

EVOLUCIÓN TECTONOSEDIMENTARIA DEL GRUPO CUYO EN EL ÁMBITO OCCIDENTAL DE LA DORSAL DE HUINCUL, CUENCA NEUQUINA, ARGENTINA

David Giunta¹, Luis Pedro Fernández², Josep Poblet², José Luis Massaferro¹

1: YPF S.A., david.giunta@ypf.com, jose.massaferro@ypf.com

2: Universidad de Oviedo, España. lpedro@geol.uniovi.es, jpoblet@uniovi.es

Palabras clave: Relaciones tectónica-sedimentación, progradación, Grupo Cuyo

ABSTRACT

Tectosedimentary evolution of the Cuyo Group in the Western segment of the Huincul High, Neuquén Basin, Argentina

Based on subsurface data, this work documents the relationships between tectonics and sedimentation during the Early Pliensbachian–Early Callovian (Cuyo Gr.) in the western segment of the Huincul High, one of the most complex areas of the prolific Neuquén basin (Argentina). The Cuyo Gr., which records the opening of the Neuquén Basin to the proto-Pacific Ocean, constitutes an up to 2,800 meter-thick second order transgressive–regressive sequence composed of basinal organic-rich shales, interbedded with fine to coarse grained sandstones, and slope mudstones (Los Molles Fm.), shallow-water and coastal conglomerates, sandstones and shales (Lajas Fm.), and terrestrial reddish deposits (Challacó Fm.). The Huincul High is a 300 km W-E oriented complex macrostructure comprising paleohighs, folds and folds related to reverse and inverted normal faults, generated under a N30°W Σ 1 compressive event during Jurassic and Cretaceous time. The stratigraphy and structure of the Huincul High has been studied at different scales during more than 100 years, due to the multilayer complex oil and gas fields present there. Nevertheless, data dispersion coupled with less information compared to adjacent areas (notably the Neuquén Embayment) have hindered its understanding and the stratigraphic correlations between both areas.

The main goals were a) to carry out a new stratigraphic and structural interpretation based on data integration, b) to define a correlation skin between fields, and c) to analyze the unit equivalence between this environment and the less deformed Embayment.

Data used in this work include 3,000 km² of 3D seismic, completed with logs, core, cutting and biostratigraphic data from more than 80 wells. Subsurface data significantly improved our 3D understanding of the Huincul High. Interpreted cycles reveal a large-scale progradational, shallowing-upward pattern for the Cuyo Gr., punctuated by several major seismic surfaces, including two angular unconformities, traceable into those defined in the adjacent Embayment. Both upwards and updip, distal aggradational deep-water TOC-rich shales evolve into slope mudstones with a sigmoidal seismic-scale geometry (Los Molles Fm.) and then into coastal and finally continental deposits (Lajas and Challacó Fms., respectively) with horizontal to discontinuous seismic facies. The oldest units display a ramp geometry, which after the Intra-Toarcian unconformity event evolved into a well-defined clinoformal geometry revealing an overall northwestward progradation of the entire system. The improved 3D information of the Huincul High shows that the Cuyo Gr. stratigraphy and depositional-system geometry were deeply controlled by the Huincul High structures and their timing.

INTRODUCCIÓN

El Grupo Cuyo (Pliensbachiano Inferior-Calloviano Inferior) constituye el primer registro de la Cuenca Neuquina tras su apertura al océano proto-Pacífico. Se organiza en un ciclo transgresivo-regresivo de segundo orden, integrado por las Formaciones Los Molles, Lajas y Challacó, siendo uno de los objetivos principales en la explotación y exploración de dicha cuenca (Fig. 1A). En la Dorsal de Huincul (Fig. 1B), uno de los ambientes morfoestructurales más explorados y desarrollados de la Cuenca Neuquina, los estudios que incluyen al Grupo Cuyo han sido enfocados principalmente en aspectos sedimentológicos/paleoambientales o estructurales, que abarcan desde la escala del yacimiento (Mosquera 2002; Pángaro *et al.* 2005; Allo *et al.* 2014; Hlebszevitsch y Corbera 2014, entre otros) hasta la exploratoria (Orchuela *et al.* 1981; Gómez Omil *et al.* 2002; Vergani 2002; Pereira y Micucci 2006; Silvestro y Zubiri 2008; Pángaro *et al.* 2009, Mosquera *et al.* 2011, Limeres 2011, Kim *et al.* 2014 entre otros). Sin embargo, la participación de diversas compañías en el desarrollo de los distintos campos llevó a una fragmentación de la información del subsuelo, con nomenclaturas e interpretaciones locales que hacen difícil la obtención de una síntesis a una escala regional.

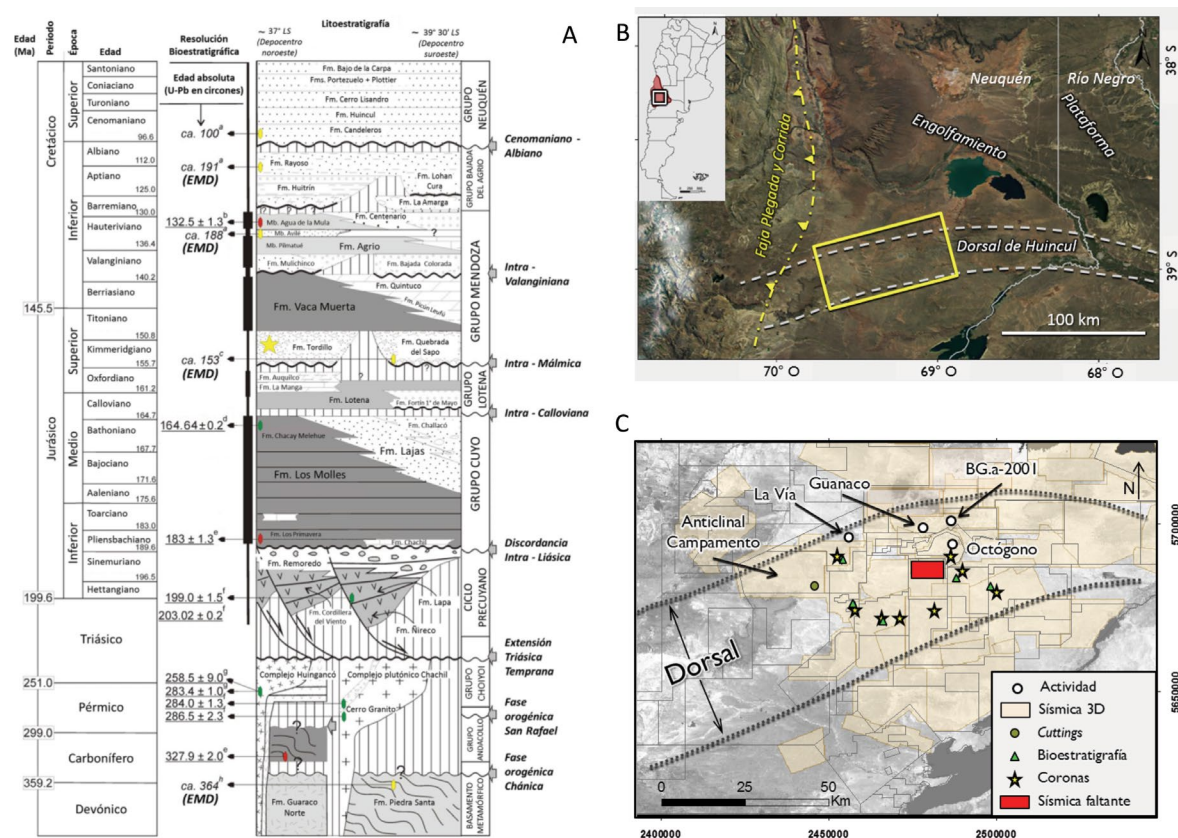


Figura 1. A) Columna estratigráfica de la cuenca (modificada de Naipauer, 2016). B) Mapa de la Cuenca Neuquina con los principales elementos morfoestructurales y área de estudio (rectángulo amarillo). C) Base de datos disponible y actividad de perforación registrada por YPF en el período 2016-2017 empleados en este estudio.

Luego de la incorporación de la compañía Apache (posteriormente YSUR) en el año 2015 a YPF, se comenzó con la integración de la información de ambas compañías, generando una extensa y completa base de datos de pozos, coronas e imágenes sísmicas 2D/3D (Fig. 1C). Durante el período 2016-2017, YPF realizó la perforación de pozos de avanzada en los bloques de Cerro Bandera, Octógono y Al Norte de la Dorsal con resultados favorables. Esto potenció la necesidad de contar con una nueva interpretación de la Dorsal de Huincul a partir de la información existente, así como la vinculación de esta nueva interpretación con la realizada por Brinkworth *et al.* (2017), en el ámbito del engolfamiento, que permitiera una visión integral de todo el Grupo Cuyo en una extensa porción de la cuenca.

OBJETIVOS

La finalidad de este estudio fue: 1) realizar una interpretación estratigráfica y estructural de la Dorsal de Huincul, a partir de la integración de los datos arriba mencionados, 2) definir un esquema estratigráfico común para todos los yacimientos operados por la compañía y 3) analizar la correlación de las unidades estratigráficas de la Dorsal con las del engolfamiento.

ZONA DE ESTUDIO

La Dorsal de Huincul es una macroestructura compleja, de orientación O-E compuesto por numerosas estructuras que han sido sometidas a un campo de esfuerzos compresivo cuyo σ_1 poseía una orientación aproximada N°30O durante el Jurásico Inferior y el Cretácico (Silvestro y Zubiri 2008).

La zona de estudio se ubica en el sector occidental de la Dorsal de Huincul (Fig. 2), estableciéndose como límite sur la falla de Divisadero (falla blanca en los cortes sísmicos), más allá de la cual no se dispone de datos bioestratigráficos precisos.

METODOLOGÍA

Se realizó una interpretación combinada estratigráfica-estructural para obtener, a partir de la sísmica, líneas tiempo patrón que guíen el mapeo de los horizontes a lo largo de las diferentes estructuras. En consecuencia, se definió un esquema evolutivo estratigráfico de menor resolución del que se dispone del engolfamiento (Brinkworth *et al.*, 2017), pero con algunos horizontes tiempo comunes que permiten establecer algunos puntos de conexión entre ambos ambientes morfoestructurales.

El flujo de trabajo incluyó: 1) la calibración sísmica-pozo de más de 80 pozos distribuidos a lo largo de la Dorsal; 2) la incorporación de información de los pozos (bioestratigrafía, *cuttings* y

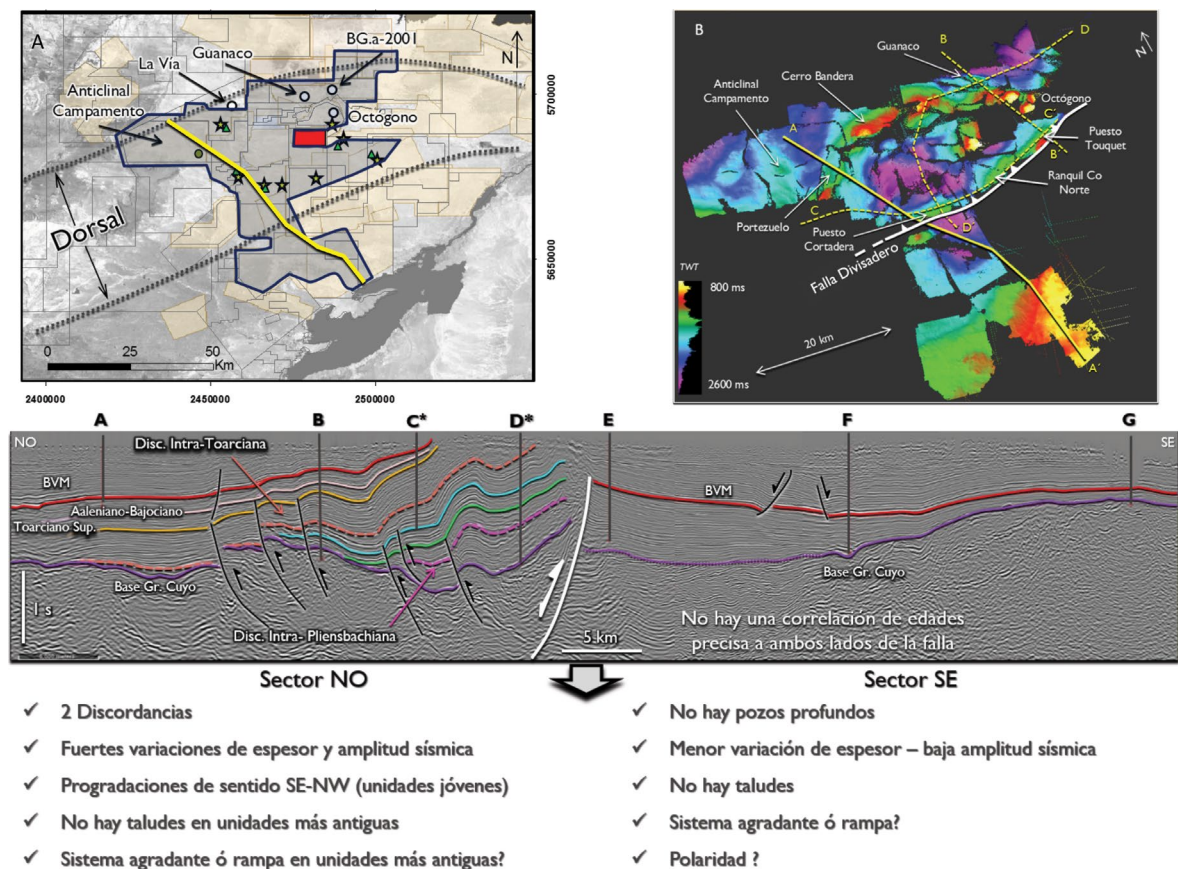


Figura 2. A) Mapa de ubicación del mapa estructural ilustrado en B) y del corte sísmico ilustrado en C). B) Vista 3D del mapa estructural en tiempo al horizontesísmico de la Base del Grupo Cuyo con las principales estructuras que componen la porción occidental de la Dorsal de Huincul. También se encuentra la ubicación del corte sísmico -AA'- mostrado en C), junto a las demás secciones estructurales analizadas en este trabajo. C) Corte sísmico NO-SE interpretado, con los principales elementos geométricos distinguibles en el Grupo Cuyo para cada sector destacado.

coronas) y 3) la interpretación sísmica de ocho superficies con continuidad regional y más de 700 planos de falla en 3D identificados en más de 15 volúmenes sísmicos, alcanzando una superficie de estudio superior a los 3.000 km² (Fig. 2A).

La selección de secciones estructurales clave ha permitido comprender la evolución conjunta de toda la zona a partir del análisis de las relaciones tectónica-sedimentación. En el presente trabajo se describen las principales discontinuidades/superficies estratigráficas y su relación con las diferentes estructuras tectónicas del área de estudio.

El problema de la oblicuidad en el análisis estructural

Mosquera y Ramos (2005) y Silvestro y Zubiri (2008) entre otros, documentan la dirección del eje de máximo esfuerzo tectónico σ_1 que afectó la zona durante el Jurásico y Cretácico, con una orientación aproximada N30°O. Giunta *et al.* (2015) y Brinkworth *et al.* (2017) muestran,

a partir de la interpretación sísmica 3D regional, un arreglo progradante del Grupo Cuyo, el cual evidencia rasgos de evolución desde una geometría del talud de tipo rampa a un desarrollo de plataforma con quiebres. Esta geometría, diagnóstica de la polaridad de la sedimentación, se orienta en las unidades más antiguas con sentido SE-NO, para luego rotar paulatinamente hasta ser casi E-O inmediatamente al norte de la zona central de la Dorsal de Huincul (Fig. 3).

Este arreglo sedimentario, con una disposición inclinada de los reflectores sísmicos en la dirección de avance de la unidad, genera una dificultad extra en el análisis cinemático de las estructuras a partir de una sección 2D, en el caso de que la misma sea construida respetando la dirección de σ_1 Jurásico, ya que, con una visión estructural, estas “capas en abanico” serían confundidas con facilidad como geometrías de crecimiento asociadas al movimiento de una estructura (Fig. 3C). En el caso de este estudio en la Dorsal de Huincul, para realizar el análisis de las estructuras, debe tenerse en cuenta la dirección de máximo acortamiento dictada por el σ_1 , pero sin perder de vista que muchas angularidades internas de la unidad se van a deber al arreglo sedimentario, producto de progradación de los taludes, y no a condicionantes estructurales.

En la figura 3, se presenta el mapa regional con la ubicación de las secciones seleccionadas para el estudio. Para evitar los errores de correlación y del análisis del timing de las estructuras producto del problema de la oblicuidad explicado con anterioridad, la selección de dichas secciones fue posterior a la interpretación 3D. El criterio de selección intentó abarcar todas las características estructurales y sedimentarias que han sido identificadas a lo largo del trabajo, con el fin de realizar una descripción objetiva de todos los elementos que han participado en el desarrollo de la evolución del área, sin ponderar una variable sobre la otra. Las secciones A y B se han orientado buscando mantener en todo momento la perpendicular a las estructuras que atraviesan. La sección C se orienta en el sentido del rumbo de los horizontes, lo cual permite documentar la correlación entre diferentes yacimientos del área así como identificar la polaridad del sistema dentro de las unidades inferiores que no presentan geometrías oblicuas en la sísmica, logrando de esta manera un mejor entendimiento del sistema en su totalidad. Por último, se analiza una sección -D-, que permite conectar la Dorsal con el Engolfamiento, mostrando el grado de precisión alcanzado en la correlación entre estos dos ámbitos tan distintos de la cuenca.

Sección Estructural AA': Anticlinal Campamento – Barda Colorada Este (Fig. 4)

Descripción

Esta sección, de aproximadamente 40 km de longitud, parte del bloque Anticlinal Campamento, en un depocentro ubicado inmediatamente al norte de la estructura de basamento de orientación NO-SE que contiene el yacimiento de igual nombre. Presenta una orientación ONO-ESE atravesando la estructura denominada Anticlinal Campamento este y luego pasa a

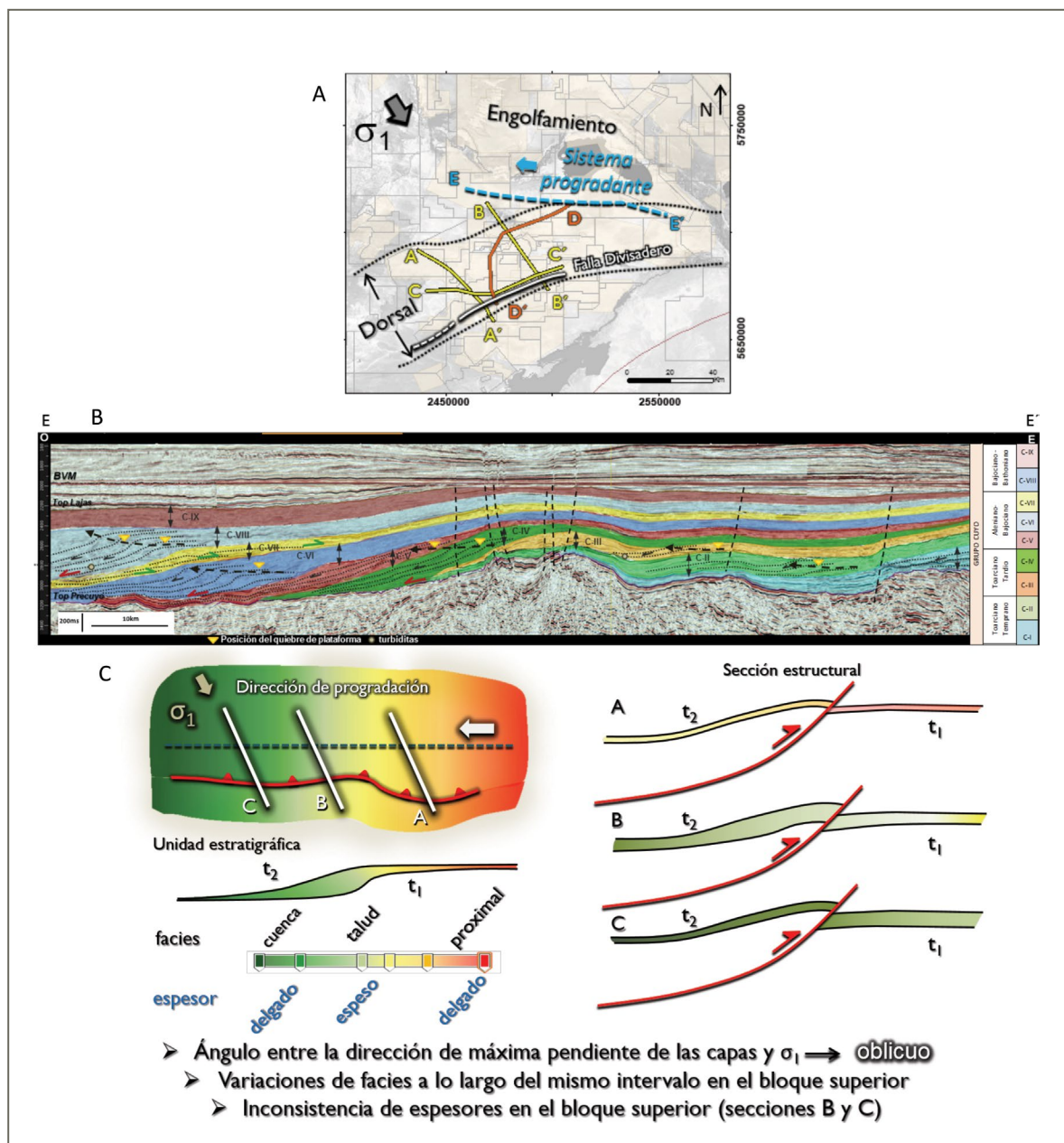


Figura 3. A) Mapa base con las secciones estructurales seleccionadas para este trabajo (letras) y ubicación de la sección sísmica de la Fig. B (trazo discontinuo azul). B) Sección de referencia del Grupo Cuyo en el ámbito del engolfamiento neuquino (tomado de Brinkworth *et al.* 2017). C) Vista en planta y cortes estructurales simplificados en un escenario de oblicuidad entre la dirección del sistema progradante y la dirección del máximo esfuerzo tectónico σ_1 (tomado de Giunta *et al.* 2016). Ver explicación en texto.

orientarse NO-SE, intersectando primero el alto de Portezuelo para posteriormente dirigirse hacia el sur, pasando por los pozos Barda Colorada Norte (BCN.x-1) y Barda Colorada Este (BCE.x-1) (Fig. 4).

En líneas generales, se pueden resaltar los siguientes puntos:

(I) Desde el punto de vista estructural, la porción SE del corte está afectada por fallas profundas de basamento de relativo alto ángulo y edad variable.

(II) Estratigráficamente, se distinguen 2 intervalos, separados por la discordancia Intra-Toarciana, que presentan distinta extensión lateral y distribución de espesores. El intervalo inferior se apoya sobre la discordancia Intra-Liásica (base del Grupo Cuyo), tiene una distribución areal restringida y alcanza gran espesor en el sur donde su registro estratigráfico es más completo. El intervalo superior es más continuo lateralmente y de espesor más constante, aunque en el sur está parcialmente erosionado.

(III) En el depocentro principal, el intervalo inferior(1) bajo la Discordancia Intra-Toarciana consta de varias unidades (Fig. 4):

La unidad basal (1a) está datada como Pliensbachiano Inferior alto-Pliensbachiano Superior bajo, a partir de la presencia de nanofósiles asignados a la parte inferior de la Zona de Fanninoceras (GEMA 2001) en el pozo BCE.x-1, el único de la zona que ha perforado este intervalo. Su espesor es muy variable, alcanza 1.100 m en dicha perforación y disminuye tanto hacia el NO, debido al *onlap* sobre la paleo-estructura del Portezuelo, como hacia el SE, contra la falla de Divisadero. Sísmicamente, se caracteriza por reflectores relativamente paralelos, de continuidad y amplitud moderadas, que se disponen claramente discordantes sobre los infrayacentes y que son truncados al tope. Estas geometrías sísmicas, junto con la datación bioestratigráfica, han sido los criterios de interpretación sísmica adoptados para el mapeo de los horizontes Base del Grupo Cuyo y Discordancia Intra-Pliensbachiana a lo largo de toda la zona de estudio. En aquel pozo, esta unidad es predominante lutítica (limolitas y arcillitas), con algunas intercalaciones de niveles tobáceos y delgados niveles de areniscas muy compactadas.

La segunda (1b) y tercer unidad (1c) corresponderían al intervalo Pliensbachiano Superior alto-Toarciano Inferior, de acuerdo con la presencia de microfósiles calcáreos y de nanofósiles asignados a la Zona de Fanninoceras-Tenuicostatum y base de *Falciferum* (GEMA 2001). La unidad 1b se dispone sobre el reflector interpretado como Discordancia Intra-Pliensbachiana, y su límite superior viene dado por el horizonte sísmico Toarciano Inferior 02, de muy buena continuidad lateral. Esta unidad presenta un espesor uniforme (400 m en el pozo BCE.x-1), aunque adelgaza hacia el NO haciendo *onlap* contra el alto de Portezuelo. Se caracteriza por reflectores sísmicos paralelos, de moderada continuidad lateral y amplitud. Al igual que el intervalo precedente, su litología dominante es fina y carece de intervalos volcánicos. Dos coronas de 7 m cada una extraídas en este intervalo, han sido interpretadas respectivamente como un lóbulo turbidítico distal ubicado en una posición de plataforma abierta a centro de cuenca (AGP 2002).

La tercera unidad (1c), de carácter concordante, tiene geometría similar a la anterior y su distinción y límites para el mapeo han sido adoptados a partir de la continuidad sísmica de los reflectores. Su límite superior, denominado Toarciano Inferior 03, viene dado por el contraste de sus facies sísmicas, de gran amplitud y continuidad lateral, con las de la unidad suprayacente, de muy baja amplitud y menor continuidad. Esta tercera unidad, de espesor casi constante (unos 450 m en el pozo BCE.x-1), registra un inicio de overlap sobre el alto de Portezuelo, donde presenta

un espesor de 180 m reconocido en los pozos del yacimiento. Sísmicamente, este intervalo es el de mejor continuidad lateral, con eventos paralelos y amplitudes moderadas a altas. En particular, las calibraciones de los pozos de Portezuelo muestran muy alta amplitud, la cual correlaciona mediante las calibraciones sísmica-pozo, con depósitos de granulometría gruesa, hasta conglomerádica. Sin embargo, hacia el SE, la amplitud de sus reflectores disminuye. En el pozo BCE.x-1, registra mayor contenido de areniscas que los niveles precedentes. Aquí también se tomaron 2 testigos coronas de 9 m cuyas interpretaciones son similares a las inferiores, de lóbulo y de depósitos finos distales (AGP 2002).

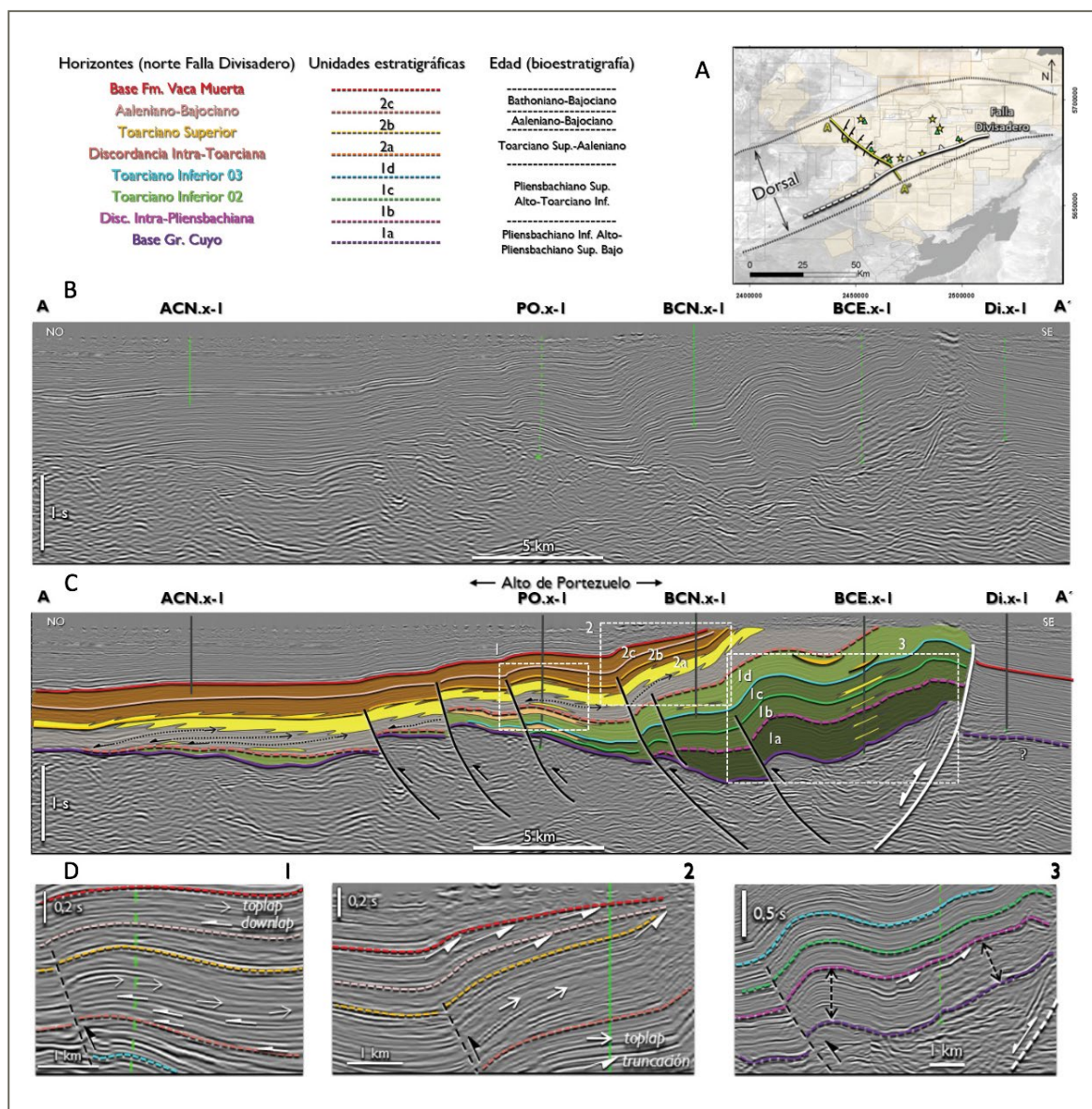


Figura 4. Sección Estructural Anticlinal Campamento - Barda Colorada Este. A) Mapa de ubicación del corte ilustrado en B) y C) y tabla de correlación entre superficies sísmicas interpretadas, unidades estratigráficas asignadas y edades. B) Sección sísmica sin interpretar con los pozos calibrados. C) Sección sísmica interpretada. Los recuadros corresponden a las ubicaciones de la figura D). D) Detalle de zonas seleccionadas en las diferentes unidades que permitieron el análisis tectónico. Ver explicación en texto.

Finalmente, la cuarta unidad (1d), de características geométricas muy distintas, contiene nanofósiles del intervalo precedente y del Toarciano Superior-Aaleniano en los términos superiores. Está limitada por el horizonte sísmico Toarciano Inferior 03, muy continuo lateralmente en su base y el de la Discordancia Intra-Toarciana, caracterizado por una discordancia angular muy marcada en el tope. Tiene forma de cuña, con espesor creciente hacia el S desde 400 m (alto de basamento de Portezuelo) hasta 730 m (pozo BCE.x-1). Sísmicamente, presenta un predominio de facies de continuidad lateral relativamente pobre y amplitud baja, que coexisten con acusadas geometrías erosivas canalizadas que contienen reflectores muy acotados de gran amplitud. En todos los pozos que perforan este intervalo se presenta el mismo patrón: predominio de litologías muy finas, con intercalaciones aisladas de depósitos gruesos y muy gruesos -hasta conglomerádicos-, que mediante la calibración sísmica-pozo, se correlacionan con los horizontes de alta reflectividad.

Por su parte, el intervalo superior (2) se ubica sobre el horizonte sísmico Discordancia Intra-Toarciana e involucra los depósitos del Toarciano Superior en adelante. Este intervalo superior presenta gran extensión areal y consta de tres unidades.

La Discordancia Intra-Toarciana viene marcada por una superficie de *downlap* regional sobre la que se apoyan las clinoformas progradantes que forman la primera unidad (2a) y que se aprecian claramente en la sección. El límite superior de esta primera unidad es el horizonte sísmico Toarciano Superior, identificado a partir de calibraciones sísmica-pozo. De acuerdo con las dataciones bioestratigráficas, todo el intervalo correspondería al Toarciano Superior-Aaleniano, debido a la presencia de nanofósiles vinculados a la zona de *Physeogrammoceras tenuicostatum*-*Bredyiamanflascensis* y *Zucheriagroeberi*. Esta unidad progradante está erosionada en su totalidad en la porción sur del corte mientras que, cuando se encuentra completamente preservada, presenta un espesor relativamente constante de unos 700 m. Su rasgo geométrico distintivo son las clinoformas, con claras terminaciones de tipo *downlap* y *toplap*. A pesar de la deformación tectónica, se puede estudiar la evolución de esta geometría, presentando al principio quiebres más sutiles y taludes más pequeños, para pasar luego a geometrías más desarrolladas con quiebres de talud bien marcados y taludes más espesos. La trayectoria de los sucesivos puntos de quiebre, casi horizontal y levemente ascendente, revela también un patrón general progradante puro. Litológicamente, esta unidad presenta un patrón muy similar en todos los pozos. En la posición de talud a pie de talud de las geometrías sísmicas predominan las lutitas y limolitas, con algunos niveles arenosos aislados en posición distal atribuibles a lóbulos turbidíticos. Es importante destacar que estos depósitos de la unidad 2a descriptos hasta aquí, junto con todos los infrayacentes del primer intervalo, son englobados bajo el nombre de Fm. Los Molles, independientemente de sus edades respectivas. A medida que se aproxima a las posiciones de los *toplaps*, la sucesión muestra un incremento de la granulometría, hasta areniscas y conglomerados, generalmente grises, con una clara firma granocreciente en los perfiles. Este intervalo es comúnmente asignado a la Fm. Lajas, independientemente de su edad.

Sobre esta unidad progradante, se encuentran las dos unidades restantes (2b, c), asignadas respectivamente al Aaleniano-Bajociano, zona de Puchenquiamalargüensis (GEMA 2001) y al Bajociano-Bathoniano (depósitos ubicados por encima del intervalo anterior). Ambas presentan características muy similares en esta sección, con una geometría de cuña, estando sus espesores máximos (450 m y 400 m respectivamente) en la zona noroeste y desapareciendo por erosión en el sector sur. Sísmicamente, constan de reflectores paralelos a subparalelos, de poca continuidad lateral y moderada a baja amplitud con truncaciones sucesivas de ángulo variable hacia el tope de cada intervalo -interpretadas como discordancias progresivas- hacia la zona sur. Ambas presentan litología variada, areniscas, conglomerados y lutitas. Cuando los términos superiores presentan un cambio de coloración (rojizo) y aspecto, normalmente se los atribuye a la Fm. Challacó, independientemente de la edad que tengan.

Desde el punto de vista estructural, en la sección AA' se interpretan 5 fallas inversas, con buzamiento hacia el sureste y la falla de Divisadero con buzamiento opuesto. Las primeras generan desplazamientos variables y afectan a distintos niveles estratigráficos. Las dos que se ubican en la zona interna del depocentro sólo generan desplazamiento en los niveles del Pliensbachiano Inferior, mientras que las otras 3 afectan hasta los niveles del Toarciano Superior. El plegamiento observado afecta a todas las unidades del Grupo Cuyo (y al Grupo Mendoza cuando está preservado). Por último, es evidente el comportamiento inverso de la falla de Divisadero que levanta el bloque superior.

Relaciones tectónica-sedimentación

De acuerdo con las unidades y la configuración estructural descriptas, se interpreta una evolución tectonosedimentaria del sector de la cuenca estudiado, teniendo en cuenta las limitaciones que produce el carecer de una datación con resolución similar al sur de la falla de Divisadero.

Intervalo Inferior (unidades 1a-1d)

Dicha falla, habría actuado inicialmente como una falla normal, generando el espacio de acomodación suficiente para depositar los niveles de la unidad inferior (1a), a partir del acusado aumento de espesor del intervalo hacia el sur, y posiblemente durante la sedimentación de las unidades 1b-d, si bien esto último no es tan evidente. Sin embargo, tanto la presencia de una discordancia, datada como Intra-Pliensbachiana (de edad aproximada Pliensbachiano Superior), con truncaciones sísmicas por debajo de la misma, como así también los pliegues y las fallas inversas identificadas, cuyos desplazamientos son máximos en la unidad 1a y mínimos a nulos en la 1c, junto con la disminución de espesor de la unidad en la cresta de las estructuras anticlinales para la unidad 1a, sugieren al menos un evento compresivo hacia el tope de la misma. Pángaro *et al.* (2009) interpretan que la falla de Divisadero no tuvo influencia alguna durante este intervalo temporal, basados en el mapeo sísmico 3D de los hemigrábenes de orientación NO-

SE. La interpretación de los autores del presente trabajo propone que la actual traza única de la falla Divisadero consistió en un sistema de fallas normales de orientación aproximada ONO-ESE que formaban parte de estos hemigrábenes como fallas sintéticas. A continuación, posiblemente durante el Pliensbachiano Superior bajo, estas fallas sufrieron reactivación producto de su orientación preferente ante un esfuerzo compresivo de orientación NO-SE y no las orientadas NO-SE. Posteriormente, en el intervalo Pliensbachiano Superior alto-Toarciano Inferior y en un contexto de relativa calma tectónica, se establece un arreglo sedimentario que permite interpretar un progresivo menor espacio de acomodación disponible durante la depositación de las unidades 1b-c hasta el horizonte sísmico Toarciano Inferior 03. Este conjunto de unidades, carentes de progradaciones sísmicas, culmina con un sistema sedimentario (1d) predominantemente de grano fino, con cicatrices erosivas rellenas por granulometrías gruesas en posiciones cercanas a la falla principal. Este grupo de secuencias se desarrolla al SE, mientras en la zona del alto de Portezuelo se registran depósitos de granulometría gruesa, apoyados sobre paleoaltos. Finalmente, más allá del mismo, no hay indicios claros de que se hayan sedimentado espesas unidades. De esta manera, el alto del Portezuelo actuaría como una barrera en la sedimentación durante el intervalo Pliensbachiano Inferior-Toarciano Inferior.

Intervalo Superior (unidades 2a-2c)

Durante el Toarciano Superior y parte del Aaleniano (unidad 2a), se desarrolla un arreglo progradante de las facies sísmicas hacia el NO muy marcado, que se refleja también en los arreglos litológicos granocrecientes detectables en los pozos. Simultáneamente a su depositación, o inmediatamente después, debió producirse un pulso tectónico compresivo, dado que se registra una disminución de espesor de la unidad sobre los altos de Portezuelo y Anticlinal Campamento este. Por último (unidades 2b-c), se observa una evolución vertical en donde los términos superiores presentan características que permiten inferir el desarrollo de depósitos continentales, los cuales de acuerdo a las truncaciones sísmicas descritas, debieron estar afectados por al menos dos episodios compresivos coetáneos a la sedimentación.

Sección estructural BB': Guanaco-Octógono-Puesto Touquet (Fig. 5)

Descripción

Esta transecta, situada a unos 40 km al E de la anterior, es la más oriental de las construidas al momento. Tiene una orientación NO-SE y una longitud de 37 km, pasando por los yacimientos Guanaco, Octógono y Puesto Touquet.

Su rasgo más distintivo es la estructura positiva del Octógono, presente en la zona central, la cual muestra el basamento elevado respecto al resto de la sección. Esta estructura está asociada a diversas fallas

inversas con buzamientos tanto hacia el sur como hacia el norte. También se destaca en esta sección la diferencia en edad de las unidades a un lado y al otro de la mencionada estructura, producto de fuertes erosiones. Por último, merece ser destacado el acusado adelgazamiento de la sucesión cretácica hacia el SE.

Para describir los elementos de esta sección, se debe analizar la misma por bloques debido a la diferencia de edad citada entre los depósitos a un lado y al otro de la estructura de Octógono.

El bloque Sestá limitado por 2 fallas regionales: la de Divisadero al S y la de Huincul al N. Está perforado por 2 pozos: Puesto Touquet (PTu.x-1) y Cutral Có (CC.xp-94), presentando este último dos niveles clave de calibración bioestratigráfica mediante microfósiles y nanofósiles (Fig. 5C), datados como Pliensbachiano Inferioralto-Pliensbachiano Superior bajo y Pliensbachiano Superioralto-Toarciano Inferior, respectivamente (GEMA 2001). Esta datación tiene una muy buena correlación con el horizonte sísmico Discordancia Intra-Pliensbachiana y permite acotar su posición en el pozo. La unidad inferior (1a: Pliensbachiano Inferioralto-Pliensbachiano Superior bajo) presenta una geometría en cuña, pero a diferencia de los cortes anteriores, no se produce un adelgazamiento y *onlap* hacia el NO, sino un engrosamiento y una terminación abrupta contra una falla. Los espesores oscilan entre 380 m en el surestehacia la falla de Divisadero y ~650 m en el noroeste. Su base está comprobada en el pozo PTu.x-1, e interpretada por sísmica en la zona de CC.xp-94. Sísmicamente consta de facies divergentes de moderada a pobre continuidad y baja amplitud. Sus depósitos son predominantemente de arcilitas y limoarcilitas gris medio a gris oscuro, con algunos niveles carbonáticos en la base (Fm. Chachil). En el tope se aprecian algunas truncaciones que ayudan a definir la Discordancia Intra-Pliensbachiana.

Sobre esta discordancia y hasta el horizonte sísmico Toarciano Inferior 02, se extiende la unidad 1b (Pliensbachiano Superioralto-Toarciano Inferior) que también engrosa desde el sureste(270 m) hasta el noroeste(400 m), aunque no tan acusadamente como lo hace la infrayacente. Sus facies sísmicas son paralelas a subparalelas y de buena continuidad en general, con una amplitud que disminuye desde moderada a alta en el SE a baja en el NO. Los depósitos,mostrando una muy buena correlación con la amplitud sísmica,evolucionan desde predominantemente arenosos (Mb. Cutral Co) en el SE (PTu.x-1) a predominantemente lutíticos en el NO (CC.xp-94).

Por encima, entre los horizontes sísmicos Toarciano Inferior 02 y Toarciano Inferior 03, se dispone la unidad 1c, de espesor bastante uniforme de SE a NO (~400 m). Sísmicamenteconsta de reflectores paralelos de muy buena continuidad lateral con una mayor variación lateral de amplitudes, más acusada en el SE. Litológicamente presenta el mismo patrón de evolución lateral y la misma buena correlación con las amplitudes sísmicas que la unidad 1b.

Por último, la unidad 1d, de facies casi transparentes y de baja continuidad lateral, presenta una fuerte angularidad al tope. Por correlación sísmica, esta discordancia sería la Discordancia Intra-Toarciana en la porción NO del bloque, mientras que hacia el SE pasaría a ser por erosión la Discordancia Intra-Málmicae incluso la Discordancia Intra-Cenomaniana, ya que en el pozo PTu.x-1, el Grupo Cuyo está cubierto directamente por el Grupo Neuquén. Esta unidad, de

espesor muy variable, presenta en los *cuttings* un predominio de lutitas.

A continuación, se describen de manera integrada las características de los bloques centro (Alto de Octógono) y norte (estructura de Guanaco y continuación al NO), dado que ambas presentan las mismas unidades. Como se mencionó previamente, en la zona central y norte del Octógono Fiscal, el basamento de la cuenca se encuentra muy somero (~1.000 m). Si bien no existen datos bioestratigráficos fiables, se observa que en la zona del pozo Cto2-474 (el cual preserva el mayor

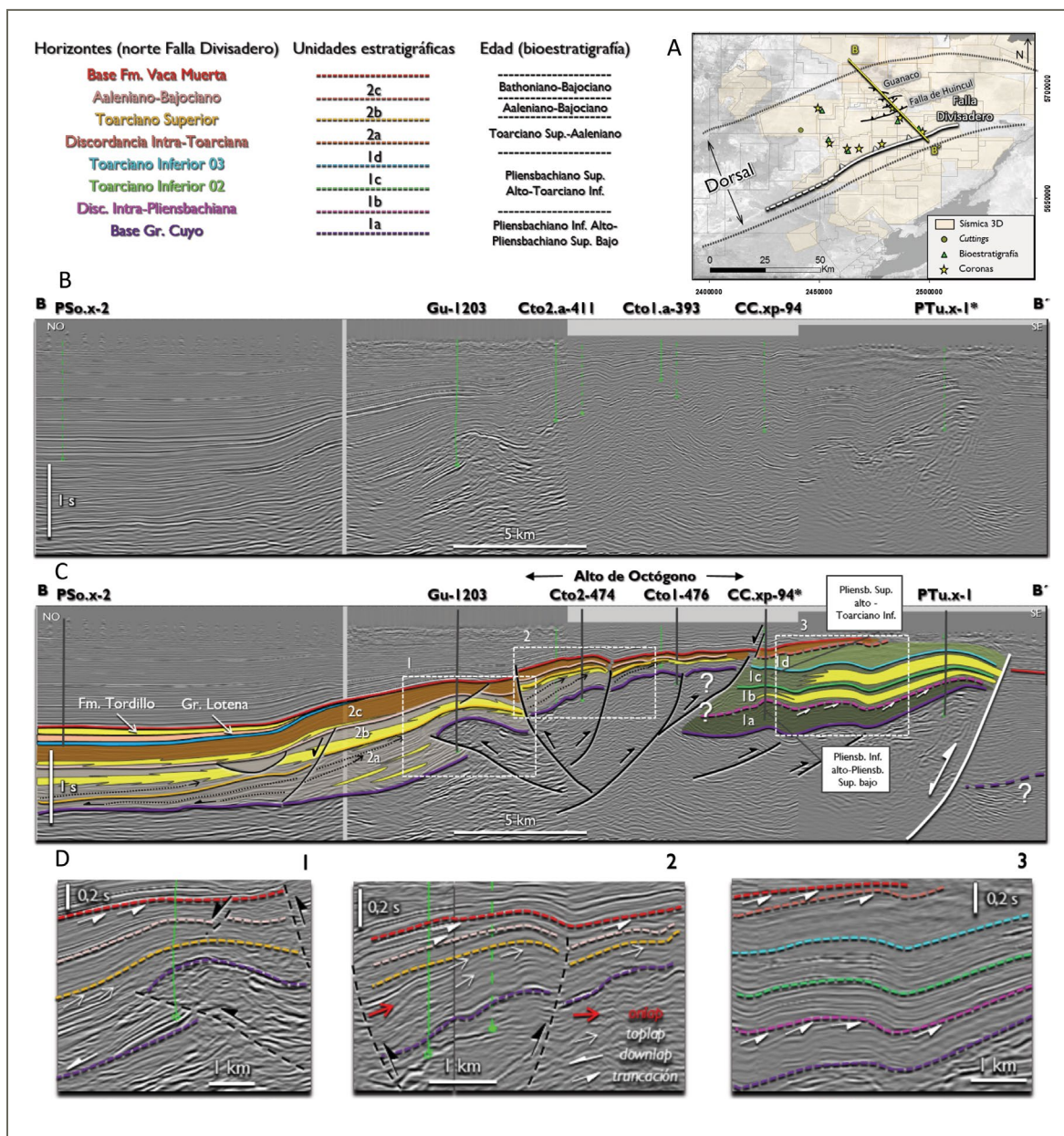


Figura 5. Sección Estructural Guanaco-Octógono-Puerto Touquet. A) Mapa de ubicación del corte ilustrado en B) y C) y tabla de correlación entre superficies sísmicas interpretadas, unidades estratigráficas asignadas y edades. B) Sección sísmica sin interpretar con los pozos calibrados. C) Sección sísmica interpretada mostrando los puntos de calibración bioestratigráfica. Los recuadros corresponden a las ubicaciones de la figura D). D) Detalle de zonas seleccionadas en las diferentes unidades que permitieron el análisis tectónico. Ver explicación en texto.

espesor de los 3 segmentos de Campamento), hay una unidad sísmica progradante que se apoya directamente, haciendo *downlap*, sobre el basamento. Además, por correlación sísmica regional, se puede trazar hasta este alto estructural el horizonte sísmico Toarciano Superior. Esto permite correlacionar esta unidad sísmica progradante con la unidad 2a (Toarciano Superior-Aaleniano), interpretación consistente con lo visto en la sección A. Con esta información, puede concluirse que la falla de Huincul, que limita al S la estructura y es responsable de su levantamiento, tiene un desplazamiento incluso mayor a los 900 m que le atribuye Limeres (1992). La unidad 2a presenta la misma evolución progradante hacia el NO vista en secciones anteriores. Su espesor es de unos 260 m en la zona de Cto-1-476, aumenta en el bloque de Cto-2-474 hasta aproximadamente 600 m, disminuye en el yacimiento de Guanaco a unos 400 m y finalmente vuelve a aumentar en dirección al engolfamiento.

Sobre la unidad progradante se sitúa la unidad 2b (Aaleniano-Bajociano). Un hecho a destacar es la posición del horizonte sísmico Toarciano Superior y el cambio de carácter de la unidad 2b. La correlación sísmica muestra que, en posiciones distales, a la altura del pozo PSo.x-2 (el cual no llega a perforar estas unidades) y hacia el centro de cuenca, el horizonte Toarciano Superior se convierte en una superficie de *downlap* regional sobre la que terminan los reflectores progradantes que pasan a constituir la unidad 2b. La determinación de la geometría de los sigmoides y de la trayectoria de los sucesivos quiebres de taludes dificultosa debido a la deformación y a la oblicuidad entre la dirección del corte estructural y la de progradación del sistema sedimentario (hacia el O en la zona del engolfamiento). Sin embargo, se destaca una relativa buena continuidad lateral de los eventos y una predominante baja amplitud, aunque algunos sigmoides presentan lentes de alta amplitud en posiciones relativamente distales. En posiciones relativamente proximales, las progradaciones presentan culminaciones tipo *toplap* y truncación sobre las cuales se disponen en general, facies sísmicas horizontales, más paralelas y de mayor amplitud, pero de menor continuidad lateral. Los *cuttings* de los pozos muestran litologías finas dominantes en las facies sísmicas progradantes u oblicuas (Fm. Los Molles) y una gradación hacia términos más gruesos, hasta conglomerádicos, en facies paralelas o pseudoparalelas usualmente asignadas a los depósitos deltaicos de la Fm. Lajas. En conjunto la unidad 2b forma una cuña con marcado engrosamiento hacia el NO, especialmente a partir de la falla norte del campo, teniendo en la zona de Octógono unos 130 m y aproximadamente 400 m en Guanaco. Este engrosamiento es en parte debido a la geometría de *downlap* sobre el horizonte Toarciano Superior que se acaba de describir. La pobre calidad de la sísmica de Octógono hace difícil una caracterización en detalle, pero se identifican eventos de pobre continuidad lateral y moderada a baja amplitud. Como consecuencia del cambio de carácter descripto de la unidad 2b, en la zona de Guanaco y en dirección al engolfamiento se distinguen dos intervalos progradantes: el inferior correspondiente al sistema regional (unidad 2a) que se viene describiendo en todas las secciones y el superior, correspondiente a la unidad 2b, de mucha menor magnitud, pero identificable por las geometrías oblicuas con sus culminaciones

tipo *toplap*. Entre ellos, se ubican facies sísmicas con arreglo transgresivo (*backstepping*) no muy evidentes, dado el plegamiento de la estructura y el bajo ángulo del arreglo estratigráfico. En cuanto a las litologías, a lo largo de toda la sección, el intervalo presenta una continuidad de sedimentos asociados a frentes y llanuras deltaicas.

Por último, la unidad 2c, la más joven del Grupo Cuyo, forma una gran cuña con un espesor mínimo en Octógono (100 m) y un fuerte espesamiento hacia el NO. Presenta facies sísmicas de pobre continuidad y gran variabilidad de amplitud. Es clara la continua erosión de los niveles superiores en dirección al S, producto de las sucesivas discordancias progresivas, dando por resultado capas en abanico.

Estructuralmente, el bloque S de la sección está afectado por la falla de Divisadero (falla blanca) actuando con movimiento inverso, evidenciado por poner en contacto unidades del Grupo Cuyo en el bloque superior, con los depósitos del Grupo Mendoza (Fms. Quintuco-Vaca Muerta) en el bloque inferior, así como por unos pliegues suaves en los términos inferiores. El bloque central presenta una intensa deformación: la falla de Huincul al S, levanta toda la estructura estando acompañada en este movimiento por otras dos fallas inversas buzantes al S que son las responsables de la compartimentalización estructural del Octógono Fiscal. En tanto que, hacia el norte de la sección, se interpreta que los dos retrocorrimientos que desplazan los bloques superiores hacia el N, serían los que ocasionan: (a) el fuerte desplazamiento encontrado al norte de Octógono y (b) la estructura que involucra basamento que da origen al yacimiento Guanaco. A partir de allí, no se encuentra en dirección al engolfamiento más que una pequeña falla normal que afecta los términos del Toarciano Superior-Aaleniano y que se enraíza en las facies pelíticas distales y otra falla con componente de rumbo intersectada de manera oblicua que provoca la geometría canalizada en el intervalo transgresivo previamente descrito que se observa en la sección sísmica (Figs. 5B y 5C).

Relaciones tectónica-sedimentación

La interpretación de esta sección es compleja, dada la gran cantidad de sucesión erosionada. Sin embargo, se destacan ciertos elementos que hacen al análisis y por ende al planteo de la paleotopografía regional.

Intervalo Inferior (unidades 1a-1d)

En primer lugar, se destaca el cambio de configuración geométrica respecto del corte anterior. Si bien se interpreta un primer comportamiento de la falla de Divisadero como normal, responsable de la generación de espacio de acomodación para la unidad 1a, en la sección estructural previa, se observaba el adelgazamiento y progresivo *onlap* de la sucesión hacia el N que reflejaría la existencia de una paleoestructura -alto del Portezuelo-, controlando la sedimentación. Sin embargo, aquí se produce un engrosamiento del intervalo en su conjunto hacia el N hasta ser cortado bruscamente

por la falla de Huincul. Esto permite establecer tres hipótesis: a) que el alto del Portezuelo no existía en esta longitud, b) que se encontraba levemente desplazado al norte y fue erosionado luego del levantamiento de la falla de Huincul y c) que incluso esta zona de la cuenca podría haber sido una vía de entrada de sedimentos. De acuerdo tanto a la calibración bioestratigráfica como a las truncaciones sísmicas observadas, hubo un pulso tectónico, probablemente en el Pliensbachiano Superior bajo, que originó un primer levantamiento de la falla de Divisadero con la consecuente erosión asociada, interpretada como la Discordancia Intra-Pliensbachiana, coincidiendo con el timing observado en la sección AA'. Posteriormente (unidades 1b-c), se registra el ingreso masivo de clásticos gruesos, mucho más importante que el observado en la sección anterior, acompañado por un leve engrosamiento hacia el N, sin que aquí sea clara la presencia de las geometrías que denoten una discordancia, por lo que el aumento de espesor podría deberse tanto a un levantamiento de la falla de Divisadero como a una mayor subsidencia al norte. Luego, se registra por correlación y truncación de eventos sísmicos, la presencia de la Discordancia Intra-Toarciana, documentando otro episodio compresivo. Este registro sedimentario estaría ausente en el Octógono, indicando que aproximadamente en el Toarciano Medio ocurrió el levantamiento de la falla de Huincul, acompañado de la erosión del registro sedimentario previo.

Intervalo Superior (unidades 2a-2c)

En el Toarciano Superior alto se instalaría el sistema progradante hacia el NO de la unidad 2a, probablemente ausente por erosión en el bloque S. Esta unidad también registró un evento compresivo, identificado a partir del adelgazamiento observado en Guanaco (pozo Gu-1203). La unidad 2b (Aaleniano-Bajociano) estaría también afectada por este evento ya que la falla N del Octógono (retrocorrimiento) también produce su adelgazamiento, registrándose probablemente la Discordancia Intra-Bajociana. Esta discordancia, que se distingue claramente en el engolfamiento (Brinkworth *et al.*, 2017), es aquí difícil de identificar y seguir al no existir contraste litológico y constar de reflectores plano-paralelos. Por último, la unidad 2c (Bajociano-Bathoniano), de carácter continental, es finalmente afectada por un episodio compresivo, probablemente la Discordancia Intra-Callovia y sucesivas, originando las progresivas truncaciones sísmicas identificadas.

Sección Estructural CC': Este Barda Negra- Puesto Touquet (Fig. 6)

Descripción

Este corte de orientación O-E y 60 km de longitud permite apreciar la distribución de las unidades entre los diversos pozos exploratorios y algunos de los yacimientos resultantes en posiciones estructurales elevadas (Fig. 6).

La unidad 1a (Pliensbachiano Inferior alto-Pliensbachiano Superior bajo) presenta una clara

relación de *onlap* hacia la estructura de Este Barda Negra (EBN.x-1) en el oeste, máximos espesores en la zona central (1.100 m en el pozo BCE.x-1) y un adelgazamiento con fuertes variaciones de espesor hacia el este con altos y bajos estructurales, hasta llegar a 380 m en PTu.x-1. Sísmicamente, consta de reflectores paralelos a la base, salvo en la zona de *onlap*, y con relación angular y truncación al tope (Discordancia Intra-Pliensbachiana), con moderada a baja amplitud y relativamente buena continuidad lateral. Los cortes delgados de los *cuttings* de los pozos presentan predominio de litologías clásticas finas a muy finas, presencia de arcillas ricas en materia orgánica en los niveles inferiores y delgadas intercalaciones de tobos y areniscas muy compactadas y silicificadas a medida que ascendemos en la columna sedimentaria, las cuales Limeres (2011) correlaciona con los depósitos aflorantes en Espinazo del Zorro.

La unidad 1b, situada sobre la Discordancia Intra-Pliensbachiana y bajo el horizonte sísmico Toarciano Inferior 02, tiene un espesor bastante uniforme, entre 300 y 400 m de acuerdo con la información de los pozos, y, al igual que la unidad 1a, presenta geometría de *onlap* sobre el alto de EBN.

Los eventos sísmicos son paralelos, de baja amplitud, sobre todo al O, y buena continuidad. Los *cuttings* presentan predominio de lutitas, con mayor cantidad de intercalaciones de areniscas al este, capturadas mediante un testigo corona en el pozo PTu.x-1 y ausencia de niveles tobáceos.

La unidad 1c, ubicada entre los horizontes sísmicos Toarciano Inferior 02 y Toarciano Inferior 03, tiene un espesor uniforme en torno a los 450 m y presenta un completo overlap por sobre el alto estructural de EBN. Se caracteriza por facies sísmicas paralelas de muy buena continuidad con una marcada disminución de la amplitud hacia el O. Las litologías presentes en los pozos varían fuertemente en el mismo sentido, con un alto contenido en areniscas (net to gross muy favorable) en los pozos PTu.x-1 y RCN (Mb. Cutral Co), que va disminuyendo progresivamente en las posiciones de PuCoE y BCE y es casi nulo en el pozo EBN. Las calibraciones sísmica-pozo muestran una excelente correlación entre los eventos de alta amplitud y el mayor contenido de areniscas.

La unidad 1d, entre el horizonte sísmico Toarciano Inferior 03 y la truncación sísmica asignada a la Discordancia Intra-Toarciana vuelve a presentar fuertes variaciones de espesor, desde unos 500 m en el alto estructural de EBN al oeste hasta cerca de 730 m hacia el este en el pozo BCE. A partir de allí, su espesor se reduce por erosión presentando sus reflectores una fuerte relación angular bajo la Discordancia Intra-Toarciana en un principio, y luego bajo todas las demás, ya que, el Grupo Neuquén termina apoyándose sobre estos depósitos. Esta unidad presenta una relación definida entre espesor y facies sísmicas. En la zona occidental con menor espesor los reflectores son paralelos, relativamente continuos y de moderada amplitud. En cambio, al ingresar en la zona de BCE, el aumento de espesor se acompaña de un arreglo sísmico casi transparente, de pobre continuidad lateral, interrumpido en diversos niveles por geometrías erosivas claramente identificables, de hasta 300 m y tipo gull-wings, rellenadas por facies sísmicas caóticas de alta

amplitud. Las litologías también presentan una correlación bastante marcada, coincidiendo los niveles de baja amplitud con facies finas a muy finas, en tanto que el aumento de continuidad y amplitud está asociado a niveles arenosos, como lo muestra la corona del pozo EBN, mientras que las mayores amplitudes de continuidad relativamente baja corresponden al relleno de estas geometrías erosivas. En base a dos coronas del pozo ElMe.x-1, este relleno presenta ciclos granodecrecientes métricos confaciesconglomerádicas con soporte de matriz y clastos de hasta 5 cm, los cuales, mediante contactos netos o graduales, son cubiertas por granulometrías cada vez más finas, hasta llegar a capas de limolitas de hasta 5-7 cm de grosor.

La unidad 2a (Toarciano Superior-Aaleniano) está limitada a la porción occidental de la sección, faltando por erosión hacia el E, y mantiene un espesor muy constante (750 m en EBN) donde está presente. Muestra un arreglo sísmico relativamente paralelo y de baja amplitud, si bien se señala que esta parte de la sección corresponde a una línea sísmica 2D de baja calidad. En el pozo EBN esta unidad se caracteriza por un nivel inferior de unos 20 m de espesor, registrado parcialmente a través de un testigo corona, que presenta areniscas masivas de granulometría media a fina, sin estructuras, para luego continuar con niveles finos a lo largo de unos 350 m (Fm. Los Molles), que gradan en la parte superior a areniscas grises medias a gruesas (Fm. Lajas), con un arreglo en los perfiles de tipo progradante.

Por último, las unidades más jóvenes (2b, asignada al Aaleniano-Bajociano y 2c, Bajociano-Bathoniano) se caracterizan por sus variaciones de espesor en ambos flancos de la estructura de EBN, sobre todo en el flanco occidental, y por estar ausentes en la cresta del pliegue. También, al igual que la unidad 2a, están ausente en la zona central y oriental del corte. Sísmicamente, estas 2 unidades (2b y 2c) presentan relativa buena continuidad y moderada a baja amplitud -teniendo en cuenta que se trata de una sísmica 2D antigua-, siendo lo más destacable la geometría en abanico descripta por los reflectores. Se carece de información litológica pues ningún pozo de esta sección ha atravesado el intervalo.

Estructuralmente, la sección se caracteriza por presentar dos grandes anticlinales, uno en la zona occidental y otro en la central. El primero no muestra evidencias de estar asociado a un fallamiento, mientras que el segundo es el resultado de la reactivación de una falla. Ambas estructuras involucran toda la sucesión jurásica. Además, en la zona más oriental de la sección, se observa un sistema de fallas normales buzantes al oeste y al este, generadoras de los hemigrábenesprecuyanos, las cuales afectan a la sucesión hasta el Toarciano Inferior inclusive.

Relaciones tectónica-sedimentación

Intervalo Inferior (unidades 1a-1d)

Durante el Pliensbachiano Inferior alto se desarrolla una importante actividad extensional, probablemente durante un estadio de syn-rift tardío, que se traduce en grandes acumulaciones de depósitos en una cuenca relativamente profunda, con esporádicos episodios turbidíticos provenientes posiblemente del S o SE. Posteriormente, se establece un régimen compresivo

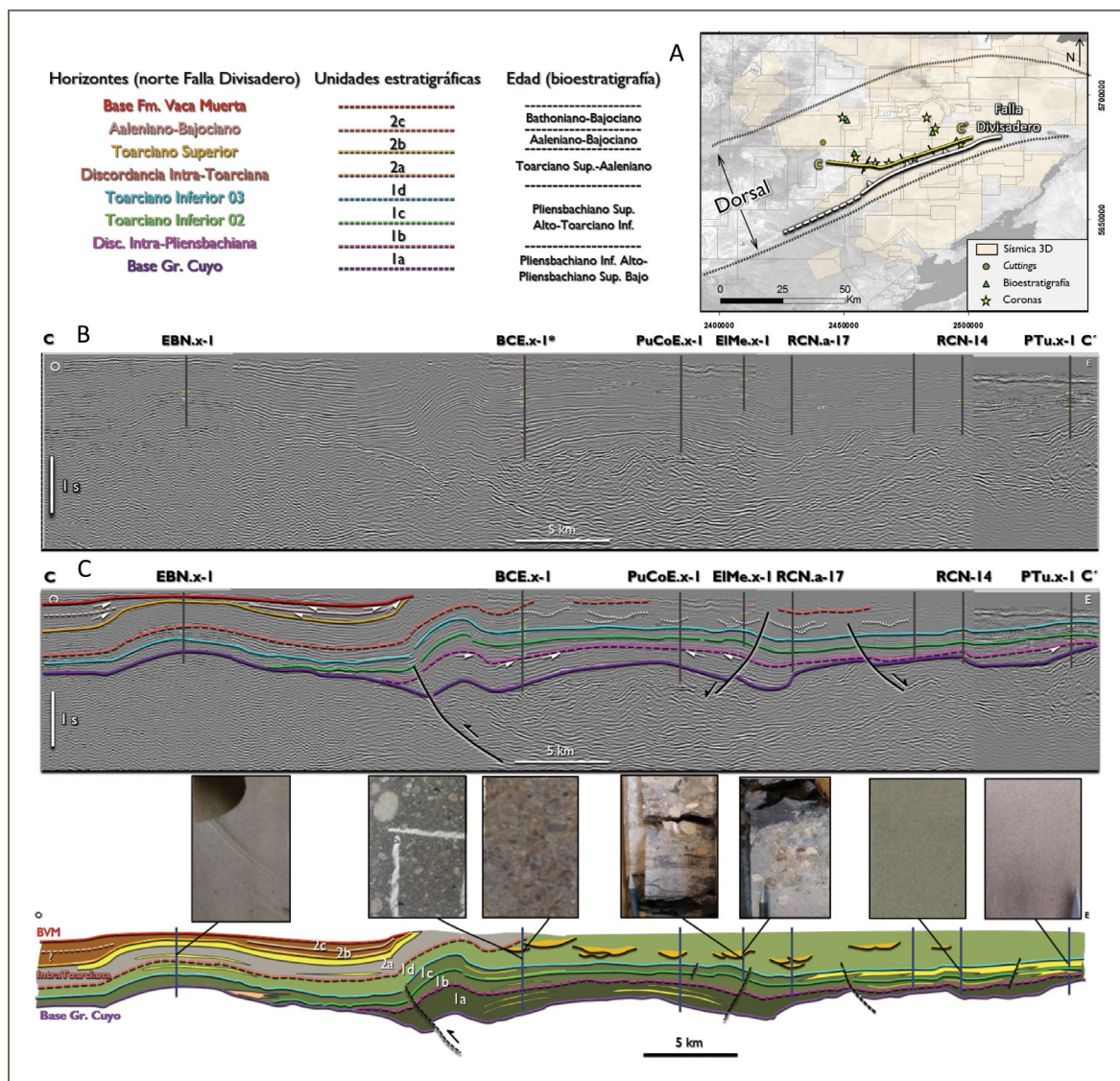


Figura 6. Sección Estructural Este Barro Negro- Puesto Touquet. A) Mapa de ubicación del corte ilustrado en las figuras B) y C) y tabla de correlación entre superficies sísmicas interpretadas, unidades estratigráficas asignadas y edades. B) Sección sísmica sin interpretar con los pozos calibrados. C) Sección sísmica interpretada con la ubicación y fotos de algunos de los testigos corona incorporados al estudio. Ver explicación en texto.

(¿Pliensbachiano Superior bajo?), documentado por la Discordancia Intra-Pliensbachiana, de acuerdo con la bioestratigrafía y las truncaciones sísmicas existentes. Durante el Pliensbachiano Superior alto y parte del Toarciano Inferior, tiene lugar la progradación hacia el oeste de un sistema sedimentario con geometría de rampa de bajo ángulo que incluye los depósitos de alta energía del Miembro Cutral Co en la zona oriental y sus equivalentes distales de grano fino en la porción occidental. Este sistema acaba sobrepasando mediante overlap el alto estructural de EBN. Posteriormente, se establece un sistema de cañones de orientación N-S en la zona central, interpretados previamente por Verzie *et al.* (2005), Pereira

y Micucci, (2006) y Pángaroet *al.* (2009). Este último trabajo muestra una correlación de este rasgo erosivo a un lado y otro de la falla de Divisadero, demostrando que la falla estuvo inactiva durante la depositación del mismo. Sin embargo, durante el desarrollo del presente estudio, se han encontrado evidencias de fallamiento normal asociado al levantamiento de estructuras laterales (no visibles en este corte). También, es notable el abrupto cambio de espesor de la unidad (de centenares de metros) en una distancia muy acotada (menos de 30 km) en dirección hacia la falla, por lo que se interpreta que, si bien estuvo inactiva durante algunos intervalos de tiempo, en otros si manifestó actividad. Luego, se produce un episodio compresivo (¿Toarciano Superior bajo?) registrado por la Discordancia Intra-Toarciana.

Intervalo Superior (unidades 2a-2c)

Se deposita la unidad 2a (Toarciano Superior-Aaleniano), con depósitos turbidíticos de base de talud, grandes espesores de sedimentos finos de talud y depósitos arenosos someros de alta energía conformando un arreglo progradante. En el caso de esta sección, este intervalo no describe las geometrías sísmicas oblicuas características de los cortes previos, esto se debe a que la orientación del corte es aproximadamente perpendicular al sentido de avance de la unidad. Finalmente, la evolución durante el período Aaleniano-Bajociano sólo puede analizarse en la estructura de EBN. Esta presenta deformación sin-sedimentaria, evidenciada por las discordancias progresivas en sus flancos. Por correlación regional, los depósitos coetáneos (unidad 2b) son proximales, probablemente continentales.

Sección Estructural DD': Conexión Dorsal- Engolfamiento (Fig. 7)

Descripción

La figura 7 muestra la traza de la sección seleccionada para visualizar la conexión entre la interpretación sísmica del ámbito del Dorsal de Huincul y la correspondiente a la zona del engolfamiento. Esta sección tiene una longitud de 82 km, se inicia con dirección S-N, a la altura del pozo PuCoE.x-1, para luego tomar una dirección SO-NE, pasando por el alto de Aguada del Guanaco (ADG) y luego por la estructura de Guanaco (pozos Gu). Cambia su orientación en sentido E por la zona del yacimiento Barda González (pozo BG), y luego vuelve al NE para culminar en el anticlinal de Aguada Toledo-Meseta Barrosa (Pozo Laj).

Esta traza no es casual; como ha sido descripto para las secciones sísmicas previas, los intensos y variados episodios compresivos sucedidos han provocado una profunda erosión del registro sedimentario, de modo que solo fue luego de finalizada la interpretación sísmica regional cuando se pudo determinar las zonas con el máximo espesor conservado y diseñar una traza a través de ellas. Lamentablemente, la orientación de la sección no es la ideal, ya que como puede verse no

sigue una traza recta, ni se orienta con la dirección del vector σ_1 , pero es la que permite estudiar la evolución a un lado y otro de la estructuración.

Los niveles precuyanos presentan facies sísmicas divergentes, en ocasiones poco continuas, de amplitud variable, con un reflector muy marcado en algunos depocentros que se interpreta como el tope del basamento (línea de trazos blanca en Figs. 7C y D), y con truncación al tope bajo el

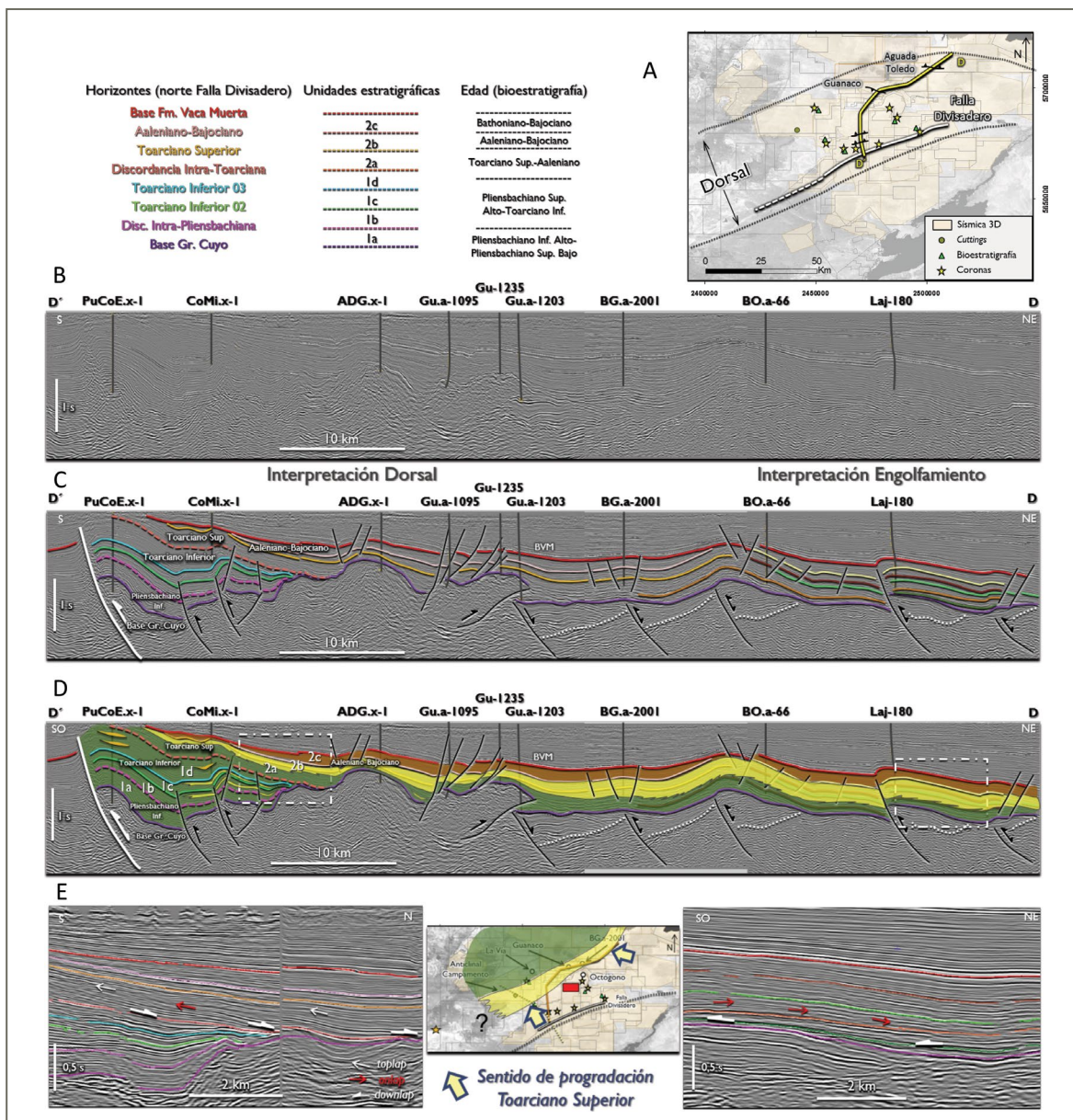


Figura 7. Conexión Dorsal - Engolfamiento. A) Mapa de ubicación del corte ilustrado en las figuras B), C) y D). B) Sección sísmica sin interpretar con los pozos calibrados. C) Sección sísmica con horizontes sísmicos y fallas interpretadas. D) Sección sísmica con horizontes sísmicos, fallas y facies interpretadas. Los recuadros muestran la localización de los paneles mostrados en la figura E). E) Detalle del intervalo sísmico progradante en ambos extremos de la sección y mapa de orientación de aporte sedimentario de dicho intervalo. Ver explicación en texto.

horizonte sísmico Base del Grupo Cuyo. Esta configuración de syn-rift con aumento de espesor hacia el S o SO se presenta tanto en la zona de la Dorsal como en el engolfamiento. En las otras zonas, donde no existe esta configuración, se interpreta la base del Grupo Cuyo en el contacto de alta amplitud sísmica asignada al basamento de la cuenca de acuerdo a las calibraciones sísmica-pozo (ej: pozo ADG). Como se puede observar en la figura 7C, se han logrado correlacionar algunos horizontes interpretados en el ámbito de la Dorsal de Huincul con otros mapeados en el engolfamiento. Esto permite, entre otras cosas, mejorar el entendimiento de ambas porciones de la cuenca en términos de disponibilidad de espacio de acomodación y evolución de los diferentes depocentros y sus respectivos rellenos.

Tomando el más profundo de estos horizontes mapeados en las 2 zonas (Dorsal y engolfamiento) como datum, se aprecia que el mayor espesor del Grupo Cuyo en el sur se debe principalmente a las unidades más antiguas, bajo la Discordancia Intra-Toarciana. El espesor es mínimo en las estructuras de ADG y Guanaco y vuelve a aumentar, aunque no tanto como en el sur, hacia el engolfamiento con una relación de *downlap* sobre el horizonte sísmico Base del Grupo Cuyo. Las unidades bajo la Discordancia Intra-Toarciana describen sucesivas geometrías de *onlaps* sobre el alto de ADG, mientras que al norte del mismo están ausentes por erosión o no depositación.

Inmediatamente por encima, se encuentra la unidad 2a (Toarciano Superior-Aaleniano) con su arreglo sísmico oblicuocaracterístico. La figura 7E muestra sendos detalles de ambos extremos de la sección sísmica. En el del ámbito de la Dorsal se detallan las culminaciones geométricas de *downlap* con sentido NO y de *toplap*/truncación al tope, con amplitudes sísmicas más fuertes en la base, casi transparentes en los taludes y nuevamente fuertes en el tope. En el detalle de extremo NE de la sección se muestra el sistema progradante con los mismos rasgos geométricos, pero de sentido opuesto aparente. Esto es debido a la orientación de la traza regional; en la figura 7E se ha representado el sentido de progradación de esta unidad, mostrando una traza aproximada SO-NE de los sucesivos quiebres de talud con progradación hacia el NO.

Respecto a las unidades 2b-c por encima del Toarciano Superior, de sur a nortese observa que están completamente erosionadas en la zona de PuCoE.x-1, presentan sucesivas truncaciones al norte de CoMi.x-1 a partir de donde el intervalo engrosa progresivamente salvo en la estructura perforada por BO.a-66, la cual presenta erosión en ambos flancos. Este intervalo presenta facies sísmicas paralelas, bastante discontinuas y de relativa baja amplitud.

Por último, se aprecia la erosión que afecta a todo el Cretácico a medida que nos desplazamos hacia el sur, dejando la sucesión jurásica casi en superficie en la zona de PuCoE.x-1, mientras que, en el anticlinal de Aguada Toledo (pozo Laj), los mismos se encuentran a unos 1.700 m de profundidad.

Desde el punto de vista estructural, se observan geometrías anticlinales cuyo origen respondería a distintos mecanismos: en la zona NE, las estructuras perforadas por los pozos Laj.-180 y BO.a-66 serían el resultado de la inversión de fallas normales previas. Esto puede interpretarse a partir de la geometría que describen los depósitos de syn-rift. Lo mismo ocurriría en la zona del pozo BG.a-2001, si bien en la figura no es apreciable dado que el corte pasa por la culminación de la estructura y la misma es de un tamaño menor. Muy distinto sería el origen de la estructura de Guanaco (pozos Gu), donde la interpretación es completamente distinta: la falla inversa interpretada actuaría como una rampa lateral de acuerdo con la orientación del máximo esfuerzo compresivo, de sentido NO-SE. Continuando en dirección al sureste, se encuentra la estructura de ADG, la cual habría actuado como una paleo-estructura durante los estadios iniciales de sedimentación del Grupo Cuyo para luego mostrar rasgos de plegamiento producto del adelgazamiento de las capas en la cresta de la misma. Por último, en la porción sur del corte también se presentan rasgos estructurales distintos identificándose: fallas inversas sin actividad previa, como puede observarse en los niveles profundos ubicados en la zona del pozo CoMi.x-1, junto con la falla de Divisadero, la cual ha sido objeto de análisis en todos los cortes estructurales previos, donde su interpretación denota un comportamiento variable, normal e inverso, a lo largo de la evolución tectonosedimentaria de la cuenca.

Relaciones tectónica-sedimentación

Intervalo Inferior (unidades 1a-1d)

Enconjunto, la evolución tectonosedimentaria establece una cuenca marina en la porción meridional de la sección, de rasgos más distales hacia el oeste, que estaría condicionada por la falla normal de Divisadero al sur y restringida por el alto estructural de ADG al norte. Las unidades citadas no tendrían equivalentes al norte de la Dorsal a estas longitudes, pero sí serían equivalentes temporales de la rampa de sentido SE-NO que se construye en la zona oriental del engolfamiento (yacimientos Lindero Atravesado Oriental-Río Neuquén).

Intervalo Superior (unidades 2a-2c)

Luego de la fuerte erosión de la Discordancia Intra-Toarciana, se establece un sistema progradante hacia el NO que en posiciones más septentrionales gira hacia el oeste. Este sistema progradante está preservado en la traza de esta sección, pero aparece fuertemente erosionado en la mayoría de las estructuras de la Dorsal. Por último, los depósitos proximales de las unidades 2b-c, de edad Aaleniana-Bajociana y Bajociana-Bathoniana, se depositan sincrónicamente con el levantamiento de varias de las estructuras (ej.: Cerro Mirador, Barrosa Oeste).

CONCLUSIONES

Las interpretaciones descriptas en las secciones estructurales de los apartados previos pueden sintetizarse en el siguiente cuadro tectonoestratigráfico (Fig. 8). El mismo está construido a partir de la interpretación sísmica, con el objetivo de mostrar los siguientes elementos: a) las superficies de discontinuidad mapeadas, b) la estratigrafía interpretada a partir del análisis de los perfiles, coronas, *cuttings* e interpretación sísmica y c) la interpretación del grado de intensidad del régimen actuante entre las discontinuidades de a), a partir de la magnitud de levantamiento (y la consecuente erosión) analizada en las diferentes estructuras.

Este estudio plantea una nueva interpretación de la evolución tectonosedimentaria durante el intervalo Jurásico Inferior a Medio (Pliensbachiano-Bathoniano) del sector occidental de la Dorsal de Huincul, a partir de la integración de las diferentes escalas, incorporando nuevos datos de subsuelo y afloramientos:

- Se propone un nuevo esquema sismoestratigráfico, el cual integra nuevos datos de subsuelo (+3.000 km² de sísmica 3D, +80 pozos) y la información existente en publicaciones previas.
- Este nuevo esquema interpretativo regional ha permitido re-evaluar el potencial exploratorio remanente, tanto para reservorios convencionales como no-convencionales.

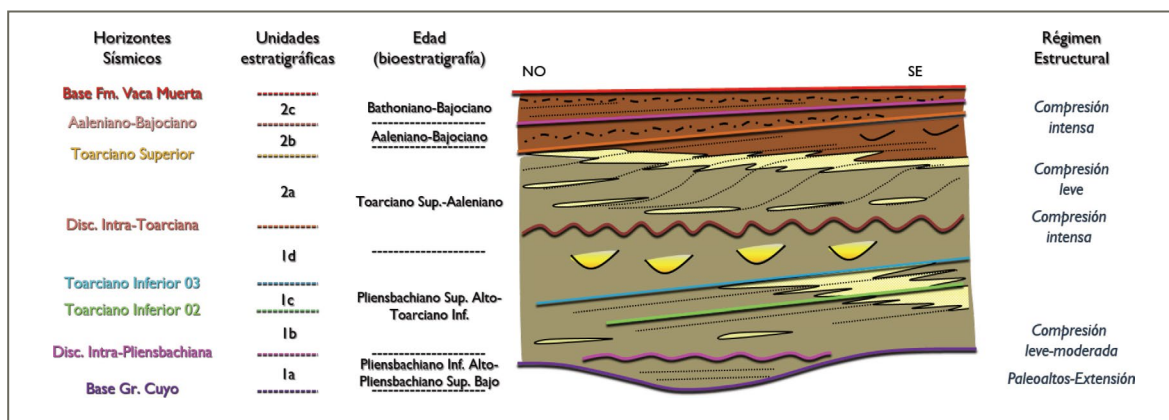


Figura 8. Cuadro tectonoestratigráfico del Grupo Cuyo en el sector occidental de la Dorsal de Huincul, construido a partir de la interpretación sísmica, bioestratigráfica, de *cuttings* y coronas empleadas en el presente estudio. Téngase en cuenta que el desarrollo de las geometrías progradantes correspondientes al intervalo 2b se producen más al NO del ámbito aquí representado (engolfamiento neuquino).

AGRADECIMIENTOS

A nuestros compañeros de la Gerencia de Estudios de Subsuelo por todos los valiosos aportes y a YPF S.A. por permitir la publicación de este trabajo. Josep Poblet agradece al apoyo del proyecto CGL2015-66997-R.

REFERENCIAS CITADAS

- Allo, M., Más Cattapan, F. y María, S., 2014. Modelado Estático de un Yacimiento Maduro de Gas. Puesto Touquet. Cuenca Neuquina. Argentina. IX Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Mendoza, 2014. Trabajos Técnicos Tomo 1. P475-488.
- AGP Consultora, 2002, Revisión, descripción y muestreo de coronas del intervalo Cuyano. Informe Interno.
- Brinkworth, W., Vocaturro, G., Loss, L. Giunta, D., Mortaloni, E. y Massaferrro, J.L. 2017. Integración regional de subsuelo orientado a la exploración y desarrollo de Grupo Cuyo, Cuenca Neuquina. XX Congreso Geológico Argentino. Tucumán.
- GEMA, 2001. Análisis bioestratigráfico del Jurásico Inferior de la Cuenca Neuquina. Informe interno.
- Giunta, D., Loss, L., Brinkworth, W., Poblet, J., y Massaferrro, J.L., 2015. Tectosedimentary evolution of Early-Middle Jurassic (Lajas-Molles-Challacó Fms.) South Eastern, Neuquén Basin, Argentina. A mixed conventional, tight, basin center gas system. Oral Presentation-AAPG 2015, Denver, USA.
- Giunta, D., Poblet, J. y Massaferrro, J.L., 2016. 3D palinspastic reconstruction of prograding units oblique to the tectonic transport: an analysis of the Early-Middle Jurassic Cuyo Gr. In the Aguada Toledo Anticline, Neuquén Basin (Argentina). Oral Presentation-AAPG 2016, Calgary, Canada.
- Gómez Omil, R., J. Schmithalter, A. Cangini, L. Albariño y A. Corsi, 2002. El Grupo Cuyo en la Dorsal de Huincul, consideraciones estratigráficas, tectónicas y petroleras. Cuenca Neuquina, V Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Mar del Plata, 2002.
- Hlebszevitsch, J. y Corbera, R., 2014. Área Cutral Có-Dorsal de Huincul- Cuenca Neuquina. 64 Años de producción, Nuevas Interpretaciones, Nuevos Paradigmas. IX Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Mendoza, 2014. Trabajos Técnicos Tomo 1. P375-396.
- Kim, H.J., Mallea, M., Gutiérrez, R. y Malone, P., 2014. Exploración del Gr. Cuyo (Jurásico) en Bloques Maduros de la Dorsal de Huincul-Puesto Touquet y El Porvenir, Cuenca Neuquina. IX Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Mendoza, 2014. Trabajos Técnicos Tomo 2. P71-93.
- Limeres, M.H., 1992. Paleotectónica y Sedimentación del Grupo Cuyo en el Oeste de la Dorsal Neuquina. YPF. Informe Inédito.
- Limeres, M., 2011. Estratigrafía y Facies del Jurásico Inferior Medio en el Oeste de la Dorsal de Huincul, Cuenca Neuquina, Argentina. VIII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Mar del Plata, 2011: 191-213.
- 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.
- Mosquera, A. y Ramos V.A., 2005. Intraplate foreland deformation in the Neuquen embayment. V Congreso Argentino de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. Mar del Plata, Argentina (archivos electrónicos).
- Mosquera, A., Silvestro, J., Ramos, V., Alarcón, M. y Zubiri, M., 2011. La estructura de la Dorsal de Huincul. Relatorio del XVIII Congreso Geológico Argentino, Neuquén, 2011: 385-397.

- Naipauer, M., 2016. 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 Interno, YPF.
- Orchuela, I., Ploszkiewicz, V. y Viñes, R., 1981. Reinterpretación Estructural de la Denominada Dorsal Neuquina. Gerencia de Planificación Geológica. Dirección de Exploración. Informe Interno YPF.
- Pángaro, F., Melli, A., Malone, P., Cevallos, M., Soraci, A., Mosquera, A. y Kim, H. J., 2005. Modelos de entrapamiento de la Dorsal de Huincul, Cuenca Neuquina, Argentina. VI Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Mar del Plata, 2005.
- Pángaro, F., Pereira, M. y Micucci, E. 2009. El synrift de la Dorsal de Huincul, Cuenca Neuquina: Evolución y control sobre la estratigrafía y estructura del área. RAGA, 65(2): 265-277.
- Pereira, M. y Micucci, E., 2006. Análisis integrado del Grupo Cuyo Inferior en el ámbito occidental de la Dorsal de Huincul, Cuenca Neuquina, Argentina. YPF. Informe Inédito
- Silvestro, J. & Zubiri, M., 2008. Convergencia Oblicua: Modelo estructural alternativo para la Dorsal Neuquina (39°S)-Neuquén. RAGA, 63: 49-64.
- Vergani, G., 2002. Control estructural de la sedimentación jurásica (Grupo Cuyo) en la Dorsal de Huincul. YPF. Informe inédito.
- Verzi, H., Raggio, F. y Suarez, M. 2005. Volume Interpretation of a Turbidite System, Los Molles Fm., Neuquén Basin, Argentina. Conference Paper. EAGE 67th Conference & Exhibition. Madrid, Spain.