

10º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos
Sesiones Generales: "Energía y Sociedad, aliados inseparables"

ESTUDIO CRONOESTRATIGRÁFICO Y EVOLUCIÓN PALEOAMBIENTAL DEL JURÁSICO INFERIOR-MEDIO EN EL ENGOLFAMIENTO DE LA CUENCA NEUQUINA, ARGENTINA

Walter Brinkworth¹, Griselda Vocaturo¹, María Laura Loss¹, Enrique Matías Mortaloni¹,
David Lorenzo Giunta¹, José Luis Massafiero¹

1: YPF S.A., walter.brinkworth@ypf.com, griselda.vocaturo@ypf.com, maria.loss@ypf.com,
enrique.m.mortaloni@ypf.com, david.giunta@ypf.com, jose.massafiero@ypf.com

Palabras clave: mapas de facies, secciones regionales, marco cronoestratigráfico

ABSTRACT

The early-middle Jurassic Cuyo Group of the Neuquén Basin is a sedimentary succession of up to 2500 m thick, it shows significant variations from deep-marine, shelf margin to inner-shelf deltaic and fluvial systems. An integrated understanding of the sedimentary system/facies distribution in a regional framework is essential to identify potential gas targets. This study discusses the impact of a regional conceptual model on the potential development of this unit at exploration and development scales.

A basin scale interpretation was performed on the integration of an extensive subsurface database including 15000 km² of 3D seismic surveys and available well data such as cores, logs, thin sections, biostratigraphy, zircon/dating and production data. Ten depositional prograding seismic cycles were identified. Each cycle exhibits a different shelf-to-slope arrangement as the basin progressively got filled in a northwest/west direction. Paleogeography and facies distribution evolved through time from a shallow, low- gradient ramp setting during early basin configuration, to a well-defined shelf-to-slope profile that persisted until the basin shrink age.

Four regional schematic cross-sections show the main stratigraphic discontinuities, variations of internal geometries within each cycle, and changes in the supply-accommodation space relationships. These sections together with the isochronous maps of each cycle were used as inputs to build regional facies maps that document the evolution of the sedimentary infill. Outcrops located in the western margin of the Neuquén Basin show a complete source-to-sink profile, providing an analog to validate the interpretation of the subsurface conceptual model. Biostratigraphy and zircon dating linked outcrop and subsurface time intervals.

The proposed conceptual model shows the chronostratigraphic relationships between deep-marine, shelf-margin and continental facies of the Cuyo Group at the basin scale. This model will open new exploration and development opportunities for this gas system.

INTRODUCCIÓN

El Jurásico inferior-medio de la Cuenca Neuquina está representado por una extensa sucesión

sedimentaria que alcanza los 2500 m de espesor conocida como Grupo Cuyo. La misma muestra variaciones significativas desde sistemas marinos profundos, de margen de plataforma hasta sistemas deltaicos y fluviales en áreas proximales. Una comprensión integrada de la distribución de los ambientes sedimentarios/facies en un marco regional es esencial para visualizar e identificar posibles objetivos a escala de exploración y desarrollo que impactan sobre el potencial de esta unidad.

A partir de una interpretación a escala de cuenca sobre la integración de una amplia base de datos de subsuelo que incluyó 25.000 km² de interpretación sísmica 3D y datos de pozos disponibles, como coronas, perfiles eléctricos, secciones delgadas, bioestratigrafía y datación de circones, se identificaron 10 ciclos depositacionales. Cada ciclo presenta un arreglo de plataforma-talud diferente a medida que la cuenca evoluciona progresivamente en dirección noroeste/oeste. Las distribuciones de las facies evolucionaron a lo largo del tiempo desde una rampa poco profunda y de bajo gradiente (durante la configuración temprana de la cuenca) hasta un perfil de talud-plataforma bien definido para finalizar con la colmatación de la cuenca.

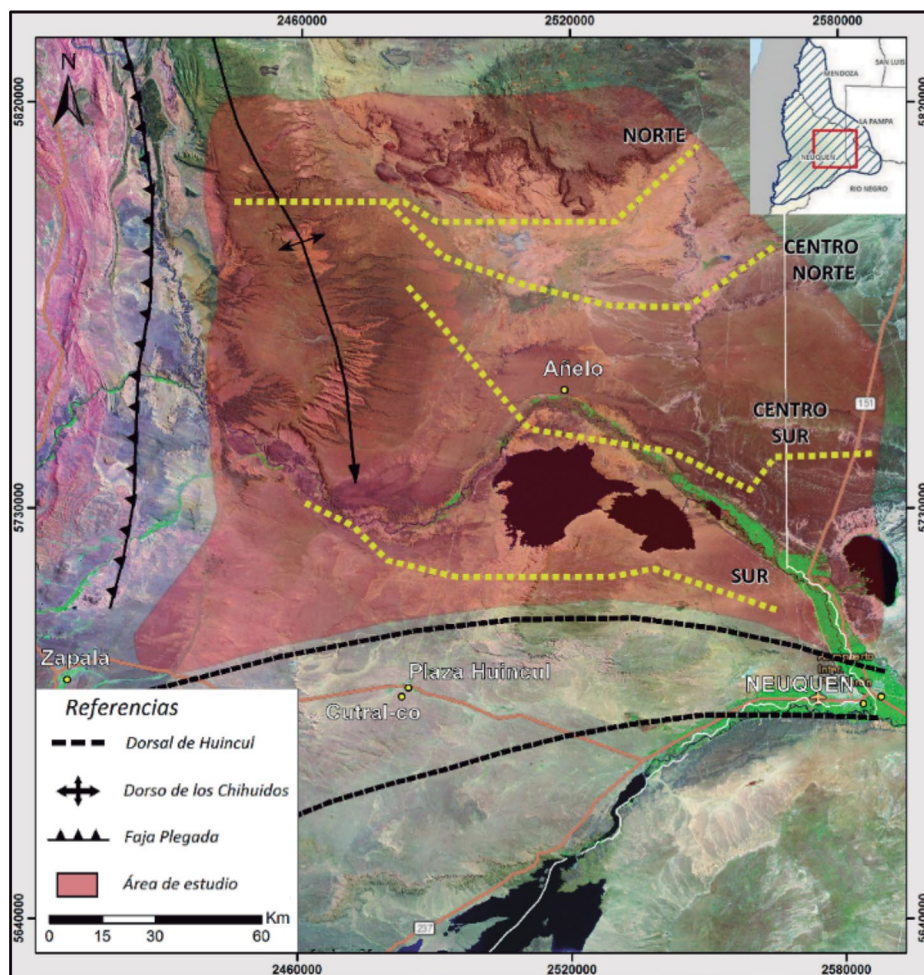


Figura 1. Área de estudio y mapa ubicación de las secciones regionales.

Las edades obtenidas por bioestratigrafía y dataciones de circones asignaron un marco temporal a cada ciclo, pudiendo de esta manera obtener una correlación confiable con los afloramientos de la cuenca, que muestran un perfil completo “*source-to-sink*”, proporcionando analogías únicas para corroborar y visualizar el modelo de subsuelo.

ÁREA DE ESTUDIO

La superficie total del área de estudio es aproximadamente de 25.000 km² comprendiendo varias áreas de concesión de YPF (Fig. 1). Los límites están representados por: el flanco norte de la Dorsal de Huincul al sur, hacia el norte el análisis se extiende hasta el volcán Auca Mahuida, hacia el oeste limitado por el Dorso de los Chihuidos y hacia al este por el Alto de Entre Lomas.

OBJETIVOS PRINCIPALES DEL ESTUDIO

El objetivo del estudio es generar una síntesis regional del Grupo Cuyo estableciendo un esquema cronoestratigráfico y paleoambiental a escala de cuenca. Esto permite documentar oportunidades exploratorias y de avanzada remanentes en el engolfamiento neuquino.

MARCO GEOLÓGICO

La Cuenca Neuquina se originó en el Triásico tardío como resultado de procesos extensionales de intraplaca. Durante este período una serie de cubetas extensionales fueron rellenadas con depósitos volcanoclásticos y continentales conocidos como Grupo Precuyo (Gulisano 1981). Durante la etapa de *post-rift* y el desarrollo subsecuente del arco magmático la cuenca tornó a un sistema de retroarco con sedimentación marina extendida.

Una etapa de subsidencia regional balanceada con aporte constante generó que las condiciones marinas prevalecieran hasta el Calloviano tardío, con la máxima expansión marina durante el Bajociano (Legarreta *et al.*, 1989). De ahí en adelante el espacio de acomodación fue reduciéndose a partir de la progradación continua hasta que durante el Calloviano se interrumpió la conexión con el mar, lo que derivó en la depositación de evaporitas en el depocentro remanente.

Durante este intervalo (Pliensbachiano - Calloviano) el relleno de la cuenca tuvo lugar a través de la progradación hacia el centro de cuenca de clinoformas de margen de plataforma bien desarrolladas que conectan abanicos de aguas profundas, taludes pelíticos, y sistemas deltaico-fluviales. Las unidades litoestratigráficas que corresponden a este intervalo son la Formación Los Molles, Formación Lajas y la Formación Challacó o Punta Rosada según su ubicación geográfica y son agrupadas bajo el nombre de Grupo Cuyo (Fig. 2).

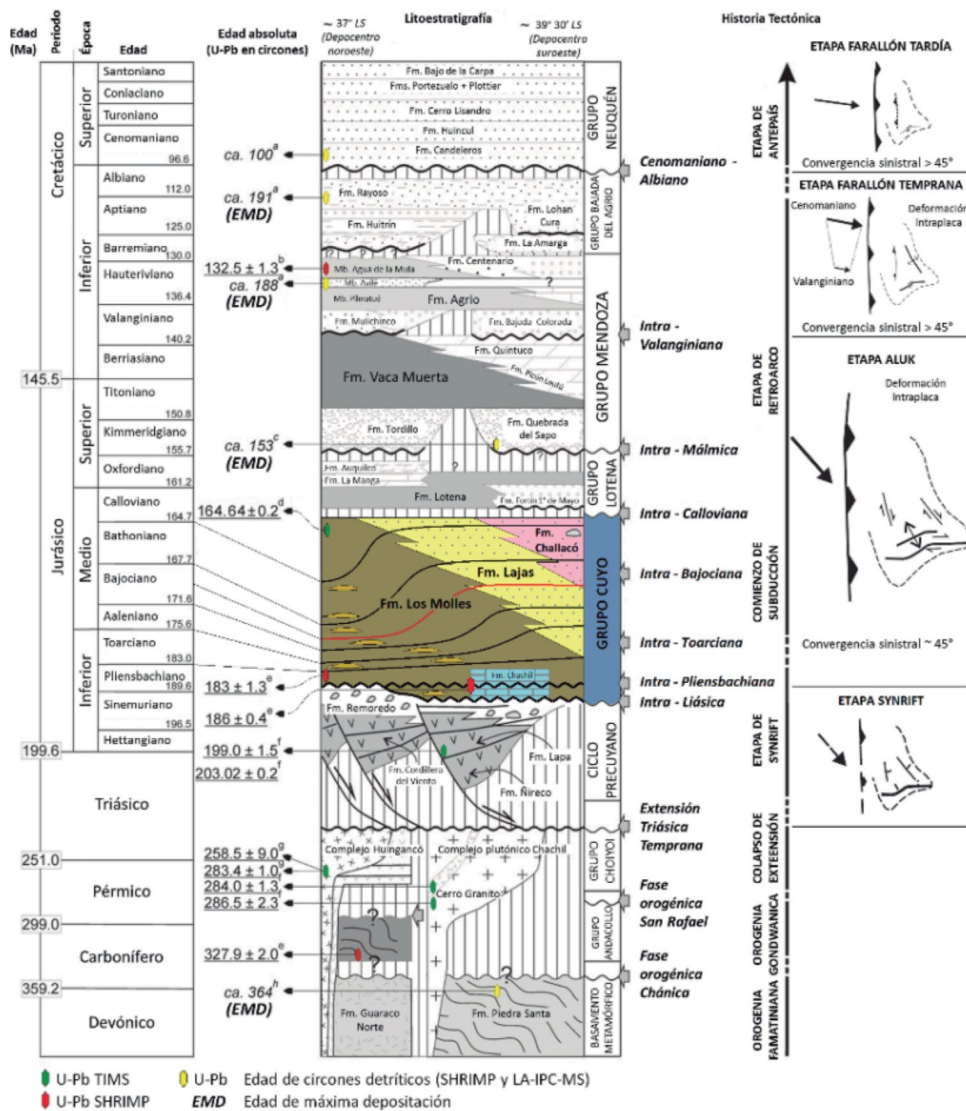


Figura 2. Columna estratigráfica de la Cuenca Neuquina, modificada de Naipauer (2017).

El Grupo Cuyo está limitado en la base por la discordancia regional Intraliásica y su techo está determinado por la discordancia regional Intracalloviana (Dellapé *et al.*, 1979).

En diversas zonas del engolfamiento las discordancias documentadas en los afloramientos no son tan evidentes. Sin embargo, se han identificado algunas excepciones: la discordancia Intrapliensbachiana, la cual estaría posiblemente representada en el ámbito de Cupen Mahuida entre las facies distales marino-profundas de la Fm. Los Molles y la Fm. Cupen Mahuida representadas por litologías volcanoclásticas e incorporada recientemente al Grupo Cuyo por (Schiuma 2011). En otros sectores de la cuenca, la misma se superpone con la discordancia Intraliásica que separa al Grupo Cuyo del Grupo Precuyo. Otro ejemplo es la discordancia Intrabajociana (Limeres 1996), la cual marca el cambio paleogeográfico más importante en el engolfamiento y es claramente

identificable en el subsuelo. La discordancia Intratoarciana no resulta fácil de reconocer en el área del engolfamiento por datos de subsuelo. La discordancia Intracalloviano puede determinarse con precisión ya que no presenta cambios litológicos a excepción en algunas estructuras donde se aprecia la angularidad entre las capas.

BASE DE DATOS

En el presente estudio se revisaron e integraron los datos de aproximadamente 1800 pozos que alcanzan al Grupo Cuyo, solo 250 pozos atraviesan completamente la sucesión alcanzando el Grupo Precuyo y se encuentran en su mayoría localizados en el sur del área de estudio. Los pozos cuentan con un conjunto de perfiles convencionales que fueron utilizados tanto para la calibración sísmica de los pozos como para la correlación estratigráfica (CAL, GR, DT, RHOB, NPHI, RES).

Los datos de coronas tienen una distribución heterogénea y una pobre representación vertical. Se analizaron en el área del engolfamiento aproximadamente 25 pozos con coronas y durante el año 2016 se adquirió en Sierra Barrosa una corona de 180 m de espesor continuo que permitió calibrar horizontes sísmicos, caracterizar de forma continua las variaciones verticales de facies y capturar variaciones laterales de facies en relación con otras coronas preexistentes, lo cual mejoró el modelo conceptual.

Se realizaron cortes delgados en pozos a partir de los recortes de perforación obteniendo información de composición mineralógica; tipo, tamaño y distribución de granos; cementos; diagénesis; materia orgánica; porosidad visual; etc. La descripción de las secciones se realizó a lo largo de todo el pozo lo que permitió construir perfiles continuos.

Se integró una extensa base de datos de sísmica 3D (15000 km²) a un mismo plano de referencia de 1300 msnm.

Se integraron todos los pozos disponibles con información de microfósiles calcáreos y nanofósiles a fin de identificar zonas de asociaciones tipo, las que fueron inicialmente reconocidas en superficie, en el perfil Picún Leufú. Este afloramiento ha sido estudiado ampliamente por medio de amonites (Riccardi, A., 1984); microfósiles calcáreos (Ballent, S. 1997) y nanofósiles (Angelozzi, G., 1988;). Además, se incorporaron dataciones a partir de circones detríticos muestreados en pozos (Fig. 3), la integración de estos datos le asigna un carácter cronoestratigráfico al estudio.

La importancia de las edades radica en la posibilidad de poder extrapolar de forma correcta los horizontes interpretados en la sísmica dentro del área, así como su correlación con los afloramientos. Los estudios previos de bioestratigrafía están mayormente concentrados en el área de la Dorsal de Huincul. Con el objetivo de obtener datos del área del engolfamiento neuquino, se realizó una campaña de bioestratigrafía y palinología. Los pozos en su mayoría comienzan en facies arenosas que no son propicias para la obtención de edades a través de bioestratigrafía, con el fin de obtener más información en estos sectores y mejorar el control cronoestratigráfico de los

horizontes interpretados, se realizaron dataciones y estudios de área de proveniencia a partir de circones detríticos obtenidos de los recortes de perforación.

En el área de La Jardinera, sudoeste de la Cuenca Neuquina, existen afloramientos excepcionales que exponen cientos de metros del Jurásico temprano a medio, a lo largo de 20 km en la dirección de inclinación y 10 km en el rumbo. Allí es posible identificar la continuidad estratigráfica de los depósitos de fondo de cuenca y plataforma, mostrando un patrón de clinoformas similar a las geometrías sísmicas (Fig. 4). Estos afloramientos fueron estudiados por Gulisano y Gutiérrez Pleiming (1995) posteriormente por Paim *et al.* (2008, 2010) y recientemente por Steel (2017).

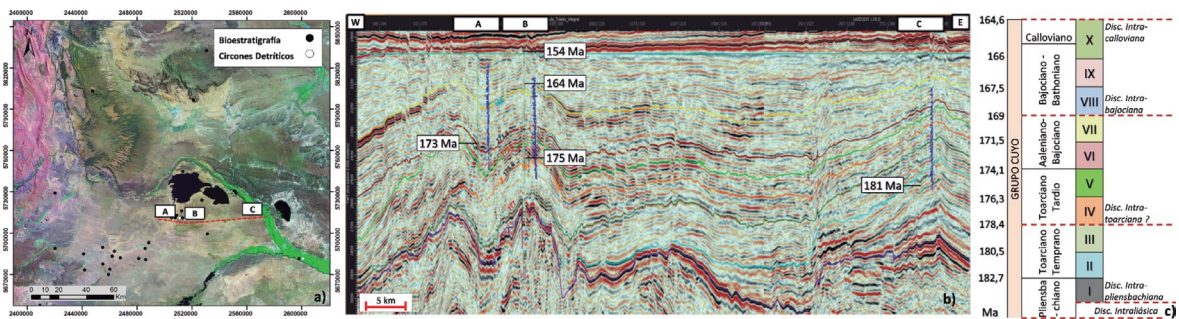


Figura 3. a) Ubicación de los pozos utilizados con control bioestratigráfico y traza de la línea sísmica del punto b. b) Línea sísmica con los pozos con edades proveniente de circones detríticos. c) Edades estimadas de los horizontes sísmicos y ciclos sedimentarios presentados en este trabajo.

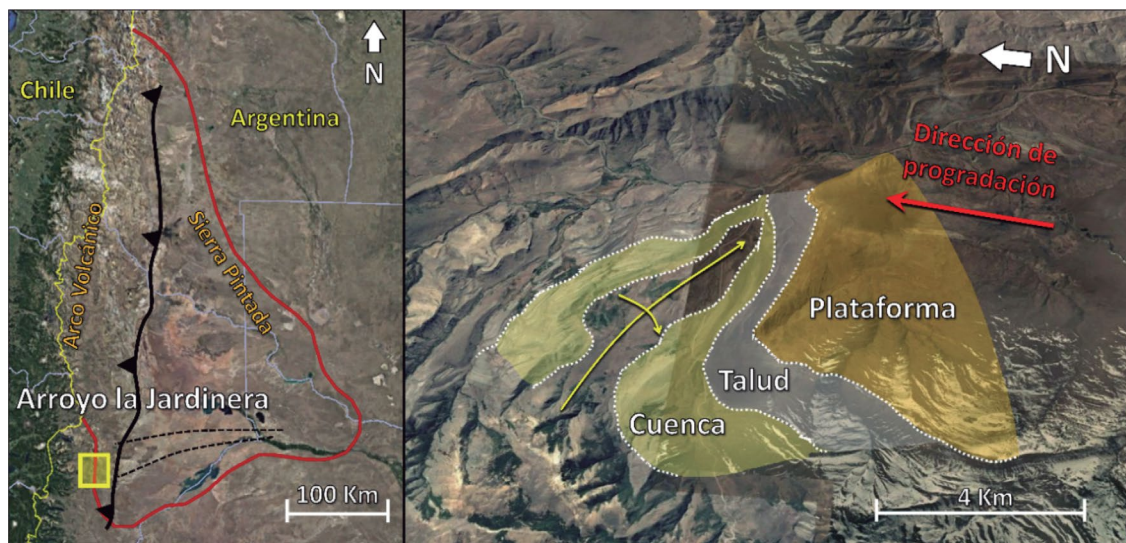


Figura 4. Afloramientos del Grupo Cuyo en Arroyo la JardineraSteel (2017).

METODOLOGÍA

La escala de trabajo y la distribución heterogénea de los datos de pozos hicieron que la sísmica fuera el elemento por excelencia para vincular la información. El carácter progradante y

agradante del sistema dificulta la correlación de pozos por lo que la integración con la misma es fundamental.

Por este motivo se realizó una interpretación 3D de todos los *markers* sísmicos para asegurar un marco cronoestratigráfico a partir de líneas tiempo. La importancia de las calibraciones sísmicas es fundamental en el presente trabajo siendo la vinculación directa entre el pozo en profundidad y la línea sísmica en tiempo. El trabajo fue interactivo entre la interpretación de picks geológicos y los horizontes interpretados, hasta lograr un compromiso entre ambos.

Se interpretaron 11 horizontes sísmicos que fueron utilizados como superficies cronoestratigráficas para guiar las correlaciones. Los horizontes corresponden en algunos casos a superficies de downlaps y en otros a discordancia, por este motivo no se plantea un esquema secuencial para cada uno de los ciclos.

A partir de estas superficies se generaron mapas isocronopáquicos definiendo 10 ciclos. Cada mapa permite definir la zona de quiebre de plataforma, talud, pie de talud y cuenca profunda, siendo de gran utilidad en la generación de mapas de facies que junto a las extracciones de amplitud y geomorfología sísmica permite confirmar la presencia de lóbulos turbidíticos en el talud y cuenca profunda.

La población de facies dentro de cada ciclo se realizó a partir de la integración de distintas fuentes de datos. En áreas con alta densidad de pozo, como los yacimientos de Cupen Mahuida, Aguada Toledo, Barrosa Norte, El Cordón, Lindero Atravesado y Río Neuquén, se utilizaron principalmente los perfiles de pozos en combinación con datos de corona, cortes delgados de cutting, geometrías sísmicas observadas en secciones realizadas en el sentido de aporte sedimentario junto a modelos conceptuales (Fig. 5). La integración de estos datos permitió elaborar un modelo geológico conceptual robusto de facies para cada uno de los intervalos de tiempo interpretados en la sísmica 3D que luego fue extrapolado a toda la cuenca.

En el área con baja disponibilidad de datos de pozos, las principales herramientas utilizadas fueron las geometrías sísmicas junto con los análogos construidos en las zonas con mayor densidad de pozos más los datos de afloramientos comparables (en edad y altura de clinoformas) en combinación con modelos conceptuales (Loss *et al.*, 2018).

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

A partir de la integración de todos los datos disponibles se definió la paleogeografía y la distribución de facies para cada uno de los ciclos definidos.

Como puede apreciarse en la figura 5, las facies areno conglomerádicas presentes en las coronas y el patrón de apilamiento granocreciente en los perfiles muestra que los frentes deltaicos están llegando a los quiebres de plataforma y construyen su margen. Esto ocurre para los tiempos Toarcianos/Aalenianos en el sector sur del engolfamiento. Lo mismo puede observarse para

tiempos Aalenianos/Bajocianos en el sector norte documentado también por datos de pozos. La integración con la interpretación sísmica ha mostrado la presencia de arena en los quiebres de plataforma.

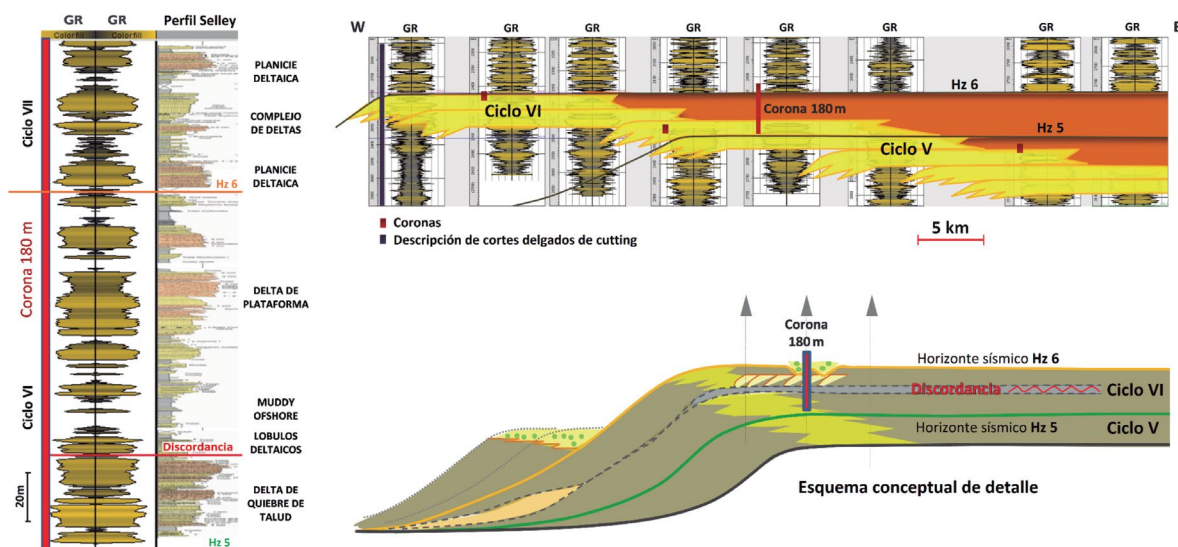


Figura 5. Correlación área Cupen Mahuida: integración datos de pozos con horizontes sísmicos. Esquema conceptual elaborado a partir de la integración de geometrías sísmicas, correlación de pozos e interpretación ambiental de 180 m de corona (imagen izquierda) donde son identificados dentro de las facies marino someras los deltas de plataforma y deltas de quiebre de plataforma.

A excepción en algunos ciclos iniciales, observamos la presencia de deltas de este tipo a lo largo de toda la historia de deposición del Grupo Cuyo, lo que lleva a pensar en un escenario dominado principalmente por el aporte sedimentario.

Los deltas han sido tradicionalmente clasificados en términos de los procesos depositacionales dominantes (fluviales, mareales u oleaje). Es decir, como resultado de controles ambientales únicamente. En este trabajo consideramos una clasificación relacionada con la génesis. Los deltas son el elemento clave en la construcción de plataformas y sus márgenes, abogamos por el uso de una clasificación de deltas basado en la ubicación en la plataforma, además de la clasificación basada en los procesos convencionales. Por tanto, deltas en tránsito en una plataforma forman un amplio espectro de tipos de deltas que van desde deltas de bahías, que pasan a deltas de plataforma interna a plataforma media y que llegan al margen de la plataforma, seguidos por deltas transgresivos o estuarinos, cada uno con sus propias características geométricas, arquitecturales y de facies. Los numerosos datos de pozos que muestran que los deltas llegan al borde de la plataforma (independientemente de los cambios relativos del nivel del mar) demuestran que el aporte fue un factor dominante.

Durante la deposición del Grupo Cuyo sucedieron importantes cambios paleogeográficos responsables de que el registro sedimentario no sea típico de una subsidencia tectónica normal como

sugieren numerosos autores como Bettini (1984), Vergani (1995), Limeres (1996) y Veiga (2002). Gulisano y Hinterwimmer (1986) describen en la zona de PicúnLeufú discontinuidades internas dentro del Grupo Cuyo. Limeres (1996) observa una discordancia angular en Cerro Granito entre las formaciones Lajas y Challaco. En la sierra de Chacaico y Cerro Lohan Mahuida, Zavala (1996a y 1996b) reconoce una discontinuidad entre la Formación Lajas y Challaco logrando datar esta discontinuidad en base a biozonas de amonites en la base del Bajociano. Hallam (1991) asume una influencia de la actividad tectónica en el relleno de la cuenca.

La discordancia Intrabajaociana fue identificada en subsuelo por Brinkworth *et al.*, (2017) a escala regional. Sísmicamente se interpreta desde el flanco norte de la Dorsal hasta el norte del área de estudio (sur del Volcán Auca Mahuida). En el flanco E de la cuenca se detecta por el avance rápido de las facies fluviales (Fm. Punta Rosada) sobre las marino-litorales (Fm. Lajas), y por el aumento en el aporte sedimentario que permite visualizar erosiones, lowstands que no son identificados en los ciclos anteriores. Esta discordancia se genera a partir de una fuerte caída relativa del nivel del mar produciendo profundas incisiones en los taludes previos (hasta 400m). Luego sobreviene un aumento del nivel del mar cubriendo y rellenando rápidamente las erosiones con sistemas progradantes. El rejuvenecimiento de las áreas de aporte se evidencia por el brusco aumento del aporte sedimentario.

MAPAS

Los 10 ciclos interpretados muestran diferencias en las direcciones de progradación como en las áreas de aporte y el espacio de acomodación. El modelo presentado reproduce las geometrías depositacionales observadas en el subsuelo y en afloramientos, facilitando la comprensión de las relaciones entre las facies marinas profundas, talud, plataforma y depósitos continentales.

Los depósitos marinos profundos presentan espesos bancos de pelitas que en ciertas zonas intercalan con lóbulos turbidíticos. El talud está representado por pelitas y areniscas finamente laminadas de canales turbidíticos. Los márgenes de plataforma contienen areniscas de frente deltaico incididas por cañones con rellenos multiepisódico. La plataforma incluye barras arenosas de desembocadura deltaica y facies regresivas de canales fluviales. Los depósitos continentales están comprendidos por canales fluviales y planicies deltaicas.

Los mapas de facies representan un promedio de la distribución de facies y situación paleoambiental para cada ciclo. No deben entenderse como mapas paleogeográficos de un instante temporal, son indicativos de la probabilidad de encontrar una u otra asociación de facies en cada ciclo.

Es importante destacar que se generaron cambios en la nomenclatura con respecto al trabajo presentado en el XX Congreso Geológico de Tucumán, (Brinkworth *et al.*, 2017). Se incorporó un ciclo basal que generó el shift en la nomenclatura de los mismos hasta el Ciclo VII (ej. el Ciclo I

en Brinkworth *et al.*, (2017) corresponde al ciclo II en el presente trabajo). A su vez se incorporó un ciclo superior (Ciclo X).

Ciclo I: Pliensbachiano-Toarciano Temprano

Corresponde a los depósitos más antiguos del Grupo Cuyo (Pliensbachiano) que se encuentran bien representados en el ámbito de la Dorsal de Huincul y en el área del engolfamiento se localizan en los depocentros.

En el presente trabajo el Ciclo I corresponde a la primera inundación de la cuenca (Gulisano *et al.*, 1984). En el área de Cupen Mahuida por debajo de las pelitas marinas del Ciclo II se identifica una discordancia (Intrapliensbachiana?) y por debajo de esta unos depósitos de origen volcánico mayormente submarinos (Fm. Cupen Mahuida) de edad Pliensbachianotardío a Toarciano temprano (Schiuma 2011) similares a los descritos en Arroyo Lapa por Gulisano y Gutiérrez Pleimling (1995). Antiguamente se denominaba a estas litologías como pertenecientes al Grupo Precuyo. Se podría inferir que la ingresión marina inicial del Grupo Cuyo alcanzó rápidamente el interior de la cuenca (Schiuma 2011). El análisis aquí mostrado comienza por la discordancia que constituye el techo de la Fm. Cupen Mahuida y en otros sectores coincide con el Tope del Grupo Precuyo.

Ciclo II: Toarciano Temprano

El ciclo presenta una dirección de progradación SE-NO. La zona de mayor espesor se extiende en una amplia franja paralela al rumbo del sistema, indicando un perfil de rampa con gradiente de bajo ángulo (Brinkworth *et al.*, 2017). Como esta morfología de cuenca no presenta un quiebre de plataforma definido se dificulta predecir la ubicación de los depósitos marinos-someros/frentes deltaicos solo en base al mapeo sísmico.

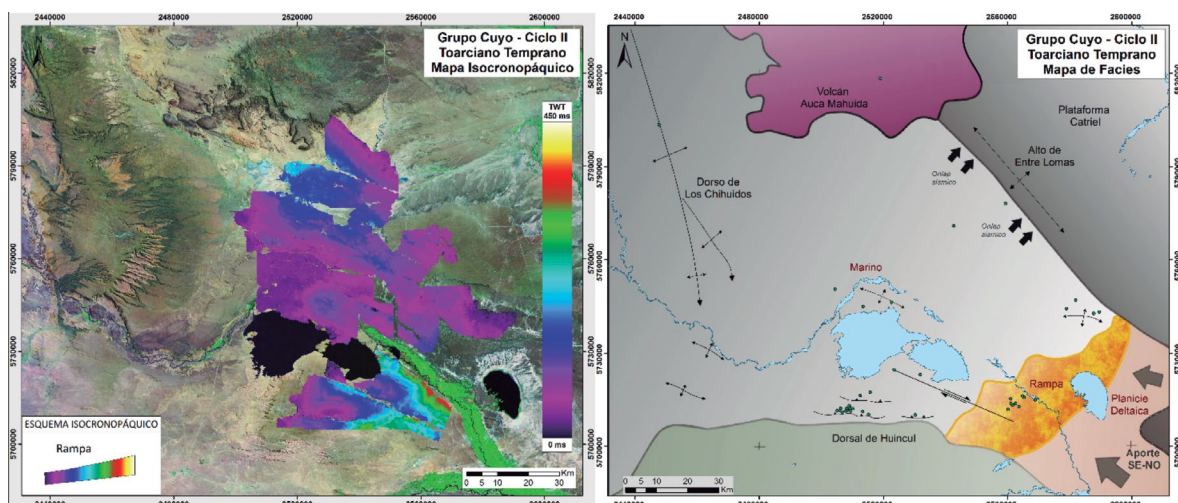


Figura 6. Mapa isocronopáquico Ciclo I+II. Mapa de facies Ciclo II.

Los pozos en los yacimientos de Río Neuquén y Lindero Atravesado atraviesan facies de plataforma/frentes deltaicos en esa posición con espesores de 100-120 m, por lo que es posible inferir la presencia de facies arenosas en esa zona, junto a modelos teóricos de Helland *et al.*, (2012) la franja progradante se extendió hasta el talud medio, pasando a facies finas distales en dirección a la cuenca. Es probable que la mayor parte de la sedimentación clástica este concentrada en la plataforma sin generar bypass hacia la cuenca profunda. La extensión de los frentes hacia el continente es solo interpretativa ya que no se disponen de datos de pozos, bioestratigrafía y sísmica de calidad que lo permita. Los reflectores sísmicos muestran onlaps contra el borde Noreste (Alto de Entre Lomas) lo que implica que la zona no estaría actuando como área de aporte en el Toarciano temprano.

Ciclo III: Toarciano Temprano

El mapa isocronopáquico (Fig. 7) muestra que se mantiene la dirección de progradación del sistema en sentido SE-NO y el onlaps contra borde NE. La cuenca comienza a configurar su perfil de plataforma-talud-cuenca lo que permite inferir las posiciones de los depósitos distales y proximales asociados, aunque todavía presenta un perfil de transición de tipo rampa a talud. Este ciclo fue perforado en facies arenosas de quiebre de plataforma recientemente con espesores de 50 m a 70 m por clinoforma. Las arenas litorales se extienden desde el quiebre de plataforma por 8-9 km hacia el continente (por analogía). Este intervalo involucra un ciclo completo de descenso y ascenso del nivel del mar, con trayectorias agradantes en la parte superior por lo que en áreas profundas más allá del quiebre prevalecen los depósitos finos distales, ver sección figura 16. Por estas razones se espera que las plataformas retengan la mayor parte de la sedimentación.

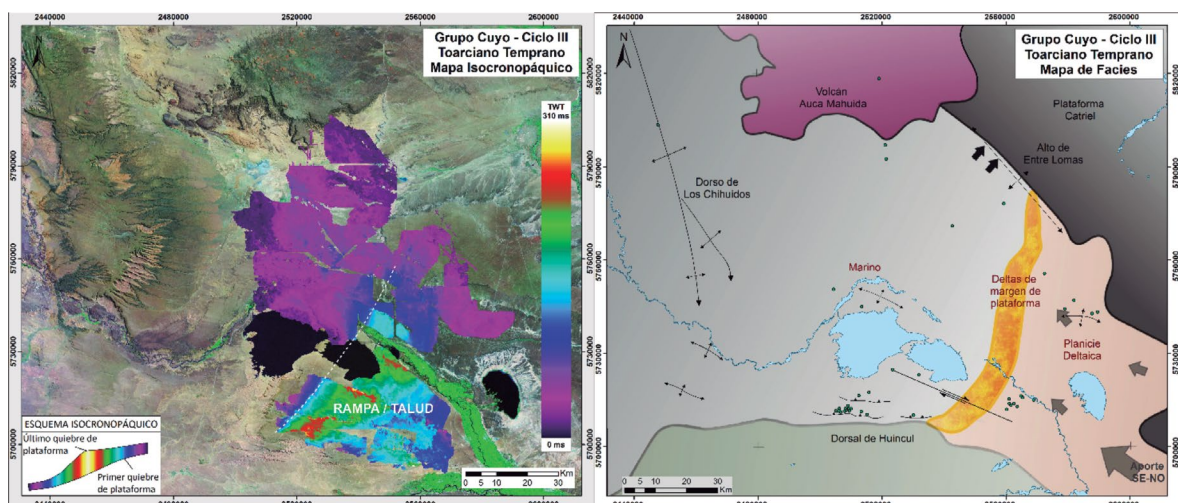


Figura 7. Mapas Ciclo III, se puede apreciar la configuración de rampa de dicho ciclo la posición aproximada de los depósitos distales. El ciclo inicia con una rampa finalizando con un quiebre de plataforma definido.

Ciclo IV: Toarciano Tardío

De acuerdo con el mapa isocronopáquico (Fig. 8) la dirección de progradación rota levemente en sentido antihorario y el sistema avanza hacia el oeste con respecto al ciclo anterior. La interpretación sísmica muestra la activación del borde noreste como área de aporte ya que el sistema prograda sobre el Alto “Entre Lomas” en dirección NE-SO.

Este intervalo presenta un quiebre de plataforma bien definido al sur (Fig. 16). Los pozos de las áreas El Cordón y Lindero Atravesado Occidental prueban la existencia de frentes deltaicos que alcanzan el margen de la plataforma, con espesores promedio de 100 m. Las arenas se extienden desde la zona de mayor espesor en los mapas isocronopáquicos por 8 kilómetros en dirección al continente, pasando a sedimentos finos y canales de planicie deltaica.

El frente de aguas profundas al norte del área tiene menor desarrollo y no se observan geometrías sigmoidales. Se asume un perfil de rampa en este sector con menor aporte sedimentario (Figs. 18,19 y 20).

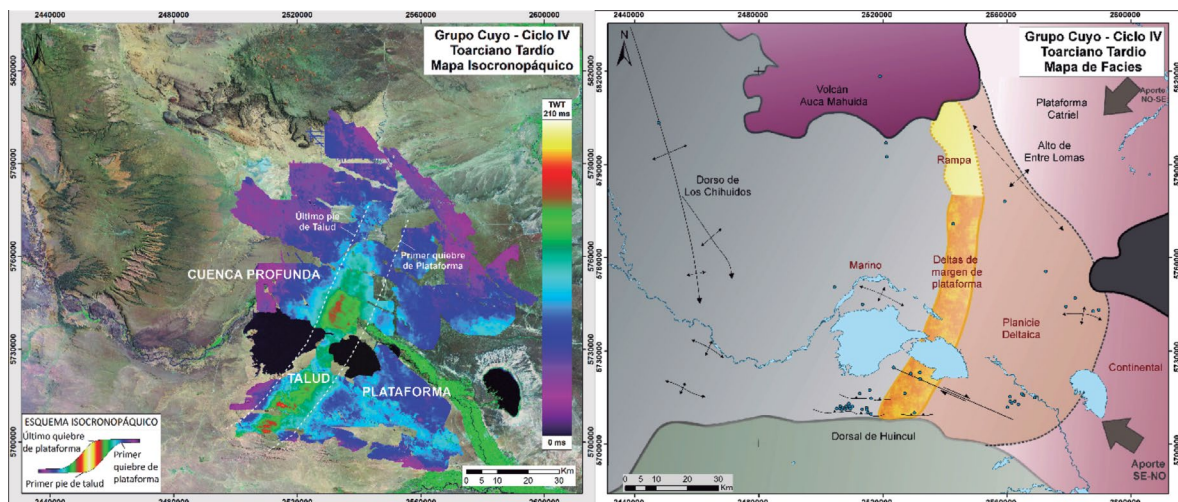


Figura 8. Mapas Ciclo IV. Geometrías sigmoidales definidas, es posible determinar la posición del quiebre de plataforma, talud y el inicio de la cuenca profunda. La configuración sigmoidal de las clinoformas disminuye ligeramente al norte.

Ciclo V y VI: Toarciano Tardío–Aaleniano

Estos ciclos se describen juntos, si bien están separados por una superficie de downlaps, no representan un cambio relevante en el sistema. De acuerdo con los isocronopáquicos (Figs. 9 y 10) las direcciones de progradación rotan E-O con un shift del sistema progradante hacia el oeste.

Ambos presentan un perfil de plataforma, talud y cuenca profunda definidos con un frente de aguas profundas bien establecido al sur (Fig. 16). Los quiebres de talud visualizados en la sísmica y los datos de pozos en la zona de Cupen Mahuida muestran que los frentes deltaicos llegan al

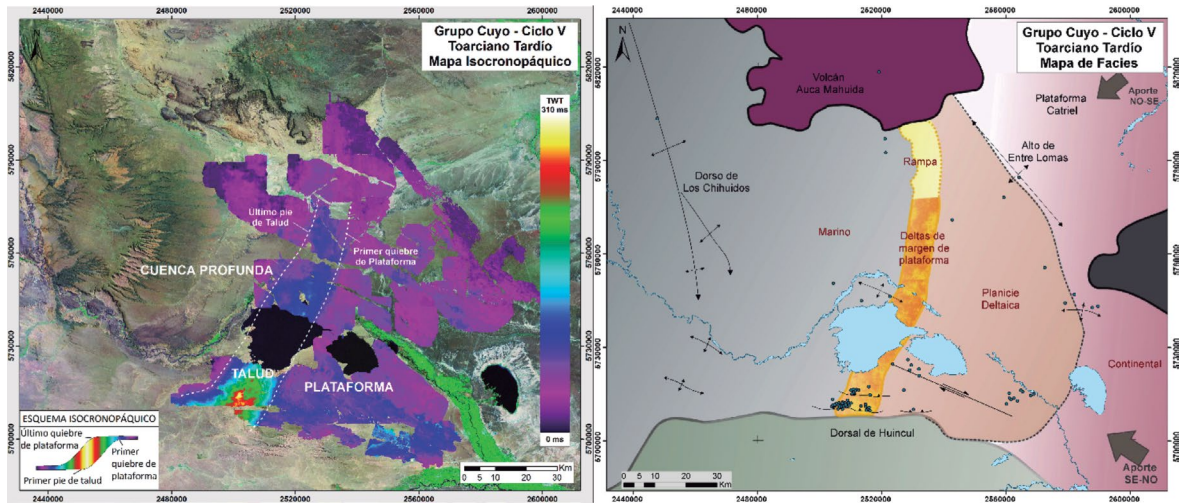


Figura 9. Mapas Ciclo V. Al sur se observan geometrías sigmoidales definidas donde se puede determinar la posición del quiebre de plataforma, talud y el inicio de la cuenca profunda. En tanto al norte la configuración sigmoidal de las clinoformas disminuye y se pasa a una configuración de rampa.

quiebre de plataforma. Asimismo, comienzan a aparecer facies netamente fluviales en los pozos al este (Los Caldenes) lo que permite delimitar la progradación de estas facies por sobre las de planicies deltaicas. Se observa una importante agradación de las facies de plataforma que a pesar del espacio de acomodación el sistema progresa. Al norte continúan las geometrías de rampas (Figs. 18, 19 y 20).

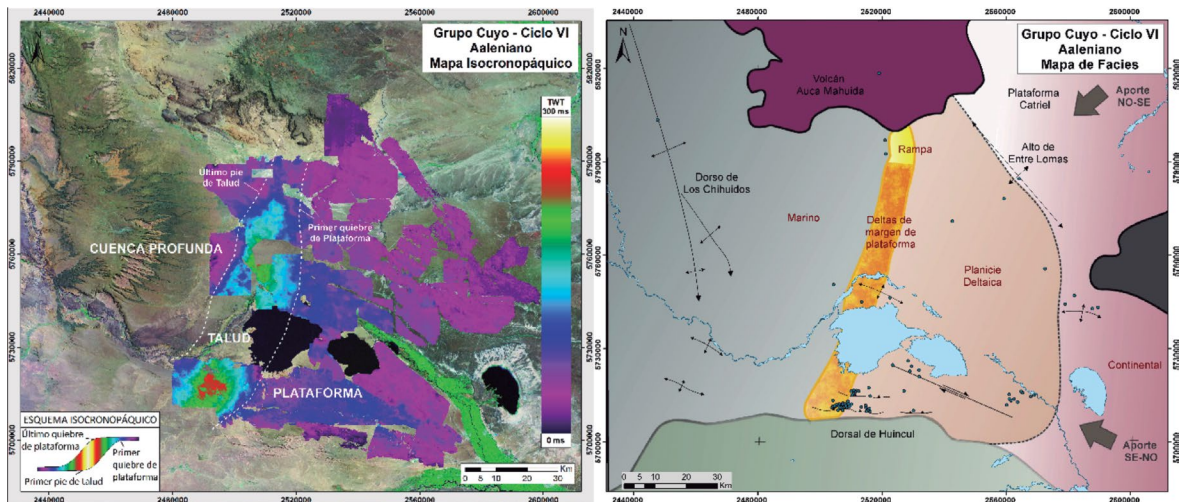


Figura 10. Mapa isocronopáquico Ciclo VI. Se puede diferenciar la plataforma con su quiebre, el talud y el pie de talud. La zona norte muestra un incremento del aporte evidenciado por la rotación de la zona progradante.

Ciclo VII: Aaleniano-Bajociano Temprano

Este ciclo marca un importante cambio paleogeográfico en la cuenca, con un abrupto *shift* del cinturón de facies hacia el oeste debido a un descenso relativo del nivel del mar (Fig. 11).

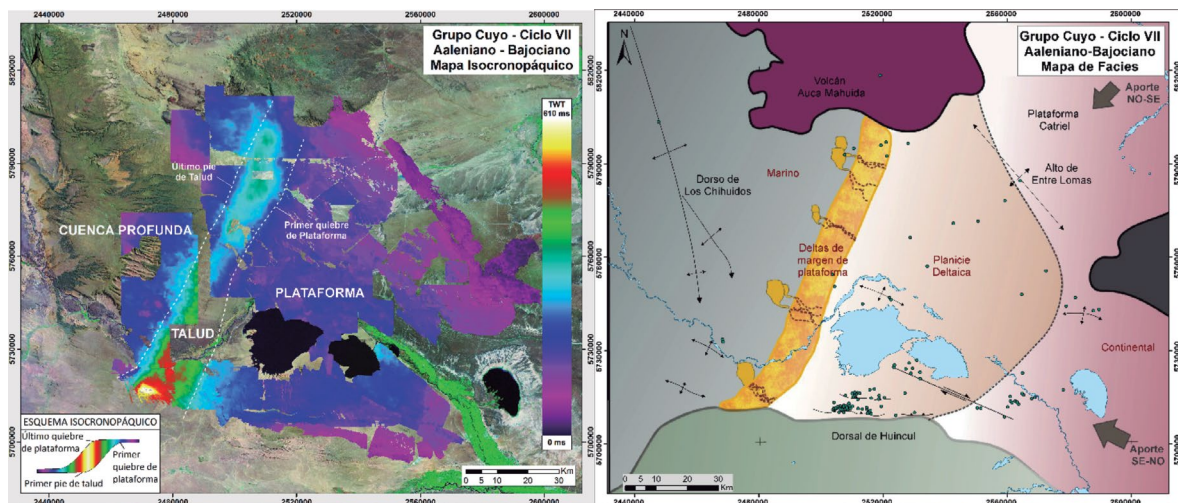


Figura 11. Mapas Ciclo VII. Se puede observar claramente el depocentro al SO. Muestra un shift hacia el depocentro en el sector SO. El sector norte ya no muestra geometría de rampa, se asume un aporte mayor proveniente del este y por eso la ligera rotación de las geometrías progradantes.

La misma tiene un impacto mayor en la zona sur debido a la presencia de un importante depocentro que podría ser explicado en parte por la subsidencia generada a partir del levantamiento de la Dorsal de Huincul. La trayectoria prácticamente horizontal de los márgenes de plataforma, como puede observarse en la sección sísmica de la figura 16, permite inferir la presencia de frentes deltaicos en los quiebres (Fig. 11) por 8 km hacia el continente.

Esta interpretación es soportada por los datos de pozos ubicados al sur del volcán Auka Mahuida que muestran la presencia de arenas de barras deltaicas en ciclos que suman hasta 240 m de espesor en los márgenes de plataforma, así como también un ancho de la franja deltaica entre 6 y 8 km (Fig. 18). Estas trayectorias horizontales generan migración de sedimentos hacia la cuenca profunda como lóbulos turbidíticos evidenciados por la existencia de canales alimentadores de los lóbulos que han sido perforados, además de todas las geometrías sísmicas visualizadas (Loss *et al.*, 2018). Hacia el tope del ciclo el espacio de acomodación aumenta, llegando incluso a agrandar en el área proximal.

Ciclo VII(T): Bajociano temprano

El Ciclo VII Transgresivo (T) se encuentra representado únicamente en el sur del área (Figs. 12 y 16) y fue mayormente visualizado a partir de las terminaciones sísmicas de onlap por la presencia de un intervalo con litologías asimilables a ambientes estuarinos y afectados por procesos mareales en los pozos de Cupen Mahuida y Lindero Atravesado. Estas evidencias apuntan a un retroceso del margen de plataforma hacia áreas más proximales y un aumento del espacio de acomodación vinculado al desbalance entre el aporte y la generación de subsidencia localizada al sur.

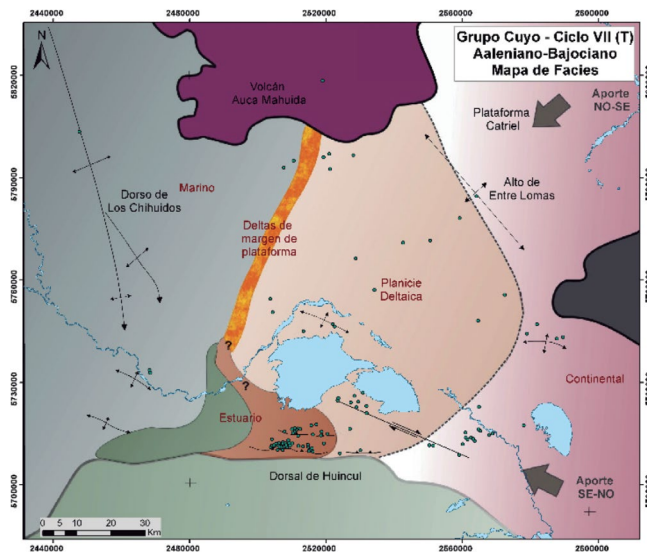


Figura 12. Mapa de facies Ciclo VII (T). Se observa la transgresión al sur del engolfamiento.

Ciclo VIII: Bajociano Tardío-Bathoniano

A escala regional el sistema prograda en dirección NO-SE, en el sur las paleocorrientes se dirigen al NO, en tanto que al norte el sistema avanza en franca dirección E-O (Fig. 13). El límite inferior del Ciclo VIII corresponde a la discordancia Intrabajociana, representada sísmicamente por importantes erosiones en la plataforma sobre el ciclo precedente a lo largo de toda su extensión Brinkworth *et al.*, (2017) (Figs. 16, 18, 19 y 20). El sistema prograda rápidamente evidenciado por el avance de los sistemas fluviales sobre las planicies deltaicas del ciclo anterior observado en los pozos de Borde Montuoso, Lindero Atravesado y Bajada del Palo.

Las trayectorias horizontales de los márgenes de plataforma al inicio del ciclo garantizan la

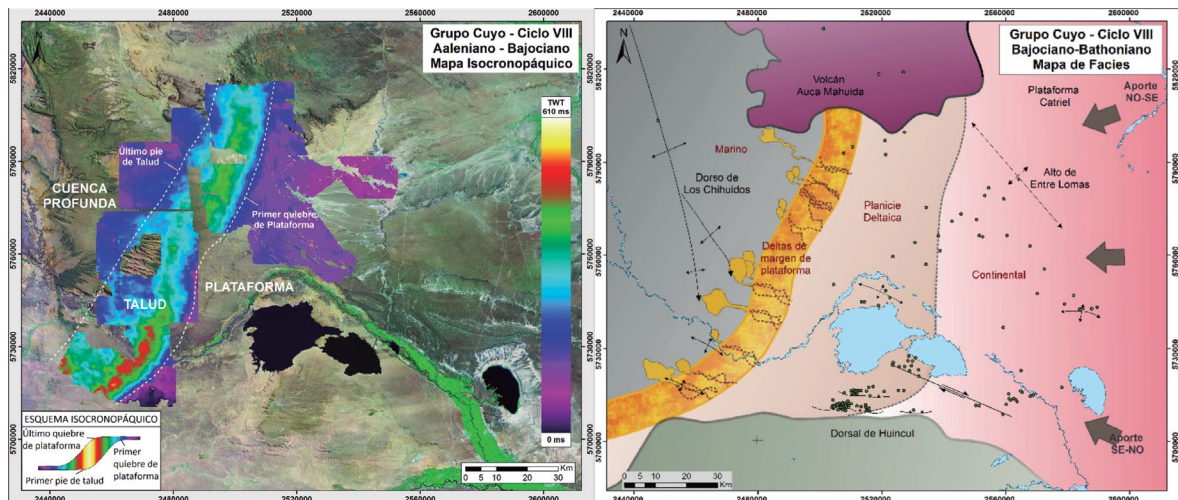


Figura 13. Mapas Ciclo VIII. La base del ciclo corresponde a la discordancia Intrabajociana, a partir de este momento se incrementa el aporte. Se observa un importante bypass de sedimentos hacia el fondo de la cuenca.

presencia de deltas en los quiebres además de estar documentados por los pozos ubicados al sur del Volcán Auca Mahuida, donde el apilamiento de barras de desembocadura genera stacks de hasta 260 m de espesor. Debido al alto aporte y consecuente migración de los sistemas deltaicos a los márgenes de plataforma se desarrollan espesos depósitos de lóbulos turbidíticos en el fondo de cuenca. Las morfologías lobulares fueron visualizadas a partir de extracciones de amplitud y descomposición espectral y los espesores calculados y comparados con los datos de afloramientos (Loss *et al*, 2018).

Ciclo IX: Bathonianoy Ciclo X: Bathoniano Tardío- Calloviano Temprano

El mapa de facies Ciclo IX (Fig. 14) muestra que se mantienen las direcciones de progradación del ciclo anterior con incremento de la tasa de progradación, probablemente relacionado con una disminución del espacio de acomodación (Fig. 15). Las trayectorias horizontales de los quiebres permiten el desplazamiento de arenas hacia los márgenes y fondo de cuenca en forma de lóbulos turbidíticos.

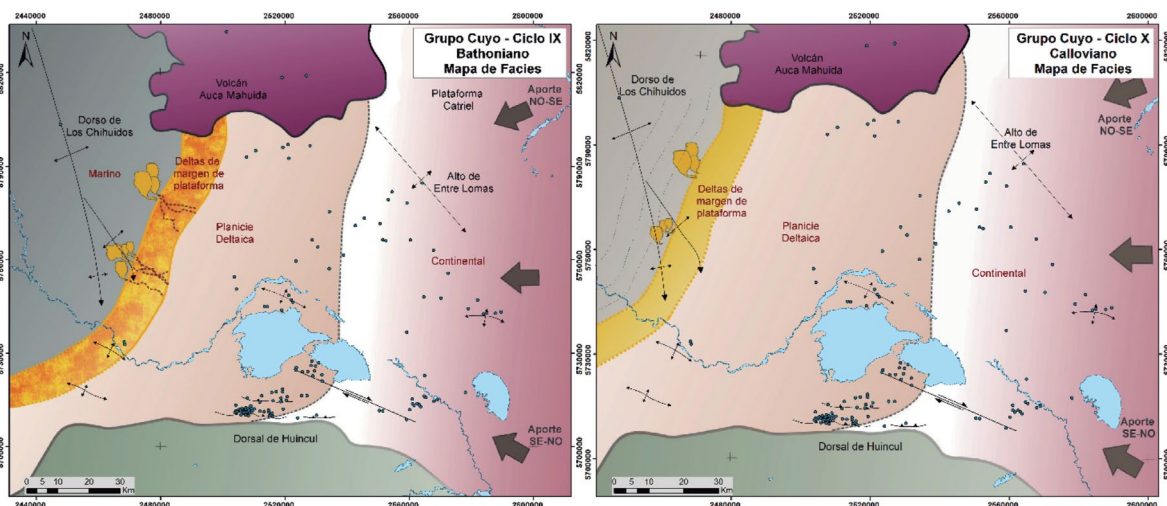


Figura 14. Mapas de facies Ciclo IX y X. Corresponde a la colmatación de la cuenca.

El Ciclo X corresponde al relleno final de la cuenca, con menor espacio de acomodación al oeste del área. Las geometrías sísmicas muestran un sistema progradante con espacio de acomodación escaso para generar agradación en los sectores más proximales, donde hay erosión y retrabajo de los sedimentos previamente depositados (Figs. 14 y 15).

Las imágenes sísmicas muestran la colmatación de la cuenca, la profundidad de agua disminuye posiblemente generándose *bypass* de sedimentos hacia zonas distales. El pozo AMCH.x-1 registra estos ciclos y se observa progradaciones principalmente margo-arcillosas. El complejo arenoso

basal de este pozo probablemente corresponda a lóbulos turbidíticos de las primeras clinoformas del Ciclo X.

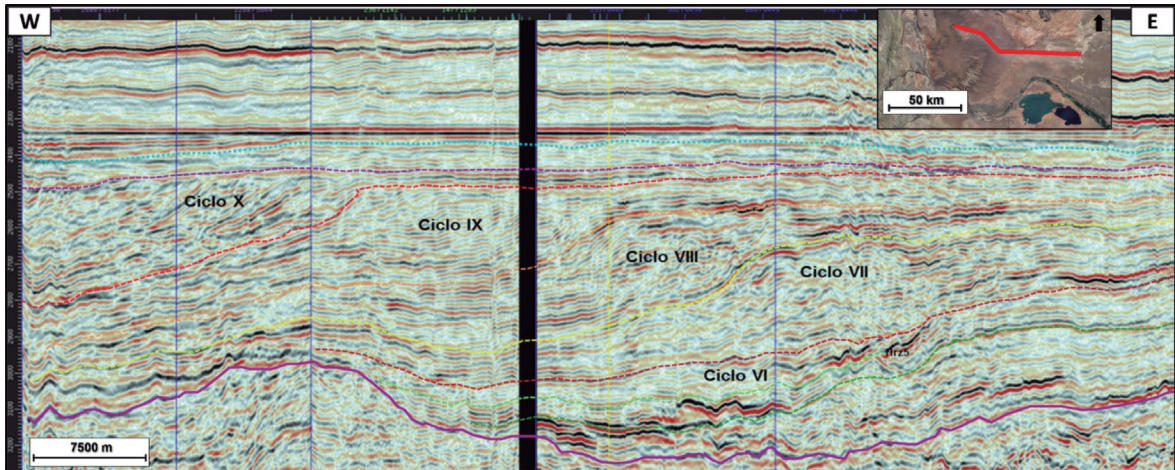


Figura 15. Línea sísmica mostrando la colmatación final de la cuenca al oeste de la zona de estudio.

El ciclo posiblemente culmina con la Formación Tábanos hacia el oeste y norte del área de estudio siguiendo la definición clásica del Grupo Cuyo.

Secciones regionales

La geometría de la cuenca varía notablemente de sur a norte, se realizaron cuatro secciones que muestran estos cambios y cuya ubicación se muestra en la figura 1.

El sector sur muestra un mayor aporte sedimentario junto con una activa subsidencia (depocentro) durante la depositación del Grupo Cuyo. El sector norte por el contrario presenta poco aporte sedimentario principalmente para los ciclos iniciales, visualizándose un incremento en la tasa de sedimentación a partir del Aaleniano (Ciclo VII), momento en el que es activo el flanco este de la cuenca.

Las secciones norte y sur fueron presentadas en detalle en Brinkworth *et al.*, 2017. En el presente trabajo se incorporan secciones centrales que permiten visualizar la transición que se observa entre las secciones previamente publicadas.

Sección Sur

En la sección sur (Fig. 16) se observa el inicio del sistema con una geometría de rampa caracterizada por facies arenosas irregulares (Ciclo II) que evoluciona a un frente de aguas profundas que permite la depositación de un cortejo de mar bajo. Un aumento relativo del nivel

del mar genera una transgresión con la consecuente migración de facies hacia el continente. Se observan deltas de plataforma interna perforados por los pozos de Lindero Atravesado Oriental, que presentan menores espesores y mayor intercalación de sedimentos finos (Ciclo III). En este intervalo se genera un *shift* del sistema al centro de la cuenca, el más importante de manera cualitativa durante la deposición del Grupo Cuyo (Fig. 17a). A fines del Toarciano (Ciclo IV) se produce un descenso relativo del nivel del mar que se expresa como una cuña de margen de plataforma (*Lowstand*), con la generación de clinoformas que presentan un quiebre de plataforma bien definido con una altura promedio del orden de los 300 m. Los frentes deltaicos de este intervalo son perforados por los pozos de las áreas de Lindero Atravesado Occidental y El Cordón mostrando que en este sector los deltas llegan a los quiebres de plataforma. A partir de este momento se configura un perfil de plataforma, talud y cuenca profunda y el sistema logra superar la estructura de Cupen Mahuida generando un frente mayor de aguas profundas (Ciclo V y VI).

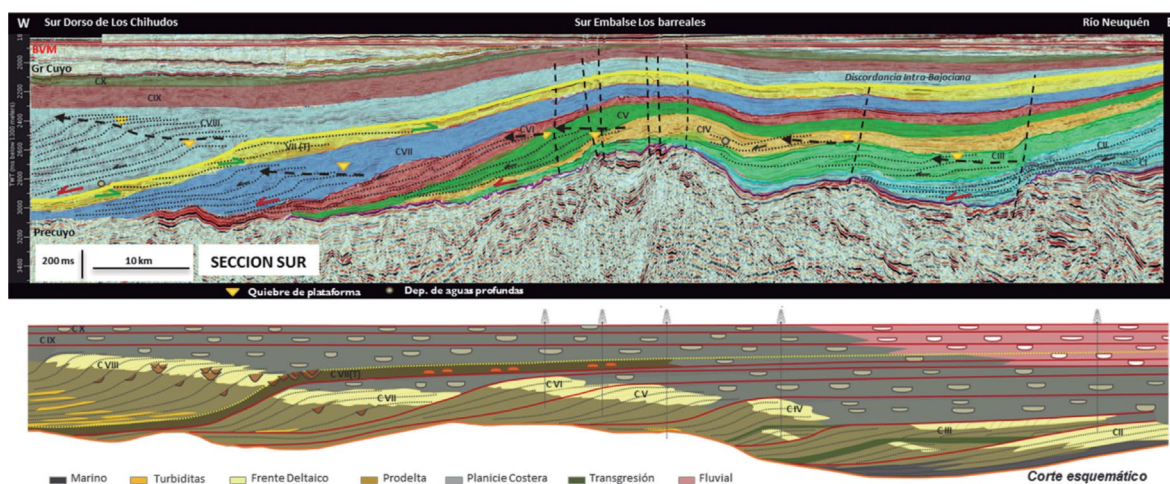


Figura 16. Sección Surnivelada a la Base de Fm. Vaca Muerta. Interpretación sísmica y distribución de facies.

En el Bajociano (Ciclo VII) se produce un descenso relativo del nivel del mar, desarrollándose un cortejo de mar bajo con trayectorias de quiebre de talud horizontales y erosiones en la base. Estas clinoformas iniciales son de menor altura que en el ciclo anterior ya que el nivel de mar bajo persiste y una importante parte de la deposición ocurre en el fondo de cuenca. Luego se revierte la tendencia con trayectorias cóncavas ascendentes y agradación en el área proximal que permite que el margen de plataforma alcance alturas similares al ciclo precedente. Un cálculo de volumen de sedimentos depositados y preservados para este ciclo muestra un gran aumento para este periodo llegando a valores que duplican el ciclo anterior. Este incremento notable del aporte se observa tanto al norte como al sur probablemente relacionado a la activación de los bordes de cuenca.

A continuación, se produce un rápido aumento del espacio de acomodación el sur del área

y corresponde a un estadio de inundación relacionado posiblemente a movimientos de la Dorsal de Huincul que continúa generando mayor espacio de acomodación en relación con el norte. Se produce una migración de las facies distales hacia áreas proximales representadas por onlaps sísmicos y litologías estuarino/mareales en los pozos de Cupen Mahuida, todos indicadores de un posible retroceso de la línea de costa.

El Ciclo VIII (Bajociano-Batoniano) se inicia sobre una superficie altamente erosiva con desarrollo de incisiones de gran magnitud en la plataforma asignadas a la discordancia Intrabajociana. A partir de este momento se registra el máximo aporte sedimentario durante la depositación del Grupo Cuyo que genera migración de las facies proximales al centro de cuenca (Fig. 17a). Al mismo tiempo se produce un gran salto de facies en los sectores proximales y en grandes porciones de la cuenca se instalan depósitos continentales (Fm. Challaco o Punta Rosada) sobre los de plataforma (Fm. Lajas).

Las trayectorias de los márgenes de plataforma horizontales sumado a la presencia de incisiones en los quiebres de plataforma apunta a una alta probabilidad de lóbulos turbidíticos en el fondo de cuenca y consecuente disminución del alto de las clinoformas.

Los ciclos finales no muestran progradaciones en esta sección, encontrándose en facies de planicies deltaicas y fluviales en el sector occidental.

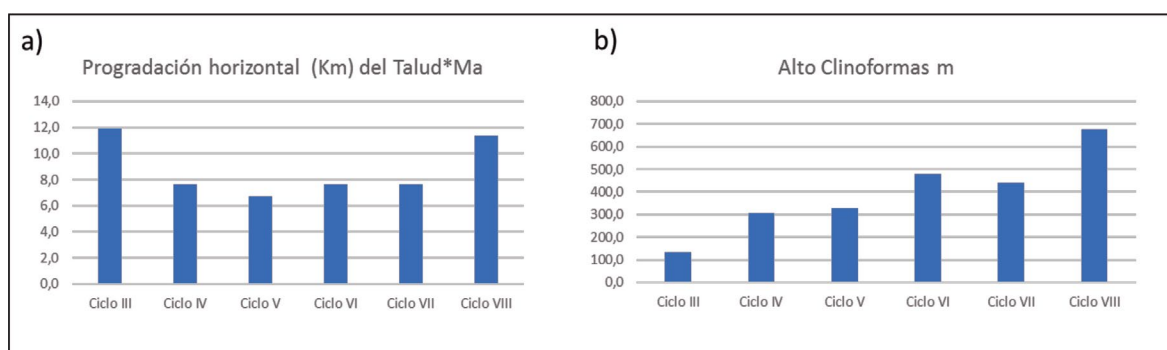


Figura 17. a) Avance del sistema progradante (km) por Ma. El Ciclo III presenta la mayor tasa de progradación hacia el centro de cuenca seguido por los Ciclos VIII y VII. b) Altura promedio de las clinoformas en m. Se puede ver en forma general un aumento progresivo de la altura. El valor del Ciclo VIII es un valor máximo promedio ya que durante este ciclo las trayectorias de los quiebres de plataforma son planos con poca agradación en la plataforma lo que provoca que el fondo de la cuenca se colmate. La tabla de valores absolutos de edades de cada ciclo figura en la figura 3c. La altura de clinoforma se calculó en función de las velocidades sónicas corregidas para cada ciclo y se tomó el alto de cada sigmoide corrigiendo el buzamiento.

Sección Norte

El sector norte se caracteriza por una altura de clinoforma menor que el sector sur, relacionado a un menor espacio de acomodación (menor tasa de subsidencia) y una tasa de aporte reducida por su distancia a la zona de aporte SE y con activación tardía del margen E.

La interpretación sísmica muestra geometría de rampa hasta el Ciclo VI y relaciones de

onlaps sobre el borde este y depositación de facies distales hasta el Toarciano tardío. A partir de este momento se activa el margen oriental de la cuenca y el sistema comienza a progradar hacia el oeste (Fig. 18). Para el Aaleniano – Bajociano se configura un margen de plataforma definido con trayectorias horizontales y desarrollo de incisiones en la plataforma y depósitos de lóbulos turbidíticos en los segmentos distales (Ciclo VII).

Al igual que en la Sección Sur, aunque en menor magnitud, se produce un desplazamiento del cinturón de facies hacia la cuenca (Ciclo VIII - discordancia Intrabajociana) con desarrollo de incisiones y bypass en la plataforma.

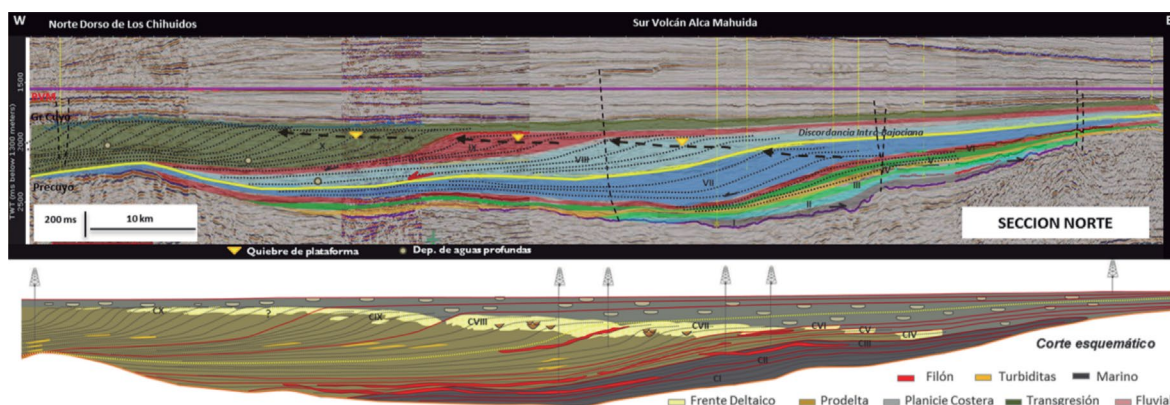


Figura 18. Sección Norte nivelada a la Base de Fm. Vaca Muerta. Interpretación sísmica y distribución de facies

Luego se observa un descenso relativo del nivel del mar y trayectorias de quiebre de talud ascendentes que se vuelven rectas generando agradación en el fondo de cuenca y produciendo una rápida colmatación, que hacia el Batoniano tardío - Calloviano temprano responde al relleno final de la cuenca, con menor espacio de acomodación al oeste del área. Las geometrías sísmicas muestran un sistema progradante con poco espacio de acomodación, erosión y retrabajo de las capas previamente depositadas. La mayor parte de la sedimentación clástica no puede ser retenida y migra hacia el fondo de la cuenca, reforzando aún más la colmatación. El Dorso de los Chihuidos actuó como un elemento positivo al oeste de la cuenca generando una zona de depósitos turbidíticos confinados a partir del Ciclo VII.

Sección Centro Sur

La sección atraviesa un alto estructural relativo (alto fondo), modificando las geometrías del sistema progradante y con menor altura de clinoformas respecto de la Sección Sur.

Los ciclos inferiores presentan geometrías de rampa de bajo ángulo; a partir del Ciclo IV comienza a configurarse un quiebre de plataforma definido relacionado al aporte del flanco oriental de la cuenca.

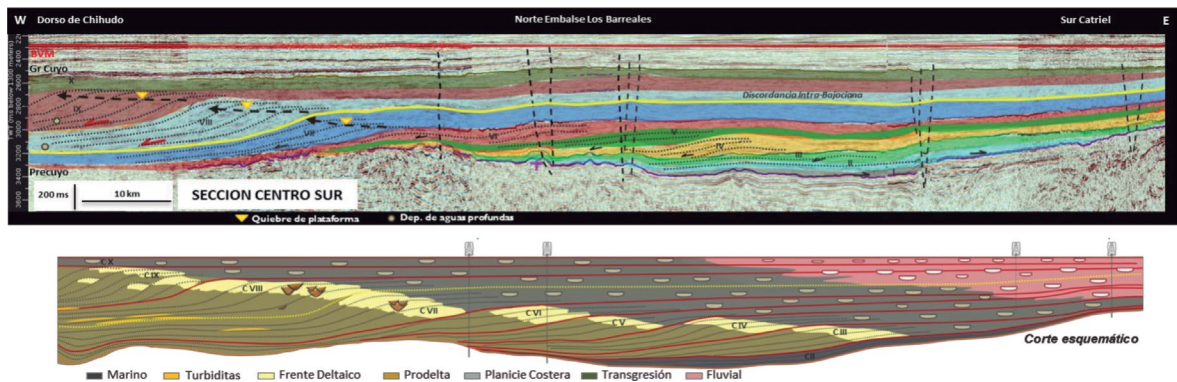


Figura 19. Sección Centro Sur nivelada a la Base de Fm. Vaca Muerta Interpretación sísmica y distribución de facies.

A partir del Toarciano tardío (Ciclo V), se observan facies fluviales en zonas proximales, los pozos someros del borde de cuenca muestran facies continentales para el intervalo temporal. La altura de las progradaciones disminuye y tiende a adquirirse una geometría intermedia entre rampa y talud (Fig. 19). A partir de este momento se observa en el Ciclo VI un *shift* de los quiebres de talud respecto del ciclo anterior. La tendencia progradante del sistema permite superar el alto fondo de La Calera y desarrollar un frente de aguas profundas definido, con mayor altura de clinoformas.

Un descenso del nivel del mar relacionado al inicio de una la activación de los bordes de cuenca y consecuente aumento del aporte sedimentario desde el borde oriental se produce respecto de los ciclos anteriores evidenciado por una ligera rotación de los taludes (Ciclo VII). Se observan incisiones a la base del intervalo vinculadas con erosión y bypass sedimentario en la plataforma y un incremento del espacio de acomodación con trayectorias ascendentes y agradación en la plataforma y en la cuenca profunda. La discordancia Intrabajociana al igual que en las otras secciones está caracterizada por profundas erosiones identificadas en sísmica. La trayectoria de los quiebres de talud es rectilínea a ligeramente ascendente lo que genera numerosas geoformas canalizadas en las clinoformas de menor jerarquía.

En los ciclos superiores los frentes deltaicos llegan a los quiebres de plataforma debido al alto aporte sedimentario y el ancho de plataforma reducido (menor a 15 km), se observa una importante agradación del fondo de cuenca con presencia de depósitos turbidíticos.

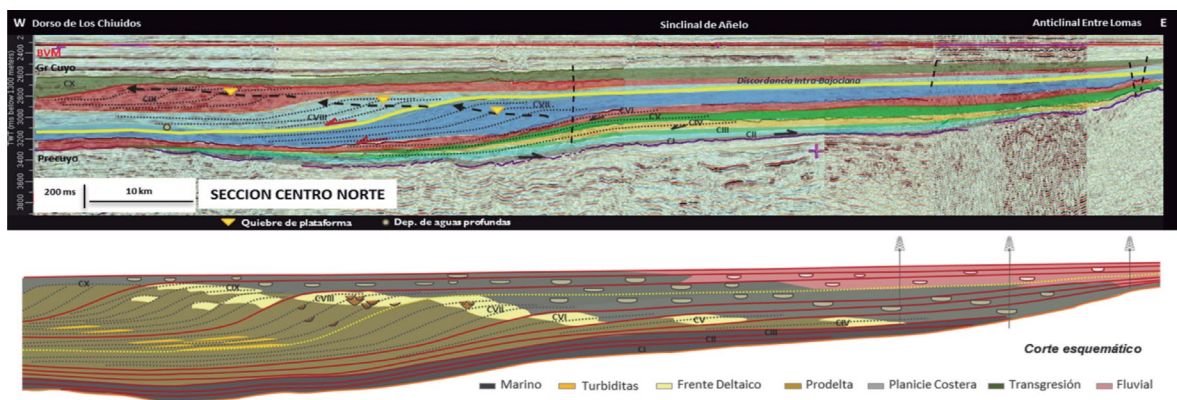


Figura 20. Sección Centro Norte nivelada a la Base de Fm. Vaca Muerta. Interpretación sísmica y distribución de facies.

SECCIÓN CENTRO NORTE

En la sección Centro Norte los ciclos inferiores muestran facies distales debido a que el borde este de la cuenca no es activo y el aporte proviene del SE. El Ciclo IV presenta configuración de rampa y se mantiene hasta el Toarciano tardío. Los pozos profundos de Borde Montuoso y Bajada del Palo muestran el desplazamiento de facies a partir del Bajociano tardío (Ciclo VIII) donde facies fluviales progradan sobre las de planicie deltaica. Puede observarse la rápida disminución del espacio de acomodación en los ciclos superiores, la presencia de lowstands y el amplio desarrollo de lóbulos turbidíticos en las porciones distales.

La figura 21 muestra una síntesis esquemática del modelo geológico aquí presentado donde se evidencia la posición cronoestratigráfica de las arenas basales de la Fm. Lajas. Es claro el carácter diacrónico de dicha formación ya que la misma corresponde a una definición litoestratigráfica (al igual que las formaciones Los Molles, Punta Rosada y Challaco). El esquema puede ser utilizado rápidamente para ubicar las arenas basales de los principales yacimientos y pozos que atraviesan el Grupo Cuyo.

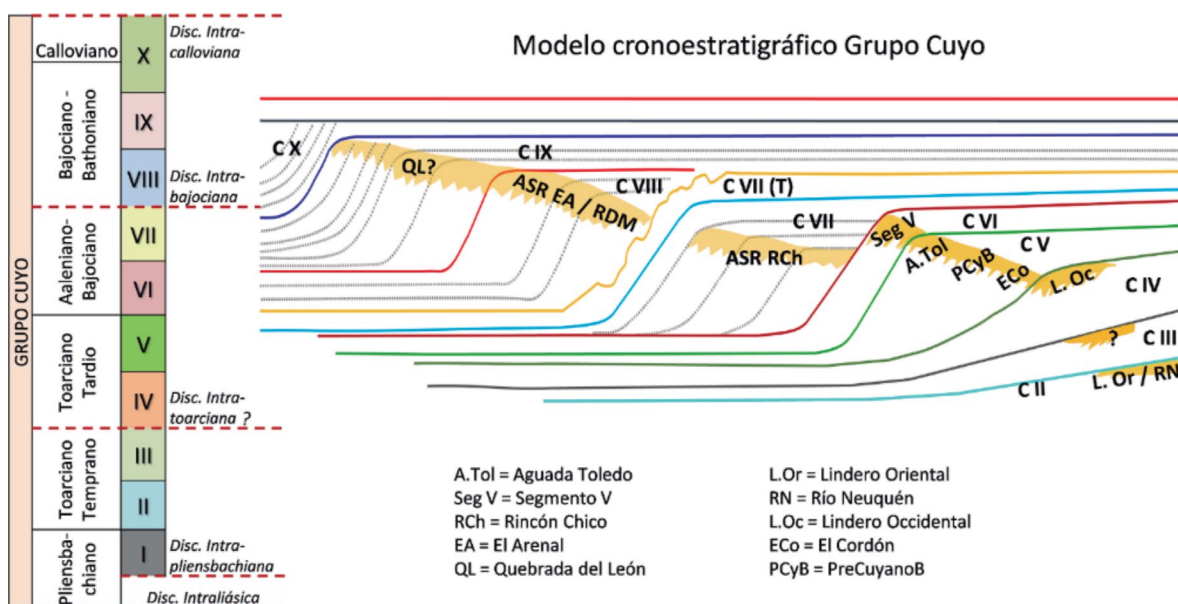


Figura 21. Esquema simplificado del modelo cronoestratigráfico. El color amarillo representa las arenas basales en cada uno de los pozos/yacimientos perforados.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Se reconstruyó la evolución paleoambiental del relleno inicial de la Cuenca Neuquina, como un sistema progradante, integrado por diez ciclos depositacionales. Cada ciclo implica variaciones laterales desde ambientes continentales a marinos profundos.

La discordancia Intrabajociana, resultado de una caída relativa del nivel del mar, se evidencia por notables erosiones, migraciones de los quiebres de plataforma y por un importante incremento del aporte sedimentario.

Se finalizó la interpretación detallada en Brinkworth *et al.*, (2017) incorporando los ciclos que representan la colmatación de la cuenca y un ciclo inicial que corresponde a los primeros estadios del Grupo Cuyo.

El estudio integral de las geometrías sísmicas, el control bioestratigráfico y las dataciones U-Pb en circones detríticos permitieron mejorar la calibración temporal del relleno del Grupo Cuyo.

Los mapas de facies representan la probabilidad de encontrar una determinada asociación de facies para cada intervalo temporal junto a cuatro secciones regionales que muestran con mayor detalle la evolución del sistema.

La distribución de facies para cada intervalo temporal en conjunto con la evolución tectono-sedimentaria permite identificar oportunidades exploratorias y de avanzada.

REFERENCIAS CITADAS

- Angellozzi, G., 1988. Nanofósiles Toarcianos en la Formación Los Molles del perfil Picún-Leufú, Cuenca del Neuquén. República Argentina. 4° Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía Actas 3:137-144. Mendoza.
- Ballent, S.C., 1997. Lenticulina quenstedti (Gümbel) (Protista-Foraminifera) from the Middle Jurassic of Western Argentina. Ameghiniana 34: 453-460.
- Bettini, F.H., 1984. Pautas sobre cronología estructural en el área del cerro Lotena, cerro Granito y su implicancia en el significado de la Dorsal del Neuquén, provincia del Neuquén, IX Congreso Geológico Actas II:342-361. S.C. de Bariloche.
- Bown, P. R., Cooper, M.K.E., and Lord, A. R., 1988. A calcareous nannofossil biozonation scheme from the early to mid Mesozoic. Newsletter on Stratigraphy, 20:94-114.
- Brinkworth, W., Vocaturro, G., Loss, L. Giunta, D., Mortaloni, E. y Massafiero, J.L., 2017. Integración regional de subsuelo orientado a la exploración y desarrollo de Grupo Cuyo, Cuenca Neuquina. XX Congreso Geológico Argentino. Tucumán.
- Dellape, D.A., Mombru, C., Pando, G.A., Riccardi, A.C., Uliana, M.A., y Westermann, G.E.G., 1979. Edad y correlación de la formación Tábanos en Chacabuco y otras localidades de Neuquén y Mendoza. Con consideración sobre la distribución y significado. Obra del Centenario del Museo de la Plata V:81-105.
- Gulisano, C.A., Gutierrez Pliemling A. y Digregorio, R.E., 1984. Análisis estratigráfico del intervalo Tithoniano - Valanginiano (Formaciones Vaca Muerta-Quintuco y Mulichinco) en el suroeste de la provincia del Neuquén. Actas 9° Congreso Geológico Argentino, 1:221-235. Buenos Aires.
- Gulisano, C.A. y Hinterwimmer, G., 1986. Facies deltaicas del Jurásico medio en el oeste de Neuquén. Boletín de Informaciones Petroleras, 3ª Época, III (8):2-31.
- Gulisano, C. y Gutierrez Pliemling, A., 1995. Field guide: The Jurassic of the Neuquén Basin. a) Neuquén province. Revista Asociación Geológica Argentina.

- tina, Serie E, 2:1-111, Buenos Aires.
- Hallam, A., 1991. Relative importance of regional tectonics and eustasy for the Mesozoic of the Andes. En D. I. M. MacDonald (Ed.), *Sedimentation, tectonics and eustasy. Sea level changes at active margins*. Special Publication of the International Association of Sedimentologists 12:189-200.
- Helland Hansen, W., Steel R.J., Somme T., 2012. Shelf genesis revisited. *Journal of Sedimentary Research*. Vol.: 82: 133-148
- Legarreta, L. y Gulisano, C., 1989. Análisis estratigráfico secuencial de la Cuenca Neuquina (Triásico superior – Terciario inferior), Argentina. En Chebli, G. A. y L.A. Spalletti (Eds.): *Cuencas Sedimentarias Argentinas. Serie Correlación Geológica*, 6:221-243. San Miguel de Tucumán.
- Limeres, M., 1996. Sequence stratigraphy of the Lower - Middle Jurassic in southern Neuquén: implication for unravelling synsedimentary tectonics along the Huincul wrench system. En Riccardi, A.C. (Ed.): *Advances in Jurassic Research*. *Georesearch Forum*, 1-2:275-284. Zurich.
- Loss, M., Brinkworth, W., Vocaturro, G., Sanchez, D., Mortaloni, E., Olariu, C. y Steel, R., 2018. Shelf edge deltas, canyon systems and turbidites in the cuyo group: plays definition from regional seismostratigraphic interpretation with support of analogous outcrops. X Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. Mendoza, 2018. En prensa.
- Mosquera, A., 2002. Inversión tectónica jurásico inferior en el sector central de la Dorsal de Huincul, Área Los Bastos. IV Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. Mar del Plata, 2002.
- Naipauer M., 2017. Servicios en separación, análisis de procedencia y edades U-Pb en circones detríticos de unidades sedimentarias de la cuenca Neuquina: "ARENISCAS DEL GRUPO CUYO" Informe IV – POZO YPF-Nqn-Laj-112. Informe Interno, YPF.
- Paim, P.S.G., Silveira A.S., Lavina, E.L.C., Faccini, U.F., Leanza, H.A., Texeira de Oliveira J.M.M. y D'Avila, R.S.F., 2008. High resolution stratigraphy and gravity flow deposits in the Los Molles Formation (Cuyo Group - Jurassic) at the La Jardinera region, Neuquén Basin. *Revista de la Asociación Geológica Argentina. Simposio Jurásico de América del Sur*. 63(4): 728-753. Buenos Aires.
- Paim, P.S.G., Lavina, E.L.C., Faccini, U. F., Da Silveira, A. S., Leanza, H. y D'Avila, R.S.F., 2011. Fluvial-derived turbidites in the Los Molles Formation (Jurassic of the Neuquén Basin): Initiation, transport, and deposition, in R. M. Slatt and C. Zavala, eds., *Sediment transfer from shelf to deep water—Revisiting the delivery system: AAPG Studies in Geology* 61, p. 95–116.
- Riccardi, A.C., 1984. Las asociaciones de amonitas del Jurásico y Cretácico de la Argentina. 9 Congreso Geológico Argentino, Actas 4: 559- 595.
- Schiuma, M., Rodríguez, E., Tortora L. y Llambias, R., 2011. Depósitos de origen volcánico en el yacimiento Cupen Mahuida, Cuenca Neuquina, Argentina. VII Congreso de Exploración y Desarrollo de hidrocarburos. IAPG, 147-167.
- Steel, R., 2017. Estudios de Afloramiento zona Arroyo La Jardinera. Reporte Interno YPF.
- Veiga G. D., 2002. Evolución paleogeográfica y paleoambiental de los depósitos continentales del Jurásico Medio en el sector austral de la Cuenca Neuquina, República Argentina. *Asociación Argentina de Sedimentología Revista* (2002), vol. 9 N° 1: 83-108.
- Vergani, G.D., Tankard, A.J., Bellotti H.J. y Welsink, H.J., 1995. Tectonic evolution and paleogeography of the Neuquén Basin, Argentina. En A.J. Tankard, R. Suarez y H.J. Welsink (Eds.), *Petroleum Basin of South America*. American Association

- tion of Petroleum Geologist Memoir 62:383-402.
- Vergani, G., 2002. Control estructural de la sedimentación jurásica (Grupo Cuyo) en la Dorsal de Huincul. informe inédito, Repsol – YPF.
- Zavala, C. A., 1996a. Sequence stratigraphy in continental to marine transitions. An example from the middle Jurassic Cuyo Group, South Neuquen Basin, Argentina. En A.C. Riccardi (Ed.), Advances in Jurassic Research. GeoResearch Forum 1-2: 285-294.
- Zavala, C. A., 1996b. High resolution sequence stratigraphy in the middle Jurassic Cuyo Group, South Neuquen Basin, Argentina. En A. C. Riccardi (Ed.), Advances in Jurassic Research. GeoResearch Forum 1-2: 295-304.



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

**Energía y Sociedad
aliados inseparables
Mendoza 2018**