

ANÁLISIS TECTÓNICO - ESTRUCTURAL EN LAS ÁREAS DE LOMA NEGRA, PUERTO ZÚÑIGA Y LA YESERA

Cecilia Guzmán¹, Felipe Tapia¹, Alfredo Ambrosio², Alberto Gutiérrez Pleimling²,
Silvia Tejada Argañaraz², José María González³, Ignacio Conci³

1: Universidad de Buenos Aires, ceciliagriseldaguzman@gmail.com, ftapiasilva@gmail.com

2: Geoandina S.R.L., alfambrosio@gmail.com, agutierrez.pleimling@gmail.com, s_targanaraz@hotmail.com

3: CAPEX, ignacio.conci@grupocapsa.com.ar, josemaria.gonzalez@grupocapsa.com.ar

Palabras clave: Dorsal de Huincul, Jurásico, Evolución Tectónica

ABSTRACT

A tectono-structural study was carried out in order to interpret the tectonic evolution of the Loma Negra, Puerto Zúñiga, and La Yesera blocks. As the result of the structural and tectonic analysis of these areas, it is proposed an evolutionary model: during the Late Triassic-Early Jurassic, as the result of oblique extension under the action of NNE-SSW minimum principal stress, two extensional systems were developed (NW-SE and WNW-ESE) forming depocenters of different order. Two sectors divided by a NE-NNE transfer zone are identified, the western and eastern ones. The first transpressive deformation evidence recognized in La Yesera area during Late Pliensbachian-Early Toarcian is characterized by a relief inversion due to the selective inversion of some of the pre-existing normal faults and by the generation of reverse faults nucleated in previous extensional faults. During the middle to late Toarcian-Aalenian the deformation continues in the lineaments of Lago Pellegrini, Puerto Zúñiga and Loma de María and in the La Yesera zone. A period of tectonic calm is recorded in the Aalenian, then the deformation is reactivated during the late Aalenian to early Bajocian, being more active in the Lago Pellegrini, Puerto Zúñiga and Loma de María lineaments. In the Middle-Late Bajocian, the deformation is mainly concentrated along reverse faults located along the Puerto Flores - Galdame structural systems with a mainly NE - ENE orientation. The deformation continues to register pulses during the late Bajocian and for the Bathonian. It is proposed that from the Pliensbachian to the Aalenian the stress field for the study area was dominated by a local SW-NE maximum horizontal stress as the result of the Huincul Ridge push, based on the analysis of the active structures, their orientation, kinematics, and the associated deformation pulses. From the Aalenian to the Bathonian it is proposed that the deformation was controlled by the NW - SE regional stress field.

INTRODUCCIÓN

La Cuenca Neuquina posee un área aproximada de 120.000 km² y se sitúa en el retro-arco andino entre los 32°S y 40°S (Yrigoyen 1991). La misma alberga alrededor de 7000 metros de

depósitos del Triásico Tardío al Cretácico inferior, correspondientes a las etapas de synrift y *post-rift* (Vergani *et al.* 1995; Arregui *et al.* 2011). El área de estudio se encuentra ubicada en la Provincia de Río Negro, en el extremo suroccidental de la Cuenca Neuquina y al norte de la Dorsal de Huincul. El área abarca 800 km² aproximadamente e incluye a los bloques La Yesera, Loma Negra, Puesto Zúñiga, el sector sureste de Lago Pellegrini, el sector noroeste de Loma Kauffman y el borde suroeste de Puesto Flores (Fig. 1).

La deformación extensiva en el sector del engolfamiento neuquino está caracterizada por sistemas de *rift* con distintos grados de oblicuidad con respecto a la dirección de extensión regional NNE posiblemente relacionada a una zona de debilidad litosférica de rumbo NNO a NO vinculada a la sutura inferida entre los terrenos de Cuyania y Chilenia (Bechis *et al.* 2014).

En la región sur de la cuenca se reconoce la presencia de deformación compresiva jurásica a cretácica temprana asociada al desarrollo de la Dorsal de Huincul que se sobre-impone a la deformación extensiva triásica-jurásica inferior. Pese a esto, diferentes trabajos llevados a

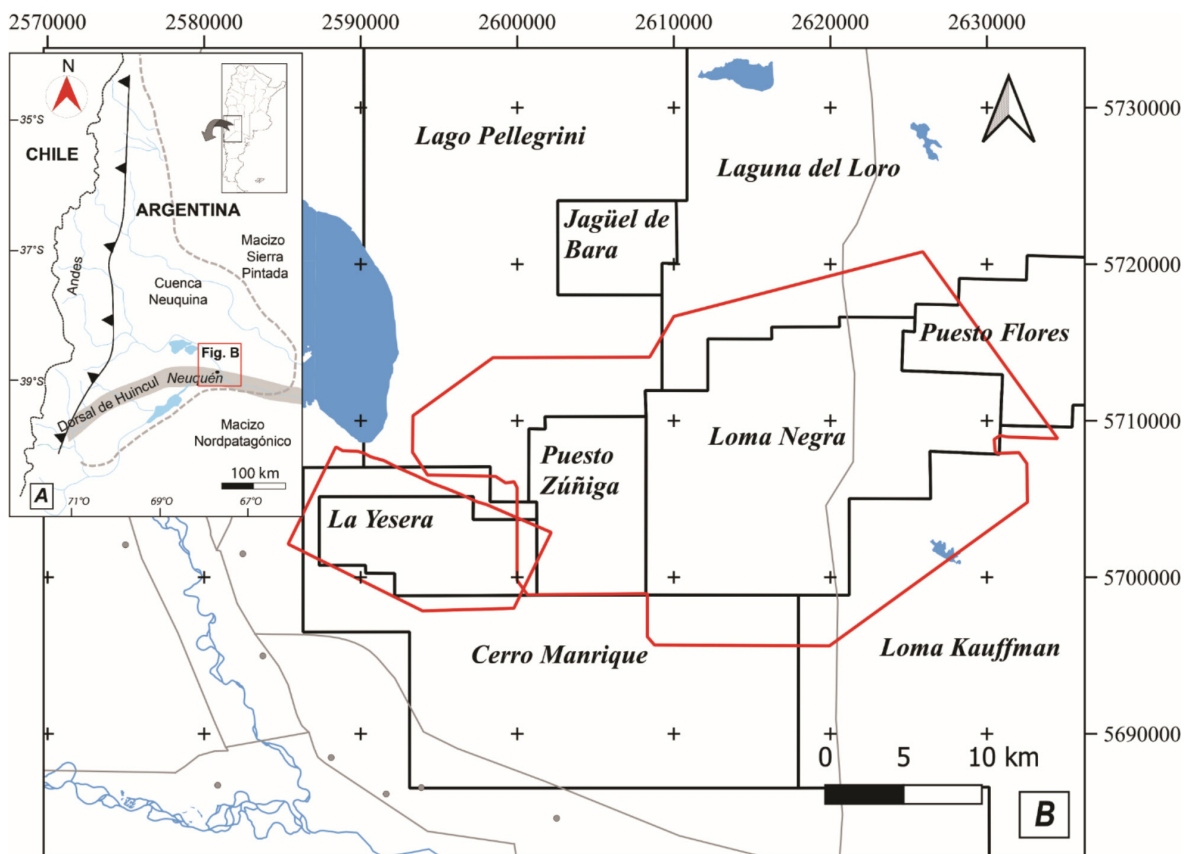


Figura 1. (A) Mapa regional-Tectónico mostrando el contexto en que se enmarca la zona de estudio. El rectángulo rojo indica la ubicación de la Fig. 1b. (B) Mapa del área de estudio donde se indica la división de los bloques que rodean a La Yesera, Puesto Zúñiga y Loma Negra. Los polígonos de color rojo indican los límites de los Cubos 3D para La Yesera (polígono izquierdo) y el MERGE de Puesto Zúñiga y Loma Negra.

cabo en la región han logrado hacer una buena identificación de ambos estilos estructurales, obteniendo así un modelo evolutivo tectónico-sedimentario de la zona.

Este trabajo tiene como objetivo principal construir un modelo tectónico-evolutivo de la zona de estudio a partir de la caracterización temporal de los principales sistemas de fallas que han estado activos desde el Triásico hasta el Jurásico Tardío. Dicha caracterización se basa en la identificación e integración de cada período de actividad para los principales sistemas estructurales definidos en el área. Como un objetivo secundario, se plantea determinar la interacción de los diferentes juegos de fallas dentro de la evolución de algún área de interés. Para ello se realizó un análisis estructural detallado del yacimiento Loma Negra, donde confluyen los diferentes sistemas de fallas y que además presenta un alto potencial como trampa de hidrocarburos.

CONTEXTO GEOLÓGICO

La evolución geológica de la cuenca Neuquina se puede resumir en tres etapas principales. La primera caracterizada por el desarrollo de estructuras de tipo extensional durante el Triásico Tardío-Jurásico Temprano relacionada al comienzo de la apertura de la Cuenca Neuquina. La configuración inicial, corresponde a numerosos depocentros aislados (Mombrú y Uliana 1978; Gulisano *et al.* 1984; Vergani *et al.* 1995; Franzese y Spalletti 2001), cuyo relleno se agrupa en el Ciclo Precuyano (Fig. 2) (Gulisano 1981) y se encuentran asociados en un comienzo a una etapa de *rifting*, que precedió al desmembramiento de Gondwana (Charrier 1979; Uliana y Biddle 1988; Uliana *et al.* 1989; Franzese y Spalletti 2001; Charrier *et al.* 2007).

A partir del Jurásico, comenzó el desarrollo gradual del arco volcánico andino bajo condiciones de extensión continua (Dalziel *et al.* 1987; Mpodozis y Ramos 1989, 2008; Parada *et al.* 1991; Llambías *et al.* 2007). La Cuenca Neuquina pasó de una etapa de *rifting* a una etapa de extensión en retroarco (Llambías *et al.* 2007). El régimen extensivo perdura durante todo el Jurásico y Cretácico inferior, relacionada a la velocidad negativa de retroceso de la trinchera (Mpodozis y Ramo, 1989, 2008; Ramos 2010; Ramos *et al.* 2011). El inicio de la subsidencia generalizada asociada a la fase de *post-rift* (Vergani *et al.* 1995, Legarreta y Uliana 1999) permitió la ingresión marina del Grupo Cuyo (Uliana y Biddle 1988; Uliana y Legarreta 1993; Legarreta y Uliana 1999; Leanza *et al.* 2013) a partir del Pliensbachiano en el sector del engolfamiento neuquino (Fig. 2).

El *post-rift* abarca el resto del Jurásico y el Cretácico Temprano, momento en el cual los depocentros coalescen (Arregui *et al.* 2011), las unidades pasan a tener un desarrollo regional, y son las variaciones tectono eustáticas las que controlan la alternancia de secuencias marinas pacíficas y continentales (Legarreta y Uliana 1996). Consecuencia de estos procesos fue la acumulación de espesas secuencias marinas y continentales correspondientes a los grupos Lotena, Mendoza y Bajada del Agrio (Fig. 2).

En contraposición a lo descrito anteriormente, el sector sur de la cuenca Neuquina experimenta un período compresivo durante el Jurásico Medio y el Cretácico Temprano que da origen a la Dorsal de Huincul. Dicha etapa estaría asociado a cambios en el régimen de subducción en el margen occidental de Gondwana (Vergani *et al.* 1995; Pángaro *et al.* 2006, 2009; Mosquera y Ramos 2006; Silvestro y Zubiri 2008).

A partir del Cretácico Tardío se inicia la fase de crecimiento de la cordillera de los Andes (Cobbold y Rossello 2003; Zapata y Folguera 2005; Zamora Valcarce *et al.* 2006; Tunik *et al.* 2010; García Morabito y Ramos 2011) y la cuenca Neuquina comienza su etapa de antepaís que abarca hasta el Neógeno (Fig. 2) (Uliana y Biddle 1988; Mpodozis y Ramos 1990; Ramos 2010; Ramos y Folguera 2005; Tunik *et al.* 2010).

A modo orientativo se presenta la columna estratigráfica de la región en conjunto con la estratigrafía sísmica de la zona estudiada y su correlación con el área Agua del Cajón (Fig. 2).

METODOLOGÍA DE TRABAJO

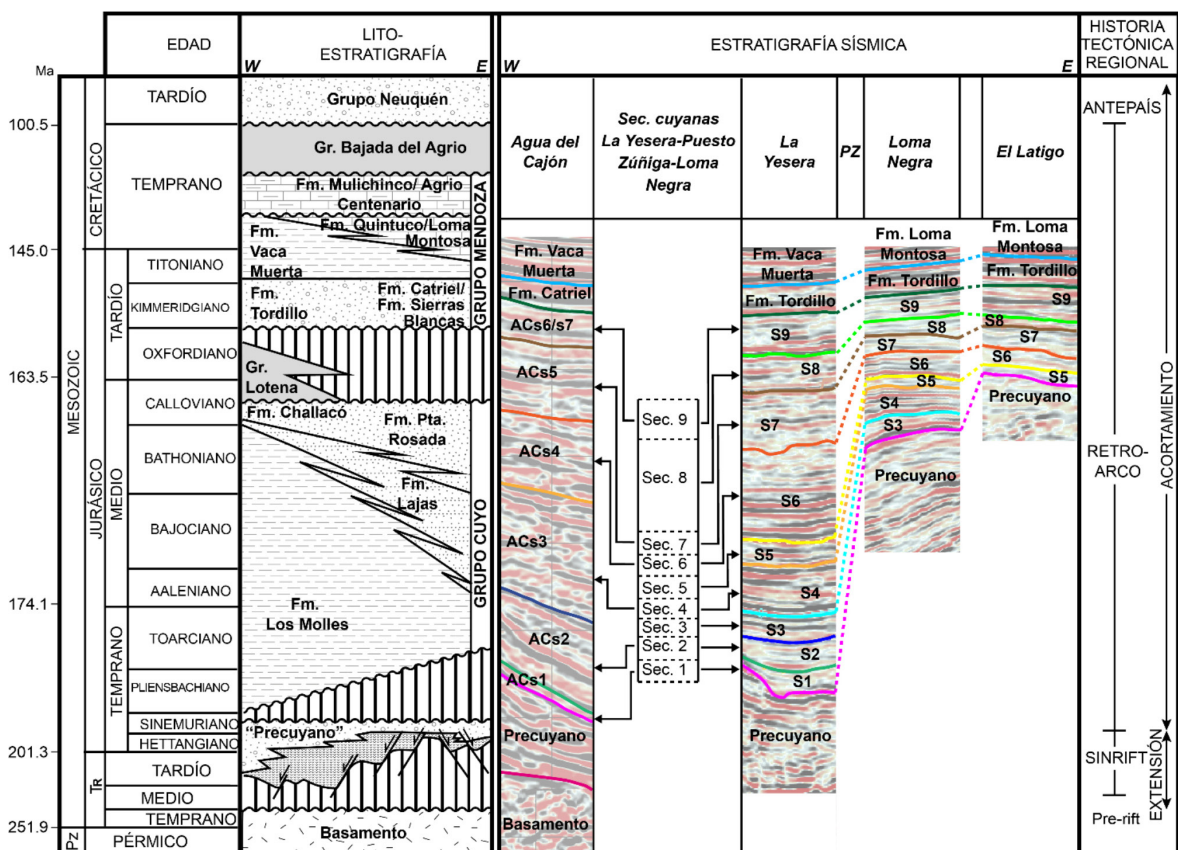


Figura 2. Columna tectono-estratigráfica de la parte sur de la cuenca Neuquina. Se muestran las secuencias sísmo-estratigráficas utilizadas en este estudio y su correlación con las secuencias definidas en el área de Agua del Cajón (Gutiérrez Pleimling *et al.* 2021). Notar que hay secuencias definidas en el área de estudio que no tienen correlación con las secuencias definidas en Agua del Cajón.

La metodología utilizada para la interpretación estructural se basó principalmente en el análisis de la información sísmica en tiempo tanto del cubo reprocesado y unificado en un MERGE que abarca los bloques de Loma Negra y Puesto Zúñiga, como del cubo del área La Yesera. Se reinterpretan los principales sistemas de fallas en los cubos 3D a lo largo de secciones seleccionadas para tal fin, a partir de los horizontes y los polígonos de fallas obtenidos. Con esto se pudo establecer la relación genética entre las estructuras interpretadas y discriminar posibles controles tectónicos en la evolución de la sedimentación.

Para mejorar la visualización de los sistemas de fallas tanto en planta como en sección, se le aplicaron diferentes atributos geométricos a la información sísmica. Dentro de los atributos testeados, se observó que el atributo de Similarity Variance era el más apropiado para resaltar las trazas de fallas y facilitar la definición de las mismas.

Con la información sísmica y de pozos disponible y el análisis estructural de los bloques, se realizó un estudio estadístico integral de las estructuras que coexisten en toda el área, con el fin de agrupar las distintas familias de fallas. Una vez obtenida toda esa información se procedió a realizar la clasificación de fallas según su orientación, los períodos de actividad y el tipo de movimiento, logrando tener un estudio detallado de los diferentes sistemas de fallas activos, su temporalidad y su origen con respecto al campo de esfuerzos actuante para cada momento. Finalmente, los resultados obtenidos se integraron dentro de un análisis tectónico evolutivo del área.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS ORIENTACIONES DE LOS JUEGOS DE FALLAS RECONOCIDOS

Para estudiar y caracterizar la deformación en la zona de estudio, en primera instancia, se realizó un análisis detallado de los juegos de fallas existentes a partir de la observación de los mapas isócronos y los polígonos de fallas para cada secuencia. Con toda la información obtenida se confeccionó un mapa general de los diferentes juegos de fallas encontrados a lo largo de toda el área de estudio (Fig. 3).

Se identificaron, así, 4 *set* de fallas, las que pueden clasificarse según su orientación y edad como se describe a continuación. El *Set I* corresponde a la dirección de lineamientos y fallas asociados a una zona de transferencia con orientación media N65° y heredadas desde la fase de extensión del Precuyo. El principal representante de esta orientación corresponde al lineamiento Puesto Flores - Galdame (Fig. 3). El *Set IIa* corresponde a fallas normales previas al Grupo Cuyo con orientación N117°, que dan lugar a depocentros tipo La Yesera y tipo Estancia Vieja (fuera del área de estudio). Las estructuras con esta orientación en el área de estudio corresponden a los sistemas de fallas de La Yesera y el lineamiento Lago Pellegrini (Fig. 3). El *Set IIb* agrupa a fallas normales previas al Grupo Cuyo, abarca dos familias de fallas, la familia de las fallas del sistema de Puesto Zúñiga orientadas con un azimut medio de N99° correspondiente a lineamientos de primer orden, y donde algunos de ellos corresponden a fallas de borde de hemigraben que controlan espesores del precuyano.

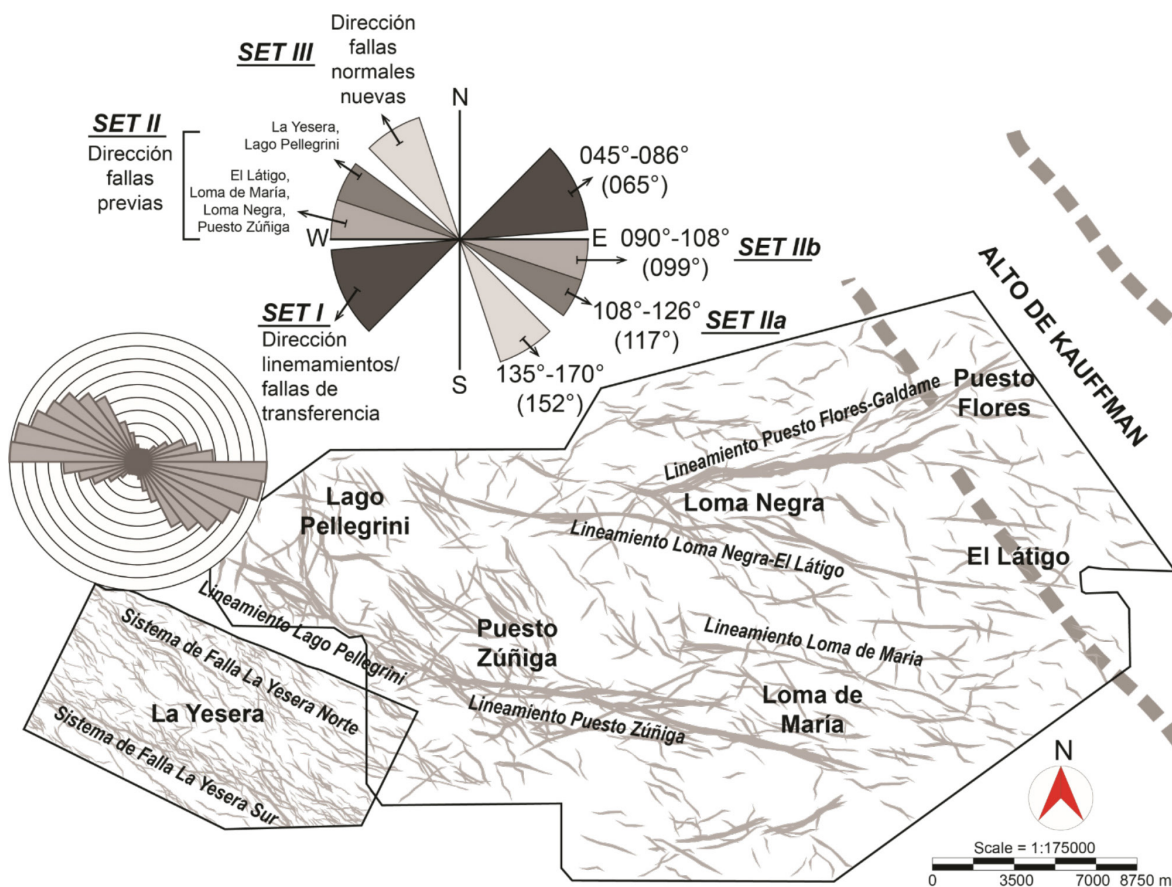


Figura 3. Mapa de la zona de estudio mostrando las fallas reconocidas en este trabajo. Arriba se muestra un diagrama de *rose* donde se grafica la dirección de las 4 familias de estructuras definidas en este estudio. En líneas gruesas, grises y segmentadas se indican los límites del Alto de Kauffman (Tomado de Cristallini *et al.* 2009).

Estos lineamientos han sido nombrados como Loma de María, Loma Negra y Puesto Zúñiga (Fig. 3). Finalmente, el *Set* III agrupa a fallas normales nuevas con un azimut medio de 152°. Estas fallas no controlan espesores del Precuyano, para el sector de La Yesera presentan un diseño en echelon y son de corta longitud, mientras que, hacia los sectores de Lago Pellegrini, Puesto Zúñiga adquieren mayores longitudes y se ubican entre los lineamientos de orientación 099° y 117° (Fig. 3).

ANÁLISIS DE LA PALEOGEOGRAFÍA PRECUYANA

La paleogeografía precuyana para la zona de estudio está determinada principalmente por la presencia de sistemas extensionales de orientación NO-SE y ONO-ESE que conforman depocentros de distinto orden, según el espesor de la secuencia precuyana que se acumuló en ellos. De acuerdo al análisis confeccionado, se identifican dos sectores: (i) occidental; y (ii) oriental, divididos por una zona de transferencia de orientación NE-NNE (Fig. 4).

El sector occidental está dominado por la presencia del depocentro de La Yesera-Lago Pellegrini, de orientación NO-SE (Fig. 4), y de mayor jerarquía reconocido en el área de estudio.

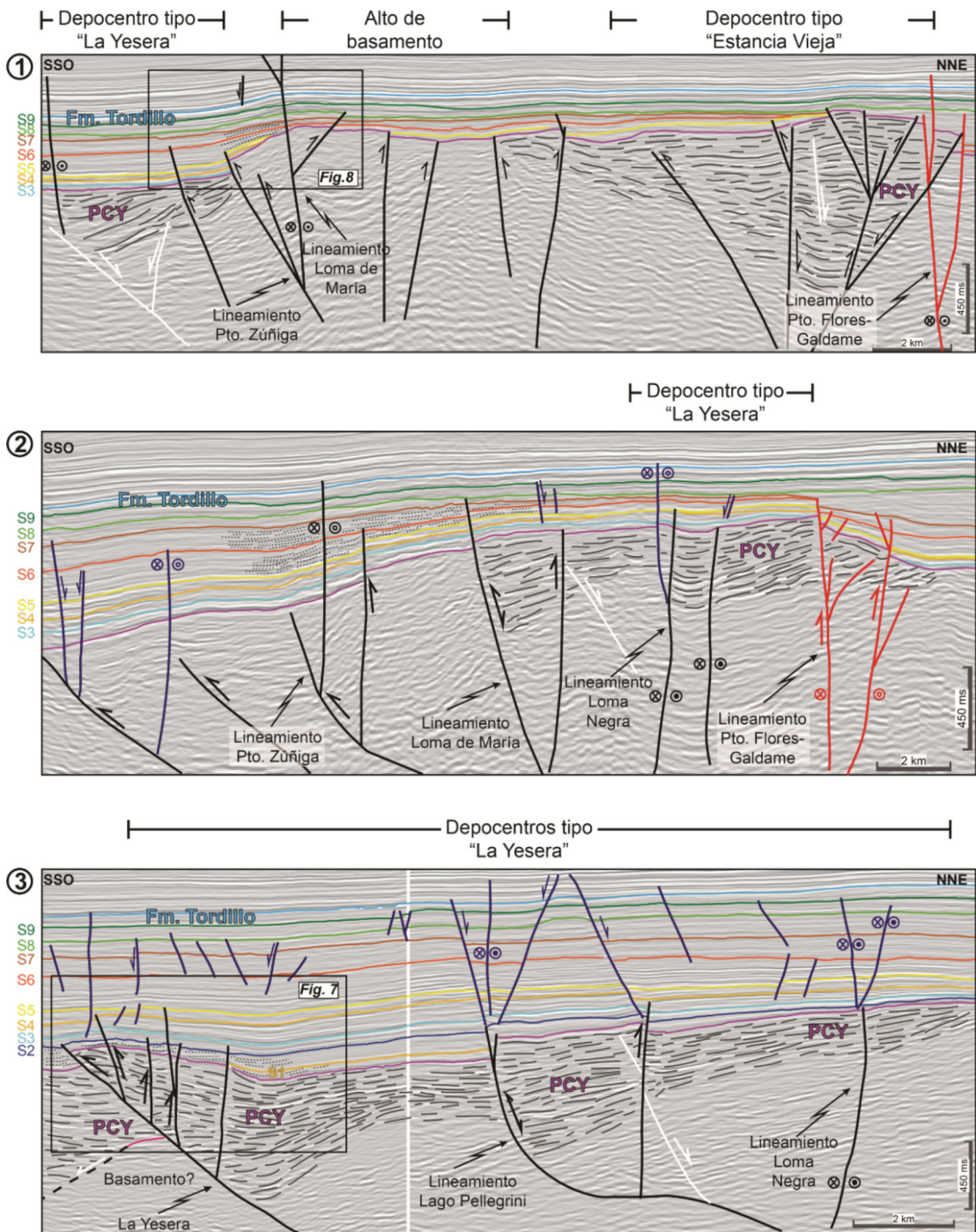


Figura 4. (arriba) Mapa con las principales estructuras asociadas al período extensional triásico tardío-jurásico temprano. Además, se muestran las ubicaciones de las secciones de la Fig. 5 (1, 2 y 3). (abajo) Modelo conceptual, no a escala, de la naturaleza de la falla de transferencia reconocida en el área de estudio. Los polígonos rojos indican los límites de los cubos como referencia. Las flechas grises indican la dirección de máxima extensión durante la fase extensional de la cuenca Neuquina (Bechis *et al.* 2014).

Este se caracteriza por la presencia de dos fallas maestras o principales que controlan el sistema extensional (Fig. 5).

Desde el punto de vista regional, se observa una pendiente hacia el oeste - suroeste implicando un aumento de espesor de los depósitos precuyanos (PCY) relacionados a la

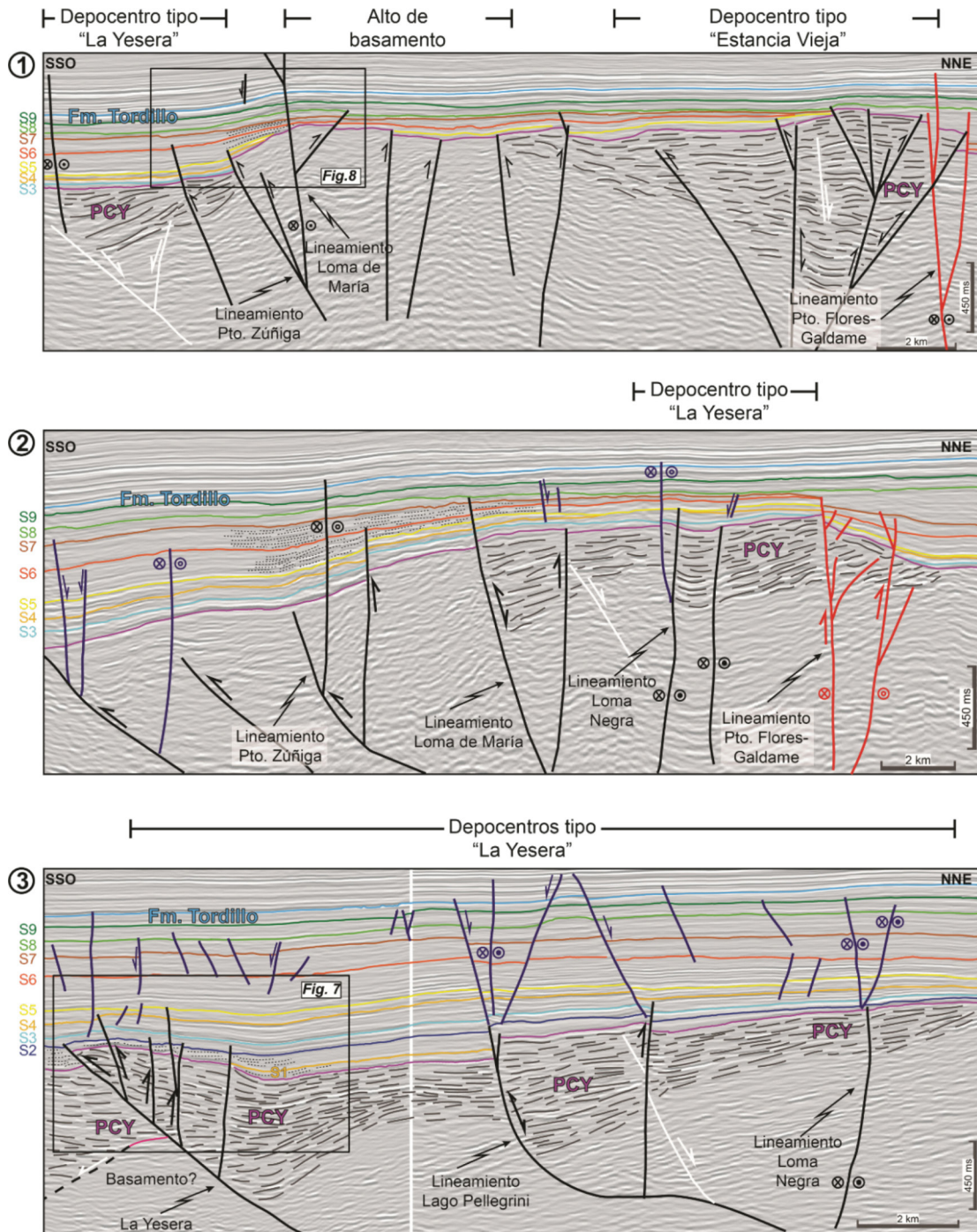


Figura 5. Secciones arbitrarias 1 (arriba), 2 (medio) y 3 (abajo) (ver Figs. 4 y 6 para su localización). Líneas grises continuas representan la estructura interna del precuyano dentro de los principales depocentros del área. Los colores de las estructuras hacen referencia a la familia de fallas a la cual pertenecen (ver Fig. 3): fallas negras corresponden al Set II; fallas de color rojo corresponden al Set I; y las fallas de color azul corresponden al Set III. Los recuadros en las secciones 1 y 3 muestran la ubicación de las Figs. 8 y 7 respectivamente.

fase extensional triásica-jurásica temprana (Fig. 5). En este sentido, este depocentro alberga los mayores espesores de depósitos *synrift* dentro del área de estudio. Estos depósitos presentan una geometría de cuña divergente hacia las fallas maestras de primer orden de orientación NO (Fig. 4), las cuales conforman una configuración de dos hemigrabenes amplios y suaves que inclinan hacia el NE (Fig. 5). Adicionalmente, se identificaron otras fallas normales de un orden menor a las identificadas en el área de La Yesera, pero pueden ser caracterizadas como “tipo La Yesera” debido a que son estructuras sintéticas a la falla maestra (Figs. 4 y 5).

Por otro lado, el sector oriental se caracteriza por la casi ausencia de depocentros salvo en el extremo norte y sur de ese sector (Fig. 4). En la parte norte se desarrolla un depocentro de orientación E-O e inclinación hacia el S caracterizado por ser del “tipo Estancia Vieja” debido a que su falla principal es sintética a la falla maestra del depocentro de Estancia Vieja (Cristallini *et al.* 2009). En este mismo sector se pudo reconocer otro depocentro ubicado al sur, pero con un menor desarrollo de fallas normales. Entre ambos depocentros de inclinaciones opuestas se desarrolla un alto de basamento donde los espesores del Precuyano son mínimos (Fig. 5,1). Los límites de este alto están determinados por la máxima curvatura del basamento, zonas de “*hinge*” (c.f. Cristallini *et al.* 2009), relacionado a la continuación del Alto de Kauffman.

Al observar las fallas identificadas y clasificadas en dos dominios se ve claramente que la interrupción en la traza de las mismas se alinea siguiendo una dirección preferencial NE (Fig. 4). Cristallini *et al.* (2006) describe la presencia de zonas difusas que en general no están representadas por una o varias fallas, sino que se las puede cartografiar por interrupciones o cambios en las fallas de los hemigrabenes. Éstas estarían relacionadas a zonas de transferencia que conectan a los depocentros. Dentro del ámbito del engolfamiento neuquino, Cristallini *et al.* (2006, 2009) reconoce zonas de transferencia de dirección NE entre dos fallas conjugadas, la zona de transferencia de Puesto Flores-Galdame que vincula a los depocentros de Estancia Vieja (ubicado fuera del área de estudio) y La Yesera.

Siguiendo el criterio propuesto por Cristallini *et al.* (2006), se logra determinar que ambos dominios están delimitados por una zona de transferencia (Fig. 4), la cual presenta una unión de tipo débil (*soft-linkage*) para el tramo septentrional, cuya dirección es NNE ya que no se reconocen fallas discretas asociadas para tiempos del precuyo sino que es una zona difusa/lineamiento; mientras que el tramo sur de dirección NE presenta una unión fuerte (*hard-linkage*) donde se logra reconocer la presencia de una discontinuidad mapeable en los time slices y en las secciones se manifiesta como un resalto en el precuyo (Fig. 4).

EVOLUCIÓN DE LA DEFORMACIÓN JURÁSICA

Para abordar el estudio de la evolución jurásica, se buscó identificar los principales períodos de actividad de los diferentes sistemas de fallas que caracterizan el área. Para ello, se identificaron características diagnósticas tales como discordancias, estratos de crecimientos y discordancias progresivas en los depósitos, las cuales permiten inferir deformación durante o después de la depositación de las secuencias.

De esta forma, se identificaron 3 etapas principales de deformación en el área de estudio, las cuales muestran que los sistemas de fallas descriptos en los apartados anteriores estuvieron activos en diferentes períodos. A continuación, se describen las 3 etapas en detalle.

Primera etapa de deformación

En el área analizada se reconoce la presencia de diversos lineamientos, tales como La Yesera, Lago Pellegrini, Puesto Zuñiga, Loma de María y Loma Negra - El Látigo (*Set II*, Fig. 3). Dichos lineamientos corresponden a fallas inversas nucleadas en las antiguas fallas precuyanas. En algunos sectores de los lineamientos Loma de María y Lago Pellegrini, así como en el área de La Yesera, se puede observar que la deformación está asociada a la inversión parcial de fallas normales previas (Fig. 5). El desarrollo de fallas inversas acomoda la deformación bajo un régimen transpresivo donde los depósitos precuyanos son deformados y plegados (Fig. 5). Esta fase transpresiva se sobre-impone a la fase extensiva, y en muchos casos complica la correcta interpretación y diferenciación de ambos sistemas. Para este primer pulso de deformación, cabe destacar que domina el desplazamiento en la vertical sobre el de rumbo. Las evidencias de deformación permiten extender este período desde la secuencia S1 y hasta la S5, abarcando desde el Pliesnbaquiano tardío al Toarciano tardío-Aleniano.

Las primeras evidencias de deformación transpresiva se registran en la zona de La Yesera (Fig. 6) y están determinadas por la inversión selectiva de algunas de las fallas normales preexistentes (Fig. 5). Asimismo, se generan una serie de fallas inversas nucleadas en las fallas extensivas previas, que levantan y pliegan al Precuyo dando lugar a una inversión del relieve que conforman un alto delimitado por las fallas de La Yesera sur y La Yesera Norte (Fig. 6), formando así un bajo relativo en el sector E-NE del bloque La Yesera, donde se deposita y restringe la Secuencia 1 (Fig. 5). Esta secuencia presenta relaciones de *onlap* con el techo del precuyano (Fig. 7) y aumenta su espesor hacia el NE y ENE (Fig. 5), lo cual evidenciaría la inversión del relieve en este sector. Para este mismo tiempo, se invierte parte de los lineamientos Lago Pellegrini y Puesto Zúñiga, evidenciado por la distribución restringida de la S1, la cual no continúa por arriba del anticlinal formado sobre ese lineamiento (Fig. 5).

La deformación continúa para el tiempo de la S2 evidenciada por una disminución en sus espesores sobre el alto de La Yesera (Fig. 7), y sobre los anticlinales asociados a la actividad de los lineamientos Lago Pellegrini, Puesto Zúñiga y Loma de María (Fig. 5). La Secuencia 2, en el área de La Yesera, presenta una geometría de cuña divergente hacia el NE, a la inversa de lo que se observaba para los tiempos precuyanos donde sus espesores aumentaban hacia el SO (Fig. 7) confiriéndole un carácter sinorogénico a esta secuencia. Esto está evidenciando el mencionado proceso de inversión de relieve para esta región, sin embargo, para los tiempos de la S2, la inversión de fallas normales previas es casi nula y la deformación estaría relacionada a la formación de nuevas fallas inversas.

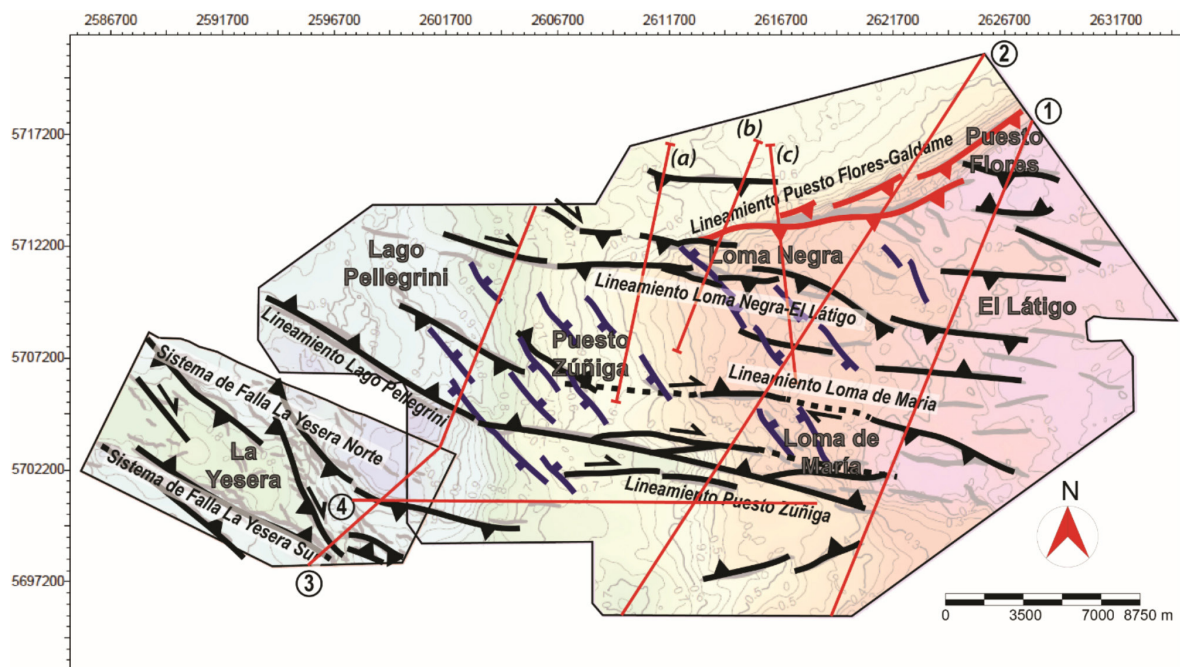


Figura 6. Mapa estructural mostrando las principales estructuras que afectan y controlan la sedimentación en el área de estudio. Los colores de las fallas responden a la clasificación según su orientación: Set I - fallas rojas, Set II - fallas negras, Set III - fallas azules. La imagen de base corresponde a un mapa isocronopáquico del Grupo Cuyo. Además, se muestran las ubicaciones de las secciones de la Fig. 5 (1, 2 y 3), Fig. 9 (a, b, c).

Los lineamientos Puesto Zúñiga, Loma de María y Loma Negra muestran evidencias de deformación transpresiva con una componente de movimiento en la vertical significativa durante la depositación de las secuencias 3 y 4. En efecto, el desarrollo de discordancias progresivas en estas secuencias permite atribuirle un carácter sinorogénico respecto a la actividad de estos lineamientos (Figs. 5 y 8). Esto contrasta con lo acontecido para el sector de La Yesera, donde luego del depósito de S2 (Toarciano temprano-medio), no se observan más evidencias de actividad de las fallas principales y la deformación se resuelve por la formación de pequeñas fallas normales menores (Fig. 6). Estas fallas normales pertenecen al Set III (Fig. 3) y se ubican

o nuclean sobre las fallas previas. Para este tiempo también se habría registrado la inversión del depocentro de orientación ONO reconocido como “tipo Estancia Vieja” ubicado en el extremo NE de la zona de estudio (Fig. 5). Esto se basa en la ausencia y/o poco espesor que tienen las secuencias inferiores del Grupo Cuyo (Fig. 5).

El final de este primer período de deformación habría ocurrido para el Aleniano y estaría marcado por el inicio de la depositación de la Secuencia 5. La baja tasa de variación en el espesor de dicha secuencia, en comparación con las otras secuencias, a lo largo y ancho de la

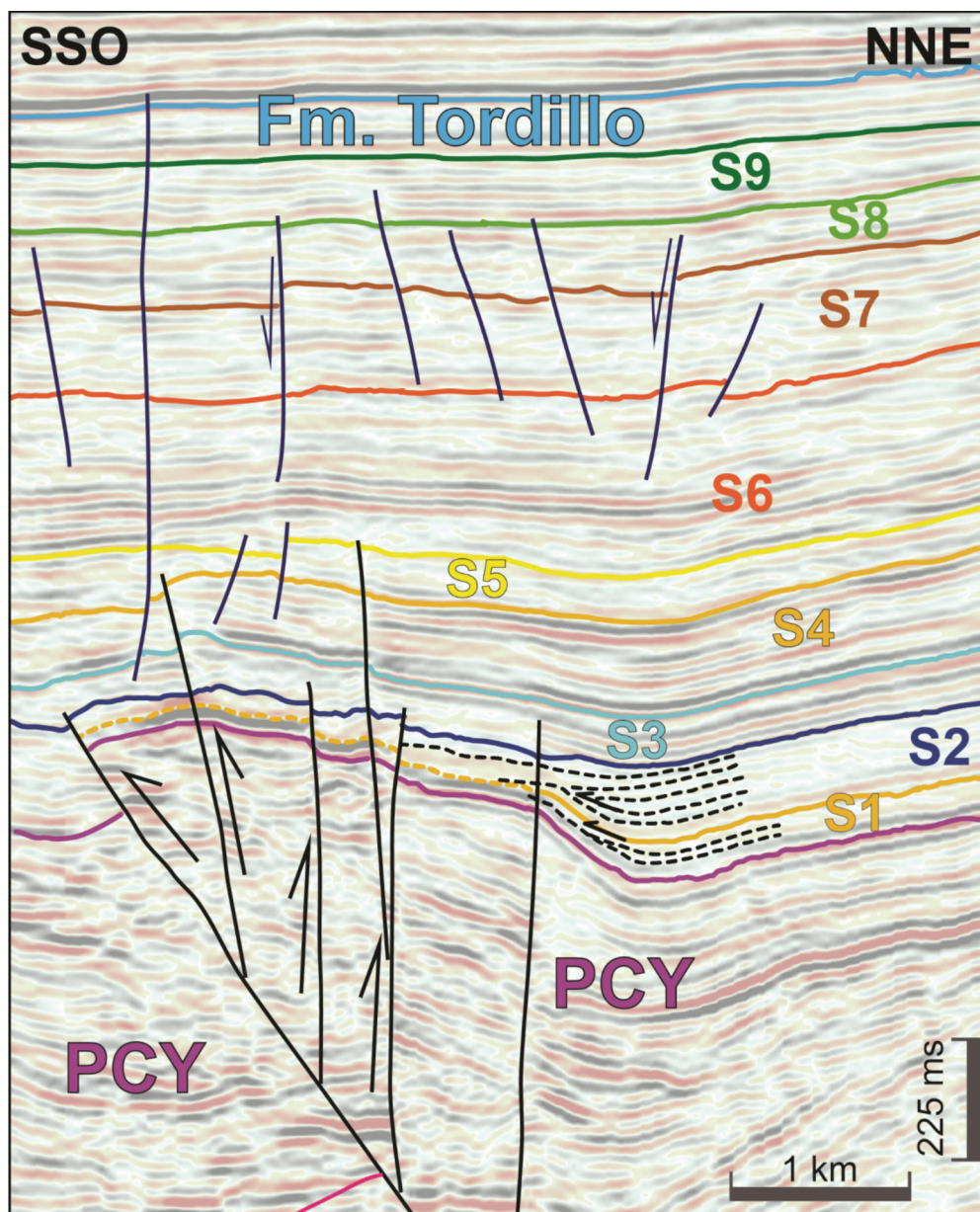


Figura 7. Detalle del área de La Yesera (ver Fig. 5 para su ubicación). Los colores de las fallas siguen la clasificación de las Figs. 5 y 6. Notar las geometrías de *onlap* y estratos de crecimientos en las S1 y S2 que evidencian la actividad de los sistemas estructurales de La Yesera.

región de estudio, sumado a la falta de reconocimiento de *onlaps* y discordancias progresivas, evidenciaría el inicio de un período de calma tectónica. Cabe destacar que, si bien la S5 no logra cubrir desde el SO el alto generado por la actividad relacionada al lineamiento Puesto Zúñiga, en la parte NE se observa que esta secuencia logra traspasar parcialmente el alto, evidenciando que dicha secuencia estaba “rellenando un relieve previo” en un período de quietud (Fig. 5).

Segunda etapa de deformación

Luego de la calma tectónica registrada para la Secuencia 5, el sistema se reactiva y da lugar un fuerte levantamiento en las zonas de los lineamientos de Lago Pellegrini - Puesto Zúñiga y Loma de María (*Set II*, Fig. 3). Allí se reconoce la presencia de *onlaps* de la base de la Secuencia 6 sobre el tope de la Secuencia 5, asimismo se observa que la Secuencia 6 se distribuye en forma de cuña divergente hacia el SO registrándose discordancias progresivas (Fig. 8). Lo anterior evidencia el carácter sinorogénico que presenta la Secuencia 6 en las zonas mencionadas y acota el inicio de la segunda etapa de deformación al Aleniano tardío-Bajociano temprano.

En lo que respecta a la zona de Loma Negra, para este período, en el lineamiento homónimo no se registran grandes cambios en los espesores de la S6 ni se detecta la presencia de *onlaps* ni evidencias que indiquen actividad en esa zona en particular. Sin embargo, hacia el sector oriental de la zona de Loma Negra se registra un leve aumento de espesor de la S6 hacia el NE (Fig. 9a). Por lo mencionado, se deduce que, para este sistema de fallas, el movimiento predominante fue de rumbo sin registro de movimientos en la vertical. Durante este período también se habrían formado fallas normales pertenecientes al *Set III* (Fig. 3), las cuales habrían afectado solo a la Secuencia 6 en las cercanías del lineamiento Loma Negra (Fig. 5).

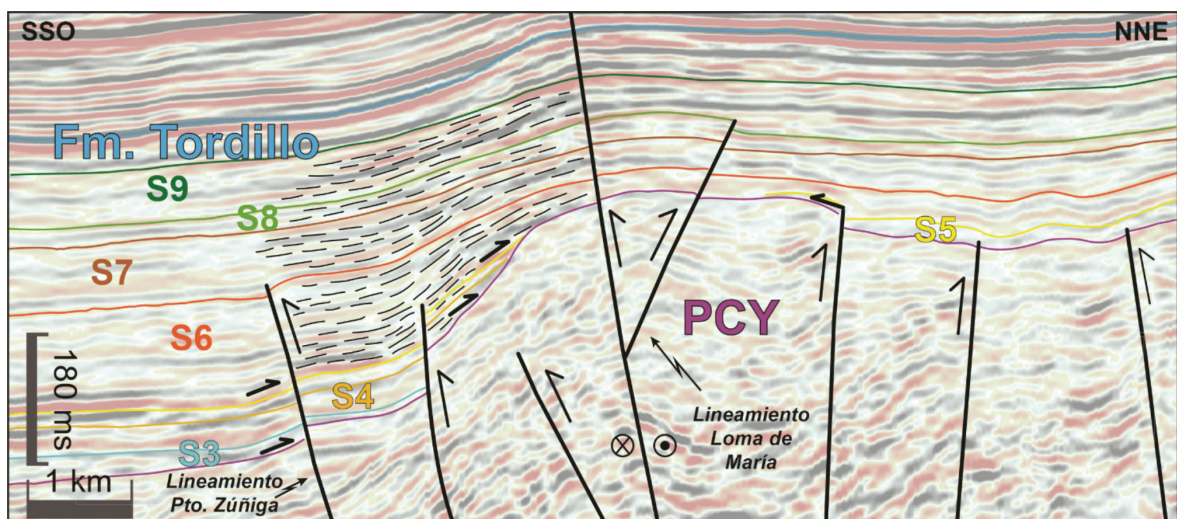


Figura 8. Detalle de la sección 1 mostrando la relación de las secuencias con la estructuración de los lineamientos de Loma de María y Puesto Zúñiga. Ver ubicación en la Fig. 5.

Tercera etapa de deformación

En este pulso de deformación se registra un desplazamiento hacia el NE de la actividad, es decir la deformación transpresiva se concentra principalmente a lo largo de una serie de fallas inversas que se generan con una orientación predominantemente NE - ENE (*Set I*, Fig. 3) y que corresponden a las fallas que conforman el sistema estructural de Puesto Flores - Galdame (Fig. 6).

A lo largo del sistema de fallas del lineamiento Puesto Flores - Galdame se observó que la Secuencia 6 fue plegada, luego erosionada y truncada por la Secuencia 7. Asimismo, se ve la presencia de una serie de discordancias progresivas en la S7, donde los reflectores muestran un arreglo de *onlap* sobre el tope de la S6 y un aumento del espesor hacia el NE (Fig. 9). Una situación similar ocurre para la S8, la cual presenta una relación de *onlap* con la S7 y presenta estratos de crecimiento con un engrosamiento de la secuencia hacia el NNO (Fig. 9). Cabe destacar que dentro de la S8 es posible identificar un límite intra-secuencia evidenciado por relaciones de *onlap* entre las dos subsecuencias (Fig. 9). Lo anterior muestra el alto grado de actividad de este sistema estructural durante este período de deformación.

Adicionalmente durante este período también habrían estado activas las fallas pertenecientes al lineamiento Loma Negra, como evidencian los estratos de crecimiento de las secuencias 7 y 8 en el sector occidental del lineamiento (Fig. 9a).

Sumado a lo anterior, en este pulso de deformación también se identificó la formación de fallas normales de dirección azimutal NNO (*Set III*, Fig. 3). Estas estructuras están ubicadas principalmente en la zona occidental del área de estudio entre los lineamientos de Loma Negra - El Látigo, Loma de María, Puesto Zúñiga - Lago Pellegrini donde adquieren mayor longitud y desarrollo. En cambio, en la zona de La Yesera presentan una menor longitud y un diseño en echelon. Estas fallas se nuclean en antiguas fallas y afectan mayormente hasta la secuencia 9.

De acuerdo a las evidencias mencionadas anteriormente se puede establecer que este tercer período de deformación abarcaría desde el Bajociano temprano tardío hasta el Batoniano. Cabe destacar que el truncamiento de la S6 bajo la S7 correspondería a la discordancia intrabajociana identificada en otras áreas de la cuenca Neuquina (Leanza 2009).

DISCUSIÓN

La orientación de las fallas extensionales del Triásico tardío a Jurásico temprano fue interpretada tradicionalmente, paralela a los bordes de la cuenca (Franzese y Spalletti 2001), con dirección NO en el sector del engolfamiento y rumbo E-O en el sector de la dorsal de Huincul, paralelo al límite sur de la cuenca (Vergani *et al.* 1995; Mosquera y Ramos 2006). Más tarde, otros autores han reinterpretado la geometría de las fallas directas proponiendo rumbos que varían entre NNO a ONO a lo largo de toda la cuenca (Cristallini *et al.* 2006, 2009; Pángaro

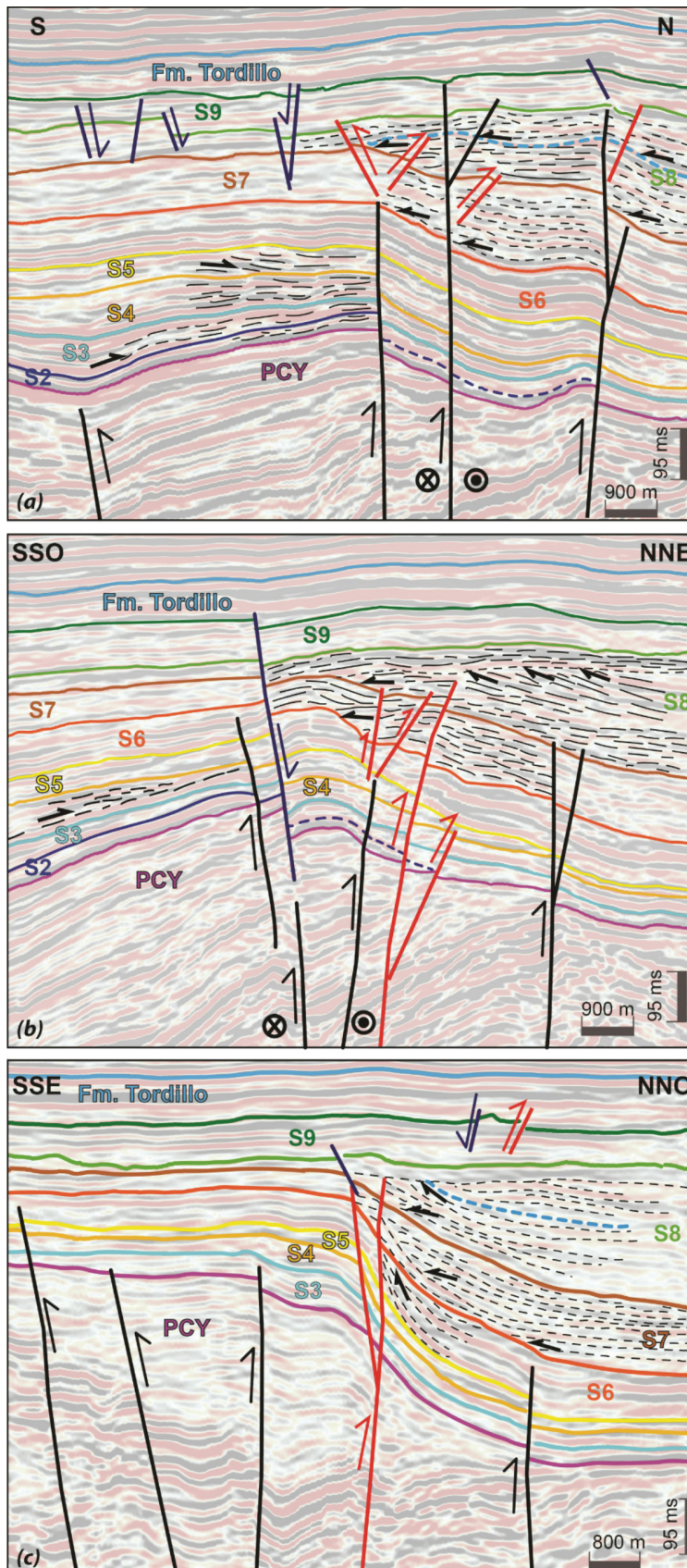


Figura 9. Detalle de la estructura del sector (a) occidental, (b) central, y (c) oriental del yacimiento Loma Negra (Ver ubicación en la Fig. 6). La nomenclatura de los colores de las fallas es la misma que se indica en la Fig. 5.

et al. 2006, 2009; Muravchik 2008; Muravchik *et al.* 2008; Silvestro y Zubiri 2008; Bechis *et al.* 2009, 2010; Giambiagi *et al.* 2009; Yagupsky *et al.* 2008). Se ha demostrado que la disposición de los hemigrabenes en la dorsal de Huincul tienen una orientación NO-SE a ONO-ESE (Pángaro *et al.* 2006, 2009; Silvestro y Zubiri 2008), en particular para el área de estudio, los sistemas extensionales reconocidos, en concordancia con lo descrito por otros autores a nivel regional, presentan orientación NO-SE, ONO-ESE y E-O a ENE-OSO. Este sistema de fallas extensionales del Precuyano ha sido interpretado como derivado de la extensión en un sistema de *rift* oblicuo, en el cual, los sistemas de fallas NO serían paralelos al borde del *rift*, mientras que los de orientación ONO serían ortogonales a la dirección de extensión (Cristallini *et al.* 2010). Esta extensión se daría con el esfuerzo principal mínimo (σ_3) en la horizontal y con una dirección NNE-SSO (azimut 25° aproximadamente) (Cristallini *et al.* 2010).

El primer pulso de deformación compresivo registrado para la cuenca Neuquina es del Jurásico Inferior - Medio, y se relaciona regionalmente al desarrollo de la Dorsal de Huincul, que segmenta en sectores norte y sur a la cuenca Neuquina, y que controló la depositación y erosión en las áreas aledañas desde el Jurásico Inferior (Vergani *et al.* 1995; Ramos 2008; Cristallini 2009; Mosquera *et al.* 2011; Naipauer *et al.* 2012). Dicho evento de deformación ha sido caracterizado con una dirección del esfuerzo máximo NO, vinculada a la subducción de la placa paleo pacífica Aluk y a un régimen de velocidad de retroceso de la trinchera (Mosquera y Ramos 2006; Silvestro y Zubiri 2008; Mosquera *et al.* 2011 y Naipauer *et al.* 2012). Sin embargo, Navarrete *et al.* (2016) formulan que, si bien durante el Jurásico y Cretácico todo el margen sudamericano se caracterizó por un sistema de subducción en retroceso que permitió el desarrollo de cuencas de retroarco extensionales, el movimiento y rotación de la placa Sudamericana hacia el oeste sería la responsable de la deformación contraccional de intraplaca en las cuencas de la Patagonia central y la Dorsal de Huincul entre otros. Para explicar el acortamiento intraplaca se ha propuesto un vínculo entre una corteza continental termo-mecánicamente debilitada debido a la actividad de la anomalía de Karoo-Ferrar, los cambios en los movimientos de las placas y las fuerzas de ridge push generadas por la apertura del Mar de Weddell, sumado a la gran velocidad de desplazamiento del continente hacia el sur (Navarrete *et al.*, 2016).

Actualmente existen dos modelos estructurales para explicar la deformación de la dorsal. Algunos autores proponen que la deformación está asociada a una faja de transpresión dextral (Ramos 2008, 2010; García Morabito 2010; Naipauer *et al.* 2012) y algunos estudios utilizan este mecanismo de deformación para explicar las fallas jurásicas superiores a cretácicas que se observan en el sector del engolfamiento y plataforma nororiental (Pángaro *et al.* 2011). Por otra parte, Silvestro y Zubiri (2008) y posteriormente Mosquera *et al.* (2011) explican la geometría y evolución de las estructuras a escala regional con un modelo de convergencia oblicua entre dos zonas de comportamiento mecánico diferente, en el cual, un bloque rígido converge desde el sudeste bajo un campo de esfuerzos NO-SE relacionado a la convergencia oblicua de la placa

paleo pacífica y a un régimen de velocidad de retroceso de la trinchera positivo (Hernández 2018).

Al analizar el área de estudio observando las estructuras invertidas y las nuevas fallas inversas formadas principalmente durante el primer pulso de deformación entre el Pliensbaquiano tardío y Aleniano, se advierte que es difícil explicarlas asociadas al campo de esfuerzos propuesto por otros autores (Silvestro y Zubiri 2008) cuya dirección sería NO-SE (Fig. 10), debido a que su orientación no se condice con el dominio de los rechazos verticales por sobre los horizontales observados. Las principales estructuras parcialmente invertidas y los nuevos sistemas de fallas inversas tienen una orientación 099° - 117° (Set II), los que ante un esfuerzo máximo regional de orientación NO-SE (135°) no presentan una dirección preferencial para ser invertidas y generar grandes rechazos verticales. Por lo que es necesario realizar un análisis más local para lograr hallar el campo de esfuerzos que lo genera.

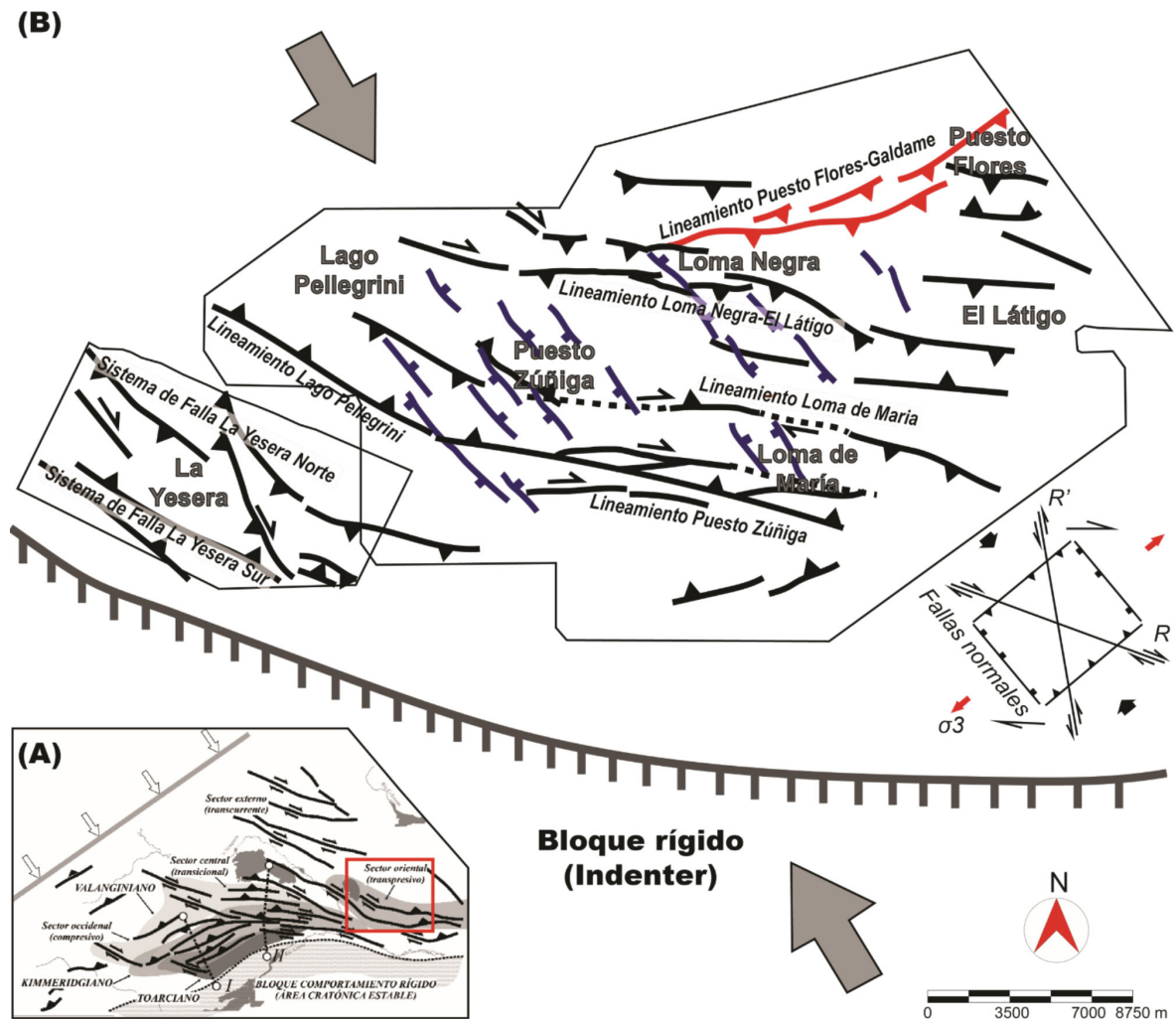


Figura 10. (A) Mapa estructural del sector de la Dorsal de Huincul. Tomado de Silvestro y Zubiri (2008). Notar la forma del bloque rígido propuesto para la deformación y cambio en la orientación de las estructuras. El recuadro rojo muestra la ubicación del área de estudio. (B) Mapa estructural del área de estudio donde se muestra la orientación de sigma 1 (flechas grises) y un esquema del modelo Riedel para comparar la orientación de las estructuras con el modelo.

El área de estudio está localizada en el sector oriental del ámbito de la Dorsal de Huincul (Silvestro y Zubiri 2008), particularmente en esta zona, el sistema de la dorsal presenta una dirección ONO-ESE a E-O (Fig. 10). Si se considera el modelo de deformación donde un bloque rígido, en este caso la Dorsal de Huincul, limita al sur y actúa como un “*indenter*”, esto generaría un esfuerzo máximo horizontal local en el área de estudio, perpendicular al borde del *indenter*, es decir, con una dirección NE-SO (Fig. 11), lo cual ya ha sido propuesto por otros autores (Cristallini *et al.* 2010). Esta dirección de esfuerzos local es prácticamente perpendicular a la orientación de las fallas invertidas y las fallas inversas generadas en este pulso, lo que permite, entonces, el desarrollo dentro del área de estudio de los sistemas de fallas de los lineamientos de Loma de María, Lago Pellegrini, Puesto Zúñiga y Loma Negra - El Látigo y el levantamiento del sistema La Yesera.

Por otra parte, durante la tercer etapa de deformación, que abarcó desde el Bajociano temprano tardío hasta el Batoniano, la deformación habría estado controlada por un campo de esfuerzos NO-SE (Fig. 10), coincidente con el campo regional propuesto para el Jurásico en la región de la Dorsal de Huincul (Silvestro y Zubiri 2008). Esto se sustenta en que, durante este tercer período, las estructuras activas corresponden a las fallas del *Set I*, las cuales son perpendiculares al esfuerzo regional y muestran un rechazo vertical importante, mientras que las estructuras con una orientación afin al *Set II* presentan desplazamiento vertical prácticamente nulo y quizás movimiento de rumbo dextral. En este campo de esfuerzos, la presencia y actividad de las fallas normales del *Set III* se explica dentro de un sistema de Riedel en un modelo de deformación transpresivo dextral (Fig. 10).

Por lo tanto, se puede decir que para los tiempos de las S1 a las S5/6 la dirección del esfuerzo máximo horizontal que dio lugar a la formación de las estructuras tuvo un carácter más local relacionado al movimiento de la Dorsal de Huincul de dirección SO, y que, en cambio, para los tiempos de la S6 a S9, la estructura es producto de la acción del campo de esfuerzos regional de dirección NO-SE.

Cabe destacar que, dentro de este modelo, la formación y orientación de fallas pertenecientes al *Set I*, en particular las del lineamiento Puesto Flores-Galdame (Fig. 10), también puede estar influenciada por la paleogeografía precuyana (Fig. 4). La localización de este sistema entre dos altos de basamento (Fig. 4) y su dirección pseudo paralela a los límites de estos altos (Fig. 4) podrían estar respondiendo a un fenómeno de *buttressing*. En efecto, las fallas del lineamiento Puesto Flores-Galdame adquieren una dirección E-O a ONO-ESE en su extremo occidental, de forma similar al cambio de orientación del alto de basamento que se encuentra en el sector norte del área de estudio (Fig. 3).

En cuanto al modelo evolutivo, se pudieron identificar 3 etapas principales de deformación en la región de estudio. La primera etapa abarcaría desde el Pliensbaquiano tardío hasta el Aleniano (Fig. 11), la cual es consistente con lo reportado en el área de Agua del Cajón (Fig. 11),

ubicada al oeste, en la región de la Dorsal de Huincul. En esa área, el inicio de la deformación también estuvo asociada a la inversión de los depocentros precuyanos con sedimentación sinorogénica al norte de la estructura de la Dorsal de Huincul (Guzmán *et al.* 2021). De la misma forma, ambas regiones comparten un período de calma tectónica y sedimentación durante el Aleniano (Fig. 11).

O		E		
Agua del Cajón		La Yesera/ Puesto Zúñiga/ Loma Negra		
Deformación	Evidencias	Edad	Evidencias	Deformación
1° Pulso	Actividad ADC central, occidental y Dorsal de Huincul/ Estratos de crecimiento S2	PLIENSBACHIANO	Actividad Set II y Set III/ Estratos de crecimiento S2, S3, S4	1° Etapa
		TOARCIANO		
Calma tectónica	Geometría tabular S3 rellenando relieve previo	ALENIANO	Geometría tabular S5 rellenando relieve previo	Calma tectónica
2° Pulso	Actividad Dorsal de Huincul/ Estratos de crecimiento S4	BAJOCIANO	Actividad Set II/ onlpas y discordancias progresivas en S6	2° Etapa
3° Pulso	Actividad ADC y Dorsal de Huincul/Estratos de crecimiento S5 y S6		Actividad Set I, II y III/ Estr. de crecimiento y discordancias progresivas S7 y S8	3° Etapa

Figura 11. Cuadro comparativo de los principales períodos de deformación entre la región de estudio y el sector de Agua del Cajón.

La segunda etapa de deformación durante el Aleniano tardío al Bajociano temprano, también presenta correlatividad con lo acontecido en Agua del Cajón (Fig. 11). En esa área se ha reconocido un período de deformación que sólo afectó a estructuras particulares y no a toda la zona. Algo similar se ha observado en el área de estudio donde esta etapa de deformación sólo pudo ser identificada en los lineamientos Lago Pellegrini, Puesto Zúñiga y Loma de María (Fig. 8).

Para el Bajociano se registra el inicio de la tercera etapa de deformación que afectó principalmente la parte norte del área de estudio culminando para el Batoniano (Fig. 11). Dicho período de deformación se correlaciona al identificado para los tiempos de la Secuencia 5 de Agua del Cajón (Fig. 2) (Guzmán *et al.* 2021) y que al igual que en la zona de estudio corresponde al último período de deformación que ocurrió durante la depositación del Grupo Cuyo. Todas las otras fases de deformación reconocidas en el área de la Dorsal de Huincul, fueron posteriores a los depósitos de las secuencias de esta unidad (cf. Guzmán *et al.* 2021).

CONCLUSIONES

De lo analizado en el presente trabajo se desprenden los siguientes ítems:

- Se realizó un estudio de las familias de fallas reconocidas para cada secuencia mapeada. De este análisis se concluye que hay 3 familias de fallas principales. Una familia agrupada en fallas normales previas de orientación NO, que corresponden a las fallas que actuaron en tiempos del Precuyano, controlando la distribución de espesores del mismo. Una segunda familia, de fallas, lineamientos y zonas de transcurrencia con dirección azimutal NE, dentro de las que se destaca la presencia de una zona de transferencia desde tiempos precuyanos que divide dos dominios de fallas normales antiguas, un dominio “tipo La Yesera” y otro “tipo Estancia Vieja”. Esta segunda familia también incluye nuevas fallas inversas ubicadas principalmente en la zona de Puesto Flores - Galdame. Por último, se diferencia la familia de fallas normales nuevas que han sido interpretadas como resultado de una reactivación de los principales lineamientos precuyanos con una dinámica de rumbo dextral siendo estas las fallas tipo “R” de un sistema de Riedel.

- Se utilizó como metodología de trabajo la interpretación de sísmica con el atributo de Similarity Variance, el cual fue de utilidad para identificar y delinear las fallas con mayor precisión.

- Se logró identificar que para la zona de estudio la distribución de los depocentros y fallas asociadas se corresponden con un evento extensivo oblicuo del Triásico, el cual explica las diferentes orientaciones observadas y que son producto de un único evento.

- En cuanto a la etapa de deformación compresiva se afirma que la misma fue diacrónica a lo largo de la zona de estudio. Para su mejor análisis se diferenciaron y colorearon las fallas según su orientación y actividad a lo largo de la evolución del sistema. Se identifica un primer pulso compresivo localizado mayormente en la zona de La Yesera, Lago Pellegrini y Puesto Zúñiga, en este evento se invierte parcialmente y selectivamente algunas de estas estructuras antiguas y se forman fallas inversas nuevas, dando lugar a la inversión de relieve precuyano que delimita y restringe la depositación de la S1, asimismo se observa que la S2 presenta una geometría de cuña divergente opuesta a la precuyana evidenciando también esta inversión del relieve. En este primer pulso transpresivo que se extiende desde el Pliensbaquiano al Toarciano temprano a medio, domina el levantamiento vertical sobre los desplazamientos de rumbo para las estructuras mencionadas.

- Otro pulso de deformación compresiva se registra también asociado a las fallas precuyanas previas, quienes nuclea la generación de fallas inversas nuevas, este pulso se extiende desde el Toarciano medio tardío hasta el Toarciano tardío - Aleniano inclusive. Para el Aleniano se registra un pulso de calma tectónica. Luego, la deformación se reanuda para el Aleniano tardío a Bajociano temprano, evidenciada por la presencia de *onlaps* y discordancias progresivas en los reflectores de la S6.

- Estos dos primeros pulsos de deformación son difíciles de explicar teniendo en cuenta el campo de esfuerzos regional, por lo que se propone el accionar de un campo de esfuerzos local, vinculado al empuje de la Dorsal de Huincul en dirección SO-NE, lo cual explicaría el grado de inversión y levantamiento de las estructuras observadas.

- Para Bajociano medio la deformación transpresiva se traslada hacia el sector NE, hacia el lineamiento Puesto Flores - Galdame, donde se reconoce la presencia de fallas inversas de rumbo NE que absorben la mayor parte del desplazamiento vertical. Esta deformación continúa registrando pulsos en el Bajociano tardío y en el Batoniano. Asociado a estos pulsos se observa la formación de fallas normales nuevas de orientación NNO ubicadas entre los lineamientos Loma Negra - El Látigo, Loma de María, Lago Pellegrini - Puesto Zúñiga y sobre los lineamientos principales de La Yesera. Estas fallas se explican como el resultado de la reactivación de rumbo de dichos lineamientos con una dinámica de rumbo dextral dando lugar a la formación de fallas extensivas. Al analizar en conjunto esta actividad se ve que el campo de esfuerzos local generado por la Dorsal deja de ser dominante para pasar a dominar el campo de esfuerzos regional orientado NO-SE.

El presente trabajo permite dar un precedente para ayudar a entender la complejidad que presenta la región de la Dorsal de Huincul. Se concluye que la evolución tectónica y la configuración estructural final de la zona no depende solamente de la orientación de los esfuerzos regionales, sino que también se han registrado una serie de elementos de segundo orden que deben considerarse ya que pueden interferir y variar la dirección de los esfuerzos a una escala local dando como resultado una variación en la orientación de las estructuras, diferente a la esperada según el patrón regional.

REFERENCIAS CITADAS

- Arregui, C., Carbone, O., Martínez, R., 2011. El Grupo Cuyo (Jurásico Temprano-Medio) en la cuenca neuquina. Relatorio del XVIII Congreso Geológico Argentino, p. 77-89, Neuquén, Argentina.
- Bechis, F., 2009. Deformación transtensiva de la cuenca Neuquina: análisis a partir de ejemplos de campo y modelos análogos. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires, 250 pp.. Buenos Aires, Argentina. Inédito
- Bechis, F., Giambiagi, L., García, V., Lanes, S., Cristallini, E. y Tunik, M. 2010. Kinematic analysis of a transtensional fault system: The Atuel depocenter of the Neuquén basin, southern Central Andes, Argentina. *Journal of Structural Geology* 32 (7), pp.886-899.
- Bechis, F., Cristallini, E.O., Giambiagi, L.B., Yagupsky, D.L., Guzmán, C.G. y García, V.H., 2014. Transtensional tectonics induced by oblique reactivation of previous lithospheric anisotropies during the Late Triassic to Early Jurassic rifting in the Neuquén basin: Insights from analog models. *Journal of Geodynamics*. 79, pp.1-17. <https://doi.org/10.1016/j.jog.2014.04.010>

- Cobbald, P.R. y Rosello, E.A., 2003. Aptian to recent contractional deformation, foothills of the Neuquén basin, Argentina. *Marine and Petroleum Geology* 20 (5), pp. 429-443.
- Cristallini, E.O., Bottesi, G., Gavarrino, A., Rodriguez, L., Tomezzoli, R.N. y Comeron, R., 2006. Synrift geometry of the Neuquén Basin in the northeastern Neuquén Province, Argentina. En Kay, S.M., and 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, pp. 147-161.
- Cristallini, E.O., Tomezzoli, R.N., Pando, G., Gazzera, C., Martínez, J.M., Quiroga, J., Buhler, M., Bechis, F., Barredo, S. y Zambrano, O., 2009. Controles Precuyanos en la Estructura de la Cuenca Neuquina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 65 (2), pp. 248-264.
- Cristallini E., Fantín, M., Venara, L., Likerman, J. y Limeres, M., 2010. Estudio estructural de la región de Loma Negra, La Yesera y alrededores (Provincia de Río Negro). Informe inédito.
- Charrier, R., 1979. El Triásico de Chile y regiones adyacentes de Argentina. Una reconstrucción paleogeográfica y paleoclimática. *Comunicación Departamento de Geología, Universidad de Chile* 26, pp. 1-37.
- Charrier, R., Pinto, L., y Rodríguez, M.P., 2007. Tectonostratigraphic evolution of the Andean Orogen in Chile. En Moreno, T., Gibbons, W. (eds.). *The Geology of Chile*, The Geological Society, pp. 21-114.
- Dalziel, I.W.D., Storey, B.C., Garrett, S.W., Grunow, A.M., Herrod, L.D.B. y Pankhurst, R.J., 1987. Extensional tectonics and the fragmentation of Gondwanaland. En: Coward, M.P., Dewey, J.F. y Hancock, P.L. (eds.), *Continental extensional tectonics*. Geological Society of London Special Publication 28, pp. 433-441.
- Franzese, J.R. y Spalletti, L.A., 2001. Late Triassic - early Jurassic continental extension in southwestern Gondwana : tectonic segmentation and pre-breakup rifting. *Journal of South American Earth Sciences* 14, pp. 257-270.
- García Morabito, E., 2010. Tectónica y estructura del retroarco andino entre los 38°15' y los 40°S. Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. Inédito.
- García Morabito, E. y Ramos V.R., 2011. La Cuenca de Collón Cura en el Marco de los Depocentros Intermontanos Terciarios del Sur de Neuquén. XVIII Congreso Geológico Argentino, pp. 760 – 761, Neuquén, Argentina.
- Giambiagi, L.B., Tunik, M., Barredo, S., Bechis, F., Ghiglione, M., Alvarez, P. y Drosina, M., 2009. Cinemática de apertura del sector norte de la cuenca neuquina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 65 (2), pp. 278-292.
- Gulisano, C.A., 1981. El Ciclo Cuyano en el norte del Neuquén y sur de Mendoza. VIII Congreso Geológico Argentino, Actas III, 579-592, Buenos Aires, Argentina
- Gulisano, C.A., Gutiérrez Pleimling, A.R. y Digregorio, R.E., 1984. Esquema estratigráfico de la secuencia jurásica del oeste de la Provincia de Neuquén 9º Congreso Geológico Argentino, Actas I, pp. 236-259. Bariloche, Argentina
- Gutiérrez Pleimling, A., Ambrosio, A., Gomez, C., Bustos, G., Conci, I., Balaguera, A., Gonzales, J.M., Guzmán, C. y Tapia, F., 2021. Sequence-stratigraphic study of Cuyo Group in the Agua del Cajon Block, Neuquén Basin, Argentina. *Journal of South American Earth Science*, 110, 103373. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103373>.

- Guzmán, C., Tapia, F., Ambrosio, A., Gutiérrez Pleimling, A., Bustos, G., Gomez, C. y González, J. M.. 2021. Lower Jurassic deformation in the eastern Huincul High, Argentina. *Journal of South American Earth Science*, 109, 103295. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103295>
- Hernández, 2018. Cinemática del sin-rift e inicio del *post-rift* de la cuenca Neuquina: análisis comparativo entre el extremo oriental (provincia de Río Negro) y las localidades de Chachil y Chacaico (provincia de Neuquén). Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. Inédito.
- Leanza, H.A., Mazzini, A., Corfu, F., Lambías, E.J., Svensen, H., Planke, S. y Galland, O. 2013. 'The Chachil Limestone (Pliensbachian earliest Toarcian) Neuquén Basin, Argentina: UePb age calibration and its significance on the Early Jurassic evolution of southwestern Gondwana. *Journal of South American Earth Sciences* 42, pp. 171-185
- Legarreta, L. y Uliana, M.A., 1996. The Jurassic succession in west-central Argentina: stratal patterns, sequences and paleogeographic evolution. *Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology* 120, pp. 303-330.
- Legarreta, L. y Uliana, M.A. 1999. El Jurásico y Cretácico de la Cordillera Principal y la Cuenca Neuquina. En Caminos, R. (ed.), *Geología Argentina*, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 29, pp. 399-416, Buenos Aires.
- Llambías, E.J., Leanza, H.A. y Carbone, O., 2007, Evolución tectonomagmática durante el Pérmico al Jurásico temprano en la Cordillera del Viento (37°05'S-37°15'S): nuevas evidencias geológicas y geoquímicas del inicio de la cuenca Neuquina: *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 62(2), pp. 217-235.
- Mombrú, C.A. y Uliana, M.A., 1978. Esquema tectosedimentario de la cuenca mesozoica de Mendoza y Neuquén. VII congreso Geológico Argentino, Actas II, pp. 239-256, Neuquén, Argentina.
- Mosquera, A. y Ramos, V.A., 2006. Intraplate deformation in the Neuquén embayment. En: Kay, S.M. y Ramos, V.A. (eds.), *Evolution of an 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, pp. 97-123.
- Mosquera, A., Silvestro, J., Ramos, V.A., Alarcón, M. y Zubiri, M. 2011. La estructura de la Dorsal de Huincul. En: Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C. y Vallés, J.M. (eds.), *Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén*. Asociación Geológica Argentina, pp. 385-397, Neuquén, Argentina.
- Mpodozis, C. y Ramos, V., 1989. The Andes of Chile and Argentina. *Geology of the Andes and its Relation to Hydrocarbon and Mineral Resources*, Ericksen, G. E., Cañas Pinochet, M.T. y Reinemund, J.A. (eds.). Circum-Pacific Council of Energy and Mineral Resources (Houston TX USA), *Earth Sciences Series* 11, pp. 59-90.
- Mpodozis, C. y Ramos, V.A. 1990. The Andes of Chile and Argentina. En Ericksen, G.E., M.T. Cañas Pinochet y J.A. Reinemud (eds.) *Geology of the Andes and its relation to Hydrocarbon and Mineral Resources*, Circumpacific Council for Energy and Mineral Resources, *Earth Sciences Series* 11, pp. 59-90, Houston, EE.UU.
- Mpodozis, C. y Ramos, V.A., 2008. Jurassic tectonics in Argentina and Chile: Extension, oblique subduction, rifting, drift and collisions?. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63(4), pp. 481-497.

- Muravchik, M., 2008. Controles estructurales sobre la deposición de la base del ciclo cuyano en depocentros del suroeste de la cuenca Neuquina. 17° Congreso Geológico Argentino, Actas II, pp. 781-782, Jujuy, Argentina.
- Muravchik, M., D'Elía, L., Bilmes, A. y Franzese, J.R., 2008. Caracterización de los depocentros de *rift* (Ciclo Precuyano) aflorantes en el sector sudoccidental de la cuenca Neuquina, Argentina. VII° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Trabajos Técnicos, pp. 457-470. Mar del Plata, Argentina.
- Naipauer, M., García Morabito, E., Marques, J.C., Tunik, V., Rojas Vera, E., Vujovich, G.I., Pimentel, M.P. y Ramos, V.A. 2012. Intraplate Late Jurassic deformation and exhumation in western central Argentina: Constraints from surface data and U-Pb detrital zircon ages. *Tectonophysics* 524-525 (1), pp. 59-75.
- Navarrete, C., Gianni, G., Echaurren, A., Lince Klinger, F. y Folguera, A., 2016. Episodic Jurassic to Lower Cretaceous intraplate compression in Central Patagonia during Gondwana breakup. *Journal of Geodynamics*, 102. DOI:10.1016/j.jog.2016.10.00.
- Pángaro, F., Pereira, M., Silvestro, J.L., Raggio, F., Pioli, O., Zubiri, M. y Gozálvez, G. 2006. Tectonic inversion of the Huincul high, Neuquén Basin, Argentina: An endangered species. Stratigraphic Evidences of its Disappearance. 9° Simposio Bolivariano Petroleum Exploration in the Subandean Basins (Cartagena), Actas en CD: 9 pp.
- Pángaro, F., Pereira, D.M. y Micucci, E., 2009. El syn-rift del ámbito de la dorsal de Huincul, cuenca Neuquina: su evolución y control sobre el registro estratigráfico del jurásico y la evolución estructural del área. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 65(2), pp. 265-277.
- Pángaro, F., Martínez, R., Sattler, F. y Bettini, F., 2011. El Flanco Oriental. En *Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén*. Relatorio XVIII° Congreso Geológico Argentino, pp. 407-418, Neuquén, Argentina.
- Parada, M., Levi, B. y Nystrom, J., 1991. Geochemistry of the Triassic to Jurassic plutonism of central Chile (30° to 33°S), Petrogenetic implications and a tectonic discussion. En Harmon, R.S. y Rapela, C.W. (eds.), *Andean magmatism and its tectonic setting*. Geological Society of America Special Paper, 265; pp. 99 - 112.
- Ramos, V.A. 2008. Patagonia: A Paleozoic continent adrift? *Journal of South American Earth Sciences* 26(3), pp. 235-251.
- Ramos, V.A., 2010. The tectonic regime along the Andes: present-day and Mesozoic regimes. *Geological Journal* 45, pp. 2-25.
- Ramos V.A. y Folguera, A. 2005. Tectonic evolution of the Andes of Neuquén: Constraints derived from the magmatic arc and foreland deformation. En: Veiga, G.D., Spalletti, L.A., Howell, J.A. & Schwarz, E. (eds.): *The Neuquén Basin: A case study in sequence stratigraphy and basin dynamics*. The Geological Society, Special Publication 252, pp. 15-35.
- Ramos, V.A., Mosquera, A., Folguera, A. y García Morabito, E., 2011. Evolución Tectónica De Los Andes Y Del Engolfamiento Neuquino Adyacente, Relatorio del XVIII Congreso Geológico Argentino, pp. 335-348.
- Silvestro, J. y Zubiri, M., 2008. Convergencia oblicua: modelo estructural alternativo para la dorsal Neuquina (39°s) - Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 63 (1), pp. 49-64.

- Tunik, M.A., Folguera, A., Naipauer, M., Pimentel, M.M.M. y Ramos, V.A., 2010. Early uplift and orogenic deformation in the Neuquén Basin: Constraints on the Andean uplift from U-Pb and Hf isotopic data of detrital zircons. *Tectonophysics* 489, pp. 258-273. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2010.04.017>
- Uliana, M.A. y Biddle, K.T., 1988. Mesozoic Cenozoic Paleogeographic and Geodinamic Evolution of Southern South America. *Revista Brasileira de Geociencias* 18, pp. 172-190.
- Uliana, M. A. y L. Legarreta, 1993, Hydrocarbon habitat in a Triassic-to-Cretaceous Sub-Andean setting: Neuquén Basin, Argentina, *Journal of Petroleum Geology* 16, pp. 397-420.
- Uliana, M. A., Biddle, K. T. y Cerdan, J., 1989. Mesozoic extension and the formation of the Argentina Sedimentary Basins. En: Tankard, A. J., Balkwill, H.R., (eds.), *Extensional Tectonics and Stratigraphy of the North Atlantic Margins*, American Association of Petroleum Geologists. Memoir: 46, pp. 599- 613.
- Vergani, G. D., Tankard, J., Belotti, J. y Welsink, J., 1995. Tectonic evolution and paleogeography of the Neuquén Basin, Argentina. En: Tankard, A. J., Suárez, R., Welsink, H.J. (eds), *Petroleum Basins of South America*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 62, pp. 383-402.
- Yagupsky, D.L, Cristallini, E.O., Fantín, J., Zamora Valcarce, G., Bottesi, G. y Varadé, R., 2008. Oblique half-graben inversion of the Mesozoic Neuquén rift in the Malargüe Fold and Thrust Belt, Mendoza, Argentina: New insights from analogue models. *Journal of Structural Geology* 30, pp. 839-853.
- Yrigoyen, M., 1991. Hydrocarbon resources of Argentina. *Petrotecnia* 23, pp. 38-54.
- Zamora Valcarce, G., Zapata, T., del Pino, D., Ansa, A. y Pino, D., 2006. Structural evolution and magmatic characteristics of the Agrio fold-and-thrust belt. En: Kay, S.M., Ramos, V.A. (eds.), *Evolution of an Andean Margin: A Tectonic and Magmatic View from the Andes to the Neuquén Basin*. Geological Society of America, Special Papers 407, Boulder, pp. 125-145. [https://doi.org/10.1130/2006.2407\(6\)](https://doi.org/10.1130/2006.2407(6))
- Zapata, T. y Folguera, A. 2005. Tectonic evolution of the Andean Fold and Thrust Belt of the southern Neuquén Basin, Argentina. En: Veiga, G.D., Spalletti, L.A., Howell, J.A. y Schwaerz, E. (eds.): *The Neuquén Basin: A case study in sequence stratigraphy and basin dynamics*. The Geological Society, Special Publication 252, pp. 37-56.

