

EVOLUCIÓN ESTRUCTURAL DE LA DORSAL DE HUINCUL EN EL ÁREA AGUA DEL CAJÓN, CUENCA NEUQUINA

Cecilia Guzmán¹, Felipe Tapia¹, Alfredo Ambrosio², Alberto Gutierrez Pleimling², José María González³,
Ignacio Conci³, Abraham Balaguera³

1: Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias Geológicas,
Instituto de Estudios Andinos “Don Pablo Groeber” (IDEAN), Ciudad Universitaria, Pabellón 2,
ceciliagguzman@hotmail.com, ftapia@gl.fcen.uba.ar

2: Geoandina S.R.L., alfredo.ambrosio@geo-andina.com, agutierrez.pleimling@gmail.com

3: Capex S.A., josemaria.gonzalez@grupocapsa.com.ar, Ignacio.Conci@grupocapsa.com.ar,
abraham.balaguera@grupocapsa.com.ar

Palabras clave: **Deformación compresiva, Dorsal de Huincul, Agua del Cajón**

ABSTRACT

To know the structural evolution of the “Agua del Cajon” block, a detailed analysis of the temporal relation between the structure and sedimentary sequences present in the region was performed. Several contractional episodes were identified from the Toarcian to Valanginian time. The first contractional pulse (lower Early Toarcian) is located in the central and western region of the block and is characterized by inverse fault activity with S - SE vergence. Then, the presence of growth strata and progressive unconformities during the upper Early Toarcian indicate activity along the southern-vergent faults of the southernmost sector of the study area. A tectonic quiescence period (Middle Toarcian – Late Aalenian) occurred in the Agua del Cajón region. The reactivation of the southern and central structural system in the study area during the upper Aalenian and Bajocian is represented by the presence of growth strata that became thicker towards north. The regional dip to the N of the Bajocian – Bathonian sequences show another deformation pulse of the Dorsal de Huincul structures. After the deposition of the Tithonian-Berrisian marine sequences of the Mendoza Group, the region became active and affected by other contractional deformation period associated to the southern and central structural system of Agua del Cajon. The structural evolution presented in this study is compared to regional evolution of the Huincul High.

INTRODUCCIÓN

El área de Agua del Cajón se encuentra ubicada en la parte este de la Provincia de Neuquén, dentro del contexto del borde suroriental de la cuenca Neuquina (Fig. 1a). La sedimentación en la cuenca durante el Jurásico y Cretácico estuvo fuertemente controlada por el desarrollo de una serie de estructuras de orientación general E-O desarrolladas en el contexto de la Dorsal de Huincul, rasgo estructural predominante dentro del bloque Agua del Cajón (Fig. 1). Debido a su

importancia desde el punto de vista de la exploración y desarrollo de hidrocarburos, la evolución de la Dorsal de Huincul es uno de los rasgos más estudiados de la cuenca Neuquina.

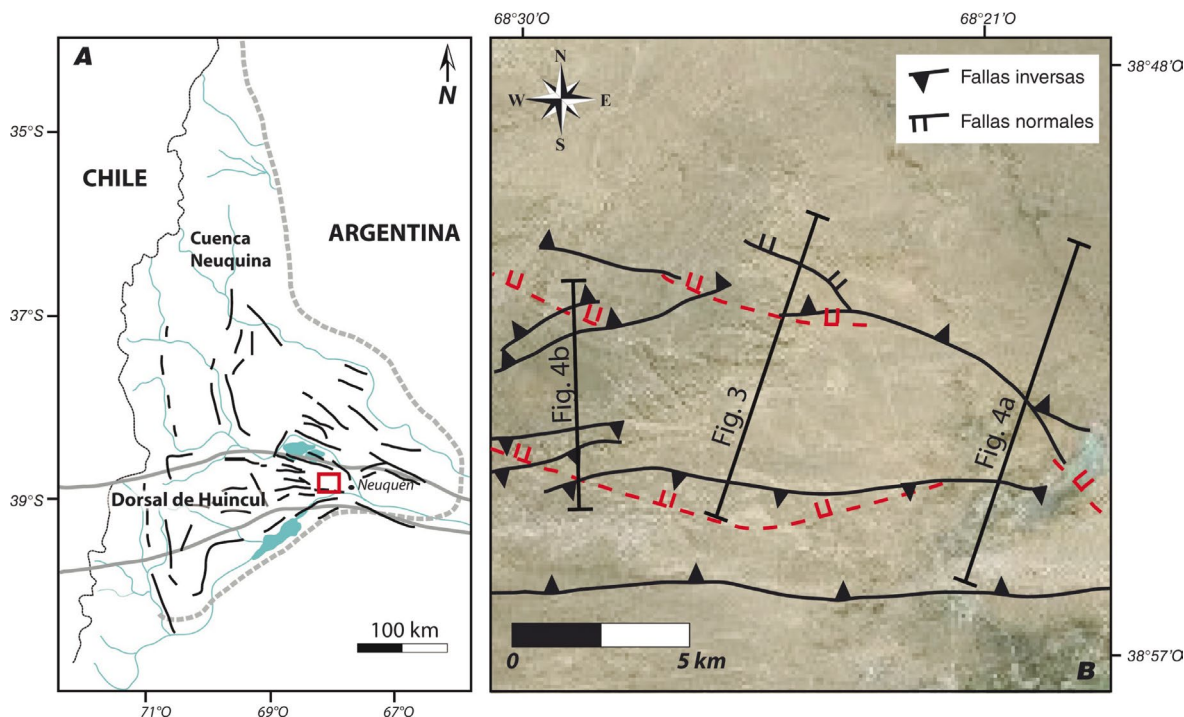


Figura 1. A) Mapa de la cuenca Neuquina mostrando la ubicación de la región de este estudio dentro del contexto de la Dorsal de Huincul. Líneas negras corresponden a las fallas normales maestras de los principales depocentros desarrollados en la parte sur de la cuenca Neuquina. Rectángulo rojo corresponde a la figura 1.B. B) Ubicación y principales estructuras de subsuelo del área de Agua del Cajón al horizonte de la base de la Fm. Lajas. Estructuras en color rojo corresponden a fallas normales pre-Toarciario identificadas en el bloque, mientras que las estructuras de color negro corresponden a fallas post-Toarciario que afectan a las unidades mesozoicas.

La evolución tectono-estratigráfica de la Dorsal de Huincul se caracteriza por el desarrollo de una serie de hemigrabenes de orientación noroeste, los cuales constituyeron los depocentros principales para los depósitos de syn-rift del Triásico Superior - Jurásico Inferior (Fig. 1a) (Pángaro *et al.* 2009). A partir del Jurásico temprano alto y hasta el Cretácico temprano, en la región se desarrolló un sistema de compresión que controló la sedimentación y constituyó el principal periodo de configuración de la dorsal.

El paso de un sistema estructural extensional a uno compresivo puede traer aparejado una inversión del relieve y en consecuencia un cambio en la ubicación de los depocentros, respecto al periodo previo. En este contexto, la caracterización de los sistemas estructurales extensionales y compresivos se hace imprescindible al momento de comprender la sedimentación y distribución de los depósitos de syn-rift y sinorogénicos, posibles portadores de hidrocarburos.

Lo anterior evidencia la necesidad de caracterizar la evolución estructural de una región como la Dorsal de Huincul, en la cual se ha propuesto un modelo de inversión tectónica de las fallas normales (cf. Silvestro y Zubiri, 2008).

El objetivo de este trabajo es determinar los diferentes periodos de actividad de los principales sistemas estructurales presentes en el área con el fin de construir un modelo estructural-sedimentario del bloque Agua del Cajón.

MARCO TECTONOESTRATIGRÁFICO

A continuación se describen brevemente las unidades presentes en el área de estudio dentro del contexto tectono-estratigráfico de la cuenca Neuquina (Fig. 2). Se hace especial énfasis en las unidades del Triásico y Jurásico debido a que corresponden a las unidades deformadas por las estructuras analizadas en este estudio.

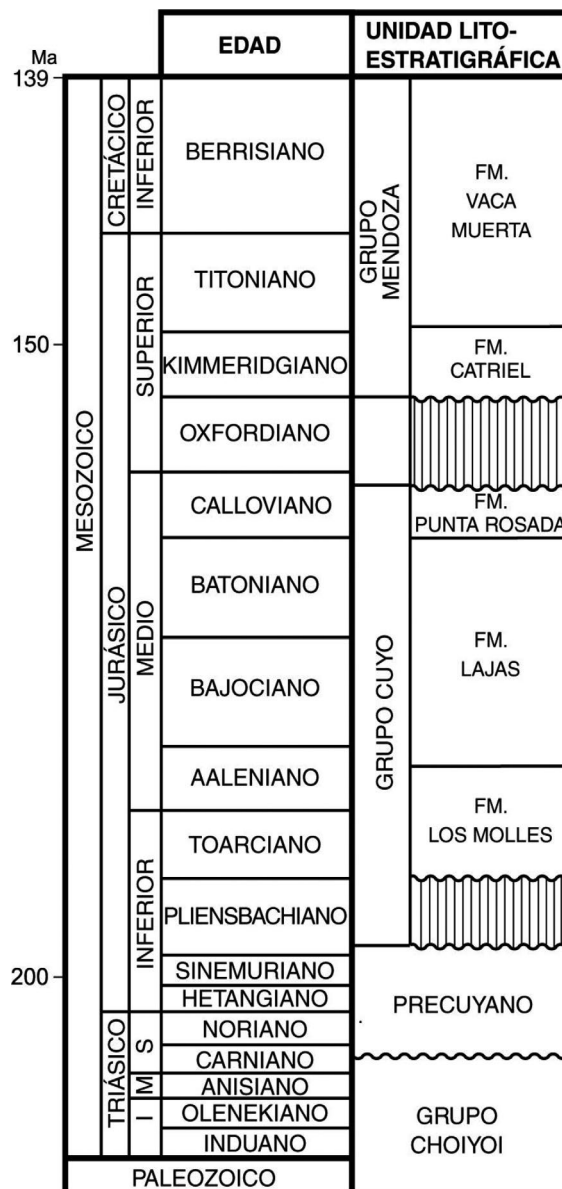


Figura 2. Columna estratigráfica de la región de estudio.

La cuenca Neuquina es una cuenca poligenética en la cual se acumularon más de 4000 m de secuencias volcanoclásticas, sedimentarias marinas y continentales (Groeber, 1946, Gulisano *et al.*, 1984, Howell *et al.* 2005). El registro estratigráfico comienza con los depósitos volcanoclásticos y epiclásticos agrupados bajo la denominación informal Precuyano (Gulisano *et al.* 1984) los cuales corresponden al relleno de los depocentros extensionales de edad triásica tardía - jurásica temprana desarrollados sobre rocas volcanoclásticas pertenecientes al Grupo Choiyoi (Llambías, 1999).

A partir del Jurásico temprano y hasta el Cretácico temprano la cuenca Neuquina evolucionó como una cuenca de retroarco la cual estuvo mayormente controlada por la subsidencia térmica en desmedro de la subsidencia mecánica (Turic *et al.* 1987). Este escenario varía en el área de este estudio debido a que desde el Jurásico temprano hasta el Cretácico temprano la región fue dominada por deformación compresiva responsable de la estructuración de la Dorsal de Huincul (Vergani *et al.* 1995). En el área de Agua del Cajón, por encima del Precuyano se apoya el Grupo Cuyo de edad jurásica media y constituido por las formaciones Los Molles (Toarciano - Aaleniano), Lajas (Aaleniano - Batoniano) y Punta Rosada (Calloviano). Estas unidades consisten en facies siliciclásticas asociadas a ambientes de sedimentación deltaicos y marinos (Legarreta y Gulisano 1989). En el área comprendida en este estudio no se reconoció el Grupo Lotena (Calloviano-Oxfordiano), por lo que sobre la Formación Punta Rosada se disponen las secuencias sedimentarias pertenecientes al Grupo Mendoza (Kimmeridgiano - Hauteriviano). A este Grupo pertenecen las sedimentitas clásticas continentales de la Formación Catriel (Kimmeridgiano - Titoniano) junto con las pelitas y calizas marinas de la Formación Vaca Muerta (Titoniano - Berrisiano). El registro estratigráfico del área se completa con los depósitos de la parte superior del Grupo Mendoza junto con los pertenecientes a los grupos Rayoso, Neuquén y Malargüe que abarcan desde el Cretácico Inferior alto al Paleoceno Inferior.

EVOLUCIÓN DE LA DEFORMACIÓN

Para el análisis estructural del área Agua del Cajón, se realizó un estudio detallado de las estructuras y su relación con la estratigrafía de la zona. En una primera etapa se estudiaron en detalle una serie de líneas sísmicas de un cubo 3D, cross lines y líneas arbitrarias de dirección N-S, con un espaciamiento de 50 líneas entre ellas y luego se seleccionaron líneas específicas para analizar en detalle cada familia de fallas según se creyó conveniente con un espaciamiento menor entre ellas. Para determinar la temporalidad de los pulsos de deformación se tomó como referencia dataciones bioestratigráficas realizadas en el área de estudio (Gutiérrez Pleimling *et al.*, este congreso), permitiendo acotar de forma detallada la actividad de cada estructura de la zona.

Para entender la evolución tectono-sedimentaria se estudiaron las fallas compresivas del Jurásico - Cretácico Inferior con el fin de establecer la cronología de la deformación en el área. Para esto se analizaron diferentes líneas sísmicas tratando de identificar discordancias progresivas y estratos

de crecimiento que permitan determinar los distintos pulsos de actividad de cada estructura. Esto fue posible gracias a la precisa y detallada edad de los niveles sedimentarios, determinada a partir de un exhaustivo análisis de microfósiles en los depósitos presentes en el bloque.

El área del bloque Agua del Cajón se caracteriza por la presencia de diferentes sistemas estructurales no coetáneos los cuales responden a cambios en la orientación de los campos de esfuerzos regionales registrados durante la evolución del área (Cristallini *et al.* 2006). Las evidencias de deformación compresiva para el área Agua del Cajón muestran que la actividad de las estructuras habría comenzado previo o durante el Toarciano temprano, de acuerdo a la relación de onlap de los depósitos de la base de la Formación Los Molles con el limbo trasero del anticlinal desarrollado en la parte central del área (Fig. 3). Lo anterior se encuentra acompañado de una geometría de cuña de los niveles inferiores de la secuencia (Fig. 3) asociado a variaciones del espesor producto del crecimiento de la estructura. Un escenario similar ha sido reportado en el sector de Agua Toledo donde depósitos de edad Toarciano inferior muestran relaciones geométricas similares (Pángaro *et al.*, 2006).

La estructura en el sector central del bloque corresponde a un anticlinal con una falla principal de vergencia sur asociada a un mecanismo de inversión tectónica positiva debido a la reactivación de una falla normal previa (Cristallini *et al.*, 2006). La identificación de la ubicación del punto nulo en la falla sustenta la inversión de esta estructura, debido a que este punto marca el pasaje de un rechazo normal a un rechazo del tipo inverso.

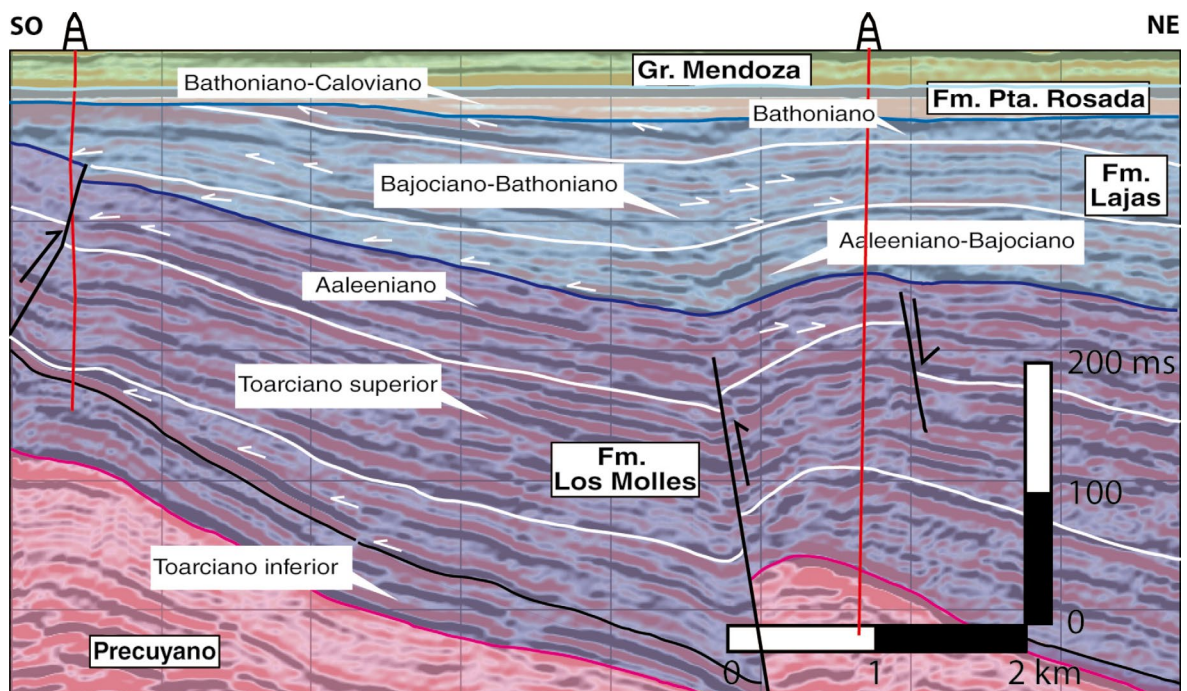


Figura 3. Línea sísmica nivelada a la base del Gr. Mendoza (ubicación en Fig. 1). Se muestra la distribución de las unidades estratigráficas y su relación con las estructuras. Las flechas blancas indican las relaciones geométricas de tipo onlap y truncamiento observadas.

Se reconoce un nuevo pulso de deformación para el Toarciano inferior alto asociados a las estructuras de la parte sur del área, caracterizado por , una serie de fallas inversas con dirección E-O, de gran longitud y con fuertes rechazo vertical (Silvestro y Zubiri, 2008). Evidencias de este pulso de deformación se observan en los depósitos del Toarciano inferior de la Formación los Molles. En ellos se reconocen discordancias progresivas con geometrías de onlap los cuales definen una geometría de cuña con engrosamiento de su espesor hacia el N (Fig. 3 y 4a).

Durante el final del Toarciano se reconoce un período de calma tectónica evidenciado por el espesor constante de la niveles superiores e inferiores de las formaciones Los Molles y Lajas, respectivamente (Figs. 3 y 4). El sistema de fallas del sector sur se reactiva nuevamente durante el Aaleniano tardío-Bajociano, reconocido por la presencia de estratos de crecimiento que aumentan su espesor desde el sector de la dorsal hacia el norte del área (Fig. 4a). Lo anterior evidencia el carácter sintectónico de la secuencia respecto a la actividad de la Dorsal de Huincul. Esta actividad se habría mantenido hasta el Calloviano medio-tardío de acuerdo al truncamiento de los reflectores de los Formación Lajas con la superficie que marca la base de la Formación Punta Rosada (Fig. 3).

Durante el Bajociano-Batoniano se reconoce otro pulso deformación asociado a la reactivación del sistema anticlinal de región central del área. En la parte basal de los depósitos bajocianos-batonianos de la Formación Lajas se puede observar que el espesor de las secuencias crece hacia el sur (Fig. 3 y 4b). Adicionalmente, se identificaron relaciones de onlap, offlap y overlap en los reflectores que conforman una serie de discordancias progresivas en el área del limbo frontal del anticlinal (Fig. 4b).

Un último episodio de actividad asociada a deformación compresiva afecta a la Formación Punta Rosada y parte del Grupo Mendoza (Fig. 4b).

DISCUSIÓN

Las evidencias de deformación para el área Agua del Cajón muestran que la actividad de las estructuras compresivas habría comenzado previo o durante el Toarciano temprano. Esto difiere con lo propuesto para otras regiones aledañas al área de este estudio en las cuales los primeros pulsos deformación se acotan al Toarciano superior (Silvestro y Zubiri, 2008). Debido a la falta de depósitos del Jurásico Inferior más antiguos al Toarciano, es difícil establecer si la deformación en Agua del Cajón central corresponde a un primer pulso de actividad cercano al límite Pliensbachiano-Toarciano enmarcado dentro del inicio de la deformación regional que afectó al extremo sur de la cuenca Neuquina, en la región de la Dorsal de Huincul (Silvestro *et al.*, 2008), o es un periodo de deformación más antiguo no reconocido en la región.

De manera general, se pueden diferenciar dos períodos de deformación en la región de Agua del Cajón (Fig. 5) los cuales están separados por una discordancia que correspondería a la discordancia

Intrabathoniana identificada en otros sectores de la región de la cuenca Neuquina (Veiga, 2002; Freije *et al.*, 2002; Leanza, 2009). El primer periodo abarca desde el Toarciano temprano hasta

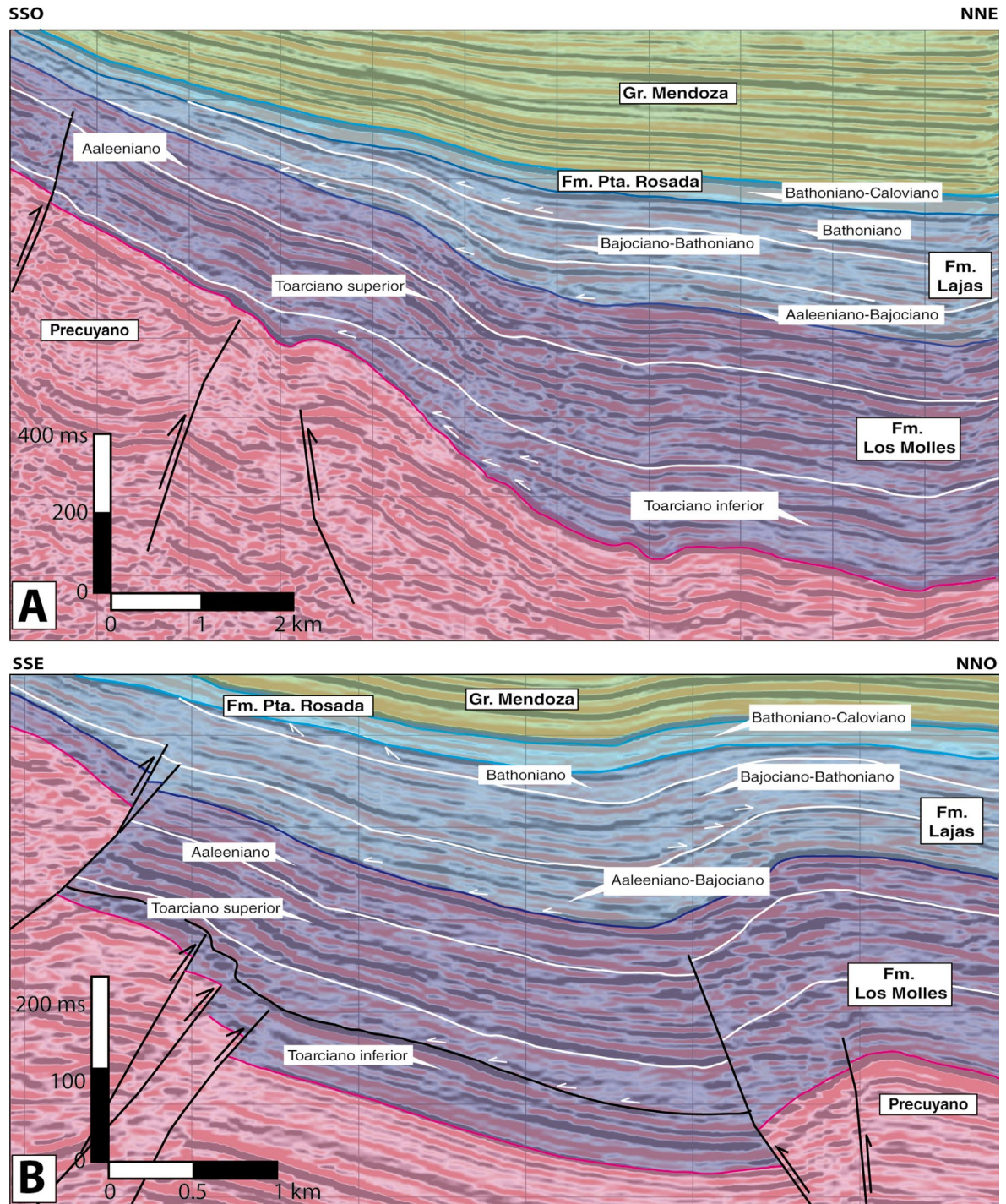


Figura 4. A. Línea sísmica de dirección SSO-NNE donde se visualiza la influencia de la Dorsal de Huincul en la sedimentación de las secuencias mesozoicas. Las flechas blancas indican las relaciones geométricas de tipo onlap y truncamiento observadas.. B. Sección sísmica NO-SE donde se aprecia los estratos de crecimiento al sur de los niveles superiores de la Formación Lajas. Ver ubicación en Fig. 1.

el Bathonianiano consistente con lo reportado en otras áreas de la Dorsal de Huincul como Loma Pedregosa, Barrosa Norte, Charco Zampal, Sur y Este Loma Negra y Cerro Mirador (Fig. 5) (Silvestro *et al.*, 2008). La segunda etapa de deformación queda acotada posterior al Titoniano de acuerdo a la edad asignada para la Formación Vaca Muerta. De acuerdo a esto, este periodo se correlaciona con el periodo de deformación reconocido por Silvestro y Zubiri (2008) que abarca desde el Berrisiano hasta el final del Hauteriviano (Fig. 5). La menor extensión temporal de este periodo de deformación en el área de Agua del Cajón se puede deber a que dicha etapa afectó principalmente a la región más externa del sistema estructural de la Dorsal de Huincul (Silvestro *et al.*, 2008).

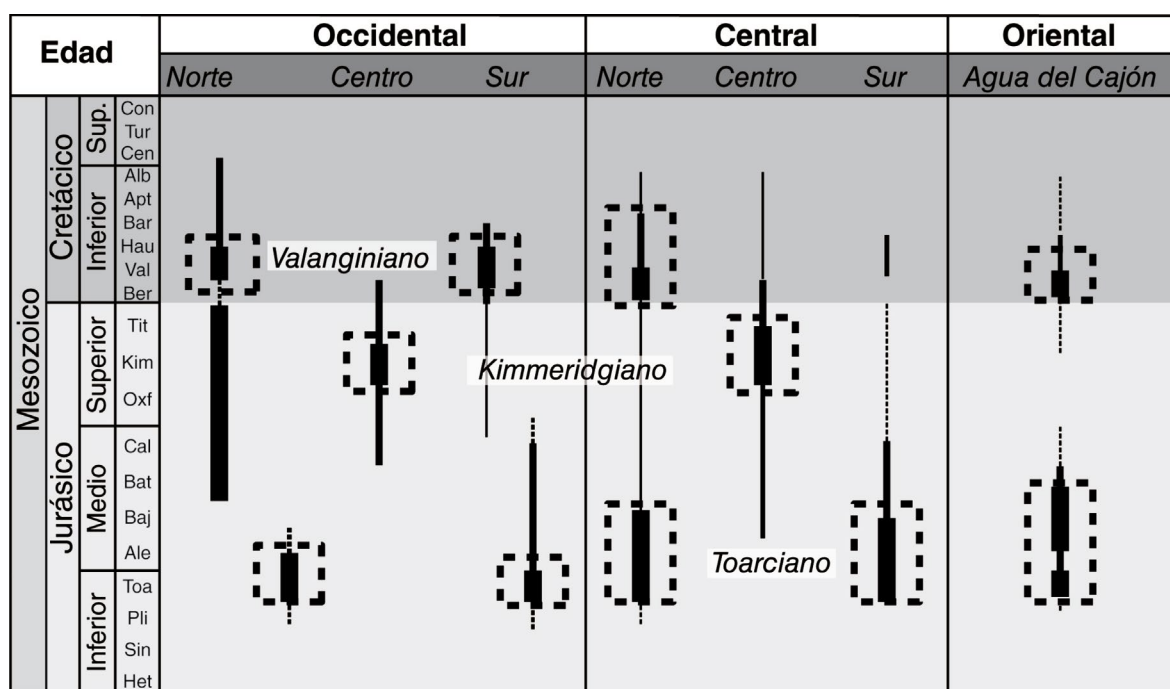


Figura 5. Cuadro comparativo de edad de deformación de estructuras del sector occidental, central y oriental de la Dorsal de Huincul modificado de Silvestro y Zubiri (2008). La región oriental se encuentra representada por la deformación en el área de Agua del Cajón. Además cada sector fue subdividido en norte, centro y sur en base a las secciones estructurales presentadas en el trabajo de Silvestro y Zubiri (2008).

CONCLUSIONES

En el presente estudio se lograron identificar los diferentes pulsos de deformación compresiva que experimentaron las estructuras presentes en la región del bloque Agua del Cajón. Además, fue posible relacionar y establecer el control que tuvo la actividad de las distintas fallas con la depositación de las unidades estratigráficas que caracterizan la región de estudio.

Para el Jurásico temprano alto se reconoce el comienzo de la deformación compresiva - transpresiva, determinada por el movimiento de fallas inversas localizadas en el sector central del bloque. Estas fallas presentan diversas orientaciones, hacia el occidente poseen una dirección NE-

SO, rotando a una posición E-O en el área central del bloque y adquiriendo un rumbo ONO-ESE hacia el oriente. Estas estructuras presentan diversos pulsos de movimiento compresivo que se extienden desde el Jurásico temprano alto hasta el Cretácico temprano, controlando, cada pulso, la geometría de las secuencias afectadas.

Las primeras evidencias de deformación compresivas se identificaron en el área Agua del Cajón Central donde la estructura principal de esa región, asociada la inversión tectónica de la falla triásica superior - jurásica inferior, estuvo activa previa al Toarciano temprano bajo. Para el Toarciano temprano alto se reconoce un segundo pulso de deformación asociado a las fallas ubicadas en el área Agua del Cajón Occidental.

El inicio de la deformación asociada al sistema estructural de la Dorsal de Huincul fue acotado al Toarciano temprano alto, en base a los estratos de crecimiento que muestran los reflectores, en las inmediaciones de la dorsal. La geometría más tabular que muestran los reflectores del Toarciano alto, sugieren un momento de calma tectónica.

Un segundo pulso de activación de las estructuras de la Dorsal de Huincul ocurrió en el Aaleniano tardío - Bajociano evidenciado por un acuñamiento de reflectores contra la dorsal. Estratos de crecimiento reconocidos en la base de la secuencia bajociana, evidencian un nuevo pulso de deformación producto de la actividad del sistema central de estructuras de vergencia sur que para este periodo ya se encontraban unidos formando una sola estructura. Otro pulso de reactivación tanto de las fallas de la Dorsal de Huincul como del sistema estructural central se registra durante el Berrisiano luego de la depositación de la parte inferior del Grupo Mendoza, dando lugar al plegamiento de la misma.

REFERENCIAS

- Cristallini, E.O., Bottesi, G., Gavarrino, A., Rodriguez, L., Tomezzoli, R.N. y Comeron, R. 2006a. Synrift geometry of the Neuquén Basin in the northeastern Neuquén Province, Argentina. En Kay, S.M. y Ramos, V.A. (eds.) *Evolution of the Andean margin: a tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35°-39° S lat)* Geological Society of America Special Paper 407: 147-161.
- Freije H., Azúa G., González R., Ponce J. y Zavala C. 2002. Actividad tectónica sinsedimentaria en el Jurásico del sur de la Cuenca Neuquina. 5° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. Actas en CD ROM. Mar del Plata.
- Groeber, P. 1946. Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70°. Hoja Chos Malal. Revista de la Sociedad Geológica Argentina 1 (13): 1777-208. Buenos Aires.
- Gulisano, C.A., Gutiérrez Pleimling, A.R. y Digregorio, R.E. 1984. Esquema estratigráfico de la secuencia jurásica del oeste de la Provincia de Neuquén. 9° Congreso Geológico Argentino (Bariloche), Actas 1: 236-259.
- Gutiérrez Pleimling, A., Ambrosio, A., Gomez, C., Bustos, G., Conci, I., Balaguera, A., Gonzales, J.M., Guzmán, C. y Tapia, F., en prensa. Estudio Estratigráfico Secuencia del Grupo Cuyo en el Área Agua del Cajón, Cuenca Neuquina.

- Howell, J.A., Schwarz, E., Spalletti, L.A., Veiga, G.D., 2005. The Neuquén Basin: an overview, en: Howell, J., Schwarz, E., Spalletti, L., Veiga, G.D. (Eds.), *The Neuquén Basin, Argentina: A Case Study in Sequence Stratigraphy and Basin Dynamics*. Geological Society of London, Special Publications, 252, Londres: 1–14.
- Leanza, H.A., 2009. Las principales discordancias del Mesozoico de la Cuenca Neuquina según observaciones de superficie. *Rev. del Mus. Argentino Ciencias Nat. Nueva Ser.* 11, 145–184.
- Llambías, E.J., 1999. Las Rocas Ígenas Gondwánicas: EL magmatismo gondwánico durante el Paleozoico superior-Triásico, En: Caminos, R. (Ed.), *Geología Argentina*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, *Anales* 29: 349–363.
- Pángaro, F., Pereira, M., Raggio, F., Pioli, O., Silvestro, J.L., Zubiri, M., 2006. Tectonic Inversion of the Huincul High, Neuquen Basin, Argentina: An Endangered Species. Stratigraphic evidences of its Disappearance. 9° Simp. Boliv. Pet. Exploration Subandean Basins *Actas en C.* 9.
- Pángaro, F., Pereira, D.M., Micucci, E., 2009. El sinrift de la dorsal de Huincul, Cuenca Neuquina; evolución y control sobre la estratigrafía y estructura del área. *Rev. la Asoc. Geol. Argentina* 65: 265–277.
- Silvestro, J., Zubiri, M., 2008. Convergencia oblicua: Modelo estructural alternativo para la dorsal Neuquina (39°S) - Neuquén. *Rev. la Asoc. Geol. Argentina* 63: 49–64.
- Turic, M., Aramayo Flores, F., Gómez Omil, R., Pombo, R., Peroni, G., Sciutto J., Robles, D., Cáceres, A. 1987. Geología de las cuencas petroleras de la Argentina. En Felder, B.A. (ed.) *Evaluación de las Formaciones en la Argentina I*(1): 1-44, Schlumberger, Buenos Aires.
- Veiga, D.G. 2002. Evolución paleogeográfica y paleoambiental de los depósitos continentales del jurásico medio en el sector austral de la Cuenca Neuquina, República Argentina. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 9 (1): 83-108
- Vergani, G.D., Tankard, J., Belotti, J., Welsink, J. 1995. Tectonic evolution and paleogeography of the Neuquén Basin, Argentina. En Tankard, A.J., Suárez, R. y Welsink, H.J. (Eds.) *Petroleum Basins of South America*, American Association of Petroleum Geologists, *Memoir* 62: 383-402.