**

Marcela Borgnia³

1: YPF. yolanda.ruiz@ypf.com, karina.mykietiuik@ypf.com, laura.c.gonzalez@ypf.com

2: Tecpetrol. ramiro.damiani@tecpetrol.com, alfonso.mosquera@tecpetrol.com

3: Total. pablo.castellarini@totalenergies.com, marcela.borgnia@totalenergies.com

4: Shell. nicole.storni@shell.com

5: Pluspetrol S.A. malarcon01@pluspetrol.net, lvenara@pluspetrol.net

Palabras clave: Intervalo Agrio-Centenario, Integración y correlación regional, Reservorios Convencionales y No Convencionales, Cuenca Neuquina

ABSTRACT

The Agrio Formation (Late Valanginian-Late Hauterivian) is the youngest marine source rock in the Neuquén basin, shallower than the exceptional Vaca Muerta *shales* and the Los Molles turbidites. The Agrio is a complex marine and continental succession, which is producing hydrocarbons from conventional and unconventional plays. The time-equivalent of the Agrio in the basin border, the Centenario Formation, is a mainly continental succession, also a target for oil and gas to the South and East of the Agrio distribution area.

To refine the existing understanding of the Agrio-Centenario interval, three regional cross-sections were delineated across the basin, capturing the main sequences and facies variability. Key to this project was the collaboration among the companies working in the area, following a Team spirit and permitting to get the big picture of the system: geoscientists from many operators and Academia shared seismic and well data, integrating the subsurface information with the outcrops located to the west of the basin. The current work summarizes the results obtained from the study of two of the three aforementioned regional cross sections (Transects 1 and 3),

The sedimentary succession denominated Agrio is informally subdivided into three members (lower or Pilmatué, middle or Avilé and upper or Agua de la Mula). The lower and upper members consist of marine facies, deposited during significant transgressions. The coastal plain mudstones and eolian to fluvial sandstones of the Avilé are sandwiched between the two offshore shale intervals, resulting from a significant sea-level fall, separated by a regional unconformity from the underlying unit, and a regional transgressive flooding surface from the Upper Agrio. The Centenario Formation was identified in the 70s as a continental succession deposited in a timeframe wider than the Agrio. Subsequent studies looked to constrain the age of this unit to an equivalent time interval to the Agrio, however becoming a challenging definition where the unit was mainly continental.

This collaboration study introduces for the first time an integrated analysis of the seismic, well logs, core and *cutting* data available for the Agrio-Centenario interval, allowing to build a refined and robust stratigraphic framework along the transects, defining key stratigraphic surfaces across the area and identifying two main units (Agrio-Centenario Inferior and Agrio-Centenario Superior). The resulting stratigraphic model creates the opportunity to challenge the existing understanding, and define new/remaining potential, with new plays and prospects for conventional and unconventional reservoirs for the Agrio-Centenario system.

1. INTRODUCCIÓN

Para responder al desafío impulsado por el IAPG, de actualizar el conocimiento disponible sobre el intervalo Agrio-Centenario de la Cuenca Neuquina, se delinearon tres transectas que capturan las principales secuencias y variabilidad del intervalo (Fig. 1). Geocientistas de distintas empresas y universidades se unieron en este proyecto, recolectando datos y analizando la información de subsuelo disponible a lo largo de las transectas definidas, extendiendo el análisis a los afloramientos identificados en el oeste de la cuenca.

La sucesión sedimentaria denominada Formación Agrio (Valanginiano tardío-Hauteriviano tardío) comprende tres miembros claramente definidos en afloramiento desde los estudios pioneros (Inferior o Pilmatué, Medio o Avilé y Superior o Agua de la Mula), en tanto que Formación Centenario surgió en los 70' como una unidad conformada mayormente por depósitos clásticos continentales, que abarcaba cronológicamente un intervalo más amplio que Agrio, incluyendo desde facies contemporáneas de la Formación Quintuco hasta depósitos equivalentes a la Formación Rayoso.

En este trabajo de colaboración se presenta por primera vez un análisis de información sísmica, perfiles de pozo, *cuttings*, coronas, y otros datos disponibles del intervalo Agrio-Centenario, que permitieron construir un esquema de correlación más ajustado y consensado para el área involucrada en este trabajo. Así, se han podido definir *markers* sismoestratigráficos equivalentes tanto de la base como del tope de lo que se conoce como Agrio Inferior en el oeste, así como del tope del Agrio Superior, y su deslinde con lo que serían facies equivalentes de la Formación Rayoso. Mediante este nuevo esquema estratigráfico es posible subdividir al intervalo en dos unidades principales (Agrio-Centenario Inferior y Agrio-Centenario Superior), caracterizando

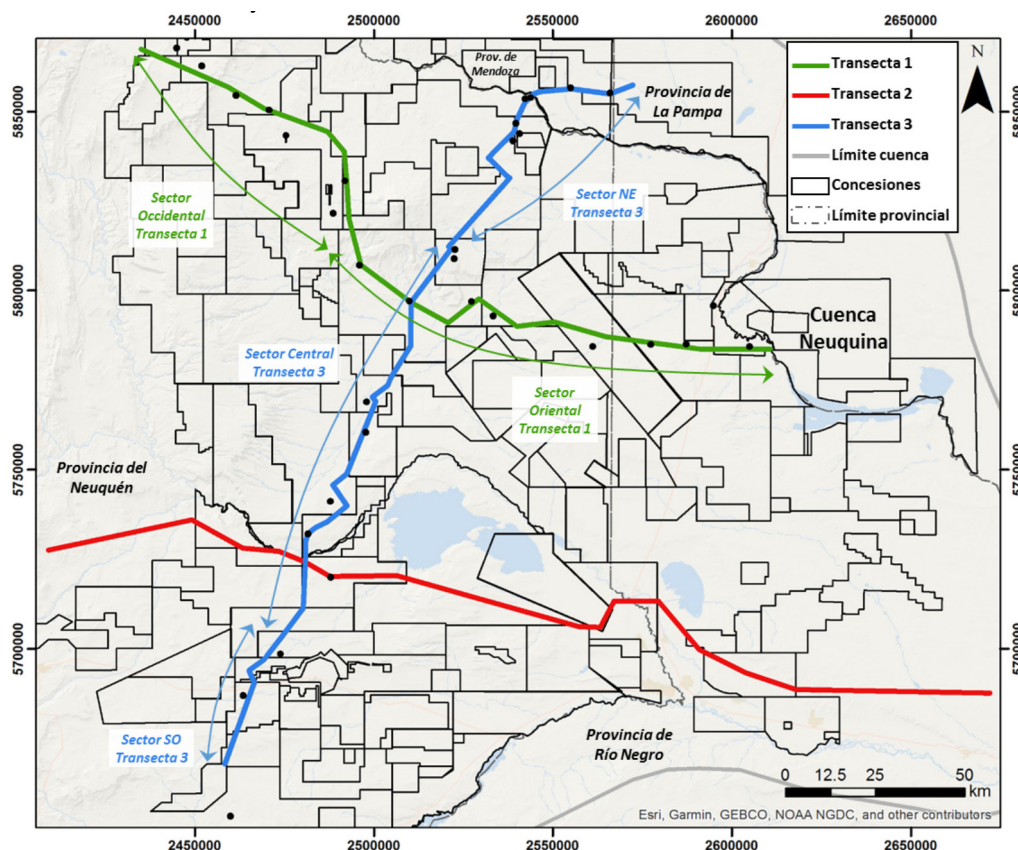


Figura 1. Mapa de la Cuenca Neuquina con la traza aproximada de las tres transectas de correlación definidas para analizar el intervalo Agrio/Centenario. Los resultados de la Transecta 2 se presentan en Echevarría *et al.* (2022).

atributos sísmicos, sedimentológicos y paleoambientales de ambas unidades a lo largo de las transectas.

La presente publicación se centra en resumir la metodología de trabajo, información recabada y conclusiones establecidas a partir de la construcción de las transectas 1 y 3. Por un lado, la Transecta 1 (T1) recorre desde el margen oriental de la cuenca en el sector de Catriel hasta los yacimientos ubicados en el borde de la faja plegada y corrida cercanos a Buta Ranquil (Filo Morado, El Portón, Fig. 1). Por otro lado, la Transecta 3 (T3), disecta la Cuenca Neuquina con un rumbo aproximado suroeste-noreste, a lo largo de aproximadamente 250 km, desde la zona de la Dorsal de Huincul hasta el margen nororiental de la cuenca (Fig. 1). Este trabajo se complementa con un análisis similar realizado sobre la Transecta 2 (T2) (Echevarría *et al.* 2022).

En relación a la Transecta 3 se pondrá especial énfasis en caracterizar los atributos del sector nororiental por dos razones. En primer lugar, es un área de significativa producción dentro del intervalo considerado, particularmente en el Tren Productivo Río Colorado (Iñigo *et al.* 2018, 2019), así también como de exploración en áreas cercanas. En segundo lugar, el sector central de esta transecta está parcialmente representado por las intersecciones de las otras dos transectas que se confeccionaron en el marco de este estudio regional (Fig. 1). La intersección con la T1 se

describe en la primera parte de este trabajo y la intersección con la T2 se presenta en Echevarria *et al.* (2022). Por su parte, en el sector suroccidental de la T3, que se ubica en la Dorsal de Huincul (Fig. 1), el intervalo cretácico de interés no está presente debido a la exhumación y remoción de gran parte de la columna cretácica temprana (Silvestro y Zubiri 2008; Echevarría *et al.* 2022).

2. MARCO GEOLÓGICO Y ESTRATIGRÁFICO

La Cuenca Neuquina, presenta una geometría triangular y una extensión areal de aproximadamente 115.000 km². Desde un punto de vista geográfico, la cuenca se localiza en el centro oeste de la República Argentina, abarcando la mayor parte de la Provincia del Neuquén, la porción oeste de la Provincia de Río Negro y los márgenes suroccidentales de las provincias de La Pampa y Mendoza (Fig. 1). Por otra parte, en términos geológicos, se trata de una cuenca de retroarco polifásica desarrollada sobre corteza de origen continental y que se generó como consecuencia de un colapso termo-tectónico acontecido detrás de un arco magmático estacionario durante el Neotriásico (Mpodozis y Ramos 1989). Está limitada al oeste por la Faja Corrida y Plegada de los Andes, al sur por el Macizo de Somún Cura o Nordpatagónico y al este por el Bloque de San Rafael (Sistema de la Sierra Pintada) y por el Bloque Las Mahuidas o de Chadileuvú. La evolución geotectónica de la cuenca fue analizada por un sinnúmero de autores. Según Vergani *et al.* (1995), la evolución involucró varios episodios de subsidencia extensional e inversión estructural. Howell *et al.* (2005), resumen la evolución en tres etapas a saber: fase de *sin-rift* Neotriásica a Eojurásica, ciclo de *post-rift* Eojurásico a Eocretácico y etapa compresiva y de antepaís Neocretácica a Cenozoica. Toda esta evolución terminó dejando un registro sedimentario de al menos 7000 m de espesor (Vergani *et al.*, 1995), el cual está caracterizado por depósitos volcanoclásticos y continentales de *sin-rift*, que a su vez están suprayacidos mayormente por clásticos marinos y continentales de *post-rift*, y que finalmente, son coronados por clásticos predominantemente continentales del estadio de antepaís.

La Formación Agrio, de edad Valanginiano tardío a Hauteriviano, se divide en tres miembros denominados Pilmatué (inferior), Avilé (medio) y Agua de la Mula (superior) (Fig. 2). Tanto Pilmatué como Agua de la Mula en los sectores de afloramiento están compuestos por espesas sucesiones de lutitas oscuras depositadas en ambiente marino, intercaladas con calizas y areniscas. Ambos miembros reducen progresivamente su espesor hacia el norte y sur de la cuenca tornándose más ricos en sedimentitas carbonáticas (Leanza y Hugo 1997; Aguirre Urreta y Rawson 1997; Sagasti 2002). En cambio, el Mb. Avilé, de edad Hauteriviana, está constituido principalmente por la acumulación de depósitos fluviales, eólicos y lacustres, depositados durante un estadio de mar bajo (Veiga *et al.* 2011). En la región oriental y nororiental del Engolfamiento Neuquino, puede observarse un importante cambio de facies a un espeso registro de areniscas, conglomerados y fangolitas de ambiente continental correspondientes a la Formación Centenario (Spalletti *et al.* 2011).

La Fm. Centenario fue definida originalmente como una unidad estratigráfica de subsuelo, representada por depósitos clásticos continentales de edad Cretácico Temprano presentes en el subsuelo del flanco este de la Cuenca Neuquina (Digregorio 1972) que abarcaba cronológicamente un intervalo más amplio que la Formación Agrio (Echevarria *et al.* 2022 para más detalles). Sin embargo, y tal como mencionara Rivero (2008), posteriores estudios (Uliana *et al.* 1977; Uliana y Legarreta 1993) adscriben también a dicha unidad, los depósitos coetáneos de planicie costera y plataforma interna del sector centro-oriental de la Cuenca Neuquina. Actualmente las sedimentitas marino someras y continentales de la Fm Centenario se consideran equivalentes laterales en posiciones de borde de cuenca de los depósitos marinos de la Fm Agrio (Fig. 2).

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Este estudio se trata de un proyecto colaborativo entre diversas entidades públicas y privadas que definieron tres transectas regionales (Fig. 1) a lo largo de las cuales se recabó y analizó la información de subsuelo disponible (sísmica, perfiles, *cuttings* y coronas).

La traza de Transecta 1 tiene como objetivo mostrar las relaciones estratigráficas y sedimentarias del intervalo de estudio desde el margen oriental de la cuenca en el sector de Catriel, hasta los sectores ubicados en el extremo noroeste de la cuenca. Posee una orientación general sureste-noroeste y se extiende por unos 220 km. La información sísmica compilada y analizada proviene de surveys sísmicos 3D y 2D que cubren total o parcialmente a los bloques El Medanita Sudeste (Vista), El Santiagueño (Petróleos Sudamericanos), Entre Lomas (Vista), Rincón de Aranda (Pampa), Aguada San Roque (Total), Las Manadas-Volcán Auca Mahuida (YPF), Águila Mora (Vista), El Trapial (Chevron), Corralera (Phoenix), y Filo Morado (YPF).

En lo que respecta a la Transecta 3 su traza disecta a la Cuenca Neuquina con un rumbo aproximado suroeste-noreste, a lo largo de aproximadamente 250 km, desde la zona de la Dorsal de Huincul hasta el margen nororiental de la cuenca (Fig. 1). Esta transecta involucra principalmente los siguientes bloques, consignándose entre paréntesis los operadores correspondientes: Al Norte de la Dorsal (YPF), Aguada Villanueva (Pluspetrol), Meseta Buena Esperanza (Pluspetrol), Fortín de Piedra (Tecpetrol), Aguada Pichana Este (Total), La Calera (Pluspetrol), Bajada de Añelo (Shell), Bandurria Centro (PAE), San Roque (Total), Loma Amarilla Sur (YPF), Cerro Hamaca (YPF), CNQ-7 (Pluspetrol), Jagüel Casa de Piedra (Pluspetrol) y CNQ-7/A (Pluspetrol).

Por un lado, en relación a la información sísmica disponible, se utilizaron datos sísmicos 2D y 3D procesados en el dominio del tiempo, correspondientes a los bloques antes mencionados. Previo a la interpretación de la sísmica, se procedió al acondicionamiento de los datos, lo cual consistió, en primer lugar, en la verificación de la fase y polaridad de los datos sísmicos. El presente trabajo sigue los lineamientos de la polaridad normal, la cual establece que un aumento de la impedancia acústica implica una amplitud positiva representada por un pico; mientras que una

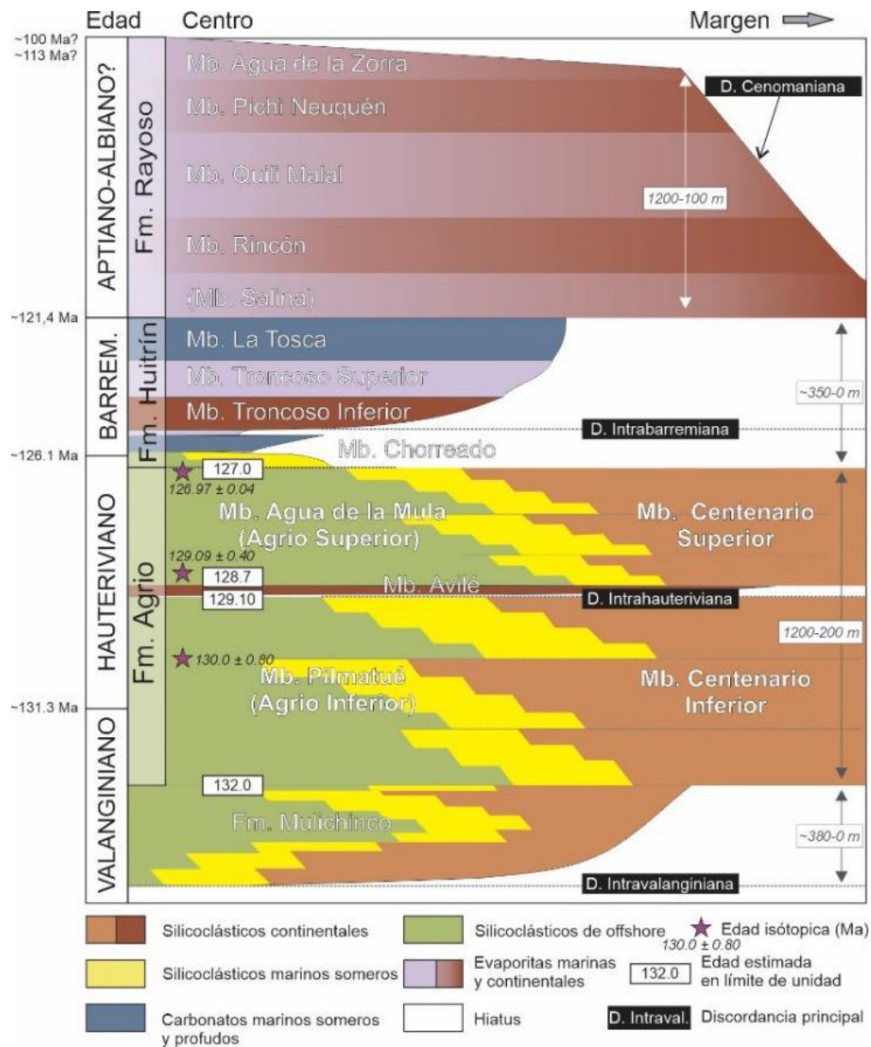


Figura 2. Esquema cronoestratigráfico para las formaciones Mulichinco, Agrio, Huitrín y Rayoso (y sus respectivas unidades internas), tomado de Echevarría *et al.* (2022). Se indican también las principales discontinuidades y una estimación de espesores máximos en centro de cuenca y su reducción hacia los márgenes.

disminución de la impedancia acústica implica una amplitud negativa representada por un valle. Por consiguiente, con el objeto de verificar la fase y polaridad de los datos sísmicos, se procedió a la identificación de eventos sísmicos cuyas reflexiones pudiesen ser vinculadas, por medio del colgado de pozos, a interfaces geológicas identificadas en los sondeos y cuyas respuestas acústicas son conocidas. La cross-correlación de los sismogramas sintéticos generados al momento de colgar los pozos con la sísmica de superficie, permitió definir, la rotación de fase necesaria, si es que la hubiese, para llevar los datos sísmicos de superficie a fase 0 y polaridad normal. En segundo lugar, el acondicionamiento de los datos sísmicos implicó llevar a cabo un análisis de misties y como resultado de ello se procedió a aplicar los bulk-shifts necesarios para alinear los diferentes eventos geológicos representados por la sísmica.

Por otro lado, en relación a los datos de pozo, se utilizaron perfiles eléctricos, *cuttings* y coronas de unos de 20 pozos clave en el caso de la Transecta 1 y de 17 sondeos clave en el caso de la Transecta 3 (Fig. 1). Como paso previo a su uso, los perfiles eléctricos fueron corregidos y normalizados y se utilizó principalmente el registro de rayos gamma, resistividad, potencial espontáneo y densidad.

Finalmente, una vez concluido el acondicionamiento de todos los datos de subsuelo, se procedió a la integración de toda la información y la posterior interpretación de los principales horizontes sísmicos y topes de pozo correspondientes al intervalo estudiado. Como hitos más destacados de las tareas de interpretación, y siguiendo lo establecido por Echevarría *et al.* (2022), se logró establecer un criterio unificado para la correlación de los miembros Inferior y Superior de la Formación Agrio/Centenario a lo largo de todas las transectas (Figs. 3 y 4).

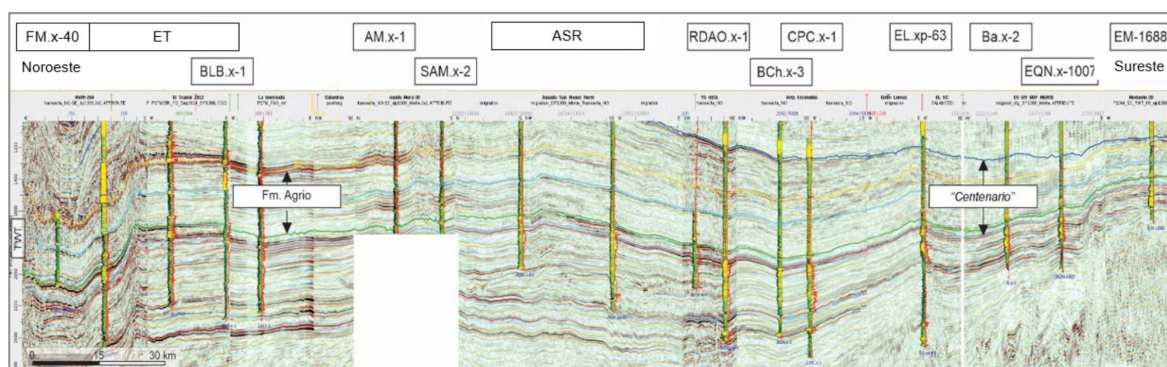


Figura 3. Corte sísmico en tiempo de la Transecta 1 con la configuración de deformación actual. Se indican los principales horizontes sísmicos identificados. El intervalo Fm. Agrio se corresponde tanto con la definición original con la utilizada en este trabajo. Por su parte, el intervalo "Centenario" se correspondería aproximadamente con la definición amplia original de Digregorio y Uliana (1980) para la zona de Catriel (ver Figura 2). En la redefinición de este trabajo ese intervalo incluye tres unidades distintas (tope de Fm. Loma Montosa, Fm. Centenario y Fm. Rayoso).

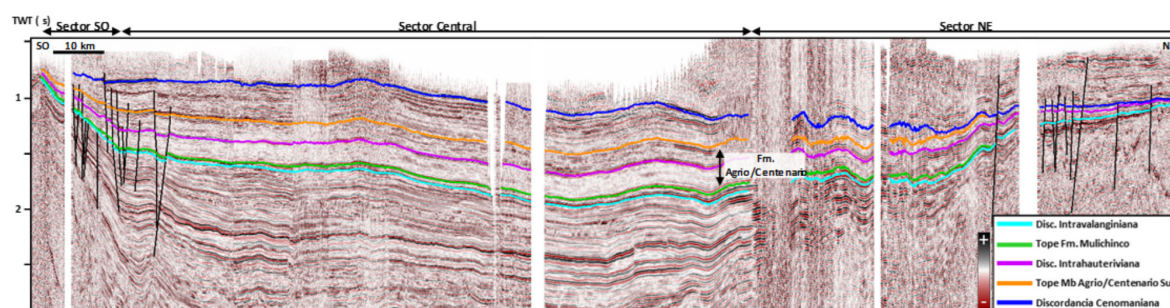


Figura 4. Sección sísmica SO-NE, en el dominio del tiempo, a lo largo de la traza de la Transecta 3 (Ubicación de la sección sísmica en Figura 1).

4. RESULTADOS

Se presentan en primer lugar los resultados de la Transecta 1, que dada las características sismo-estratigráficas y sedimentológicas del intervalo analizado se ha dividido en dos regiones

principales: Sector Oriental y Sector Occidental (Fig. 6). Luego se presentan las características específicas de la Transecta 3.

4.1. Sector Oriental de Transecta 1

Este sector del área de estudio abarca desde Aguada San Roque (ASR) por el oeste, pasando por Rincón de Aranda (RDA) y Entre Lomas en la región más oriental de la provincia de Neuquén y se extiende a los bloques El Santiagueño y El Medanito-25 de Mayo en la Provincia de Río Negro (Figs. 1 y 6), totalizando unos 115 km en línea recta. Además, se incluyen menciones a áreas cercanas a la traza de esta transecta, como los bloques Volcán Auca Mahuida, Las Manadas y Señal Cerro Bayo (Fig. 1).

4.1.1. Unidades infrayacentes (Formaciones Mulichinco y Loma Montosa/Quintuco)

Desde Aguada San Roque hasta Entre Lomas, el Miembro Centenario Inferior apoya sobre depósitos claramente asignables a la Formación Mulichinco, la cual muestra una geometría de cuña con un adelgazamiento progresivo (máximo 150 m) hasta desaparecer en el sector occidental del bloque El Santiagueño (Fig. 7). La Formación Mulichinco en este sector está conformada mayormente por depósitos continentales arenosos con delgadas intercalaciones marino-marginales, principalmente cerca del tope (Schwarz *et al.* 2008). Sísmicamente la unidad está representada por reflectores bien definidos, paralelos entre sí, pero que van perdiendo definición hacia el este. Tanto en el yacimiento Aguada San Roque como algo más al norte en el área de Volcán Auca Mahuida y alrededores, la Formación Mulichinco representa una unidad con varios niveles de hidrocarburos y con una larga historia de producción (Vottero y González 2002; Schwarz *et al.* 2008).

Más al este, ya en el sector central de El Santiagueño (por ej., yacimiento El Quemado Norte) y hasta el límite oriental del área de estudio, el Miembro Centenario Inferior se apoya sobre facies pelíticas, arenosas y mixtas (silicoclásticas-carbonáticas) que por sus características y por ubicarse por debajo de la Discontinuidad Intravalanginiana se asignan a depósitos del Grupo Mendoza Inferior (Leanza *et al.* 2011). Si bien la nomenclatura litoestratigráfica en la Plataforma de Catriel varía entre autores (Olmos y Sommerfeld 2002) es posible sugerir que estos depósitos mixtos podrían atribuirse a facies de la Formación Loma Montosa (Leanza *et al.* 2011, su figura 13). Estos depósitos alcanzan unos 100 m de espesor máximo, y a su vez apoyan sobre facies netamente carbonáticas asignables a la Formación Quintuco (Figs. 7, 8). Sísmicamente el intervalo asignable a Loma Montosa posee reflectores discontinuos, de moderada amplitud y baja frecuencia. Si bien dominan arcillitas gris verdosas con subordinados intervalos de areniscas blanquecinas medianas a gruesas, estos últimos pueden presentar buenas características permo-porosas, corroboradas por los ensayos de pozos con altos caudales. Más aún, en el sector central del yacimiento El Santiagueño, este intervalo es productor de petróleo con acumulaciones marginales probablemente en trampas

combinadas. Allí se registraron ensayos de petróleo en algunos pozos (por ej. ES-43, ES-44 y ES-34) en intervalos productores con porosidades cercanas a 25%.

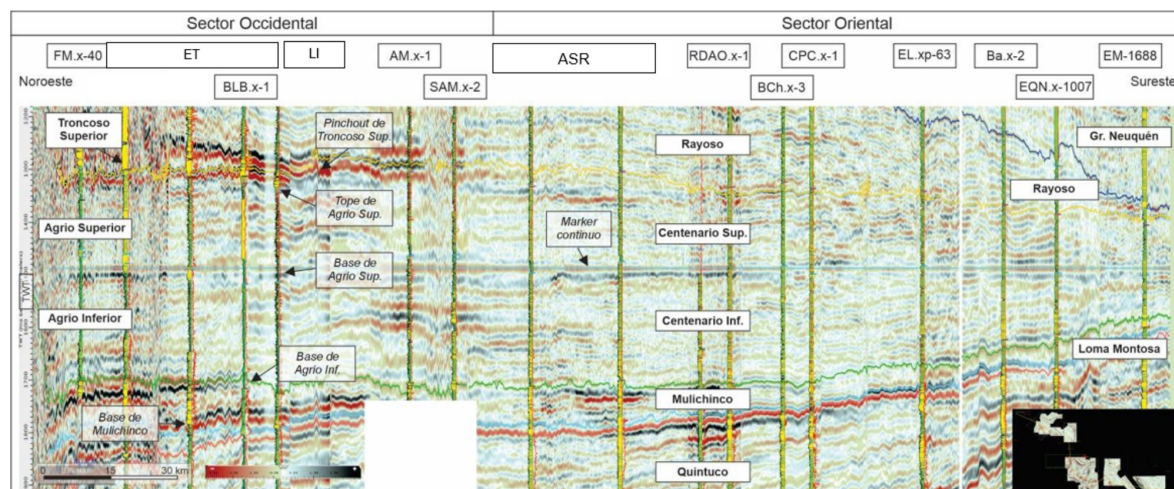


Figura 6. Corte sísmico en tiempo nivelado al reflector sísmico que representa la base del Miembro Agrio-Centenario Superior. Este *marker* también se reconoce en los pozos hasta el sector de Rincón de Aranda. Luego se extiende la correlación mediante dicho reflector sísmico hacia el este, lo cual permite definir dos unidades específicas dentro de Centenario aún en los sectores de margen de cuenca.

4.1.2. Límite Inferior del Miembro Centenario

Sísmica. Reflector positivo de amplitud variable acompañado por un negativo inferior también de amplitud variable, ambos bastante continuos (Figs. 7, 9). A partir del sector de Entre Lomas y hacia el este el reflector se vuelve más difuso.

Perfiles. De Aguada San Roque hasta Rincón de Aranda se define un pasaje vertical desde un arreglo típico de areniscas por debajo (inclusive cementadas al tope en algunos casos), a una firma de arcillas por arriba, con típico R. Gamma alto, resistividad baja, y alto valor de perfil acústico (Fig. 8). En la zona de Entre Lomas y Bartolo a través de este límite estratigráfico se registra una yuxtaposición mayormente de areniscas por arriba y por debajo haciendo difícil ubicar dicho contacto solo con perfiles. Desde el sector central de El Santiagueño (yacimiento El Quemado Norte) y hacia el este el diseño por perfiles se invierte denotando arenas sucias (algunas mixtas) y arcilitas por debajo (GR moderado a alto) y areniscas porosas por arriba (Fig. 8).

Facies y ambientes. En el área ASR este límite representa el pasaje desde facies fluviales distales hasta marino-marginales de la Fm. Mulichinco (estadio 5 de Pascariello *et al.* 2018) a facies netamente marinas abiertas de *offshore* hasta prodelta de Centenario Inferior (Schwarz *et al.* 2022). El espesor de los depósitos marinos pelíticos basales de esta unidad disminuye gradualmente de unos 35 m en el oeste de ASR hasta casi su desaparición en el sector oriental del mismo bloque. Hacia el este, el intervalo basal de la unidad está conformada mayormente por areniscas medianas a gruesas con relativa alta amalgamación (Fig. 8).

4.1.3. Miembro Centenario Inferior

Sísmica. Esta unidad presenta reflectores bien definidos y con buena continuidad lateral en gran parte de la región considerada. En el sector de ASR y RDA se caracteriza por geometrías mayormente paralelas de los reflectores, que se hacen levemente convergentes hacia el sector oriental (Figs. 7, 9). Locamente en la región de Entre Lomas se distinguen algunos reflectores inclinados de unos 10 km de extensión que se hacen tangenciales hacia el oeste (Fig. 9). Por otra parte, a gran escala además se define una truncación de los reflectores superiores hacia el este, con lo cual es posible visualizar que el tercio superior de la unidad presente en el área de Aguada San Roque estaría probablemente eliminado por erosión desde Entre Lomas hacia el este (Fig. 9). La erosión de estos niveles superiores de Centenario Inferior estaría asociada a la discontinuidad Intrahauteriviana. En términos de principales secuencias definidas para esta unidad dentro de todo el ámbito de la cuenca Neuquina (Schwarz *et al.* 2021; Schwarz y Veiga 2022), es posible suponer que toda la Secuencia Superior estaría faltando en el sector más oriental.

Perfiles. Muy buena definición de arreglos típicos “Arena-Arcilla” (Fig. 8), con niveles de R. Gamma alto en intervalos pelíticos (120 API) y valores bajos en arenas porosas (60 API). La respuesta resistiva y del perfil sónico indican en general una formación con buenas características permo-porosas.

Litología y espesor. Exceptuando el intervalo pelítico basal, en gran parte de la región dentro de Centenario Inferior predomina una alternancia de areniscas finas y muy finas, con arcilitas y limolitas subordinadas, aunque hacia el este se hace frecuente también la presencia de areniscas medianas a gruesas (Fig. 8). Niveles conglomerádicos en esta unidad sólo están mencionados en algunos sectores de El Santiagueño aunque de manera muy subordinada. El espesor de la unidad muestra valores constantes de 440 a 420 m en ASR y RDA, y a partir de allí comienza a disminuir su potencia hacia el este, llegando a presentar entre 190 y 160 m en el sector oriental del área considerada (Fig. 8). Combinado estas variaciones de espesor con la información sísmica, se aprecia que gran parte de la reducción de espesor se explica por un adelgazamiento general de la sucesión (diseño sísmico convergente de la unidad), pero también por la truncación de los niveles superiores de la unidad en el este. En lo que respecta a la relación arena-pelita, el *net-to-gross* (NG) es alto a moderado en los sectores comprendidos entre ASR y Entre Lomas (NG:0,8-0,5) pero sin un arreglo vertical definido. En cambio, en el sector oriental (desde El Quemado al Este), no solo disminuye la relación *net-to-gross*, sino que también se observa una tendencia vertical con menor amalgamación de intervalos gruesos hacia arriba (Fig. 9).

Facies y paleoambientes. El registro de testigos de corona ubicado más al norte en Volcán Auca Mahuida permitió identificar facies predominantes de sistemas deltaicos, mayormente de frente deltaico y planicie deltaica para esta unidad (Schwarz y Veiga 2012; Shchepetkina *et al.* 2020). Considerando las relaciones paleogeográficas propuestas para esta unidad con una forma cuspada apuntando al noroeste (Schwarz y Veiga 2022), la sucesión estratigráfica en VAM sería

probablemente equivalente a la presente en la porción occidental y central de Aguada San Roque. El escaso material de testigos de corona disponible para este sector permite soportar esta hipótesis. Por ejemplo, se han reportado facies de frente deltaico en la progradación basal (pozo RCh.e-2) así como facies asignables a planicies deltaicas en el sector cuspidal de la unidad (Fig. 8). Ya más al este (de RDA al este) disminuiría la participación de facies de frente deltaico y probablemente gran parte de la unidad en el extremo oriental esté conformada por depósitos de planicies deltaicas o netamente fluviales. La falta de información de testigos corona impide avanzar en caracterizaciones paleoambientales de mayor detalle para este sector.

Reservorios. El Miembro Centenario Inferior se conoce por su producción en zonas algo más al norte de la región aquí considerada. En el yacimiento Señal Cerro Bayo esta unidad se explota en varios niveles y su inicio de producción data de los años 70' (Cabaleiro *et al.* 2002). En el yacimiento Volcán Auca Mahuida-Las Manadas, inmediatamente al norte de ASR (Fig. 1), se tuvieron datos de posibles reservorios en esta unidad desde la década de los 80', pero recién en 2009 una capa productiva se declaró con producción comercial (Delpino *et al.* 2014). Estos mismos autores estiman un OOIP de 150 MMBOE alojados en esta unidad, lo que la posiciona como un proyecto de hidrocarburo convencional significativo dentro de la cuenca.

4.1.4. Miembro Avilé

El Miembro Avilé, a diferencia de lo que ocurre en el Sector Occidental, no puede ser detectada por *cutting*, perfiles o sísmica en esta región y por lo tanto se considera que no está presente como unidad discreta. Es muy probable entonces que en esta región la Discontinuidad Intrahauteriviana (base del Miembro Avilé) y la superficie de inundación de la base de Agrio-Centenario Superior sean coplanares (Fig. 8), al igual que ocurre en el Sector Occidental de la Transecta 2 (Echevarria *et al.* 2022).

4.1.5. Límite entre miembros Centenario Inferior y Centenario Superior

Sísmica. Reflector continuo negativo de variable en amplitud, acompañado por otro reflector positivo por arriba, bastante más difuso por sectores (Fig. 7).

Perfiles y litología. De ASR hasta RDA este límite se define por una firma que varía verticalmente de una respuesta típica de “arenas” a otra en donde se desarrolla un paquete de arcilitas (Fig. 8). Este paquete pelítico basal de hasta 50 m de espesor en ASR, representa la inundación marina de Agrio/Centenario Superior en esta región, que se extiende hacia el norte también en el área de Volcán Auca Mahuida. Por lo tanto, es posible sostener sin lugar a duda que el Mar Neuquino ingresó hasta estas regiones durante el Hauteriviano tardío, a diferencia de lo postulado por Shchepetkina *et al.* (2020). Por su parte, de Entre Lomas hacia el este cambia la firma por perfiles ya que se acuña el paquete pelítico basal. De esta manera, la base de Centenario Superior coincide aquí con un cambio en la proporción de intervalos pelíticos y arenosos (Fig. 8).

Si bien no hay testigos coronas para asegurarlo, es posible especular que las facies basales de esta unidad en el sector de Entre Lomas y el Santiagueño podrían corresponder a depósitos marinos marginales o fluviales distales.

4.1.6. Miembro Centenario Superior

Sísmica. De Aguada San Roque hasta RDA la unidad se caracteriza por presentar reflectores de moderada amplitud y bastante paralelos. De allí al este se observa una respuesta sísmica con reflectores también paralelos, pero más irregulares que luego van perdiendo definición hacia la zona más oriental de 25 de Mayo-El Medanita Sudeste (Fig. 7).

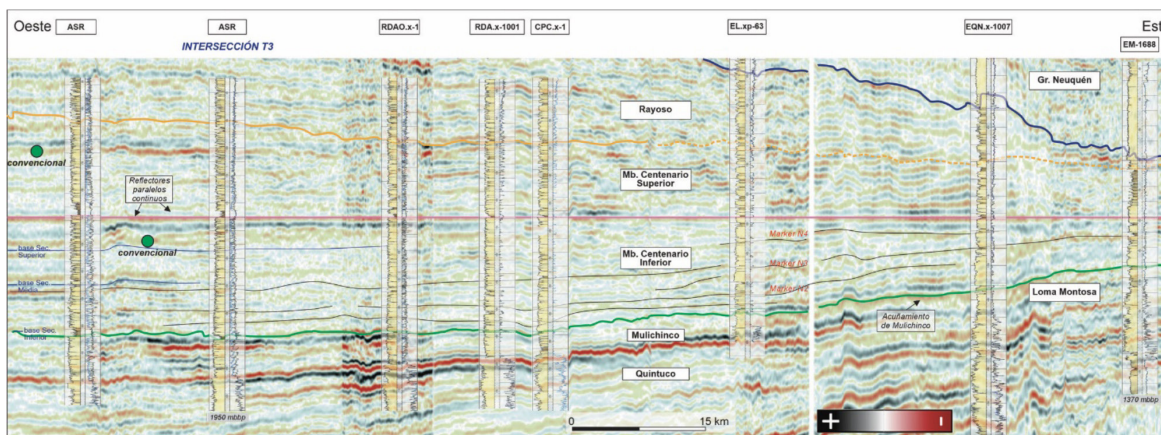


Figura 7. Corte sísmico en tiempo de detalle del Sector Oriental (nivelado a la base del Miembro Agrio/Centenario Superior) con superposición de perfiles e información de *cutting*. Ubicación de traza en Fig.1.

Perfiles. Las características de perfiles eléctricos pueden definirse de tres maneras distintas de oeste a este (Fig. 8) En el sector occidental hasta ASR el intervalo basal se caracteriza por un *Gamma ray* alto que va siendo reemplazado hacia el este por valores bajos correspondiente a intervalos arenosos. Desde el sector oriental de ASR hasta RDA persisten los valores bajos de GR en toda la unidad, con frecuentes intercalaciones de valores altos, pero sin un patrón vertical definido. Finalmente, desde Entre Lomas hacia el este y hacia el tope, aumenta gradualmente la proporción de niveles con GR. Por su parte, las bajas resistividades y los tiempos de tránsito entre 90 y 100 us/ft indican intervalos más porosos y/o arcillosos compatibles con lo que se observa en la descripción de *cutting*.

Litología y espesor. Según las descripciones de *cutting* disponibles, entre ASR y RDA hay un predominio de areniscas medias a gruesas, con subordinadas areniscas finas. A partir de Entre Lomas y hacia el este dentro de los intervalos gruesos comienzan a dominar areniscas gruesas a muy gruesas, inclusive con niveles conglomerádicos intercalados (Fig. 8). En forma adicional también

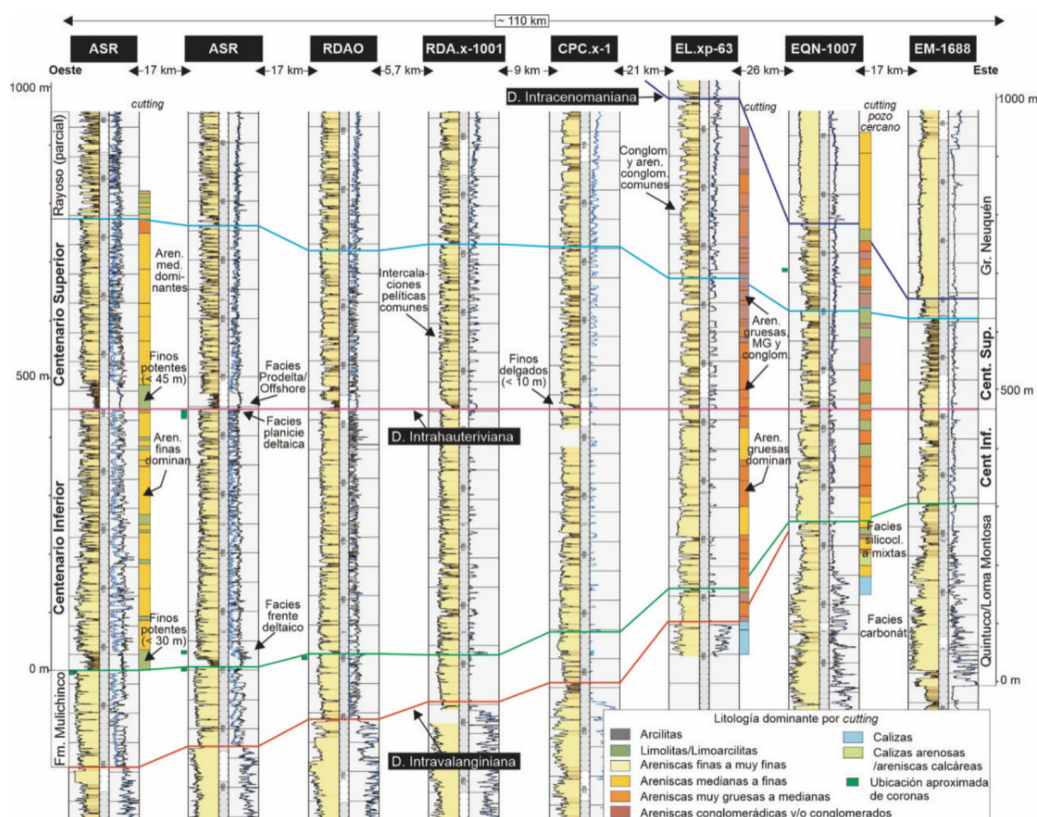


Figura 8. Panel de correlación del Sector Occidental, con perfiles y principales límites estratigráficos. Abreviaturas: Aren: areniscas; med.: medianas; conglom.: conglomerados; MG: muy gruesas.

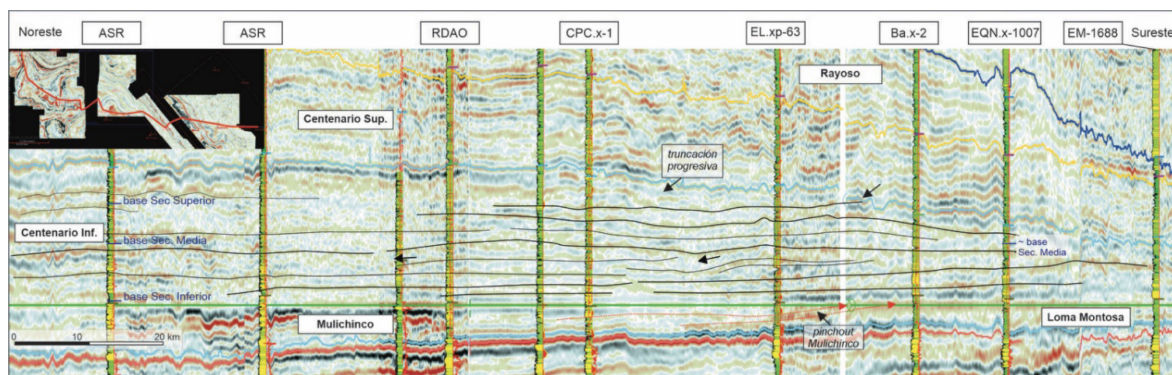


Figura 9. Corte sísmico en tiempo de detalle de Centenario Inferior en el Sector Oriental, nivelado a la base del Mb. Centenario Inferior. Se aprecian reflectores paralelos y de buena amplitud en el oeste y truncación progresiva de los reflectores superiores hacia el este. También algunos reflectores inclinados (flechas). Bases de Secuencias Inferior, Media y Superior según Schwarz y Veiga (2022).

se hacen comunes los intervalos finos hacia el este, compuestos por limoarcillas y areniscas arcillosas. Desde El Santiagueño al este además se define un claro patrón granodecreciente para Centenario Superior (Fig. 8). Por su parte, el espesor de la unidad alcanza unos 330 m en el oeste y se va reduciendo levemente al este. En Entre Lomas ya no supera los 230 y se condensa hasta un mínimo de 150 m en el extremo oriental del área de estudio (Fig. 8). La geometría tan irregular de

los reflectores sísmicos en esta región (Fig. 7) hace difícil inferir cuál es la principal razón de esta reducción final a la mitad del espesor observado en ASR. En parte podría explicarse por un diseño convergente de reflectores (y por lo tanto líneas tiempo), pero no se puede descartar la reducción al tope por erosión. En lo que respecta al *net-to-gross* (NG) es alto en la parte occidental de ASR y luego va disminuyendo progresivamente al este (Fig. 8).

Facies y paleoambientes. A diferencia del Centenario Inferior, para esta unidad existen muy pocos datos de testigos corona publicados, que se ubican preferentemente cerca del tope de la unidad y en regiones bastante alejadas del área de estudio, por ejemplo, en el límite entre Neuquén y Mendoza (bloque Cerro Hamaca). No obstante ello, la integración regional permite aseverar que la unidad en la región de ASR y RDA posee al menos depósitos de prodelta/*offshore* en su intervalo pelítico basal, tal cual lo sugieren también Cabaleiro *et al.* (2002), al cual le sigue un primer ciclo de progradación deltaica (Fig. 8). El resto de la sucesión, conformada mayormente por areniscas finas, medianas y gruesas podrían corresponder a facies de frente deltaico y planicie deltaica, aunque es difícil proponer en que proporción. Una posible guía sería utilizar el modelo del sistema deltaico de Agrio Inferior (Schwarz *et al.* 2018, 2021). Allí, como en otros sistemas deltaicos del mundo (por ej. Howell *et al.* 2008) es común reconocer que las sucesiones más heterogéneas de fangolitas y areniscas intercaladas corresponden a planicies deltaicas en tanto los paquetes más homogéneos de areniscas corresponden a depósitos de frente deltaico. Así, el incremento de intervalos pelíticos del oeste de ASR a RDA (unos 50 km de distancia) podría evidenciar un aumento en la proporción de depósitos de planicie deltaica hasta netamente fluviales. De Entre Lomas al este no solo las facies se vuelven más gruesas, sino que se registra un bajo NG. En este caso se podría especular que la mayor parte de la sucesión sí correspondería a depósitos netamente fluviales. Según estas consideraciones, la propuesta de Shchepetkina *et al.* (2020) sugiriendo que todo el Miembro Centenario Superior en el bloque Señal Cerro Bayo se habría acumulado en ambientes continentales no parece factible.

Reservorios. En el Yacimiento El Santiagueño se reportan ensayos de producción en Centenario Superior resultandos acuíferos con alto caudal (ejemplo pozo ES-26 ensaya Centenario Superior; intervalo 1173 a 1209 m, 5 carreras 3.6 m³/hr., agua 100%, n. 520 m). Las informaciones de perfil indican porosidades entre 20-26% para los intervalos reservorios. Desde el punto de vista del play concept para estas unidades se esperan trampas combinadas cuyo riesgo exploratorio se asocia a ausencia de sello y carga. Por su parte, hacia el sector norte del bloque Entre Lomas (yacimiento Lomas de Ocampo y El Caracol) se registra producción de gas y petróleo pesado de una pequeña trampa posiblemente también combinada (estructural-estratigráfica) ya que la producción se registra en capas de areniscas contra la Discordancia Intercenomaniana. En este caso aún no se confirma si la producción correspondería a la parte cuspidal de Centenario Superior o al remanente de la Formación Rayoso en esta región. Además, el Centenario Superior también es un reservorio convencional algo más al norte, en el bloque Señal Cerro Bayo (Cabaleiro *et al.* 2002).

4.1.7. Límite entre Miembro Centenario Superior y Formación Rayoso

Sísmica. El límite está definido en esta región por un reflector positivo de moderada amplitud. Se observa además a través de dicho límite un cambio desde un patrón sísmico más irregular hacia un patrón con positivos y negativos bien definidos por mayor contraste de amplitud (Fig. 7).

Perfiles. De ASR hasta RDA este límite se define por una firma que varía verticalmente de una respuesta típica de “arenas” amalgamadas a una en donde se observan alternancias de altos y bajos valores de *R. Gamma* (Fig. 8). Por otro lado, a partir de Entre Lomas y hacia el este ya no hay una firma clara por perfiles y el límite se define mediante la integración del mapeo sísmico con los pozos (Figs. 7, 8).

Litología. Se observa una secuencia más heterolítica con mayor presencia de limoarcillitas intercaladas con areniscas arcillosas.

4.1.8. Formación Rayoso

La Formación Rayoso acá definida se caracteriza por presentar reflectores más continuos y paralelos que Centenario Superior, así como facies relativamente más gruesas (Fig. 8). Sin embargo, lo que más caracteriza a esta unidad es la relación de truncación que se registra en su tope de oeste a este, debido a los efectos de la Discordancia Intracenomaniana. De esta manera, la unidad presenta casi 600 metros en ASR, pasando por 300 m en Entre Lomas, para llegar al extremo oriental de la transecta con sólo unos 40 m en 25 de Mayo–Medanito Sudeste. Es de suponer entonces su total desaparición como unidad estratigráfica algo más al este en La Pampa.

En términos de respuesta de perfil se observa una firma con un arreglo arena–arcilla definido y con un perfil de rayos *gamma* con variaciones de mayor frecuencia que en Centenario Superior (Fig. 8). En las muestras de *cutting* se describen conglomerados, areniscas conglomerádicas y areniscas gruesas a medianas, intercaladas con limo-arcillitas y areniscas arcillosas. Estos depósitos mayormente gruesos (conglomerados y areniscas conglomerádicas) también han sido constatados en delgados registros (<5 m) de testigos de corona ubicados en El Santiagueño.

Si bien en el Sector Oriental no se registran producciones importantes en la Formación Rayoso, esto puede deberse a que la unidad no ha sido reconocida como tal hasta esta nueva revisión. Por ejemplo, este intervalo en la zona de El Santiagueño posee algunos ensayos que indicaron la presencia de rastros de petróleo en areniscas de altas porosidades (25 a 30%) y con altos caudales de extracción de agua. Por su parte, la producción mencionada para Lomas de Ocampo y El Caracol (ver Reservorios en sección 4.1.6) también podrían corresponder a intervalos de esta unidad. En cualquier caso, estas acumulaciones documentadas para la Formación Rayoso probablemente están relacionadas a trampas estratigráficas y/o combinadas y el mayor riesgo asociado a ellas sea la presencia de sellos laterales y verticales efectivos.

4.2. Sector Occidental de Transecta 1

Este sector se extiende desde Aguada San Roque (ASR) en el Este, pasando hacia el Oeste por las áreas Las Manadas (LM), Aguila Mora (AM), La Invernada (LI), El Trapial (ET), Corralera (CO), Filo Morado (FM) y finalizando en el afloramiento de El Portón (EP) en el extremo Noroeste. Su extensión aproximada es de unos 100 km. En este sector occidental, la secuencia se conoce como Formación Agrio e incluye tres miembros, Agrio Inferior, Avilé y Agrio Superior, claramente identificables en pozos y con conspicua expresión sísmica.

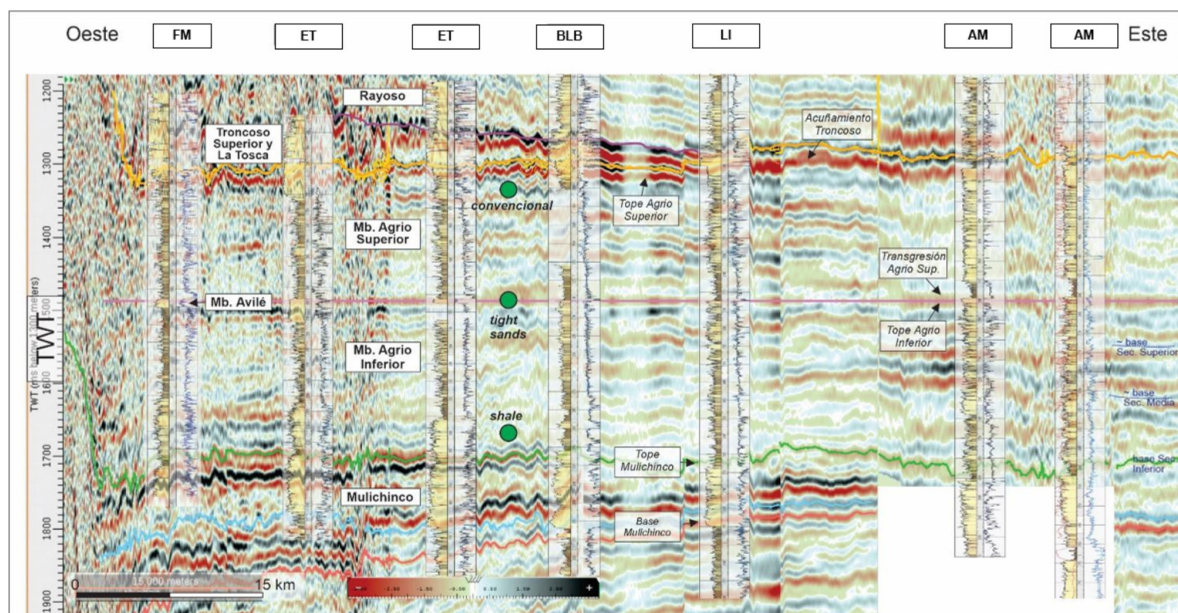


Figura 10. Corte sísmico en tiempo de detalle del Sector Occidental (nivelado a la base del Miembro Agrio/Centenario Superior) con superposición de perfiles e información elemental sobre tipo de reservorios principales. Ubicación de traza en Figura 1.

4.2.1. Unidades infrayacentes – Formación Mulichinco

En el ámbito analizado, el Miembro Agrio Inferior apoya sobre depósitos de la Formación Mulichinco (Valanginiano temprano medio hasta el Valanginiano tardío bajo), interpretados en esta zona como marinos a marino marginales mediante una importante superficie transgresiva de desarrollo regional. La secuencia representa una cuña de mar bajo desarrollada debido a un brusco descenso relativo del nivel del mar (Schwarz *et al*, 2011) sobre la discordancia Intravalanginiana, caracterizada por una geometría de rampa. Con un espesor de aproximadamente 180 m en la zona oriental de este sector de la traza, a más de 300 metros en sectores distales, muestra un arreglo general retrogradacional-progradacional (Fig. 2). Comienza con facies de prodelta-*lower shoreface* en su Miembro Inferior, que gradan verticalmente a facies de rampa carbonática distal donde predominan packstones y floatstones esqueléticos en su Miembro Medio o Chachao. Luego de este intervalo transgresivo se desarrolla el Miembro Mulichinco Superior donde predominan

las areniscas calcáreas finas a muy finas, de baja porosidad, intercaladas con areniscas limosas, limolitas y arcilitas, que se interpretan como facies de shoreface a *offshore* (Schwarz *et al.* 2011). A grandes rasgos gran parte de este Miembro Superior define un arreglo progradacional, que se revierte cerca del tope, ya muy cerca del contacto con el Miembro Agrio Inferior, donde comienza un arreglo transgresivo de largo término (Fig. 2). Las propiedades petrofísicas de la Formación Mulichinco como roca reservorio se deterioran en general hacia el noroeste con la disminución de facies arenosas.

En base a la zonación bioestratigráfica sobre en amonites y nanofósiles calcáreos, la base de la Formación Agrio en algunos sectores de la cuenca puede considerarse como una superficie diacrónica sobre depósitos más someros de la Formación Mulichinco (Aguirre-Urreta y Rawson 1997; Aguirre-Urreta *et al.* 2005).

4.2.2. Límite Inferior del Miembro Agrio Inferior

Sísmica. En el sector Occidental, la base de la Formación Agrio tiene una expresión sísmica claramente identificable, en especial desde el sector occidental del área de La Invernada hacia Filo Morado. En el oeste la base de Agrio está representada por un reflector positivo. Los reflectores tienen fuerte amplitud y buena continuidad. Desde el bloque La Invernada hacia el este, la amplitud no es tan marcada, sino que muestra un carácter más difuso en contraste con la expresión sísmica de la Formación Mulichinco en esta porción oriental que abarca desde LI a ASR (Fig. 10).

El análisis general de las geometrías de las terminaciones de los reflectores muestra un patrón con *downlap* sobre el techo de la Formación Mulichinco, indicando la progradación de las distintas secuencias del Miembro Agrio Inferior en un sentido SE-NO. La superficie estratigráfica sobre la que hacen *downlaps* los reflectores de Agrio Inferior podría ser interpretada como una superficie transgresiva. El patrón de los reflectores mantiene esta configuración a lo largo del sector Occidental.

Perfiles. El límite inferior de la Formación Agrio a lo largo de la porción occidental de la Transecta 1 se define claramente en los perfiles de pozo, marcando su base un intervalo arcilloso muy característico, que puede considerarse un nivel guía, representado por alto GR, alto valor del perfil Sónico y Resistividad, que se depositó sobre niveles de la Fm Mulichinco cuyo carácter de perfiles con baja lectura de GR y bajas propiedades petrofísicas se asocian a una alternancia de areniscas y limolitas (Fig. 11). Este nivel arcilloso basal se observa de manera uniforme en la totalidad de la sección Occidental, tiene un espesor de unos 30-35 m, y correspondería a un evento transgresivo que implicó la inundación de este sector de la cuenca (Fig. 10). Cabe destacar que, desde el área de La Invernada hacia el noroeste, la combinación de los perfiles de Resistividad y Sónico en lo que se denomina “escala Passey” define claramente el límite entre ambas formaciones, al resaltar la presencia de los niveles arcillosos ricos en materia orgánica, con calidad de roca madre generadora de hidrocarburos, que caracterizan la sección basal de la Formación Agrio.

Facies y ambientes. En el área en análisis el límite representa el pasaje vertical desde facies proximales de la Fm. Mulichinco (predominantemente marinas en el oeste hasta marino-marginales en el este, Pascariello *et al.* 2018), a depósitos netamente marinos profundos de cuenca, *offshore* y prodelta de Agrio Inferior (Schwarz *et al.* 2022), en los que dominan depósitos finos de lutitas oscuras y calizas. El espesor del depósito marino pelítico basal de esta unidad tiene unos 30-35 m, algo desdibujado en su carácter hacia zonas distales en el noroeste, por la presencia de niveles carbonáticos intercalados. Hacia el oeste, en la zona del perfil de superficie de El Portón, el intervalo basal de la unidad está conformada mayormente por facies finas mixtas silicoclásticas-carbonáticas a netamente carbonáticas (Moore *et al.* 2020; Remírez *et al.* 2020, 2022) y apoya sobre sedimentos marinos de la Formación Mulichinco (Fig. 11).

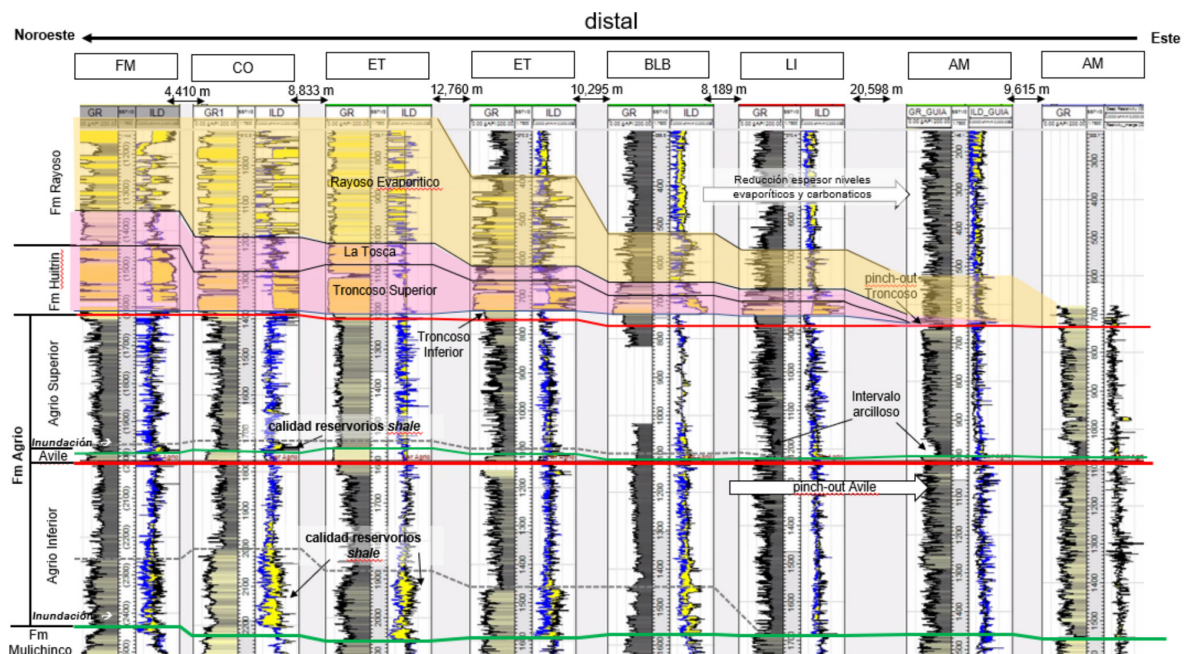


Figura 11. Panel de correlación del Sector Occidental (datum @ base del Mb. Avilé), con perfiles y principales límites estratigráficos. El perfil GR está coloreado como arena-arcilla. Se observa la reducción progresiva de los niveles evaporíticos y carbonáticos desde el NO al SE hasta su pinch-out. En gris se resaltan los intervalos de Agrio Inferior y Superior interpretados como reservorios *shale*. Ubicación de traza en Fig. 1.

4.2.3. Miembro Agrio Inferior

Sísmica. En la región Occidental esta unidad muestra reflectores sísmicos bien definidos. Los patrones de los reflectores se caracterizan por presentar una configuración general subparalela en su extremo oriental, pasando a una geometría de clinoformas, con un patrón de apilamiento que se interpreta como progradante en sentido SE a NO (Fig. 10). Las clinoformas son extendidas y su expresión es muy clara especialmente en los dos tercios orientales, mientras que la calidad del dato sísmico es algo menos claro en el tercio occidental, en cercanías del frente de la Faja Plegada, aunque también se distinguen allí (Fig. 12A). También se reconocen terminaciones de toplap

hacia el tope del Miembro Agrio Inferior, interpretadas como truncaciones generadas durante el desarrollo del límite de secuencia de la base del Miembro Avilé. Como modelo general, en escala regional es posible interpretar al Miembro Agrio Inferior como una secuencia progradante desde posiciones más marginales hacia centro de cuenca, aunque para un análisis de mayor detalle de su arreglo secuencial puede consultarse Schwarz y Veiga (2022) y Schwarz *et al.* (2022).

Perfiles. El Miembro Agrio Inferior muestra un arreglo general de gran escala que comienza con el intervalo de arcillas de unos 30 m que representan el primer episodio de inundación de esta unidad. Sigue hacia arriba un primer arreglo general somerizante, con intercalación de arcillas y niveles carbonáticos, pero que desde la zona de La Invernada hacia el Oeste (El Trapial, Filo Morado, Corralera Sur), incluye una secuencia sobre el nivel arcilloso basal caracterizada por un GR más limpio, y altos valores de Sonico y resistividad, con un espesor que varía entre unos 50 m en el este, y se va espesando hasta mostrar 200 m de espesor en la zona de Corralera Sur-FM. El perfil de Densidad/PEF (factor fotoeléctrico) indica para este intervalo valores relacionados con composición más carbonática de los sedimentos. A su vez, los perfiles Sonico y Resistividad desplegados en escala Passey (Resistividad en escala usual, y Sónico con escala reversa) muestran para este intervalo un carácter diferente al resto de la secuencia, con una gran separación entre ambos perfiles, que ha sido correlacionada con la presencia de materia orgánica y traducido esto en niveles de interés como reservorios *shale* (Fig. 11). Los valores de porosidad interpretados para esta secuencia son típicos de niveles arcillosos, pero con una porosidad adicional provista por la materia orgánica. Parte de este intervalo de máxima concentración de materia orgánica y máxima contribución carbonática fue interpretado por Schwarz y Veiga (2022) como una segunda superficie transgresiva regional dentro de la unidad. Por arriba de este intervalo, que representa un objetivo potencial como reservorio no convencional, sigue una nueva fase de progradación vertical hacia depósitos más someros (Fig. 11).

Litología y espesor. El espesor total del Miembro Agrio Inferior es uniforme a lo largo de la extensión de la traza occidental, de unos 450 m. Comenzando con el intervalo de pelitas negras basal, el Agrio Inferior está caracterizado por una alternancia de sedimentos clásticos y carbonáticos, que en el extremo occidental incluye una secuencia de espesor variable, que se espesa en sentido SE-NO (de 50 a más de 200 m) predominantemente carbonática y rica en materia orgánica (Fig. 11). Esta sucesión mixta a carbonática desaparece en proximidades del borde oriental del bloque La Invernada y de allí al sureste la sucesión basal es netamente silicoclástica.

Facies y paleoambientes. Trabajos sedimentológicos pioneros permitieron postular que la sucesión del Miembro Agrio Inferior de los afloramientos y sectores occidentales del subsuelo de la Cuenca Neuquina estaba conformada mayormente por facies marinas distales, clásticas y carbonáticas, depositadas en un ambiente de rampa marina, con lenta subsidencia, a partir de eventos transgresivos y luego de alto nivel relativo del mar (Legarreta y Gulisano 1989, Legarreta y Uliana 1991). Trabajos más recientes han postulado similares interpretaciones paleoambientales

sobre las sucesiones eminentemente pelíticas de este Sector Occidental (Moore *et al.* 2020; Remírez *et al.* 2020, 2022), aunque con mayor énfasis en comprender la naturaleza de las mezclas de componentes y sus procesos transporte en estos ambientes distales. También se han caracterizado dentro de la unidad intervalos arenosos de shoreface (Schwarz *et al.* 2018; Isla *et al.* 2018).

La base es una superficie transgresiva mayor sobre los depósitos de la Formación Mulichinco, y su tope es un límite de secuencia (*sequence boundary*) generado por una brusca caída del nivel del mar, que significó la depositación de sedimentos continentales eólicos y fluviales sobre depósitos marinos (Figs. 10 y 12).

La Fm. Agrio es rica en fauna de amonites, cuyo estudio permitió establecer la edad de sus miembros. En base a la zonación bioestratigráfica, el Mb. Agrio Inferior se data como Valanginiano tardío a Hauteriviano temprano alto (Aguirre Urreta y Rawson 1997).

Reservorios. El Miembro Agrio Inferior representa un objetivo exploratorio convencional en general secundario en la zona noroeste de la cuenca Neuquina. Un objetivo específico lo constituye una sucesión de hasta 100 m de espesor ubicada inmediatamente por encima del intervalo basal de 30 m de arcillitas oscuras. Esta sucesión areno-limosa fue identificada a través de la combinación de atributos sísmicos (principalmente impedancia) y fue perforado por varios pozos exploratorios como objetivo principal (SJ.Nq.SH.x-1) o secundario (PDSa.x-1, CLN.x-1 y 2, PDL.x-1, etc). Se obtuvieron indicios de hidrocarburos promisorios durante distintas perforaciones (picos de gas C1-C5) pero resultados pobres en la terminación de los pozos (dry) o incompletos, debido a la dificultad de poder manejar el gas con densidad del lodo. Este intervalo muy particular y de limitada extensión areal se conoce como Capas de San Eduardo (Zavala *et al.* 2011) o Cinturón Limoso de *Offshore* (Schwarz y Veiga 2022).

Más recientemente, con el éxito de los reservorios no convencionales como productores de hidrocarburos, el Miembro Agrio Inferior, considerado junto al Miembro Agrio Superior como la roca madre más joven de la cuenca Neuquina, se convirtió en un objetivo no convencional, aun en un estado exploratorio, en parte de su área de distribución. Así, estudios integrados que incluyeron análisis de afloramientos, muestras de *cutting*, coronas, perfiles especiales de pozo, estudios geoquímicos, de composición mineralógica y difracción de rayos X, QXRD-FTIR, datos petrográficos y de microscopio, y atributos sísmicos, permitieron definir un área (el sweet spot) en la que Agrio Inferior presenta calidad como reservorio no convencional, convirtiéndose en un nuevo objetivo *shale*. La zona con mayores expectativas se extiende desde el límite occidental de La Invernada, hacia porciones distales de la cuenca, abarcando en subsuelo parte de El Trapial, área sur de Corralera Sur y Fondo de la Legua Sur, y Filo Morado (Fig. 1). El contenido de materia orgánica total medido en muestras de afloramiento, *cutting* y coronas varía entre 1.5 a 4%, localmente con valores de 8%. El querógeno es marino, oil-prone, tipo II, compuesto por material algal amorfo, con una contribución terrestre menor (Villar *et al.* 1998). La composición de Agrio Inferior en cuanto al contenido de silicatos-arcillas-carbonatos se relaciona con una calidad

de reservorio óptima, mostrando al mismo tiempo un mayor contenido carbonático que el que tiene Vaca Muerta. La interpretación de madurez termal, basada en estudios geoquímicos, ubican al Mb. Agrio Inferior en una ventana principalmente de hidrocarburos líquidos. Los niveles con mayor potencial varían en espesor a través de la zona de distribución, siendo más potentes hacia el noroeste, en zonas distales de la cuenca, y con un límite 0 en el oeste de LI. La sección basal del Mb. Agrio Inferior presenta litofacies óptimas como reservorio *shale*, con alto porcentaje de contenido orgánico total y representaría el objetivo más importante y con mayor distribución areal, seguido por un segundo intervalo, interpretado unos 40-50 metros más arriba en la secuencia, y más restringido en su extensión areal (Fig. 11).

La información provista por pozos y el análisis regional se utilizó para definir la calidad de reservorio no convencional y definir la ubicación de pozos piloto a este reservorio (Yapai.x-1001, FM-40), cuyos ensayos fueron críticos para confirmar el potencial de Agrio Inferior. La sección basal fue el objetivo del primer pozo horizontal perforado en Agrio por YPF (Seoane *et al.*, 2022). Los resultados obtenidos de ensayos de producción tanto en pozos verticales como el pozo horizontal son promisorios en cuanto al futuro del Miembro Agrio Inferior como objetivo no convencional.

4.2.4. Miembro Avilé

El Miembro Avilé es una unidad silicoclástica interpretada como un depósito de cuña de mar bajo acumulado como consecuencia de una brusca caída del nivel relativo del mar ocurrido en tiempos del Hauteriviano (Legarreta y Uliana 1991). La distribución del Mb. Avilé se restringe al sector central y nor-occidental de la cuenca Neuquina, acunándose en esta transecta, aproximadamente hacia el borde occidental de ASR. Su espesor es muy variable, desde un par de metros en cercanías de su borde deposicional, a espesores de 30-40 metros (subsuelo, yacimientos productivos), y hasta unos 180 m en el NO de la cuenca, de acuerdo con observaciones de afloramientos. Su espesor en el área bajo análisis está muy ligado al tipo de facies (depósitos eólicos y fluviales).

Límites: Su límite inferior es neto, a través de una importante discontinuidad regional, identificada como un límite de secuencia, que separa las facies fluviales, eólicas y lacustres del Mb. Avilé, de los depósitos marinos profundos del Mb. Agrio Inferior. A su vez, una superficie transgresiva regional representa su límite superior, que reinstala un ambiente marino profundo con acumulación de los sedimentos clásticos y carbonáticos del Mb. Agrio Superior (margas y lutitas oscuras) sobre los depósitos continentales de Avilé. Esta transgresión se interpreta como el resultado del restablecimiento de la conexión entre el océano proto-Pacífico y la cuenca Neuquina (Legarreta y Uliana 1991). La preservación de la geometría de las facies del Mb. Avilé, en especial en el área con desarrollo de facies eólicas (dunas) indicaría que la transgresión de Agrio Superior fue abrupta pero no erosiva. Previo a la inundación de Agrio Superior, el ascenso del nivel freático

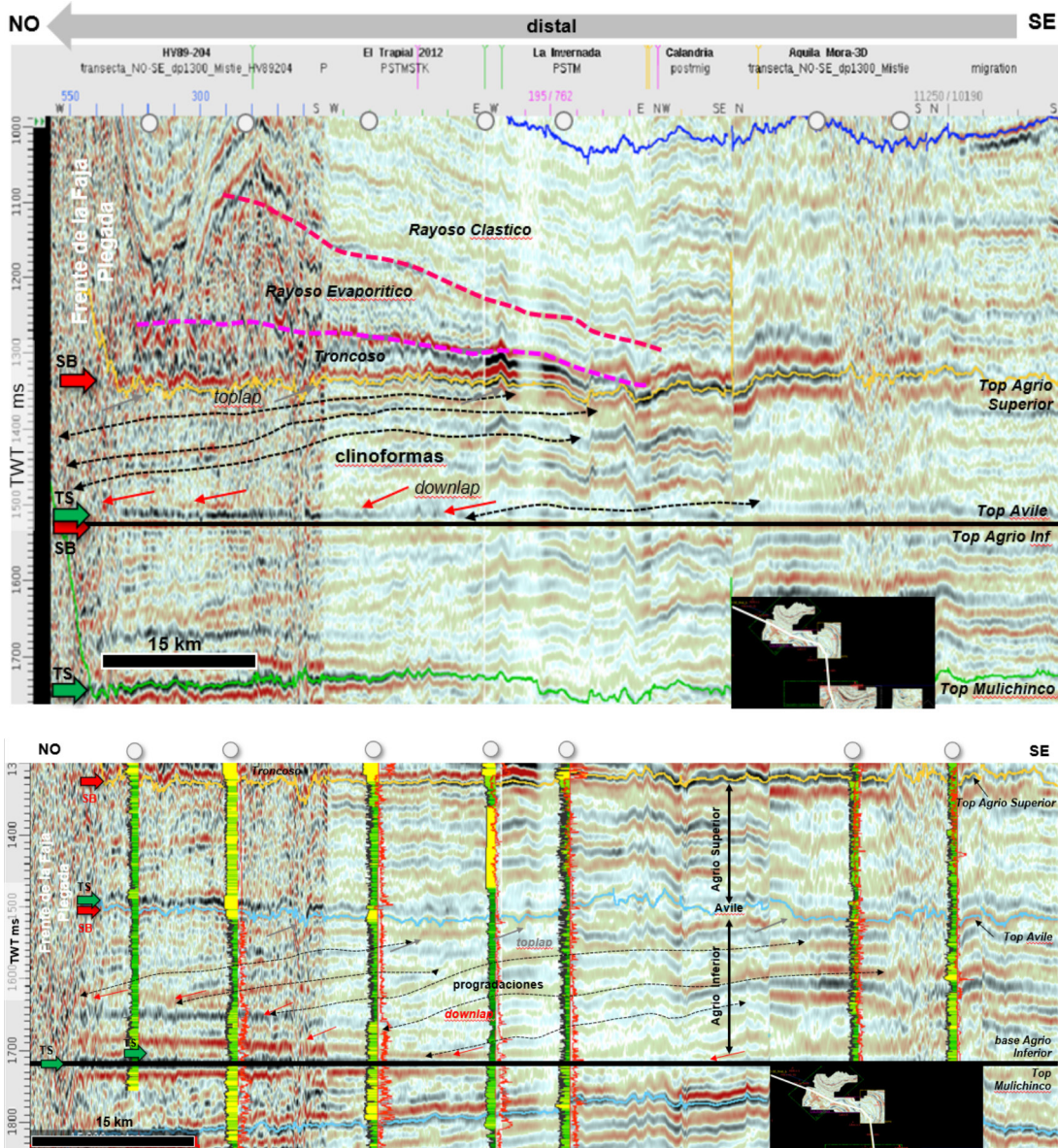


Figura 12. A (arriba): Agrio Superior - Imagen sísmica de la sección Occidental de la T1 nivelada a la base de Agrio Superior. Se observan reflectores con una geometría de clinoformas progradando de SE-NO, más sutiles que en Agrio Inferior. Los intervalos evaporíticos y carbonáticos de Troncoso Superior, La Tosca y Rayoso Evaporíticos, muy espesos hacia el NO, reducen su espesor hasta finalmente desaparecer hacia el SE. B (abajo): Agrio Inferior - nivelada a la base de Agrio Inferior. Imagen sísmica (volumen de amplitud) en tiempo a lo largo del sector Occidental de la Transecta 1 (ver ubicación en Fig. 1). Se observan clinoformas progradando en un sentido SE-NO, reflectores con terminaciones de *downlap* sobre el tope de Mulichinco y *toplap* contra la base del suprayacente Mb Avilé y/o superficies más someras que erosionan secuencias inferiores. TS= superficie transgresiva; SB: límite de secuencia.

influyó en la preservación de las facies eólicas, fluviales y *playa-lake*; este evento anunciaría la transgresión que le sucedió.

Sísmica: La ubicación estratigráfica del Mb. Avilé, entre dos espesas secuencias de depósitos mayormente pelíticos favorecen su interpretación sísmica (Figs. 10, 11, 13) debido al contraste de impedancia acústica. El tope de Avilé se identifica en la sísmica como un reflector negativo,

aunque el valor de amplitud varía dependiendo de su espesor y/o fluidos. Cuando el espesor de esta unidad está en el orden de unos 30 m, ocurre un efecto de tuning y tiene una respuesta de interferencia constructiva, reforzando su expresión sísmica. Cuando el espesor de Avilé es menor a 30 m, la interferencia es destructiva. Atributos sísmicos simples, como la extracción de amplitudes (Fig. 13), permiten obtener una imagen de la distribución de esta unidad, resaltando como ejemplo, cuerpos de geometría elongada (dunas eólicas), separadas por áreas que no constituyen reservorios (interdunas), y representa una valiosa herramienta en su caracterización.

En este sector de la Transecta 1, el Mb. Avilé es claramente identificable como un reflector de amplitud más fuerte que la correspondiente a Agrio Inferior y Superior, carácter que pierde fuerza hacia el sector oriental, en el Este del bloque AM, donde estaría ocurriendo el pinch-out de esta unidad (Fig. 13).

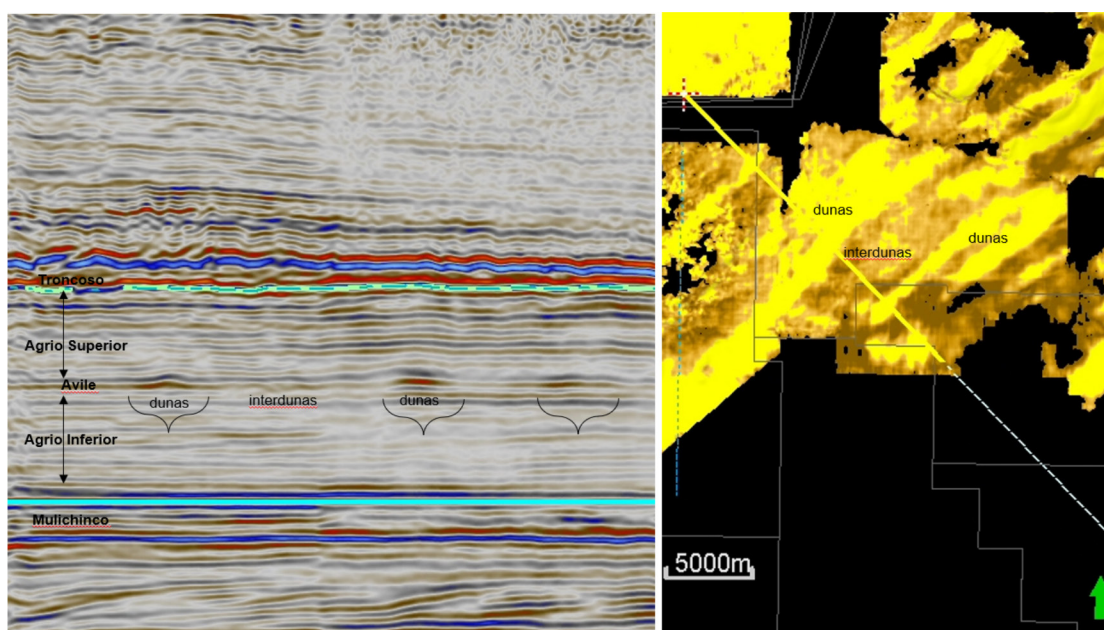


Figura 13. Sección sísmica arbitraria: se observa el carácter sísmico del Mb. Avilé en esta zona. Las amplitudes fuertes se relacionan con dunas, separadas por zonas de interduna que muestran reflectores menos fuertes. La extracción de amplitudes (RMS) permite ver la distribución y orientación de estos cuerpos. La integración de sísmica, datos de pozos (perfiles y coronas) y afloramientos confirma la interpretación de facies eólicas con dunas e interdunas.

Perfiles: en el sector occidental de la traza, ámbito en el que Avilé se presenta en su mayor expresión como reservorio de hidrocarburos, la unidad es fácilmente reconocible, en medio de las secuencias de pelitas de Agrio. Cuando desarrolla facies arenosas, se observa un GR limpio, con valores de 50-60 gAPI, que contrasta fuertemente con los niveles pelíticos inferiores y superiores, con lecturas de GR de 160/180. Las zonas en las que Avilé se presenta en facies de interduna muestran valores de GR más altos, además de un espesor reducido. La lectura de Resistividad depende del tipo de fluidos y de la salinidad del agua de formación.

Litología y edad: El Mb. Avilé es predominantemente arenoso; también se observan pelitas y en menor medida, niveles evaporíticos. La descripción litológica proveniente de *cutting*, numerosas coronas y afloramientos describe arenas cuarzo líticas medianas gris blanquecino (litarenitas feldespáticas y arcosas líticas), de moderada selección, con cemento abundante de composición carbonática. La granulometría y estructuras sedimentarias dependen fuertemente del tipo de facies (dunas-interdunas eólicas, facies fluviales, lacustres). Intercalan niveles pelíticos y fangolitas, cuyo espesor también se relaciona con el ambiente de depositación (variando de capas de cm a decenas de metros con gran continuidad lateral), con presencia de trazas fósiles y bioturbaciones. Hacia el noroeste, intercalan fangolitas masivas con delgados niveles de arenas finas a muy finas, que muestran cristales de halita y venas de yeso, y se interpretan depositados en condiciones salinas/hipersalinas.

La edad del Mb Avilé esta esencialmente enmarcada por la información provista por la importante fauna de amonites presente en los Miembros Agrio Inferior y Superior (Aguirre Urreta y Rawson, 1997; Aguirre Urreta *et al.* 2005): se le asigna una edad Hauteriviano inferior más alto a Hauteriviano superior más bajo.

Facies y ambiente depositacional: El Mb. Avilé representa un evento regresivo interpretado como un límite de secuencia, interpretado por algunos autores como una forced regression (Rossi 2001, Legarreta y Villar 2012).

La posibilidad excepcional de contar con afloramientos 3D del Mb Avilé (entre otros) a escasa distancia de los yacimientos que lo cuentan como reservorio principal, resultado del levantamiento estructural vinculado con la Faja Plegada, representa una oportunidad única de correlacionar las observaciones de superficie con subsuelo. Así, estudios efectuados en diferentes locaciones ubicadas a lo largo de la Faja Plegada, permitieron definir facies, asociaciones de facies y un modelo de depositacion para Avilé (Rossi 2001; Rossi y Masarik 2002). Las principales facies se interpretan como sistemas fluviales efímeros a barreales, y eólicas con desarrollo de dunas e interdunas, que gradan en posiciones distales a depósitos lacustres y de playa-lake, conformando un modelo de abanico terminal que desemboca en un ambiente lacustre, flanqueado por dunas de origen eólico (Rossi 2001; Rossi y Masarik 2002; Gulisano *et al.* 1996).

Reservorios: El Mb. Avilé constituye un objetivo convencional principal como reservorio de hidrocarburos en el sector noroeste de la cuenca Neuquina (Rossi y Masarik 2002, Valenzuela 2002). Yacimientos gigantes como Chihuido de la Sierra Negra, Puesto Hernández, Lomitas, Filo Morado y El Trapial tienen en esta unidad un objetivo principal para la producción de gas y petróleo, almacenados en arenas eólicas y fluviales de excelentes propiedades petrofísicas. La ubicación del Mb Avilé entre dos potentes secuencias marinas generadoras de hidrocarburos asegura su carga, en el denominado sistema petrolero Agrio (Gulisano *et al.* 2001). El principal reservorio en los yacimientos ubicados en el norte de Neuquén se interpreta en facies eólicas, que conforman un campo de dunas simples transversales, separadas por interdunas secas, con una

orientación NE-SW (Valenzuela 2002). Avilé representa un objetivo con mayores chances de éxito en trampas combinadas. Mas información acerca de su calidad como reservorio y estadísticas de producción están presentes en el Libro Rocas Reservorios 2002.

4.2.5. Límite entre miembros Avilé y Agrio Superior

Sísmica. Reflector continuo negativo de amplitud variable, con buena expresión a lo largo de toda la sección; representa un importante *marker* en la casi totalidad de su área de distribución (Fig. 10).

Perfiles y litología. Desde el oeste de ASR hacia el Noroeste, el límite es abrupto y significa el pasaje desde sedimentos continentales del Mb. Avilé a los depósitos marino-profundos de Agrio Superior (Fig. 11), y se evidencia claramente tanto en la descripción litológica de las secuencias, como en su carácter en perfiles, que mantiene una firma a lo largo de este sector occidental de la transecta, aunque con menor expresión hacia el este, donde el Miembro Avilé tiene un espesor mucho menor hasta desaparecer. Así, en el área comprendida por esta porción de la traza, las arenas continentales predominantemente eólicas de Avilé, que muestran en perfiles un GR limpio (50-60 gAPI) y blocky, pasan abruptamente en la vertical a lutitas negras marinas de Agrio Superior, caracterizadas en perfiles por un GR alto (180 gAPI) con intercalación de niveles carbonáticos (120/130 gAPI) (Fig. 11).

4.2.6. Miembro Agrio Superior

Sísmica. La expresión sísmica de Agrio Superior es muy clara. Los reflectores son continuos a lo largo de la traza, una característica asociada a secuencias de origen marino. Es posible identificar clinoformas más sutiles que las presentes en Agrio Inferior (Fig. 12B). Al igual que en aquella unidad, la geometría de las clinoformas indicaría una progradación de las secuencias de SE a NO, hacia posiciones distales de la cuenca. Se observan *downlaps* sobre un reflector subhorizontal basal que se interpreta como una superficie transgresiva regional. Es interesante mencionar la presencia de clinoformas también en afloramientos de escala regional (perfil Loma La Torre, en Pampa de Tril), más hacia el noroeste de la cuenca (Fig. 14) (Spalletti *et al.* 2001; Comerio *et al.* 2019).

Perfiles. El Miembro Agrio Superior se identifica claramente en los perfiles eléctricos: en la porción occidental de esta parte de la transecta, desde FM en el oeste hasta La Invernada en el este, como una secuencia caracterizada principalmente por altos valores de GR (160/180 gAPI), en especial en su intervalo basal, que contrasta con las lecturas de GR bajo del Mb. Avilé. La combinación de los perfiles Resistividad-Sónico en escala Passey presenta un carácter similar al que tiene la base de Agrio Inferior, y su integración con datos de *cutting* y afloramientos (alto contenido de materia orgánica) permiten catalogarlo como de interés como reservorio *shale*, aunque con un espesor bastante menor que el interpretado para Agrio Inferior. Hacia arriba, sigue la secuencia marina con alternancia de pelitas y calizas, con respuesta muy clara en perfiles eléctricos, en un

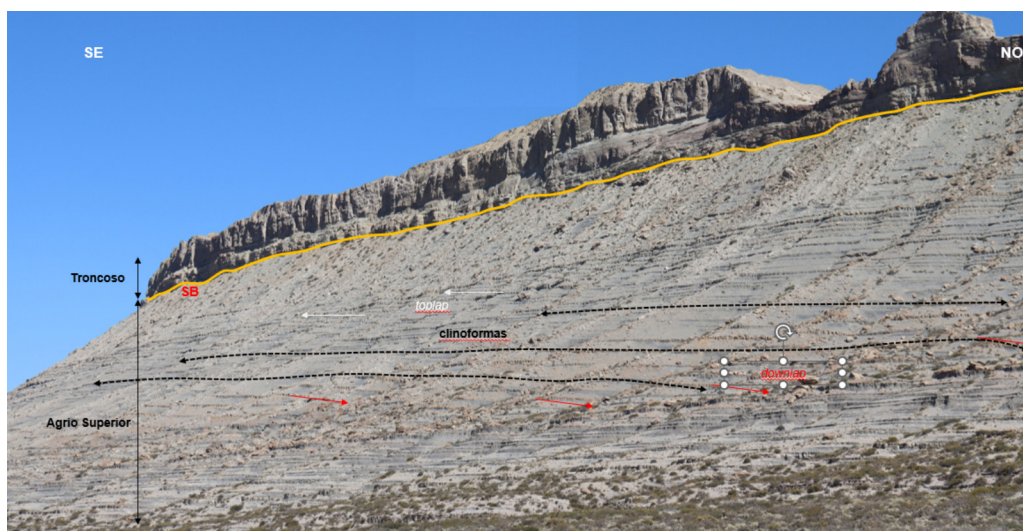


Figura 14. Vista panorámica de Agrio Superior (Agua de la Mula) en Pampa de Tril. Se observan terminaciones estratales *downlap* y *toplap*, y una geometría de clinoformas progradante SE-NO. SB: límite de secuencia.

patrón somerizante hacia el tope de Agrio Superior, donde comienza a observarse algunas capas arenosas, con GR limpio (40-65 gAPI). Hacia el este, en el área de Águila Mora y hacia ASR, el nivel transgresivo basal se manifiesta con un carácter muy claro (Figs. 10, 11), con lecturas altas del GR en un espesor de unos 30 m; hacia arriba, se observa que la secuencia muestra un carácter más arenoso que hacia el oeste, con bajos valores de GR, alternando con delgados niveles arcillosos, interpretado en base a un GR más alto.

Litología y espesor. El Mb. Agrio Superior tiene una distribución regional similar al Mb. Agrio Inferior, que en la traza de esta transecta se extiende desde el este de La Invernada hacia el noroeste de la cuenca. Desde LI hacia el este, se interpreta la transición de Agrio a los sedimentos deltaicos, marinos-marginales y continentales de Centenario Superior (ver apartado 4.1.6). El espesor de Agrio Superior es relativamente uniforme a lo largo de la traza en estudio, variando entre 300 y 330 m. En el sector más occidental la base de Agrio Superior está compuesta por fangolitas negras ricas en materia orgánica y carbonato, intensamente bioturbadas, con presencia de *Planolites* y *Teichichnus*, fragmentos de amonites, ostrácodos y bivalvos, y margas, que alternan más arriba con niveles de calizas (Spalletti *et al.* 2001; Comerio *et al.* 2019). Se observa diagénesis con desarrollo de cemento carbonático, y otros. Hacia el tope de Agrio Superior, la secuencia de pelitas intercala con areniscas, areniscas calcáreas y calizas que contienen abundante fauna marina. La presencia de abundantes amonites permitió establecer la edad de esta unidad, que se asigna como Hauteriviano tardío por la presencia de *Spitidiscus riccardii*, *Crioceratites schlaginweiti*, *Crioceratites diamantensis*, *Paraspticeras groeberi* y *Sabaudiella riverorum* (Aguirre-Urreta *et al.* 2019).

Facies y paleoambientes. La integración de datos provenientes de afloramientos, testigos-corona, *cutting* y perfiles permiten definir las principales facies de Agrio Superior en la zona bajo análisis, principalmente considerada una secuencia marina de composición mixta silicoclástica-

carbonática desarrollada en una cuenca cuya configuración de rampa determinó que las facies someras graden a marino profundas sin mostrar evidencias de talud (*slumps*, etc). La secuencia basal (transgresiva) se interpreta como depósitos marinos distales de rampa externa acumulados principalmente a partir de material en suspensión y por corrientes de fondo distales asociadas a eventos de tormenta. Hacia arriba, la secuencia muestra un patrón progradante (clinoformas), en ambiente más proximal de rampa externa, que tiene un patrón de somerización y diseño grano/estrato creciente hasta facies marinas más someras, con depósitos de planicie costera. El modelo de facies representa una transición de ambientes más someros en el Sudeste, a marino profundo en el Noroeste. En resumen, el Mb. Agrio Superior se interpreta como una rápida transgresión marina (*Transgressive system tract*) que preserva la geometría de los depósitos del Miembro Avilé, evolucionando a un sistema de mar alto (*Higstand system tract*), con variaciones en el espacio de acomodación.

Reservorios. El Miembro Agrio Superior representa un objetivo convencional principal en el NO de la provincia de Neuquén. Los yacimientos El Trapial, Puesto Hernández y Desfiladero Bayo se encuentran entre los principales productores de petróleo y gas de este reservorio (Vergani *et al.* 2011; Barrionuevo 2002). Los reservorios se relacionan a las arenas desarrolladas hacia el tope del Mb. Agrio Superior, el número de niveles reservorio y su espesor es variable de acuerdo con la ubicación. A modo de ejemplo, el Yacimiento El Trapial completó y produjo hidrocarburos de Agrio Superior, los niveles arenosos variando en número entre uno hasta siete, siendo los someros los de mayor distribución areal. Las arenas-reservorio son finas a muy finas, de composición feldespático-lítica, y con presencia de cemento como resultado de la diagénesis, en general necesitan de estimulación (ácidos y fracturas) para mejorar el sistema poroso-permeable. El entrapamiento es en general estructural.

Al igual que el Mb. Agrio Inferior, la base de esta unidad tiene cualidad para constituirse como reservorio no convencional tipo *shale*. (Fig. 11). Su espesor es más reducido y de acuerdo con la escasa información disponible, se encontraría en un estado de madurez menor, por lo que su prospectividad parece ser más limitada, probablemente incrementando su interés hacia el noroeste de la cuenca.

4.2.7. Límite superior del Miembro Agrio Superior

En la mayor parte del sector occidental de esta transecta, el Mb. Agrio Superior está cubierto por los depósitos continentales del Mb. Troncoso Inferior de la Fm. Huitrín. El límite se interpreta como un importante límite de secuencia generado por un brusco descenso del nivel relativo del mar que deposita facies fluviales y eólicas de Troncoso Inferior sobre la secuencia marina de Agrio Superior, en ocasiones labrando profundos valles en la plataforma expuesta.

Un aumento relativo del nivel del mar en una cuenca hipersalina pobremente conectada al océano determinó la precipitación de evaporitas (anhidrita, halita y silvita) del Mb. Troncoso

Superior sobre el Mb. Troncoso Inferior y Agrio Superior. La secuencia correspondiente a Troncoso Superior, así como las que le siguieron (La Tosca, Rayoso Evaporítico) tienen importante presencia en el sector occidental de la Transecta 1, con especial desarrollo y espesor en la zona Noroeste (Filo Morado, El Trapial), y se acúan hacia el sudeste, desapareciendo la secuencia de Troncoso Superior completamente hacia el Este de La Invernada (Fig. 10), mientras que La Tosca y Rayoso Evaporítico se acúan algo más al SE.

Sísmica. El límite superior de Agrio Superior se identifica claramente y está definido en esta región por el contraste de amplitudes entre los depósitos marinos de Agrio (amplitud positiva) y la secuencia continental de Troncoso, generando las evaporitas de Troncoso Superior un enmascaramiento de la respuesta sísmica de las arenas de Troncoso Inferior (Figs. 10 y 12).

Perfiles. A lo largo de la casi totalidad de este sector occidental, desde Filo Morado en el NO de la traza, hasta el área de Águila Mora, hacia el SE, el límite se define claramente en los perfiles eléctricos por la respuesta del GR, que pasa de un intervalo con alternancia de pelitas y arenas de Agrio Superior, con GR en general de lectura alta, a un intervalo de GR bajo (60/70 gAPI), para las arenas de Troncoso Inferior. La lectura de GR de estas arenas presenta un GR de valores relativamente altos por su composición feldespática.

Desde el S de Águila Mora hacia el SE (ASR) el límite superior es más complejo y se encuentra en el cambio desde una secuencia donde predominan GR bajos (arenas amalgamadas), a un intervalo con una alternancia de intervalos de pelitas y arenas de acuerdo con los valores de GR más limpios o más altos (ver apartado 3.2.7).

4.3. Transecta 3

4.3.1. Introducción

La integración de los datos de subsuelo disponibles (sísmica, perfiles, *cuttings* y coronas), permitieron definir las relaciones temporales y espaciales entre las diferentes unidades que conforman el relleno geológico a lo largo de la Transecta 3. La Figura 4, muestra la sección sísmica correspondiente a la Transecta 3, así como también la serie de *markers* sísmicos que se interpretaron sobre ella: Discordancia Intravalanginiana, Tope Formación Mulichinco, Discordancia Intrahauterivianna, Tope Miembro Agrio/Centenario Superior (Discordancia Intrabarremiana) y Discordancia Cenomaniana.

Un análisis del arreglo general de las secuencias definidas por los *markers* y las facies observadas en la descripción de *cutting*, permite subdividir la Transecta 3 en tres sectores: Suroeste (SO), Central y Noreste (NE). En primer lugar, el sector Suroeste abarca desde el comienzo de la traza de la transecta, en su extremo SO hasta aproximadamente el límite de los bloques Al Norte de la Dorsal y Aguada Villanueva. En segundo lugar, el sector Central, se desarrolla entre el punto antes mencionado hasta aproximadamente el límite septentrional del bloque Loma Amarilla Sur. En

tercer lugar, el sector Noreste, se extiende desde aproximadamente el extremo septentrional del bloque Loma Amarilla Sur hasta el final de la traza de la transecta en el NE (Fig. 1). La descripción del *cutting* define a grandes rasgos a Agrio/Centenario Superior con mayor granulometría que Agrio/Centenario Inferior, y es de destacar que los extremos SO y NE, se caracterizan por intercalaciones carbonáticas entre los niveles arenosos del Agrio/Centenario Inferior (Fig. 15). A continuación, se resumen las características principales en cada uno de los sectores (SO, Central y NE), en lo que respecta a los rasgos sísmicos, las respuestas a nivel de perfiles eléctricos, las características litológicas y la caracterización paleoambiental de cada secuencia y sus respectivos límites.

4.3.2. Límite inferior del Miembro Agrio/Centenario Inferior

Sísmica:

-Sectores SO y Central: El Miembro Agrio/Centenario Inferior, apoya sobre la Formación Mulichinco o unidades del Grupo Mendoza Inferior, mediante un reflector de amplitud positiva variable, que presenta mayormente una continuidad lateral buena. El *marker* sísmico en cuestión corresponde a la base de Agrio Inferior.

-Sector NE: Tal como establecieron Iñigo *et al.* (2018), la Formación Mulichinco presenta un pinchout deposicional en cercanías al Río Colorado. Por consiguiente, el Miembro Agrio/Centenario Inferior apoya, progresivamente hacia el noreste, en primer lugar, sobre la Formación

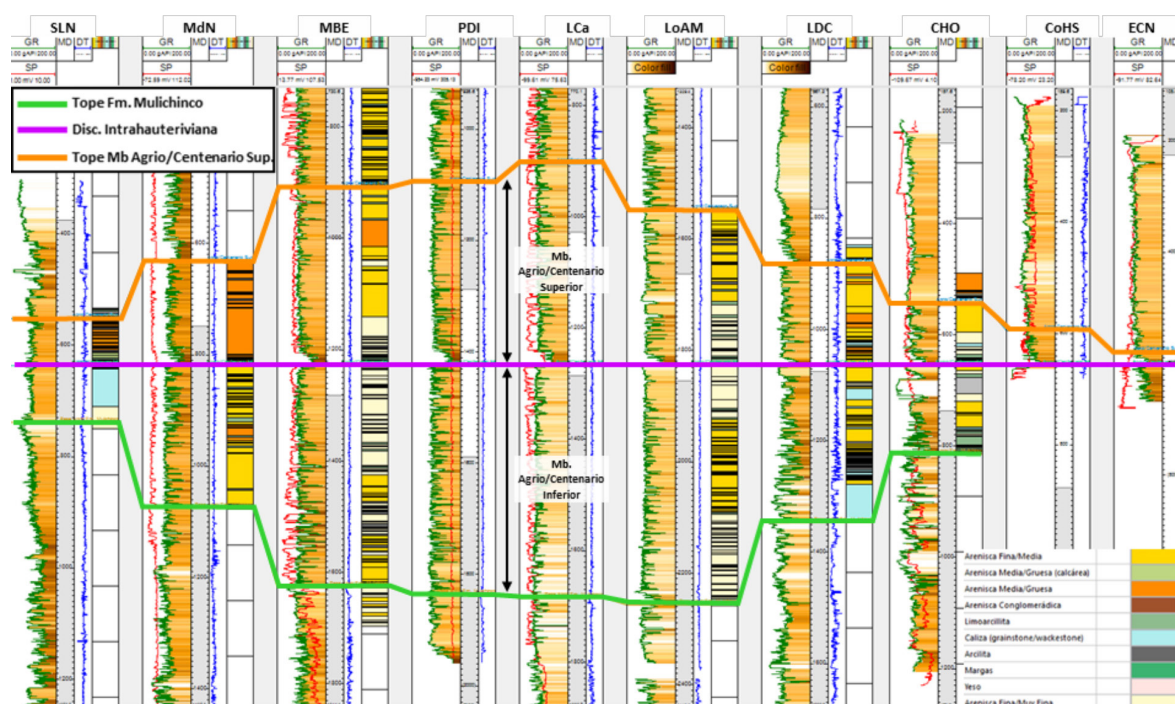


Figura 15. Panel de correlación de la Transecta 3, nivelado a la base del Miembro Agrio/Centenario Superior.

Mulichinco, luego, sobre la Formación Loma Montosa y finalmente, sobre el Grupo Precuyo. El límite en cuestión está dado por dos reflectores de amplitud positiva variable y continuos lateralmente: el tope de la Formación Mulichinco y la Discordancia Intravalanginiana (en el extremo noreste).

Perfiles:

-Sectores SO y Central: La base del Miembro Agrio/Centenario Inferior es de difícil identificación. Sin embargo, al ser el techo de la Formación Mulichinco (caracterizada por un perfil de *gamma ray* limpio), este límite se puede definir con moderada certeza.

-Sector NE: El límite inferior del Miembro Agrio/Centenario Inferior, se caracteriza por una importante disminución en los valores de lectura del perfil *gamma ray*, un aumento considerable en los valores de lectura de los perfiles de resistividad y una disminución importante de los tiempos de tránsito leídos por los perfiles sínicos.

Litología:

-Sector SO: Litologías mixtas carbonáticas-silicoclásticas, suprayacidas por litologías de similares características.

-Sector Central: Litologías mixtas carbonáticas-silicoclásticas, suprayacidas por litologías predominantemente silicoclásticas.

-Sector NE: El límite inferior del Miembro Agrio/Centenario Inferior, se caracteriza, en los lugares donde apoya sobre las formaciones Mulichinco y Loma Montosa, por litologías mixtas carbonáticas-silicoclásticas, suprayacidas por litologías predominantemente silicoclásticas acompañadas por un aporte mínimo de facies carbonáticas. Para un mayor detalle en relación a las asociaciones de facies definidas para la Formación Loma Montosa se sugiere consultar a Iñigo *et al.* (2018). En el extremo noreste del sector el Miembro Agrio/Centenario Inferior apoya sobre depósitos volcanoclásticos y continentales del Grupo Precuyo.

4.3.3. Miembro Agrio/Centenario Inferior

Sísmica:

-Sector SO: Reflectores paralelos de alta reflectividad y buena continuidad lateral, que presentan una geometría cuñiforme que pierde progresivamente espesor hacia el suroeste, donde se observan pinchouts deposicionales contra la Formación Mulichinco y truncaciones erosivas contra la Discordancia Intrahauteriviana.

-Sector Central: Reflectores paralelos de reflectividad media a baja, que presentan una continuidad lateral relativamente buena. El intervalo desarrolla mayormente una geometría tabular.

-Sector NE: Reflectores pseudo-paralelos de reflectividad alta a media, que presentan una continuidad lateral relativamente buena, tornándose muy pobre, tanto hacia los extremos suroeste y noreste del sector. El intervalo presenta una geometría cuñiforme, con una drástica pérdida de espesor en comparación a los desarrollados en el sector

Central. El adelgazamiento del paquete se explica por pinchouts deposicionales contra las formaciones Mulichinco, Loma Montosa y el Grupo Precuyo y truncaciones erosivas contra la Discordancia Intrahauteriviana.

Perfiles:

-Sector SO: Secuencia clástica somerizante, estrato creciente, caracterizada por una disminución progresiva de valores altos de *gamma ray*.

-Sector Central: Secuencia clástica agradacional, caracterizada por una alternancia de niveles con menores valores de lectura del perfil *gamma ray* y deflexiones en el SP, intercalados con niveles de menor espesor con mayores valores de lectura del perfil *gamma ray*.

-Sector NE: Secuencia clástica con facies carbonáticas subordinadas, somerizante, grano y estratocreciente, caracterizada por una disminución progresiva hacia el tope del intervalo de los valores de lectura del perfil *gamma ray* y un aumento progresivo de los valores de lectura de los perfiles de resistividad.

Litología:

-Sector SO: Las descripciones de *cutting* resaltan la presencia de carbonatos caracterizados como grainstones, intercalados con areniscas finas a medias, margas, arcilitas y algunos niveles de areniscas medias a gruesas.

-Sector Central: Predominancia de areniscas muy finas a medias y arcilitas.

-Sector NE: El Miembro Agrio/Centenario Inferior presenta una gradación de base a techo, desde facies pelíticas y margosas hacia facies psamíticas de grano muy fino a medio, generalmente muy bien seleccionadas y que se caracterizan por su bajo a nulo grado de consolidación en el extremo noreste. El aporte carbonático de las facies antes mencionadas es de relativa importancia. Para un mayor detalle se recomienda consultar a Iñigo *et al.*, (2019).

Caracterización paleoambiental:

-Sector NE: Los depósitos del Miembro Agrio/Centenario Inferior corresponden a paleoambientes marino a marino-marginales (dominado en algunos sectores por procesos por acción de olas y en otros lugares por procesos mareales). Para un mayor detalle en relación a la caracterización paleoambiental se sugiere consultar a Iñigo *et al.*, (2019).

4.3.4. Miembro Avilé

El presente miembro no se lo incluye en el análisis, ya que fue comprobado, tanto a nivel pozos, como a nivel sísmico, que en una gran mayoría del sector atravesado corresponde a un hiato no deposicional (ver apartado 4.1.4)

4.3.5. Límite entre el Miembro Agrio/Centenario Inferior y el Miembro Agrio/Centenario Superior

Sísmica:

-Sector SO y Central: El Miembro Agrio/Centenario Superior, apoya sobre el Miembro Agrio/Centenario Inferior, mediante un reflector de amplitud positiva variable, que presenta

mayormente una continuidad lateral buena. El *marker* sísmico en cuestión corresponde a la Discordancia Intrahauteriviana.

-Sector NE: El Miembro Agrio/Centenario Superior, apoya sobre el Miembro Agrio/Centenario Inferior, mediante un reflector de amplitud positiva variable que luego, hacia el noreste, cambia su respuesta sísmica a un cruce por cero (+/- en la parte central del sector y -/+ en el extremo noreste del sector). El *marker* sísmico en cuestión corresponde a la Discordancia Intrahauteriviana.

Perfiles:

-Sectores SO, Central y NE: El límite inferior del Miembro Agrio/Centenario Superior, se caracteriza generalmente por un importante aumento en los valores de lectura del perfil *gamma ray* y una importante disminución en los valores de lectura de los perfiles de resistividad.

Litología:

-Sectores SO, Central y NE: El límite inferior del Miembro Agrio/Centenario Superior, se caracteriza generalmente por litologías psamíticas de grano muy fino a medio suprayacidas por facies pelíticas y margosas, indicando una profundización en las condiciones paleoambientales de deposición.

4.3.6. Miembro Agrio/Centenario Superior

Sísmica:

-Sector SO: Reflectores paralelos de alta reflectividad, con buena continuidad lateral, la cual se torna más caótica hacia el suroeste. El intervalo presenta una geometría cuñeiforme que pierde progresivamente espesor hacia el suroeste, donde se observan pinchouts deposicionales contra la Formación Mulichinco y truncaciones erosivas contra la Discordancia Intrahauteriviana.

-Sector Central: Reflectores paralelos de reflectividad alta a media, que presentan una continuidad lateral mayormente buena. El intervalo desarrolla en general una geometría tabular.

-Sector NE: Reflectores pseudo-paralelos de reflectividad alta a media, que presentan una continuidad lateral de calidad media a pobre. El intervalo presenta una geometría cuñeiforme, con una drástica pérdida de espesor en comparación a los desarrollados en el sector Central. El adelgazamiento del paquete se explica por pinchouts deposicionales contra el Miembro Agrio/Centenario Inferior y truncaciones erosivas contra la Discordancia Cenomaniana.

Perfiles:

-Sector SO: Secuencia somerizante, grano-estrato creciente, caracterizada por paquetes amalgamados con bajos valores de lectura del perfil *gamma ray*. Hacia el techo se definen niveles de escaso espesor con altos valores de lectura del perfil *gamma ray*.

-Sector Central: Secuencia agradante caracterizada por niveles amalgamados con bajos valores de lectura del perfil *gamma ray*, limitados por niveles de escaso espesor con altos valores del perfil *gamma ray*.

-Sector NE: Secuencia clásica, somerizante, grano y estratocreciente, caracterizada por una

disminución progresiva hacia el tope del intervalo de los valores de lectura del perfil *gamma ray* y un aumento progresivo de los valores de lectura de los perfiles de resistividad.

Litología:

-Sector SO: Predominancia de areniscas medias a gruesas intercaladas con niveles de arcillitas.

-Sector Central: Predominancia, en los niveles inferiores, de areniscas finas a medias intercaladas con niveles de arcillitas, mientras que hacia el techo la granulometría aumenta, predominando las areniscas medias a gruesas que intercalan con areniscas más finas y niveles de arcillita.

-Sector NE: El Miembro Agrio/Centenario Inferior presenta una gradación de base a techo, desde facies pelíticas y margosas hacia facies psamíticas de grano muy fino a medio, generalmente muy bien seleccionadas y que se caracterizan por su bajo a nulo grado de consolidación en el extremo noreste. Para un mayor detalle se recomienda consultar a Iñigo *et al.*, (2019).

Caracterización paleoambiental:

-Sector NE: Los depósitos del Miembro Agrio/Centenario Superior corresponden a paleoambientes marino a marino-marginales (dominado en algunos sectores por procesos por acción de olas y en otros lugares por procesos mareales) y fluvio-deltaicos. Para un mayor detalle en relación a la caracterización paleoambiental se sugiere consultar a Iñigo *et al.*, (2019).

4.3.7. Límite superior del Miembro Agrio/Centenario Superior

Sísmica:

-Sector SO y Central: El límite superior del Miembro Agrio/Centenario Superior, está dado por un reflector de amplitud positiva variable, que presenta mayormente una continuidad lateral buena, la cual se torna más pobre hacia el noreste como consecuencia de un deterioro de la relación señal/ruido de los datos. El *marker* sísmico en cuestión corresponde al tope del Miembro Agrio/Centenario Superior y está suprayacido por depósitos de la Formación Rayoso.

-Sector NE: El límite superior del Miembro Agrio/Centenario Superior, está dado por dos *markers* sísmicos. En el extremo sureste del sector, el tope se define por un reflector de amplitud positiva variable, de pobre continuidad lateral debido al empobrecimiento de la relación señal/ruido y, en el extremo noreste del sector, el tope está marcado por un reflector interpretado en un cruce por cero (+/-). Los *markers* sísmicos en cuestión corresponden al tope del Miembro Agrio/Centenario Superior y a la Discordancia Cenomaniana, respectivamente. En el primer caso, el Miembro Agrio/Centenario Superior subyace a depósitos de la Formación Rayoso, mientras que, en el segundo caso, el Miembro Agrio/Centenario Superior está en contacto con depósitos del Grupo Neuquén.

Perfiles:

-Sector SO: El límite superior del Miembro Agrio/Centenario Superior, se define por una deflexión de los perfiles *gamma ray* y SP, donde se observa por encima un aumento en los valores de lectura.

-Sector Central: Las secuencias del Miembro Agrio/Centenario Superior y de la suprayacente Formación Rayoso presentan características muy semejantes en los perfiles lo que dificulta la definición del pase.

-Sector NE: El límite superior del Miembro Agrio/Centenario Superior, se caracteriza por un importante aumento en los valores de lectura del perfil *gamma ray* y una importante disminución en los valores de lectura de los perfiles de resistividad.

Litología:

-Sector SO: Areniscas medias a gruesas suprayacidas por litologías muy finas de la Formación Rayoso.

-Sector Central: Si bien las litologías del Miembro Agrio/Centenario Superior y de la suprayacente Formación Rayoso son muy semejantes, se observa que los niveles de la primera unidad presentan granulometrías más gruesas que las areniscas suprayacentes.

-Sector NE: Litologías psamíticas de grano muy fino a medio suprayacidas por facies pelíticas correspondientes a depósitos de la Formación Rayoso y del Grupo Neuquén.

5. SÍNTESIS Y CONCLUSIONES

El principal hito por destacar del presente proyecto es el trabajo mancomunado de diversas entidades públicas y privadas, que permitió la generación de tres transectas regionales (Transecta 1 NO-SE/E, Transecta 2 O-E y Transecta 3 SO-NE), a lo largo de las cuales se recabó y analizó la información de subsuelo disponible con el fin de integrar, a nivel de cuenca, los conocimientos de las Formaciones Agrio y Centenario. En particular, la presente publicación, a su vez se centró en estandarizar y resumir la metodología de trabajo, información reunida y conclusiones establecidas a partir de la construcción de las transectas 1 y 3.

Desde un punto de vista general, la integración de las dos transectas tratadas en esta contribución (T1 y T3), junto con la transecta estudiada por Echevarría *et al.* (2022) (T2), permitió construir un esquema regional de correlación más ajustado y consensuado para el intervalo Agrio/Centenario. Se subdividió al intervalo en dos unidades principales (miembros Inferior y Superior de la Formación Agrio/Centenario) y se logró establecer un criterio unificado para la correlación de los mismos a lo largo de todas las transectas.

Por otro lado, en relación con el Miembro Avilé, intercalado entre los miembros Inferior y Superior de la Formación Agrio/Centenario, se logró reforzar el criterio de correlación para su definición, así como también su distribución espacial a lo largo de la Transecta 1. Asimismo, en lo que respecta a la Transecta 3, fue comprobado, tanto a nivel pozos, como a nivel sísmico, que el Miembro Avilé corresponde a un hiato no deposicional.

Finalmente, el modelo estratigráfico obtenido para el intervalo Agrio/Centenario representa el puntapié inicial para precisar su potencial prospectivo remanente, así como también para

establecer nuevas oportunidades exploratorias a través de la definición de nuevos plays, tanto convencionales como no convencionales

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a las empresas participantes por la autorización de publicar este trabajo.

REFERENCIAS CITADAS

- Aguirre Urreta, M.B.; Rawson, P., 1997. "The ammonite sequence in the Agrio Formation (Lower Cretaceous), Neuquén Basin, Argentina". *Geological Magazine*. 134(4):449-458.
- Aguirre Urreta, M.B, P, Concheyro, G., Bown, P., Ottone, E., 2005. Lower Cretaceous (Berriasian-Aptian) biostratigraphy of the Neuquén Basin. En D. Veiga, L.A. Spalletti, J.A. Howell, E. Schwarz (Eds.), *The Neuquén Basin: A Case Study in Sequence Stratigraphy and Basin Dynamics*, 252, Geological Society of London, Special Publication, pp. 57-81
- Aguirre-Urreta B., Martinez, M., Schmitz, M., Lescano, M., Omarini, J., Tunik, M., Kuhnert, H., Concheyro, A., Rawson, P.F., Ramos, V.A., Reboulet, S., Noclinh, N., Frederichs, T., Nickl, A., Pálke, H., 2019. Interhemispheric radio-astrochronological calibration of the time scales from the Andean and the Tethyan areas in the Valanginian–Hauterivian (Early Cretaceous), *Gondwana Research*, N° 70, p. 104-132.
- Barrionuevo, M. 2002. Reservorios del Mb. Agrio Superior de Fm. Agrio. En *Rocas Reservorio de las Cuencas Productivas Argentinas*. Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Mar del Plata, Argentina.
- Cabaleiro, A., Cazau, L., Lasalle, D., Penna, E., Robles, D., 2002. Los reservorios de la Formación Centenario. En *Simposio de Rocas reservorio de las cuencas productivas de la Argentina*. V Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, p. 407-426. Mar del Plata, Argentina.
- Comerio, M., Fernandez, D., Gutiérrez, C., Ballivian Justiniano, C., Estebenet, M. y Pazos, P., 2019. Sedimentary evolution of the marine Agua de la Mula Member (Agrio Fm, Lower Cretaceous) in the central Neuquen Basin: Source areas and paleogeographic considerations from a distal setting. En *Journal of South American Earth sciences*, Elsevier.
- Delpino, D., Santiago, E., Carrizo, N., Méndez, M., Zurita, D., 2014. Miembro Centenario Inferior: un nuevo reservorio en el yacimiento Volcán Auca Mahuida-Risco Alto-Las Manadas. Cuenca Neuquina. En: *Argentina. Abstractos Extendidos*, IX Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. IAPG, Mendoza, Argentina, pp. 65–72.
- Digregorio, J., 1972, Neuquén. *Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, p. 139-505.
- Digregorio J.H. y M.A. Uliana, 1980. Cuenca Neuquina. En: J.C.M. Turner (ed.), *Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias, 2: 985-1032. Córdoba.
- Echevarria, C., Schwarz, E., Suárez, M., Montenegro,

- S., Ferreyro R., Giménez, B., Montagna, A., Martín, F., 2022. Caracterización sísmo-estratigráfica y sedimentológica del intervalo Agrio-Centenario en el sector central de la Cuenca Neuquina. Este congreso.
- Gulisano, C., S. Minitti, G. Rossi y H. J. Villar, 1996, Hydrocarbons related to Early Cretaceous source rocks, reservoirs and seals, trapped in Northeastern Neuquén Basin, Argentina, II AAPG/SVG International Congress and Exhibition, Caracas, Venezuela, Sept. 8-11, 1996, Abstracts, AAPG Bulletin v. 80.
- Gulisano, C., S. Minitti, G. Rossi y H. J. Villar, 2001, The Agrio Petroleum System: Hydrocarbon Contribution and Key Elements. Neuquén Basin, Argentina, en Ch. Kluth y L. Legarreta, eds., AAPG 2001 Hedberg Research Conference, New Technologies and New Play Concepts in Latin America, Mendoza.
- Howell, J.A., Schwarz, E., Spalletti, L.A. y Veiga, G.D., 2005. The Neuquén Basin: an overview, en G.D. Veiga, L.A. Spalletti, J.A. Howell y E. Schwarz (eds.), The Neuquén Basin, Argentina: A Case Study in Sequence Stratigraphy and Basin Dynamics, Geological Society, London, Sp. Publications, v.252, p: 1-14.
- Howell, J.A., Skorstad, A., MacDonald, A., Fordham, A., Flint, S., Fjellvoll, B. and Manzocchi, T., 2008. Sedimentological parameterization of shallow-marine reservoirs. *Pet. Geosci.*, 14, 17– 34.
- Iñigo, J.F.P., Vargas, R., Novara, E., Pereira, D.M. y Schwarz, W., 2018. La Formación Loma Montosa en el borde nororiental de la Cuenca Neuquina: Análisis secuencial, caracterización paleoambiental y prospectividad remanente, X Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, IAPG. Actas Sesiones Generales, pp. 623-645.
- Iñigo, J.F.P., Pazos, P.J., Novara, M.E. y Comerio, M., 2019. The Lower Cretaceous Centenario Formation: A subsurface unit in the northeastern border of the Neuquén Basin revisited, *Journal of South American Earth Sciences*, N° 92, 598-608.
- Isla, M.F., E. Schwarz and G.D. Veiga, 2018. Bedset characterization within a wave-dominated shallow-marine succession: an evolutionary model related to sediment imbalances. *Sedimentary Geology* 374: 36-52
- Leanza, H.A. y Hugo, C.A. 1997. Hoja Geológica 3969 – III Picún Leufú. Provincias del Neuquén y Río Negro. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 218, 135 pp. Buenos Aires.
- Leanza, H.A., Sattler, F., Martínez, R.S., Carbone, O., 2011. La Formación Vaca Muerta y equivalentes (Jurásico tardío-Cretácico temprano) en la Cuenca Neuquina. En: H. Leanza, J. Vallés, C. Arregui, y J.C. Danieli (eds.), Relatorio del XVIII Congreso Geológico Argentino: Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén, pp. 113-129.
- Legarreta, L. y Gulisano, C.A., 1989. Análisis estratigráfico secuencial de la Cuenca Neuquina (Triásico Superior-Terciario inferior). En: G. Chebli y L. Spalletti (eds), Cuencas Sedimentarias Argentinas. Serie Correlación Geológica, N° 6, pp. 221-243.
- Legarreta, L., Uliana, M.A., 1991. Jurassic-Cretaceous marine oscillations and geometry of a back-arc basin fill, central Argentine Andes. En: MacDonald, D.I.M. (ed.), Sedimentation, tectonics and eustasy: Sea level changes at active margins. IAS Special Publication 12, pp. 429-450.
- Legarreta, L., Villar, H., 2012. Las facies generadoras de hidrocarburos de la Cuenca Neuquina. *Revista Petrotecnia*.

- Mpodozis, C. y Ramos V.A., 1989. The Andes of Chile and Argentina, en Ericksen, G.E., Cañas Pinochet, M. y Reimund, J. (eds.) *Geology of the Andes and its relation to hydrocarbon and mineral resources*. Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources, Earth Sciences Series, 11: 59-90, Houston, US.
- Moore, S.A., Birgenheier, L.P., Greb, M.D., Minisini, D., Tunik, M. y Omarini, J., 2020. Facies heterogeneity and source potential of carbonate-mudstone-dominated distal ramp deposits, Agrio Formation, Neuquén Basin, Argentina, *Journal of Sedimentary Research*, N 90, p. 533-570.
- Olmos, M. y Sommerfeld, V., 2005. Trampas características de la Formación Quintuco en la región de la Plataforma nororiental de la Cuenca Neuquina. En: Kozłowski, E., Vergani, G. y Boll, A. (Eds.), *Las trampas de hidrocarburos en las Cuencas Productivas de Argentina*. 6° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Actas 225-237. Mar del Plata.
- Pascariello, M.E, Rincón, M.F, Arismendi, S.M., Schwarz, E., 2018. Facies Distribution and Stratigraphic Architecture of Continental to Shallow-Marine Deposits on a Lowstand Wedge: Basin-Scale Analysis of the Mulichinco Formation, (Neuquén Basin, Argentina). 101 AAPG/SEPM Annual Convention and Exhibition, Search and Discovery. Article #51518.
- Remírez, M.N., Spalletti, L.A., e Isla, M.F., 2020. Petrographic, mineralogical and geochemical characterization of fine-grained rocks of the Pilmatué Member (Upper Valanginian-lower Hauterivian) of the Neuquén Basin (Argentina): Implications for siliciclastic input, carbonate productivity and redox conditions, *Journal of South American Earth Sciences* 102, #102663.
- Remírez, M., Spalletti, L.A., Isla, M.F., y Schwarz, E., 2022, Fine-grained distal deposits of a mixed siliciclastic-carbonate marine system: origin of mud and implications on mixing processes, *Journal of Sedimentary Research*, N° 92, p. 210-231.
- Rivero, M.T., 2008. Estudio Paleoambiental y Secuencial del Miembro Agua de La Mula (Formación Agrio, Hauteriviano Superior) y su Correlación en Subsuelo (Cuenca Neuquina), Trabajo Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires (Facultad de Ciencias Exactas y Naturales), Buenos Aires, Argentina.
- Rossi, G. 2001. Arenisca Avilé: Facies, ambientes sedimentarios y estratigrafía de una regresión forzada del Hauteriviano inferior de la Cuenca Neuquina. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.
- Rossi, G. & Masarik, C. 2002. Acumulaciones de hidrocarburos en areniscas eólicas. Un ejemplo del hauteriviano de la Cuenca Neuquina. 15° Congreso de Exploración de Hidrocarburos. Mar del Plata.
- Sagasti, G. 2002. Estudio sedimentológico y de estratigrafía secuencial de las sedimentitas carbonáticas de la Formación Agrio (Cretácico inferior), en el sector sur mendocino de la cuenca Neuquina, República Argentina. Tesis Doctoral (inédita), Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Univ. Nacional de La Plata.
- Shchepetkina, A., Ponce, J., Carmona, N., Mángano, M.G., Buatois, L., Ribas, S., Benvenuto, M.C., 2020. Sedimentological and ichnological analyses of the continental to marginal-marine Centenario Fm (Cretaceous), Neuquén Basin, Argentina: Reservoir implications. *Marine and Petroleum Geology*, N 119.
- Schwarz, E., Veiga, G.D., Vela, R. y Canalis, R., 2008. Paleoambientes y estratigrafía de la Formación

- Mulichinco en el Yacimiento Volcán Auca Mahuida (Cuenca Neuquina, Argentina). Implicancias para la caracterización de sellos locales. En: Trabajos Técnicos del VII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (Ed. M. Schiuma), p. 1-17. Mar del Plata, Argentina.
- Schwarz, E., L.A. Spalletti y G.D. Veiga, 2011, La Formación Mulichinco (Valanginiano). En: H. Leanza, J. Vallés, C. Arregui, y J.C. Danieli (eds.), Relatorio del XVIII Congreso Geológico Argentino: Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén, pp. 131-144.
- Schwarz, E., Veiga, G.D., 2012. Caracterización facial y paleoambiental del Miembro Centenario Inferior en el yacimiento Volcán Auca Mahuida (Provincia del Neuquén). Informe inédito generado para YPF S.A.
- Schwarz, E. y Veiga, G.D., 2022. Paleogeografías refinadas y actualizadas del intervalo Pilmatué-Agrio Inferior-Centenario Inferior. Este congreso.
- Schwarz, E., Veiga, G., Álvarez Trentini, M., Isla, M. y Spalletti, L.A., 2018. Expanding the spectrum of hallow-marine, mixed carbonate-siliciclastic systems: processes, facies distribution, and depositional controls of a siliciclastic-dominated example. *Sedimentology*, N° 65, p. 1558-1589.
- Schwarz, E., Finzel, E.S., Veiga, G.D., Rapela, C.W., Echevarria, C. y Spalletti, L.A., 2021. U-Pb geochronology and paleogeography of the Valanginian-Hauterivian Neuquén Basin: Implications for Gondwana-scale source áreas, *Geosphere*, N 17, p. 244-270.
- Schwarz, E, M. Remírez, D. Lazo, G. Veiga, M.I. Isla, C. Echevarria, A.Toscano, R. Garberoglio, 2022. A review on depositional systems, bio-events and paleogeography of the Valanginian-Hauterivian Neuquén Sea: Refining sedimentary and biological signals linked to the dynamics of epicontinental seas. *Earth-Science Reviews*. En revisión.
- Seoane, F., Iovine, G., Guerello, R., Fasola, M., Periale, S., Brisson, I., Armisen, M, 2022. Análisis del Miembro Pilmatue de la Formación Agrio como reservorio sale. Este Congreso.
- Silvestro, J. y Zubiri, M., 2008. Convergencia Oblicua: Modelo estructural alternativo para la Dorsal Neuquina (39°S), Neuquén: Revista de la Asociación Geológica Argentina, v. 63, 49-64.
- Spalletti, L.A., Poiré, D.G., Schwarz, E. y Veiga, G.D., 2001. Sedimentologic and sequence stratigraphic model of a Neocomian marine carbonate siliciclastic ramp: Neuquén Basin, Argentina, *Journal of South American Earth Sciences*, N° 14, p. 609-624.
- Spalletti, L.A., G.D. Veiga y E. Schwarz, 2011. La Formación Agrio (Cretácico Temprano). En: H. Leanza, J. Vallés, C. Arregui, y J.C. Danieli (eds.), Relatorio del XVIII Congreso Geológico Argentino: Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén, pp. 145-160.
- Uliana, M.A., Delapé, D.A. y Pando, G.A., 1977. Análisis estratigráfico y evaluación del potencial petrolífero de las Formaciones Mulichinco, Chachao y Agrio, Cretácico Inferior de las Provincias de Neuquén y Mendoza, *Petrotecnica (IAP)*, 16 (1-2), p 31-46, Buenos Aires, Argentina.
- Uliana, M. A, y Legarreta, L. 1993. Hydrocarbons habitat in a Triassic-to-Cretaceous sub-Andean setting: Neuquén Basin, Argentina, *Journal of Petroleum Geology*, Vol. 16 (4), p 397-420.
- Valenzuela, M. 2002. Reservorios del Mb Avilé de Fm Agrio. En Rocas Reservorio de las Cuencas Productivas Argentinas. Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Mar del Plata, Argentina.

- Veiga G.D., Spalletti L.A., Schwarz E., 2011. El miembro Avilé de la formación Agrio (Cretácico temprano), Relatorio del XVIII Congreso Geológico Argentino, p 161-173, Neuquén, Argentina.
- Vergani, G., Tankard, H., Belotti, S. y Welsink, H., 1995. Tectonic evolution and paleogeography of the Neuquén Basin, Argentina, en A.J. Tankard, R. Suárez S., y H.J. Welsink (eds.), *Petroleum Basins of South America*, American Association of Petroleum Geologists Memoir 62, p. 383–402.
- Vergani G., Arregui, C. y Carbone, O., 2011. Sistemas Petroleros y Tipos de Entrampamientos en la Cuenca Neuquina, Relatorio XVIII Congreso Geológico Argentino: Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén.
- Villar, H.J., G.A. Laffitte y L. Legarreta, 1998. The source rocks of the Mesozoic Petroleum Systems of Argentina: a comparative overview on their geochemistry, paleoenvironments and hydrocarbon generation patterns, ABGP/AAPG International Conference & Exhibition, November 8-11, 1998, Rio de Janeiro, Brazil, Abstracts, p.186-187. En IV Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, IAPG, Tomo II, p. 967-968, Buenos Aires
- Vottero, A.J. y González, J.M., 2002. Los Reservorios De La Formación Mulichinco. En: M. Schiuma, G. Hinterwimmer & G. Vergani (eds.), *Rocas Reservoirio de las Cuencas productivas de la Argentina*. V Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos: 383–400. Mar del Plata.
- Zavala, C., Arcuri, M., Di Meglio, M., Zorzano, A., 2011. Las Capas de San Eduardo: 130 metros de arenas en el Miembro Inferior de la Fm. Agrio. Cretacico Inferior, Cuenca Neuquina. VIII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, IAPG, Mar del Plata.

