

CONTROLES PRECUYANOS EN LA ESTRUCTURA DE LA CUENCA NEUQUINA

Ernesto CRISTALLINI¹, Renata TOMEZZOLI², Gabriel PANDO³, Cesar GAZZERA⁴, Juan Manuel MARTÍNEZ⁵, Juan QUIROGA⁴, Mariano BUHLER⁵, Florencia BECHIS¹, Silvia BARREDO⁶ y Oscar ZAMBRANO¹

¹ LaMoGe (Laboratorio de Modelado Geológico), Universidad de Buenos Aires - CONICET. Departamento de Ciencias Geológicas, Buenos Aires. Emails: ernesto@gl.fcen.uba.ar , fbechis@mendoza-conicet.gov.ar y oscar_marcos_zambrano@yahoo.com.ar

² Instituto de Geofísica Daniel Valencio, UBA - CONICET. Departamento de Ciencias Geológicas, Buenos Aires. Email: renata@gl.fcen.uba.ar

³ CAPEX. Email: gpando@capex.com.ar

⁴ Petrolera Entre Lomas S.A. Emails: cesar.gazzera@petrobras.com y juan.quiroga@petrobras.com

⁵ REPSOL - YPF. Emails: jmmartinezla@repsolypf.com y gbuhlerl@repsolypf.com

⁶ Laboratorio de Tectónica Andina, UBA - CONICET. Departamento de Ciencias Geológicas, Buenos Aires. Email: silvia@gl.fcen.uba.ar

RESUMEN

En este trabajo se presenta un mapa integrado de las estructuras de edad precuyana (Triásico Superior - Jurásico Inferior) de la región del engolfamiento de la cuenca Neuquina. En él se cartografían los principales grábenes, hemigrábenes, fallas y zonas de transferencia de la etapa extensiva de la cuenca, al sur del río Colorado. El mismo se construyó a partir de la interpretación de información sísmica 2D y 3D de gran parte de la cuenca y de la compilación de trabajos publicados. La dirección general de las fallas normales desarrolladas durante el Triásico superior - Jurásico temprano es noroeste en toda esta región. Sin embargo, existen dos poblaciones bien marcadas y con distintas características. La primera de ellas (población noroeste) está compuesta por fallas con direcciones azimutales superiores a 130° y en general acomoda grábenes y hemigrábenes bien profundos y de mayores dimensiones (ej. fallas de los lineamientos de Entre Lomas y Estancia Vieja). La segunda población (población oeste-noroeste) está compuesta por estructuras con direcciones azimutales inferiores a los 110° y genera cuencas más pequeñas y en general menos profundas (ej. hemigrábenes de las zonas de Loma la Lata, Agua de Cajón, Lindero Atravesado, Bandurria, etc.). Si bien la interacción entre ambas poblaciones, en general es difícil de visualizar ya que se da en niveles profundos, en algunos sectores se observa que la segunda población corta y modifica a la primera. Distribuidas en gran parte de la región analizada se desarrollan fallas normales durante el Jurásico superior y el Cretácico. Estas estructuras se concentran sobre las fallas precuyanas de los grábenes y hemigrábenes y sobre las zonas de charnela de los mismos. Este nucleamiento de fallas normales en los bordes de los hemigrábenes es explicado en este trabajo por la tensión producida por estiramiento de las capas ante la subsidencia diferencial del relleno de los hemigrábenes. Estas fallas tienen en general dirección noroeste y se disponen en forma paralela sobre las estructuras precuyanas de la población noroeste y en forma escalonada (*en echelón*) sobre la población oeste-noroeste de fallas precuyanas.

Palabras clave: *Cuenca Neuquina, Subsidencia diferencial, Precuyo, Rift.*

ABSTRACT: *Controls of the Precuyano in the structure of the Neuquén Basin:* An integrated map of the Upper Triassic - Lower Jurassic structures (Precuyano) developed in the eastern region of the Neuquén Basin is presented. The principal grabens, half-grabens, faults and transference zones developed south of Río Colorado are mapped based on 2D and 3D seismic information and previous published works. The general direction of Upper Triassic-Lower Jurassic normal faults is NW. However, two distinct populations can be differentiated. The first one (NW) has directions higher than azimuth 130°, and in general, accommodates the major and deepest grabens and half-grabens (e.g. Entre Lomas and Estancia Vieja). The directions of the second population faults (WNW) are lower than azimuth 110° and in general are related to small and shallower troughs (e.g. Loma la Lata, Agua de Cajón, Lindero Atravesado, Bandurria, etc.). The interaction between both fault populations is not easy to see, though, in some sectors it can be seen that the second (WNW) cuts the first (NW). Distributed over the whole region there are Upper Jurassic - Cretacic normal faults. These faults are nucleated over the oldest precuyano (Tr-J) faults and over the hinges of the half-grabens. In this work, these normal faults are explained as the result of the tension related to the differential subsidence of the grabens and half-graben infill. These J-K normal faults have general NW directions and are developed parallel to the NW precuyano faults population and *en echelon* over the WNW population.

Keywords: *Neuquén Basin, Differential subsidence, Precuyo, Rift.*

INTRODUCCIÓN

La cuenca Neuquina comienza su evolución a partir de una serie de fosas aisladas que se desarrollan durante el Triásico Superior - Jurásico Inferior (Mombrú y Uliana 1978, Gulisano *et al.* 1984, Vergani *et al.* 1995, Franzese y Spalleti 2001). El relleno de las mismas se conoce informalmente como Precuyano (o Grupo Precuyo según Gulisano *et al.* 1984) e incluye unidades volcánicas, volcánicas y clásticas que rellenan grábenes y hemigrábenes que comúnmente sobrepasan los 2.000 m de espesor. En la región oriental de la cuenca Neuquina, la dirección general de las fallas normales que limitan a los grábenes y hemigrábenes es noroeste (Mombrú y Uliana 1978, Gulisano *et al.* 1984, Eisner 1991, Veiga *et al.* 1999, Cristallini *et al.* 2006 y 2008). Sin embargo, históricamente se ha propuesto que esta dirección varía hacia el oeste (faja plegada y corrida), donde los hemigrábenes se dispondrían norte-sur (Manceda y Figueroa 1993, Vergani *et al.* 1995) y hacia el sur (dorsal de Huincul) donde se dispondrían este-oeste (Gulisano *et al.* 1984). En estos dos últimos sectores, las estructuras de edad precuyana están muy distorsionadas por deformaciones posteriores y por ende, no constituyen lugares apropiados para entender la extensión triásica superior - jurásica inferior. La región más adecuada para poder estudiar y cartografiar a las estructuras precuyanas originales es la parte oriental de la cuenca Neuquina o sector del engolfamiento ya que su estructura antigua está prácticamente fosilizada.

En este sector oriental, es donde se focalizará el trabajo y dado que no afloran los depósitos precuyanos, su conocimiento y estudio se basará fundamentalmente en información de subsuelo. La cuenca Neuquina en general y su región oriental en particular, cuenta con mucha información sísmica 2D y 3D adquirida por distintas empresas que operan u operaron en la región en las últimas décadas. La adquisición y el procesamiento de la información sísmica fueron diseñados para

objetivos superficiales debido a que el interés económico, históricamente, estuvo concentrado en las secuencias que sobreyacen al Precuyano. Es por esta razón que la cartografía de la estructura precuyana no avanzó del mismo modo que la de las unidades superiores. Hubo, sin embargo, algunos intentos regionales como los de Mombrú y Uliana (1978), Franzese y Spalleti (2001), Cristallini *et al.* (2006), etc. que permitieron trazar a grandes rasgos la estructura del sistema de rift triásico superior - jurásico inferior.

Actualmente, el estudio de la geometría de los depósitos precuyanos está cobrando especial atención debido a dos razones fundamentales. Una de ellas es que se ha visto que tiene una influencia muy grande en la evolución tectosedimentaria del resto de la historia de la cuenca neuquina, controlando tanto a estructuras como a depósitos jurásicos, cretácicos y cenozoicos. La segunda de las razones es que han comenzado a tomar importancia yacimientos cuyos hidrocarburos provienen en una alta proporción de rocas madre precuyanas, e incluso en algunos casos se alojan directamente en trampas y depósitos precuyanos (Valenzuela *et al.* 2005).

En este trabajo se presenta un mapa integrado de la estructura de edad precuyana de la cuenca Neuquina (véase ubicación en figura 1). En él se cartografiaron los principales grábenes, hemigrábenes, fallas y zonas de transferencia de la etapa extensiva de la cuenca en la región oriental del engolfamiento neuquino (al sur del río Colorado, al norte de la dorsal de Huincul y al este de la faja plegada). A su vez, se analizó el control que las estructuras precuyanas ejercen sobre los depósitos y estructuras posteriores y se discute la dirección y geometría que adquieren los hemigrábenes en otras regiones de la cuenca Neuquina.

BASE DE DATOS

Para este trabajo se utilizaron más de 12.000 km² de información sísmica 3D (Fig. 1) y más de 2.000 km de informa-

ción sísmica 2D. También se tuvieron en cuenta los mapas presentados por Veiga *et al.* (1999), Arregui (2005), Limeres *et al.* (2005), Pecuch *et al.* (2005), Cristallini *et al.* (2006) y Silvestro y Zubiri (2008). La información de perforaciones fue utilizada secundariamente y en sectores particulares para corroborar y constatar el ajuste sísmico-estratigráfico. La información fue provista por las empresas REPSOL-YPF, CAPEX-CAPSA, Petrolera Entre Lomas y por la Universidad de Buenos Aires. También se utilizó abundante información publicada previamente por otros autores.

RESEÑA TECTONOESTRATIGRÁFICA DE LA CUENCA NEUQUINA

La historia tectonoestratigráfica de la cuenca Neuquina es muy rica y compleja y será sintetizada en este punto con el sólo objeto de introducir a los lectores no familiarizados con la misma.

La cuenca Neuquina es una cuenca poligénica que llegó a acumular más de 7.000 m de espesor de secuencias volcánicas y sedimentarias marinas y continentales. Se inició en el Triásico Superior relacionada a un sistema de rift que dio origen a grábenes, hemigrábenes y zonas de transferencia que definieron depocentros desconectados entre sí (Mombrú y Uliana 1978, Vergani, *et al.* 1995). Éstos fueron desarrollados sobre depósitos neopaleozoicos y rocas permotriásicas volcánicas del Grupo Choiyoi y rellenos por depósitos volcánicos y epiclásticos agrupados bajo la denominación informal de Precuyano (o Grupo Precuyo según Gulisano *et al.* 1984), término que incluye varias unidades formales que no se describirán en este trabajo (Fig. 2).

A partir del Jurásico Inferior comienza a desarrollarse un arco volcánico hacia el borde occidental de Gondwana (Dalziel *et al.* 1987, Kay *et al.* 1989) y la cuenca Neuquina evoluciona con características de cuenca de retroarco que conservará hasta el Cretácico Inferior. Durante este

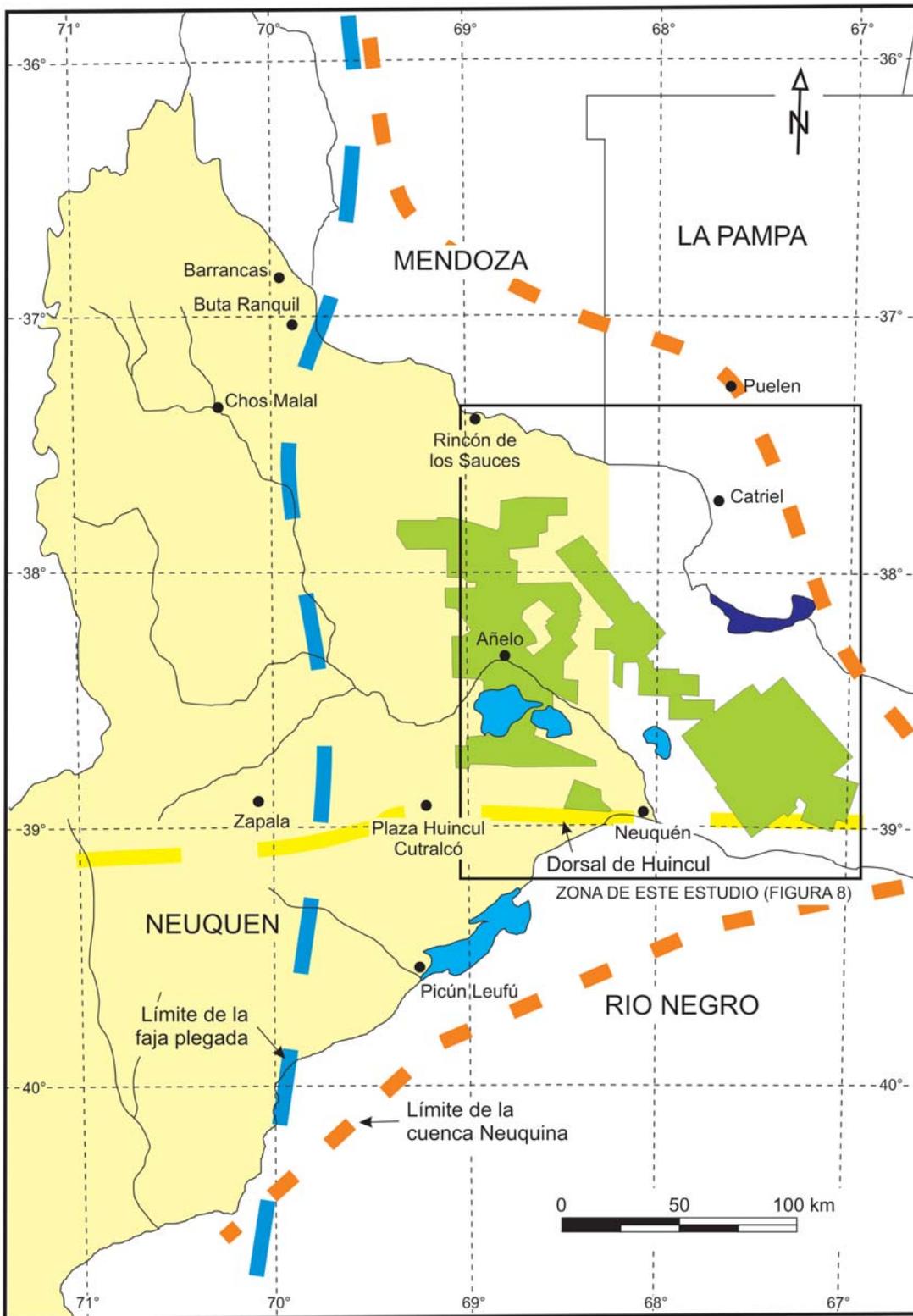


Figura 1: Ubicación de la región de estudio. Se muestra también, en color verde, la cobertura de sísmica 3D utilizada para este trabajo.

período la extensión deja de estar vinculada a fallamiento activo y empieza a estar controlada por subsidencia térmica generalizada (Turic *et al.* 1987). Los depocentros se unifican en una gran cuenca y

las unidades pasan a tener un desarrollo regional. Las variaciones eustáticas controlan la alternancia de secuencias marinas pacíficas y continentales (Legarreta y Uliana 1996) que caracterizan a este perí-

odo (Fig. 2). Una mención especial merece la estructuración vinculada a la dorsal de Huincul, que comienza en el Jurásico inferior (Silvestro y Zubiri 2008, Mosquera 2008, Pángaro *et al.* este volumen),

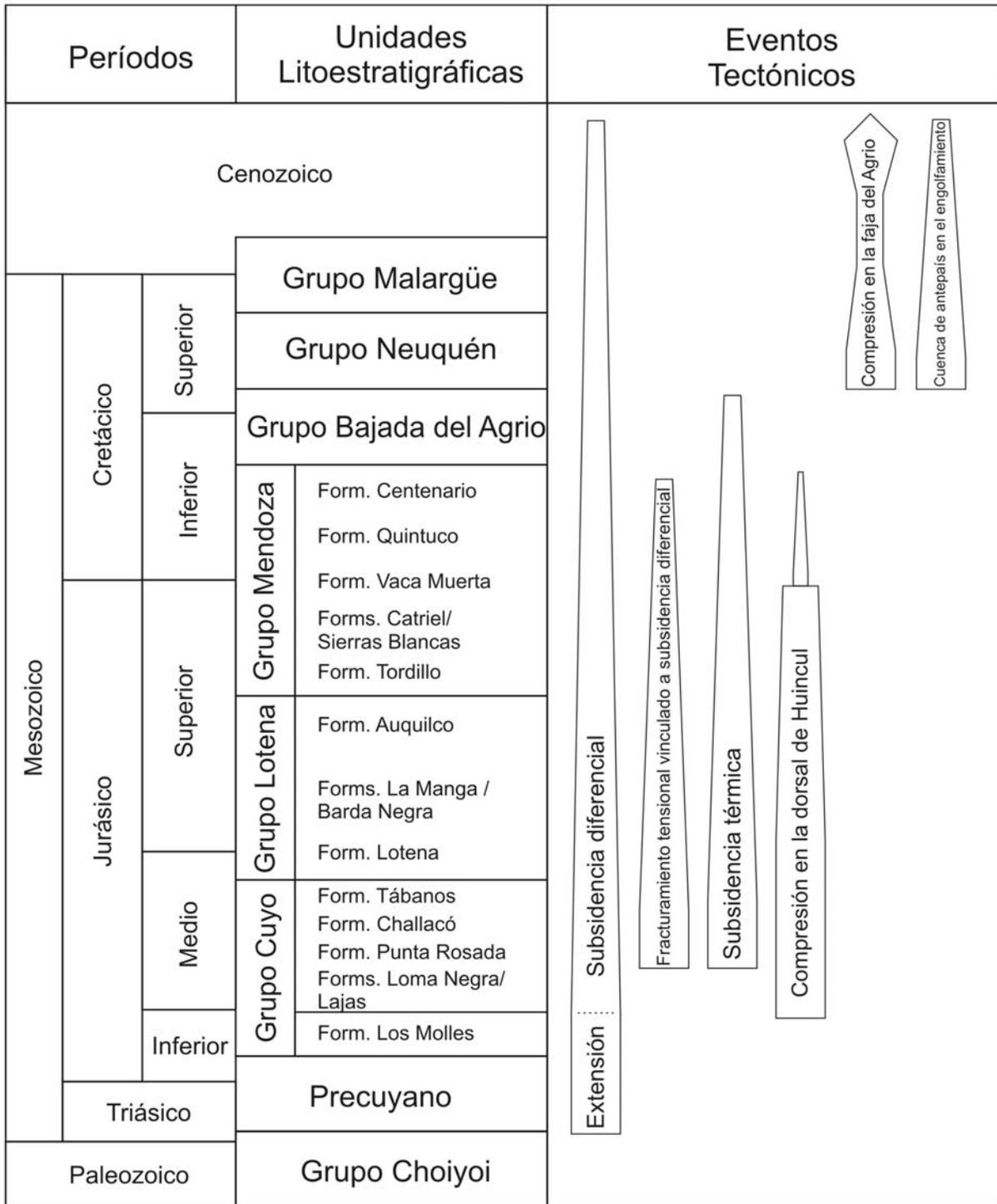


Figura 2: Cuadro tectonoestratigráfico donde se muestran las principales unidades y procesos mencionados en el texto.

afectando una franja de orientación oeste hacia el centro-sur de la cuenca (Figs. 1, 3 y 4). Esta deformación, fundamentalmente compresiva, controla la erosión y sedimentación en las cercanías de dicha dorsal desde el Jurásico Inferior. Con poste-

rioridad algunas reactivaciones con fuerte componente oblicua dextral también controlan las relaciones estratigráficas durante el Cretácico Superior bajo. Para el Cretácico Inferior alto la cuenca se continentaliza y comienza a desarro-

llarse con características típicas de cuenca de antepaís (Fig. 2). Desde entonces pierde definitivamente contacto con el Pacífico y sólo sufrirá una corta inundación marina atlántica en el Cretácico Superior (Fig. 2). Durante el Cretácico Su-

perior y Cenozoico, el sector occidental de la cuenca es deformado en episodios discretos vinculados a sucesivas variaciones en el ángulo de subducción que también controlan la posición del arco volcánico y por ende la distribución de volcánicas (Muñoz *et al.* 2000, Folguera *et al.* 2002, Ramos y Folguera 2005, Zamora Valcarce *et al.* 2006). El sector oriental, en cambio, funciona como receptor de depósitos de antepaís y como zona de tránsito de sedimentos.

En la actualidad la deformación andina se concentra en el sector del límite argentino-chileno y está representada tanto por zonas compresivas como por zonas de colapso con depocentros aislados intramontanos (Folguera *et al.* 2005 y 2006). Hacia el este, la gran mayoría del área de la ex-cuenca Neuquina funciona como zona de erosión (ej. zona de faja plegada del Agrio) o como zona de tránsito de sedimentos (sector oriental de la cuenca) y solo subsisten pocos bolsones que actúan como zonas de deposición.

SECTOR ESTANCIA VIEJA - LOMA KAUFMAN

Etapa extensiva del Triásico Superior - Jurásico Inferior

La figura 3a muestra el mapa de las estructuras de edad precuyana donde se indican las principales fallas, zonas de transferencia y zonas de bisagra (*hinges*) de los hemigrábenes. Se muestra también la tendencia de variación de espesores del Precuyano. La estructura precuyana está caracterizada por dos sistemas de hemigrábenes de dirección noroeste, paralelos entre sí y de polaridad opuesta: sistemas La Yesera y Estancia Vieja (figura 3a). Ambos sistemas están separados por el alto de Kauffman (Limeres *et al.* 2005) que corresponde a una zona de bisagra entre ellos. La sección sísmica 2D ci-07 atraviesa ambos hemigrábenes y al alto que los separa ilustrando muy bien la estructura extensional precuyana (Fig. 3b). El sistema de hemigrábenes Estancia Vieja se encuentra desarrollado a partir de un conjunto de fallas normales que inclinan

fuertemente al suroeste. Algunas de estas fallas se invirtieron durante el Jurásico Inferior. La figura 3c muestra un corte representativo de la estructura del sistema Estancia Vieja. Su límite nororiental es una zona elevada donde termina el sistema sin una falla claramente marcada. La cubeta principal se desarrolla contra la falla Estancia Vieja en donde los depósitos precuyanos alcanzan espesores superiores a los 3.000 m. Hacia el suroeste del depocentro de Estancia Vieja se desarrolla el alto de Kauffman que es la zona donde los depósitos precuyanos alcanzan su menor espesor siendo este inferior a los 300 m en algunos sectores. La cubeta de Estancia Vieja se encuentra compartimentalizada por zonas de transferencias de orientación noreste. Estas zonas en algunos casos están representadas por fallas y en otros por escalones que acomodan la diferencia de extensión entre los distintos tramos de la falla Estancia Vieja. Una de las zonas de transferencia más importante es la de Puesto Flores-Puesto Galdame (Fig. 3a) que muestra un movimiento extensional con bloque bajo hacia el sureste durante el Precuyano y una posterior inversión tectónica a partir del Jurásico Inferior donde el mismo bloque sureste pasa a ser el elevado. También se reconocieron las zonas de transferencia Puesto Manquillo, Puesto González y Puesto Prado afectando al sistema de hemigrábenes de Estancia Vieja (Fig. 3a). Estas zonas pierden identidad al llegar a la zona del alto de Kauffman, al que sólo la estructura de Puesto Flores-Puesto Galdame atraviesa decididamente al menos durante la etapa de inversión tectónica. El sistema de hemigrábenes de La Yesera fue reconocido a partir de mucho menos información que el de Estancia Vieja. Es por ello que su definición es menos precisa al igual que la de las zonas de transferencia que lo atraviesan. Este sistema se desarrolla a partir de una falla normal de alto ángulo y dirección noroeste que inclina fuertemente al noreste (Fig. 3a). Esta falla está claramente definida en su porción noroccidental, sin embargo, hacia el sureste se desdibuja en la escasa informa-

ción analizada.

Etapa compresiva del Jurásico Inferior

La figura 4a muestra el mapa de la estructura desarrollada a partir del Jurásico Inferior donde se indican las principales fallas de la región. Se muestra también el isócrono de la base del Grupo Cuyo que resalta el plegamiento resultante y la posición del alto precuyano de Kauffman para correlacionar con el mapa anterior (Fig. 3a).

La estructura de este período se caracteriza por una fuerte compresión que avanza desde el sur (dorsal de Huincul) hacia el norte. Durante esta etapa se producen dos fenómenos distintos, por un lado se invierten algunas de las estructuras extensivas (inversión selectiva) y por otro se desarrollan estructuras netamente compresivas de orientación este-oeste. Las fallas invertidas en ningún caso lo están completamente, es decir que se mantiene la presencia de un punto nulo dentro de los depósitos precuyanos.

La inversión principal se canaliza a través de la falla de Estancia Vieja y de la zona de transferencia Puesto Flores-Puesto Galdame (Fig. 4a). La falla Estancia Vieja disminuye su grado de inversión de sureste a noroeste indicando un avance de la compresión en sentido sur-norte. Esta disminución tiende a ser progresiva en los tramos entre las zonas de transferencia y abrupta al atravesarlas. Por ejemplo, el grado de inversión de la falla Estancia Vieja disminuye fuertemente al noroeste de la zona de transferencia Puesto Flores-Puesto Galdame y cuando se atraviesa la zona de Puesto Prado la falla en cuestión prácticamente deja de estar invertida (Fig. 4a).

La figura 4b muestra un modelo análogo tomado de Yagupsky *et al.* (2008) donde se muestra la inversión selectiva sobre un hemigráben oblicuo (véase la comparación del modelo con la estructura de Estancia Vieja y Puesto Flores-Puesto Galdame de la figura 4c). Las zonas de transferencia desarrolladas durante la extensión precuyana son invertidas durante la nueva etapa compresiva. Las de Puesto

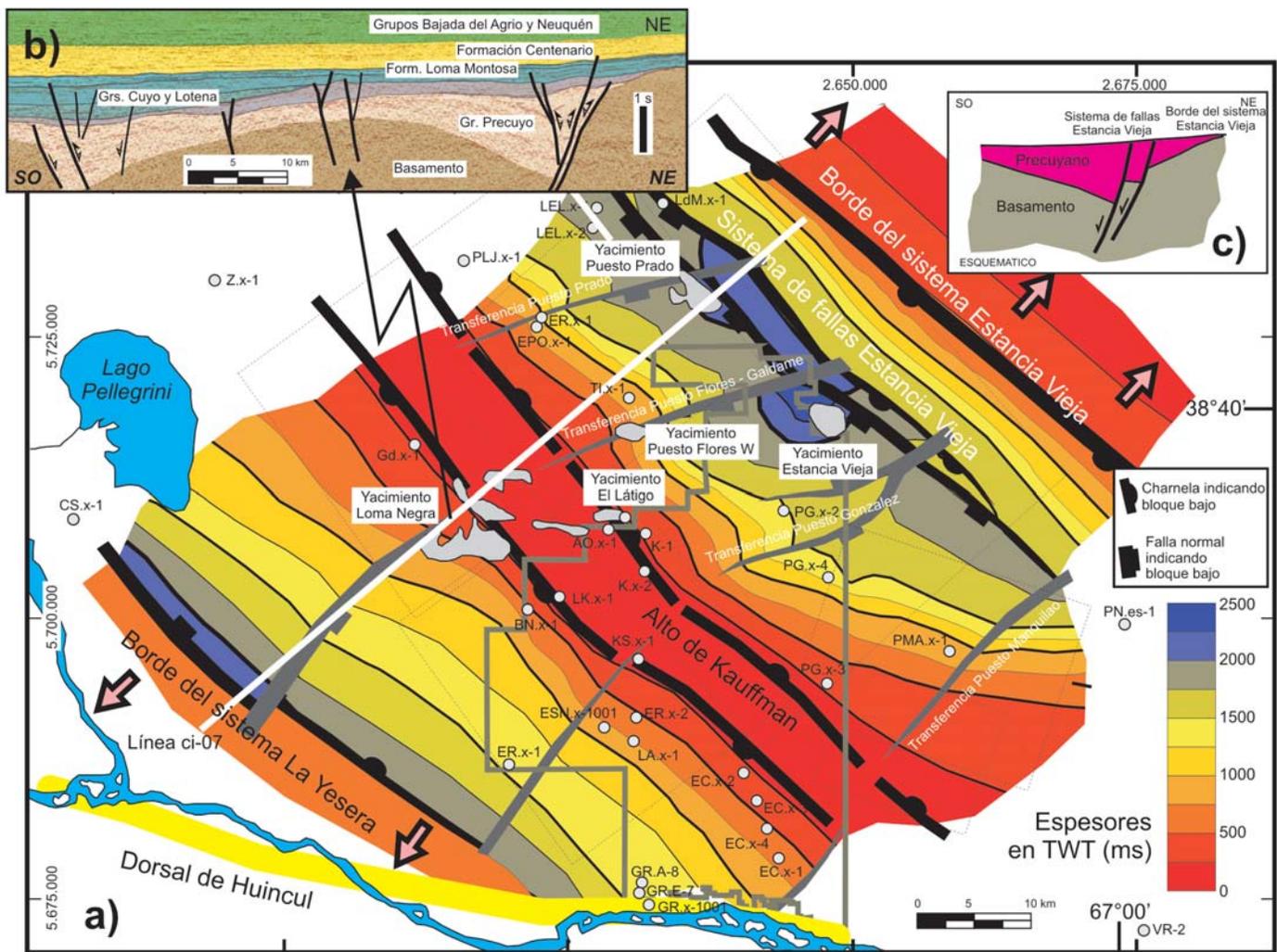


Figura 3: a) Mapa de las estructuras precuyanas en la región de Estancia Vieja-Loma Kaufman. Se se indican las principales fallas, zonas de transferencia y zonas de bisagra (hinges) de los hemigrábenes. Se muestra también, la tendencia de variación de espesores del precuyano; b) Sección sísmica 2D ci-07 que atraviesa los hemigrábenes de Estancia Vieja y La Yesera y el alto de Kaufman; c) Esquema mostrando la estructura de la cubeta de Estancia Vieja.

Flores-Puesto Galdame y Puesto González son las que más evidencia muestran de inversión. Sin embargo, si bien no se tienen datos al respecto, la zona de transferencia Puesto Manquillao tendría que haber sufrido igualmente una importante inversión tectónica. En cambio, la zona de Puesto Prado se encuentra alejada del sector de empuje compresivo y por ende su grado de inversión es muy bajo o nulo (Fig. 4a).

Durante la etapa compresiva, además de invertirse parte de las fallas precuyanas, se desarrollaron una serie de fallas nuevas netamente inversas. Estas fallas tienen dirección este-oeste, paralela a la dorsal de Huincul (Fig. 4a). Como se ve en la figura 5, estas fallas en muchos casos están

despegadas hacia la base del Precuyano y están comprimiendo el relleno de los hemigrábenes contra la falla principal de Estancia Vieja (efecto de *buttering*). Es por esta razón que en muchos casos estas fallas de orientación este-oeste son cortas y se desarrollan sólo donde hay depósitos de espesor considerable del Precuyano. Muchas de ellas desaparecen sobre el alto de Kaufman, donde dichos depósitos son muy delgados. En las figuras 5 b y c se compara la información sísmica con un modelo análogo de Panien *et al.* (2005) donde se observa el efecto de extrusión del relleno del hemigraben a partir de fallas despegadas en la base del mismo. En el caso de la estructura analizada, estas fallas inversas no serían paralelas al hemigraben ya que la compresión es oblicua

(en relación a la estructura extensional). El modelo análogo de Yagupsky *et al.* (2008) muestra que las fallas compresivas se desarrollan perpendiculares a la dirección de empuje, independientemente de la dirección previa de los hemigrábenes (Figs. 4 b y c).

SECTOR ENTRE LOMAS

La estructura conocida como Entre Lomas (Fig. 6) se encuentra alineada y con la misma dirección noroeste que el sistema de fallas Estancia Vieja analizado en el punto anterior. Corresponde a un conjunto de fallas normales, activas durante el Triásico Superior - Jurásico Inferior

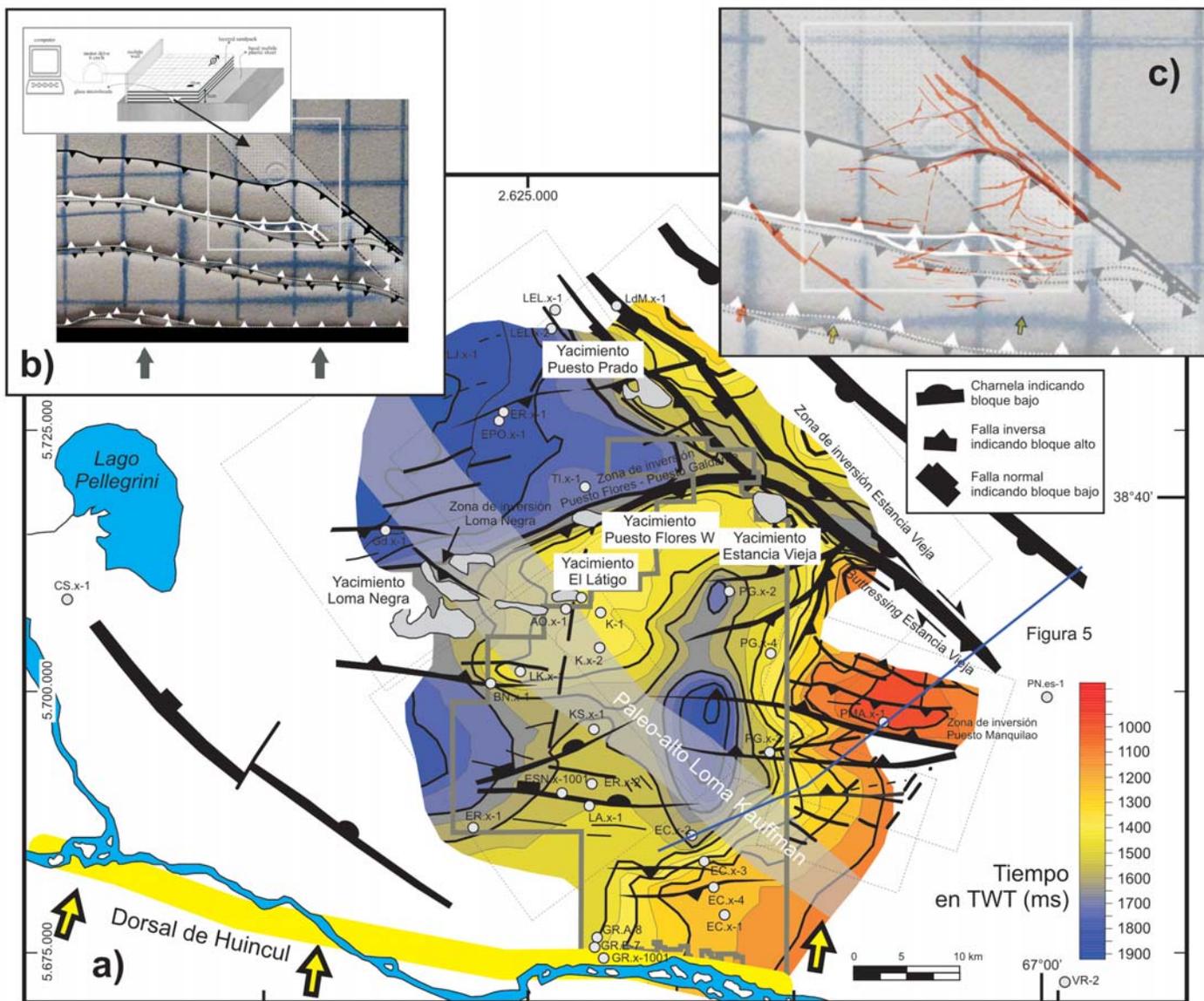


Figura 4: a) Mapa de la estructura jurásica superior en la región de Estancia Vieja-Loma Kaufman donde se indican las principales fallas de la región. Se muestra también el isócrono de la base del Grupo Cuyo que resalta el plegamiento resultante y la posición del alto precuyano de Kauffman para correlacionar con el mapa de la figura 3. En línea punteada se indica la cobertura de sísmica 3D; b) Modelo análogo tomado de Yagupsky *et al.* (2008) donde se muestra la inversión selectiva sobre un hemigraben oblicuo. Se indica blanqueada la posición de un hemigraben por debajo del modelo; c) Comparación del modelo con la estructura de Estancia Vieja y Puesto Flores-Puesto Galdame.

que inclinan hacia el noreste y limitan a uno de los principales hemigrábenes de la cuenca (hemigraben el Santiagueño; Fig. 6). El sistema es conjugado al de Estancia Vieja cuyas fallas inclinan al suroeste.

La estructura Entre Lomas, se encuentra segmentada longitudinalmente en tramos de menos de 15 km de largo. El límite de estos tramos está controlado por la interferencia con fallas de orientación oeste-noroeste. Estos sistemas de fallas fueron

nombrados como Bandurria-Borde Mochó, Bajada del Palo-Charco Bayo, El Cruce, Las Lomas, Charco Palenque y Agua Amarga (Fig. 6). Estas fallas también fueron activas durante el Triásico Superior - Jurásico Inferior y desarrollan hemigrábenes importantes, aunque en general, de menor jerarquía que los limitados por fallas noroeste (Entre Lomas, Estancia Vieja). Es importante notar que sobre las fallas de orientación oeste-noroeste (ej. Bajada del Palo) se desarrollan,

ya durante el Jurásico Superior - Cretácico Inferior, fallas normales de menor importancia que se disponen en echelon sobre las anteriores. Sin embargo, cuando lo hacen sobre las estructuras precuyanas de orientación noroeste (ej. Entre Lomas), las fallas más modernas se disponen en forma paralela.

Las fallas del sistema oeste-noroeste se curvan al acercarse a la estructura de Entre Lomas a la que cortan y segmentan. Este hecho indica una actividad posterior

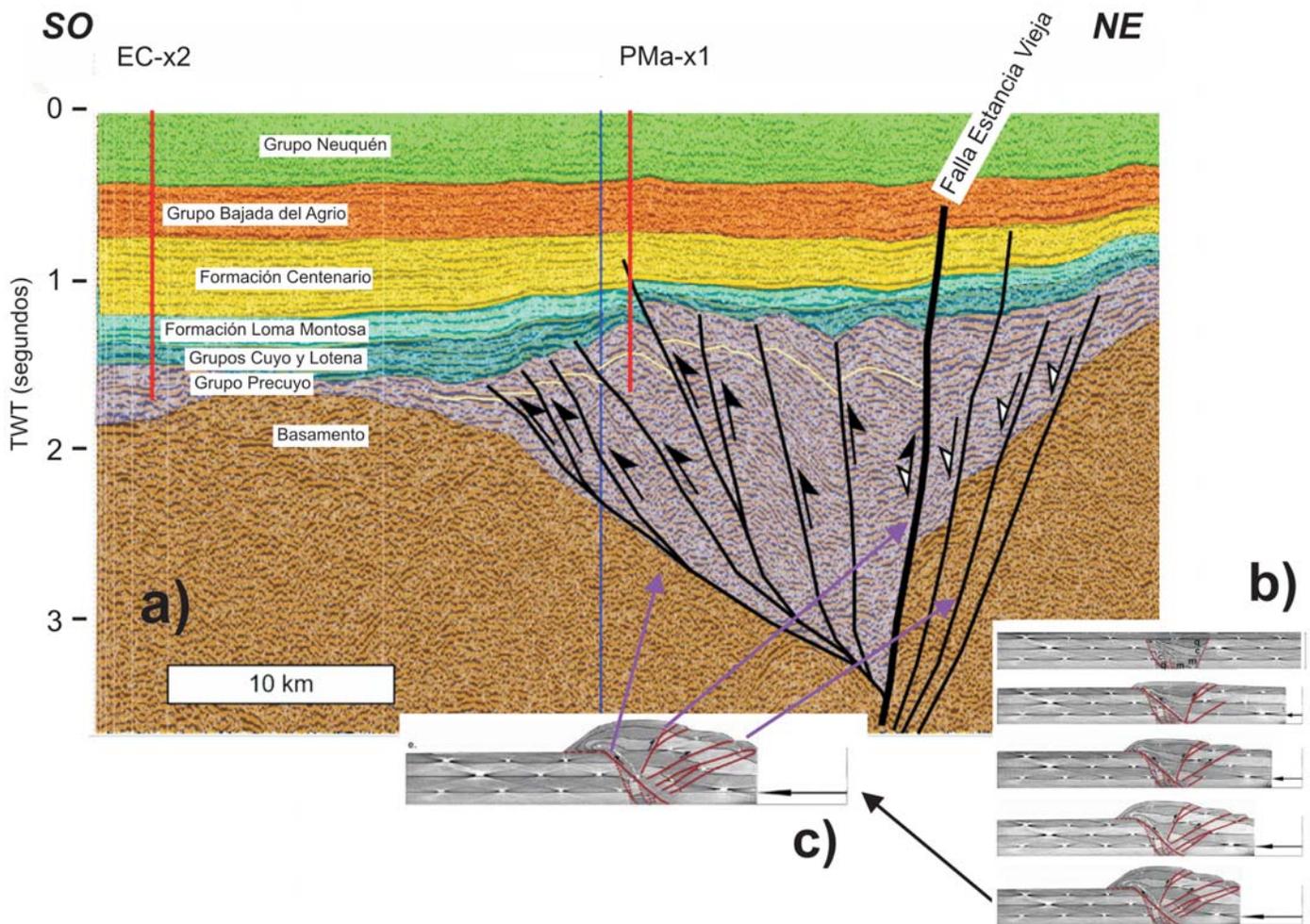


Figura 5: a) Sección sísmica en la que se muestran fallas inversas de orientación este-oeste, desarrolladas dentro de los hemigrábenes. Estas fallas en muchos casos están despegadas hacia la base del precuyano y están comprimiendo el relleno de los hemigrábenes contra la falla principal de Estancia Vieja (efecto de buttressing); b y c) Comparación de la información sísmica con un modelo análogo de Panien *et al.* (2005) donde se observa el efecto de extrusión del relleno del hemigraben a partir de fallas despegadas en la base del hemigraben. En el caso de la estructura analizada, estas fallas inversas no serían paralelas al hemigraben ya que la compresión es oblicua (en relación a la estructura extensional).

de las primeras respecto de la segunda. En este trabajo no se han encontrado evidencias de inversión tectónica en el sistema de Entre Lomas. Sin embargo, Mosquera (2008) propone que la inversión jurásica inferior llega hasta la estructura de Loma del Mojón y sugiere la posibilidad de un levantamiento regional en bloque del sector que justificaría la discordancia intercenomaniense asociada a la base del Grupo Neuquén.

SECTOR BANDURRIA - LOMA LA LATA

En el sector de Bandurria-Loma La Lata pudieron relevarse en subsuelo una serie

de estructuras precuyanas de orientación oeste-noroeste que inclinan tanto al noreste como al sudoeste (Fig. 7). La falla de Bandurria es una de las que presenta mejor calidad de la información sísmica. Ésta inclina al nor-noreste y desarrolla hacia el norte un hemigraben que se continúa hacia el este con el de Borde Mocho. Por encima de la falla precuyana de Bandurria se desprende una serie de fallas normales post-jurásicas que se disponen escalonadamente (*en echelón*) hacia el bloque colgante de la falla antigua. Esta falla no presenta evidencias de inversión tectónica.

Hacia el sur, en el sector de Loma La Lata se distinguieron varias fallas que con-

trolaron a las cubetas precuyanas y un sistema de transferencia entre ellas (Fig. 7). Las fallas de este sector presentan evidencias de suave inversión tectónica jurásica superior vinculadas al sistema de la dorsal de Huíncul. Particularmente el graben Loma La Lata fue parcialmente invertido en este período funcionando como un alto para el Cretácico Inferior bajo. Con posterioridad, la compactación del relleno precuyano del graben desarrolló un bajo local en el que actualmente corre el río Neuquén. Algo similar ocurre sobre el hemigraben de Lindero Atravesado, sobre el que se desarrolla el bajo que ocupan los lagos Los Barreales y Mari Menuco.

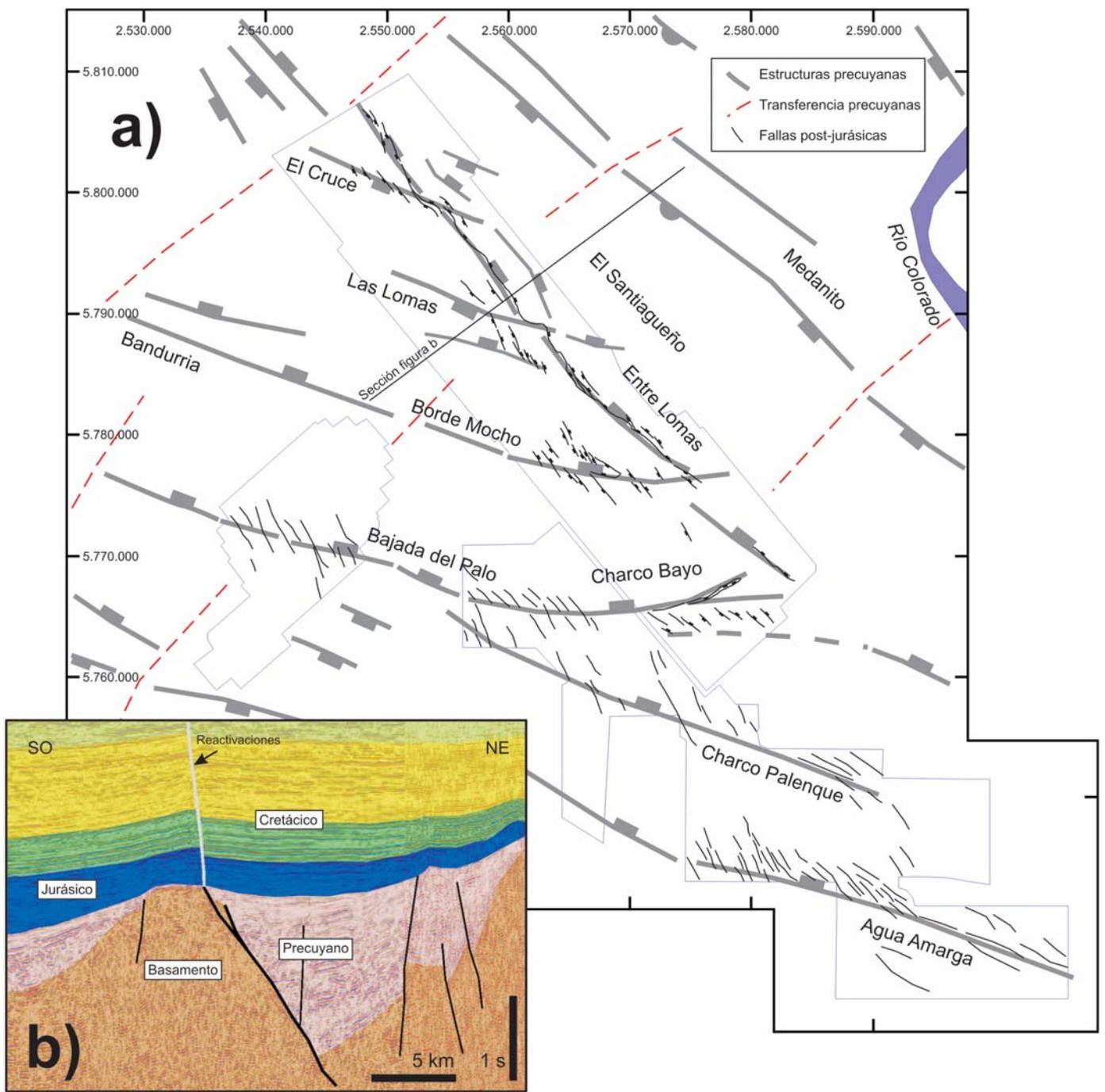


Figura 6: a) Mapa de la región de Entre Lomas donde se muestran las principales fallas y zonas de transferencia precuycanas (en gris) y las fallas normales jurásico-cretácicas (en negro). Nótese la interferencia entre los patrones precuycanos noroeste y oeste-noroeste; b) Sección sísmica representativa de la estructura de Entre Lomas y hemigraben El Santiagueño.

CARTOGRAFÍA REGIONAL DE LAS ESTRUCTURAS PRE-CUYANAS

Sobre la base de la información sísmica analizada en este trabajo y en Cristallini *et al.* (2006 y 2008) (Fig. 8) fueron cartogra-

fiados los principales grábenes, hemigábenes, fallas y zonas de transferencia de la etapa extensiva precuycana en el sector oriental de la cuenca Neuquina comprendido entre el río Colorado al norte, la dorsal de Huincul al sur y la faja plegada del Agrio al oeste (Fig. 1). La dirección

general de las fallas normales encontradas es noroeste. Sin embargo, existen dos poblaciones bien marcadas y con distintas características. La primera de ellas (población noroeste) está compuesta por fallas con direcciones azimutales superiores a 130° y en general acomoda grábenes y

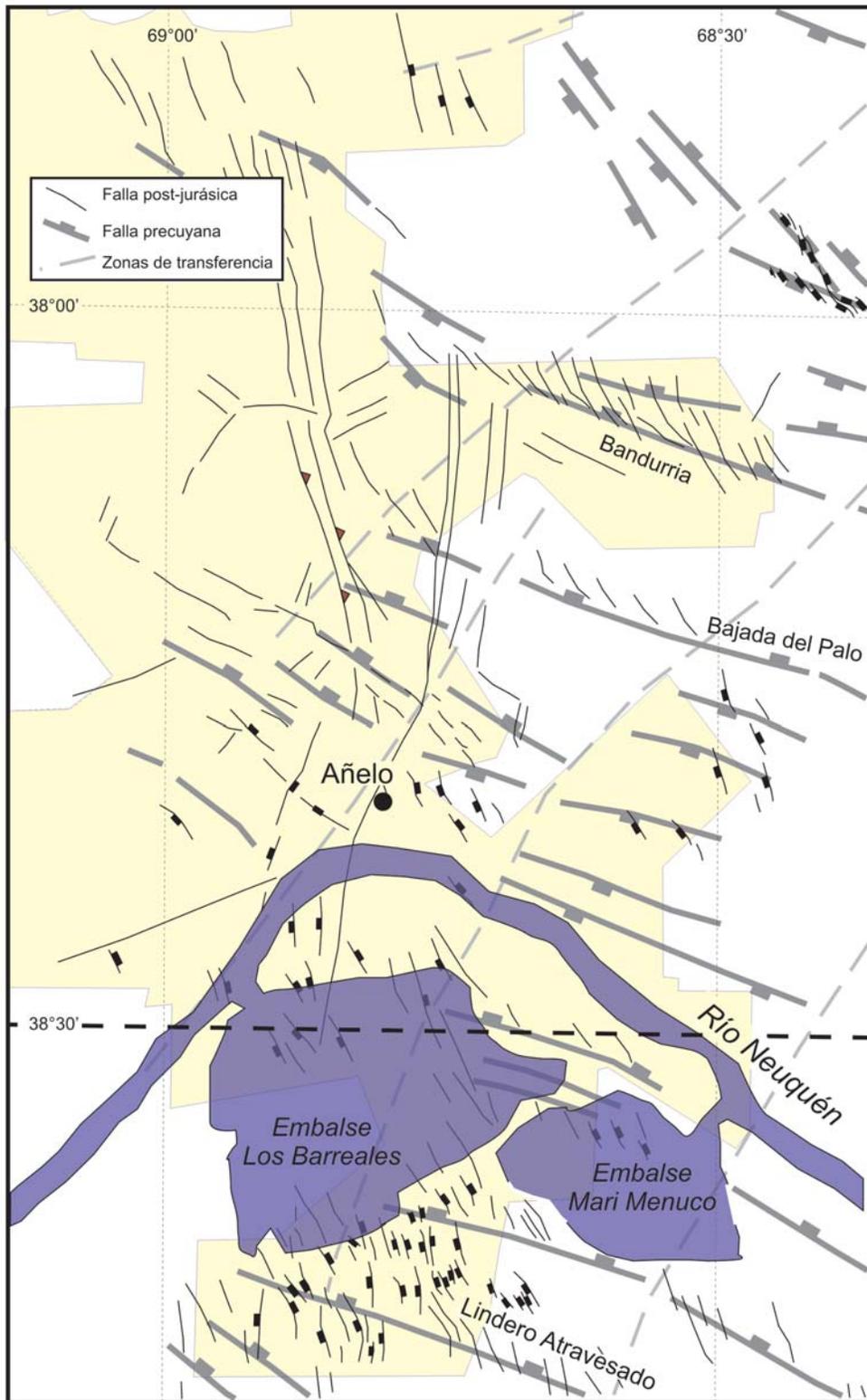


Figura 7: Mapa de la región de Bandurria-Loma La Lata. En gris se indican las estructuras precuyanas (fallas en línea continua y zonas de transferencia en línea entrecortada) y en negro las fallas normales jurásico-cretácicas. Se indica en amarillo la región con cobertura de sísmica 3D.

hemigrábenes bien profundos y de mayores dimensiones (ej. fallas de los lineamientos de Entre Lomas y Estancia Vieja). La segunda población (población

oeste-noroeste) está compuesta por estructuras con direcciones azimutales inferiores a los 110° y genera cuencas más pequeñas y en general menos profundas

(ej. hemigrábenes de las zonas de Loma la Lata, Agua de Cajón, Lindero Atravesado, Bandurria, etc.). La interacción entre ambas poblaciones,

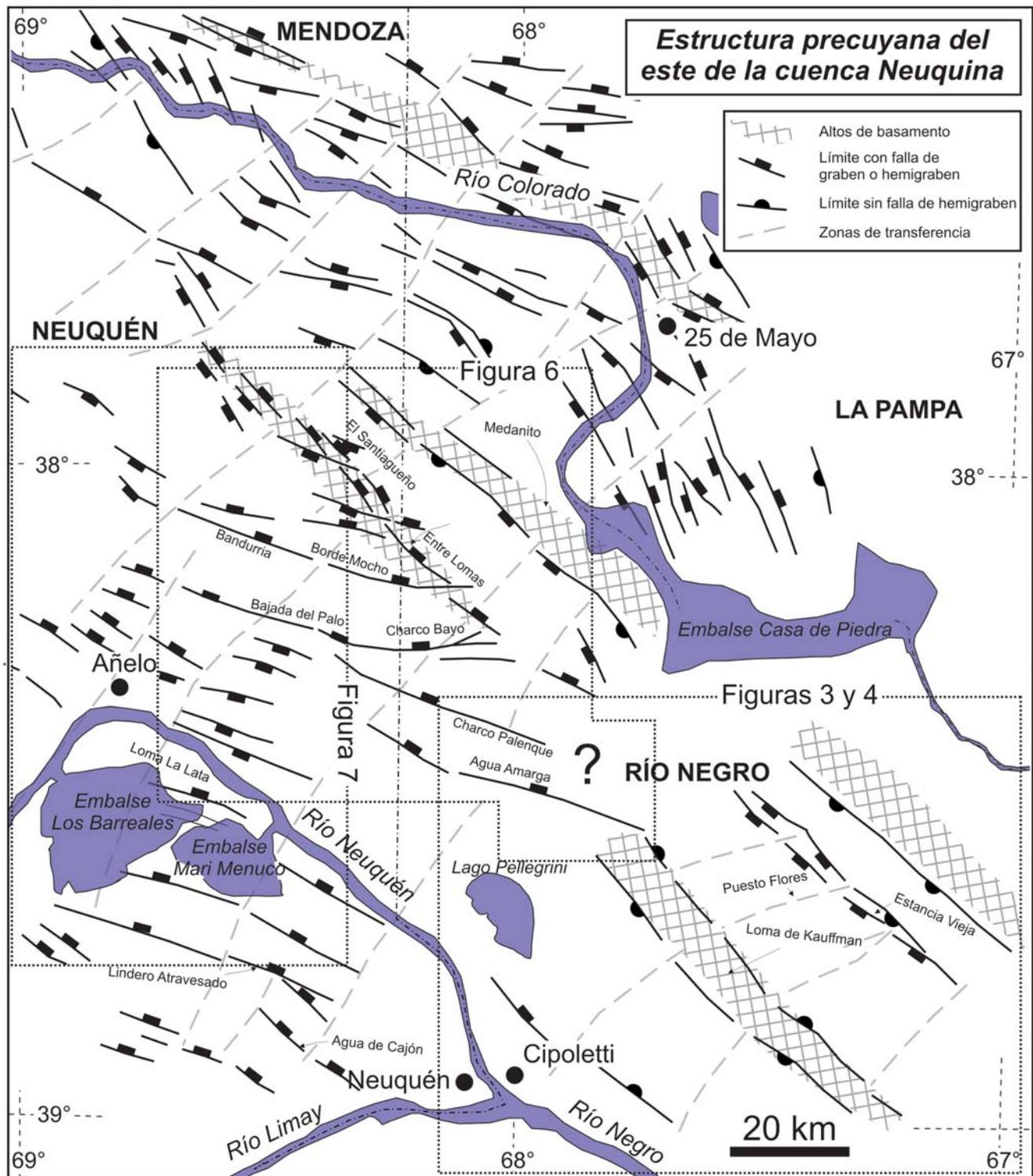


Figura 8: Principales fallas y transferencias desarrolladas durante el Triásico Superior - Jurásico Inferior en el este de la cuenca Neuquina. La dirección general de las fallas normales encontradas es noroeste. Sin embargo, existen dos poblaciones bien marcadas. La primera de ellas (población noroeste) está compuesta por fallas con direcciones azimutales superiores a 130° (ej. fallas de los lineamientos de Entre Lomas y Estancia Vieja), la segunda (población oeste-noroeste) está compuesta por estructuras con direcciones azimutales inferiores a los 110° (ej. hemigrábenes de las zonas de Loma La Lata, Agua de Cajón, Lindero Atravesado, Bandurria, etc.).

en general es difícil de visualizar ya que se da en niveles profundos donde las imágenes sísmicas no son claras. Sin embargo, en algunos sectores como en el de Entre Lomas, se observa que la segunda población (oeste-noroeste) corta y modifica a

la primera (noroeste). Particularmente en este sector, se identifican claramente los dos sistemas principales mencionados. El sistema noroeste está representado por la dirección de las fallas precuyanas de la estructura de Entre Lomas y el sistema oeste-noroeste, por las direcciones de las fallas de Bandurria-Borde Mocho, Bajada del Palo-Chaco Bayo, El Cruce, Las Lomas, Charco Palenque y Agua Amarga. En los mapas de las figuras 6 y 8 puede verse claramente que las fallas del sistema oeste-noroeste se curvan al acercarse al sistema de Entre Lomas (población noroeste) segmentándolo en tramos discretos. Este hecho indica que el sistema oeste-noroeste se desarrolla con posterioridad al noroeste.

Los sistemas de grábenes y hemigrábenes de ambas poblaciones se encuentran segmentados por zonas de transferencia que acomodan las variaciones de rechazo sobre las fallas principales (Fig. 8). Éstas tienen orientación general noreste y se disponen en forma más o menos ortogonal a la población de fallas a la que segmentan. En algunos casos corresponden a fallas (ej. Puesto Flores) y en otros casos son zonas difusas en que las estructuras principales pierden o intercambian rechazos.

Este esquema estructural desarrollado durante el Precuyano tendrá consecuencias y controlará fuertemente la estructura y sedimentación hasta la actualidad.

CONTROLES EJERCIDOS POR LAS ESTRUCTURAS PRECUYANAS

Como se puntualizó anteriormente, los espesores de los depósitos precuyanos se encuentran controlados por la geometría de las fallas y zonas de transferencia. La variación de espesores es muy importante siendo, en algunos casos de más de 2.000 m en algo más de 10 km de distancia (Fig. 3). Una vez finalizado el período extensional precuyano, la cuenca entra en un estadio de subsidencia térmica generalizada (Turic *et al.* 1987) en el que debería hundirse uniformemente. Sin embar-

go, la presencia de un sustrato desaparejo, con grandes variaciones de espesor de los depósitos precuyanos provoca un efecto de subsidencia irregular por compactación diferencial del relleno de las cubetas. Es decir, las zonas con altos de basamento durante el Precuyano persisten como altos relativos durante toda la historia de la cuenca. Los bajos precuyanos, persisten como bajos controlando incluso la sedimentación actual (ej. los bajos actualmente ocupados por los lagos Pellegrini, Los Barreales y Mari Menuco, se encuentran sobre hemigrábenes precuyanos). Este efecto puede verse en la figura 6b en que la concavidad de la estratificación perdura por encima del hemigraben El Santiaguense hasta los sectores más altos de la información sísmica.

La figura 9a muestra un modelo numérico de elementos discretos (Cristallini *et al.*, 2006) en que el relleno de los hemigrábenes se compacta diferencialmente respecto del basamento. Esto produce un estiramiento y subsidencia de las capas que se encuentran por encima de los hemigrábenes que se fracturan en los sectores de máxima tensión (zonas negras en la Fig. 9a y Figs. 9 b, c, d, e y f). Esta fracturas en general se nuclean sobre los umbrales de basamento. Este efecto perdura en el tiempo y es independiente de la historia estructural que pudiera tener el área con posterioridad al desarrollo de las anisotropías de espesor. Como ejemplo, los trabajos de de Kozłowski (2008) y Yagupsky *et al.* (2008) muestran secciones de la región de la faja plegada y corrida de Malargüe en las que se ve como el efecto de subsidencia diferencial propaga fallamiento normal hacia arriba de la secuencia incluso en sectores que han sido claramente sometidos a compresión cretácico-terciaria y con posterioridad a la misma.

En la región del engolfamiento, las estructuras precuyanas presentan pequeñas reactivaciones jurásico-cretácicas que implican la propagación de una o varias fallas normales y la proliferación de fracturamiento tensional. Estas fallas se encuentran distribuidas en gran parte de la re-

gión (Figs. 6 y 7, véase Ceballos 2005, Silvestro y Zubiri 2008, Mosquera 2008) y tienen mucha importancia económica ya que son generadoras de espacio de acumulación de hidrocarburos por fracturamiento. Su distribución muestra concentraciones y nucleamientos sobre los umbrales de basamento.

Es interesante destacar que estas reactivaciones se pueden dividir en dos grupos (Fig. 10). En uno de ellos (reactivación tipo Entre Lomas o paralela) las fallas normales jurásico-cretácicas se desarrollan paralelas a las estructuras precuyanas. Este caso se da sobre fallas precuyanas de orientación noroeste. El otro grupo corresponde a las reactivaciones tipo Bandurria (o *en echelón*) en el que las fallas jurásico-cretácicas se disponen *en echelón* sobre las precuyanas que tienen dirección oeste-noroeste (Fig. 10). En ambos casos, las fracturas jurásico-cretácicas tienen la misma dirección noroeste. Particularmente en las reactivaciones tipo Bandurria la disposición *en echelón*, muchas veces es explicada con una componente de rumbo dextral sobre las fallas precuyanas (Pángaro y Bruveris 1999, Silvestro y Zubiri 2008).

DISCUSIÓN

Dirección de las fallas precuyanas

Se han determinado dos direcciones principales para las fallas precuyanas en el ámbito del engolfamiento Neuquino. Un conjunto de dirección noroeste (Entre Lomas, Estancia Vieja) y otro de dirección oeste-noroeste (Bandurria, Borde Mocho, Baja del Palo, Agua del Cajón, Loma La Lata, etc.). Modelos análogos realizados por Bechis (2009) permiten explicar estas dos direcciones como derivadas de la extensión en un sistema de rift oblicuo (Fig. 11) donde el borde del rift está dispuesto oblicuamente a la dirección de extensión. En este caso, los sistemas de fallas noroeste (Entre Lomas, Estancia Vieja) serían paralelos al borde del rift, mientras que los de orientación oeste-noroeste serían ortogonales a la dirección de extensión (véase Bechis 2009).

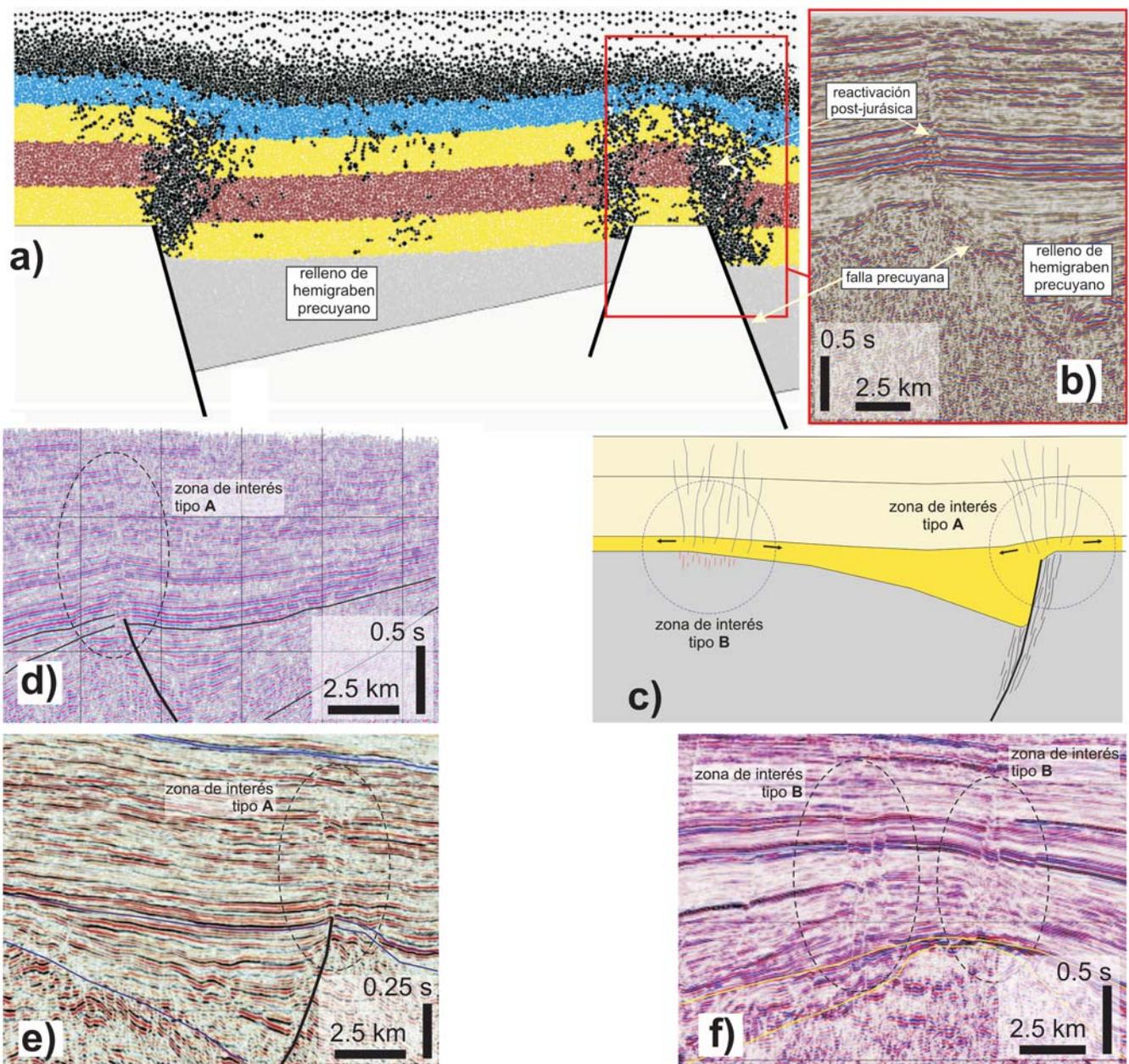


Figura 9: a) Simulación numérica por elementos discretos del mecanismo de subsidencia diferencial. En negro se pintaron los elementos que soportaron la tensión por estiramiento de las capas (tomado de Cristallini *et al.* 2006); b) Sección sísmica de Entre Lomas comparando con el modelo; c) Esquema donde se indican las zonas de tensión que tienen interés económico ya que son sectores donde se genera espacio por fracturamiento; d, e y f) Ejemplos de la región de Bandurria- Loma La Lata.

Los trabajos de Silvestro y Zubiri (2008) y Pángaro *et al.* (2008) han demostrado que la disposición de los hemigrábenes también es de orientación noroeste a oeste-noroeste en la región de la dorsal de Huincul (véase también figura 3). Esta orientación general noroeste a oeste-noroeste de los hemigrábenes podría mantenerse incluso en el sector de la faja plegada (véanse trabajos de Pángaro *et al.*

2004, Yagupsky *et al.* 2008, Muravchik 2008, Muravchik *et al.* 2008) en donde históricamente las estructuras precuyanas han sido descritas como de orientación general norte-sur e invertidas tectónicamente. Probablemente, en este sector, las estructuras norte-sur sean netamente andinas y estén enmascarando a una estructura precuayana oblicua que sólo se encuentra parcialmente invertida (Yagupsky

et al. 2008).

Fallas normales jurásico-cretácicas

El mecanismo de subsidencia diferencial puede explicar muy bien la disposición en corte de las fallas normales jurásico-cretácicas concentradas sobre las precuyanas (Fig. 9). Sin embargo, subsiste un problema en su disposición en planta, especialmente para explicar la geometría

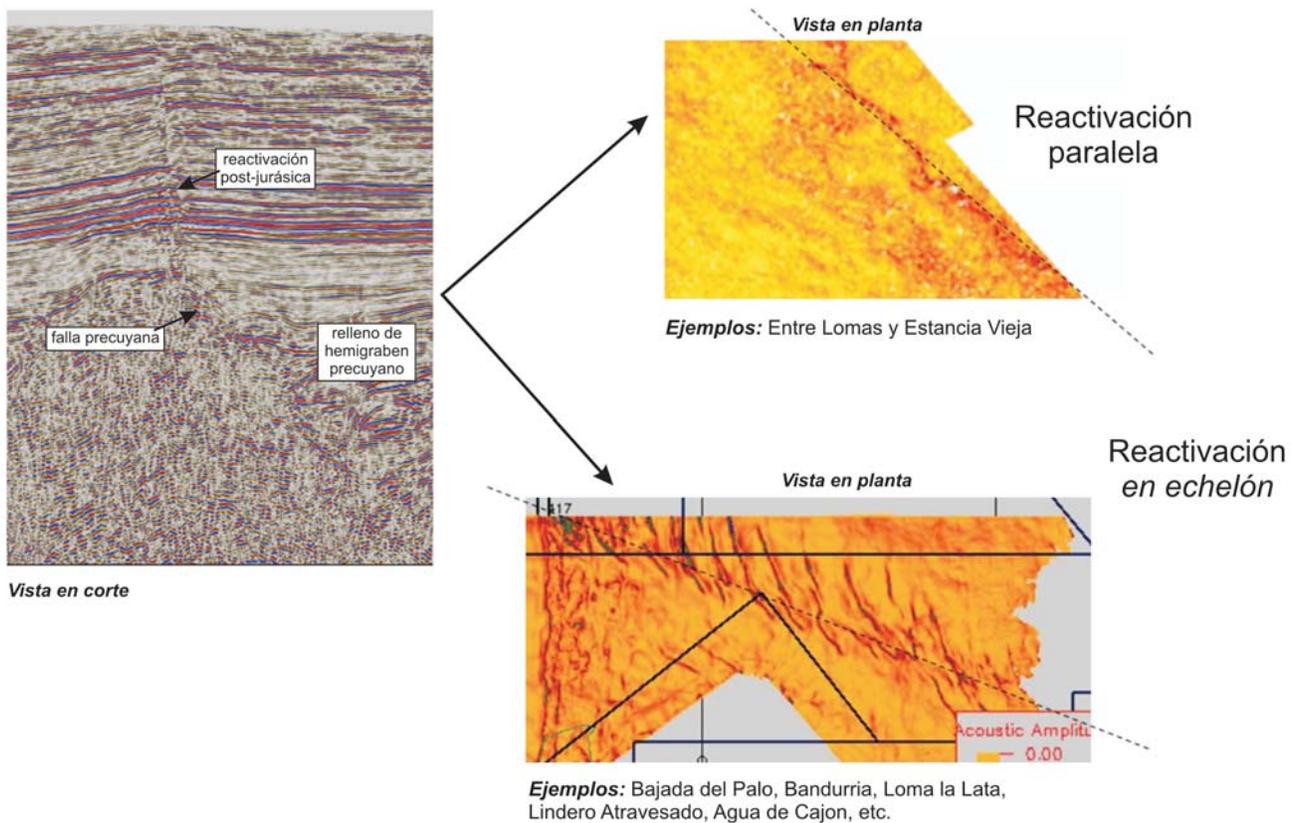


Figura 10: Las reactivaciones jurásico-cretácicas se pueden dividir en dos grupos. Uno de ellos (reactivación tipo Entre Lomas o paralela) en que las fallas normales jurásico-cretácicas se desarrollan paralelas a las estructuras precuyanas de orientación noroeste. El otro grupo corresponde a las reactivaciones tipo Bandurria (o en echelón) en que las fallas jurásico-cretácicas se disponen en echelón sobre las precuyanas que tienen dirección oeste-noroeste. Las vistas en planta corresponden al atributo de inclinación (dip) del reflector base de la Formación Vaca Muerta.

escalonada (*en echelón*) que presentan en algunos casos (Figs. 6, 7 y 12). Muchas veces esta disposición es explicada con una componente de rumbo dextral sobre las fallas precuyanas (Pángaro y Bruveris 1999). Esta componente podría estar impuesta por la compresión desde el sur de la dorsal de Huincul. Sin embargo, este hecho no explicaría por qué razón sobre las estructuras de orientación noroeste (ejemplo Entre Lomas), las fallas normales cretácicas no se disponen *en echelón*. Los datos analizados de estilolitas y de fracturas conjugadas medidas en los pozos indican claramente un esfuerzo principal máximo (σ_1) en la vertical, al menos a partir del Cretácico Inferior. Por ende, los esfuerzos intermedio (σ_2) y mínimo (σ_3) debieron yacer en la horizontal durante el desarrollo de las fracturas normales cretácicas. La orientación de las fallas permite deducir que el esfuerzo inter-

medio (σ_2) tenía una dirección noroeste y el mínimo una dirección noreste (Fig. 12). De esta manera puede explicarse a las fracturas como desarrolladas por subsidencia diferencial pero bajo un campo de esfuerzos regional con σ_2 de dirección noroeste (Fig. 12). Este campo es consistente por el propuesto por Mosquera (2008).

CONCLUSIONES

A partir del análisis de información de subsuelo de la región del engolfamiento Neuquino se ha construido un mapa con las principales estructuras precuyanas. Estas se agrupan en una población de fallas normales de orientación noroeste con direcciones azimutales mayores a 130° y otra de orientación oeste-noroeste con direcciones inferiores a 110° (Fig. 12). La primera se concentra hacia el borde nor-

este de la región analizada, mientras que la segunda lo hace hacia el sector central y suroeste del mismo. El conjunto de fallas normales precuyanas en general tiene bloque bajo hacia el noreste, sin embargo existen estructuras importantes como por ejemplo la falla Estancia Vieja, con bloque bajo hacia el suroeste. También se identificaron zonas de transferencia de orientación noreste en las que intercambian rechazos o finalizan las fallas principales que definen a los hemigrábenes y grábenes precuyanos.

Hacia el Jurásico inferior, comienza la estructuración de la dorsal de Huincul que avanza de sur a norte (Mosquera y Ramos 2005, Silvestro y Zubiri 2008, Pángaro *et al.* 2008). Sin embargo, en general este evento principalmente compresivo suele desarrollar estructuras nuevas de orientación este-oeste y eventualmente invertir parcialmente alguna de las fallas y

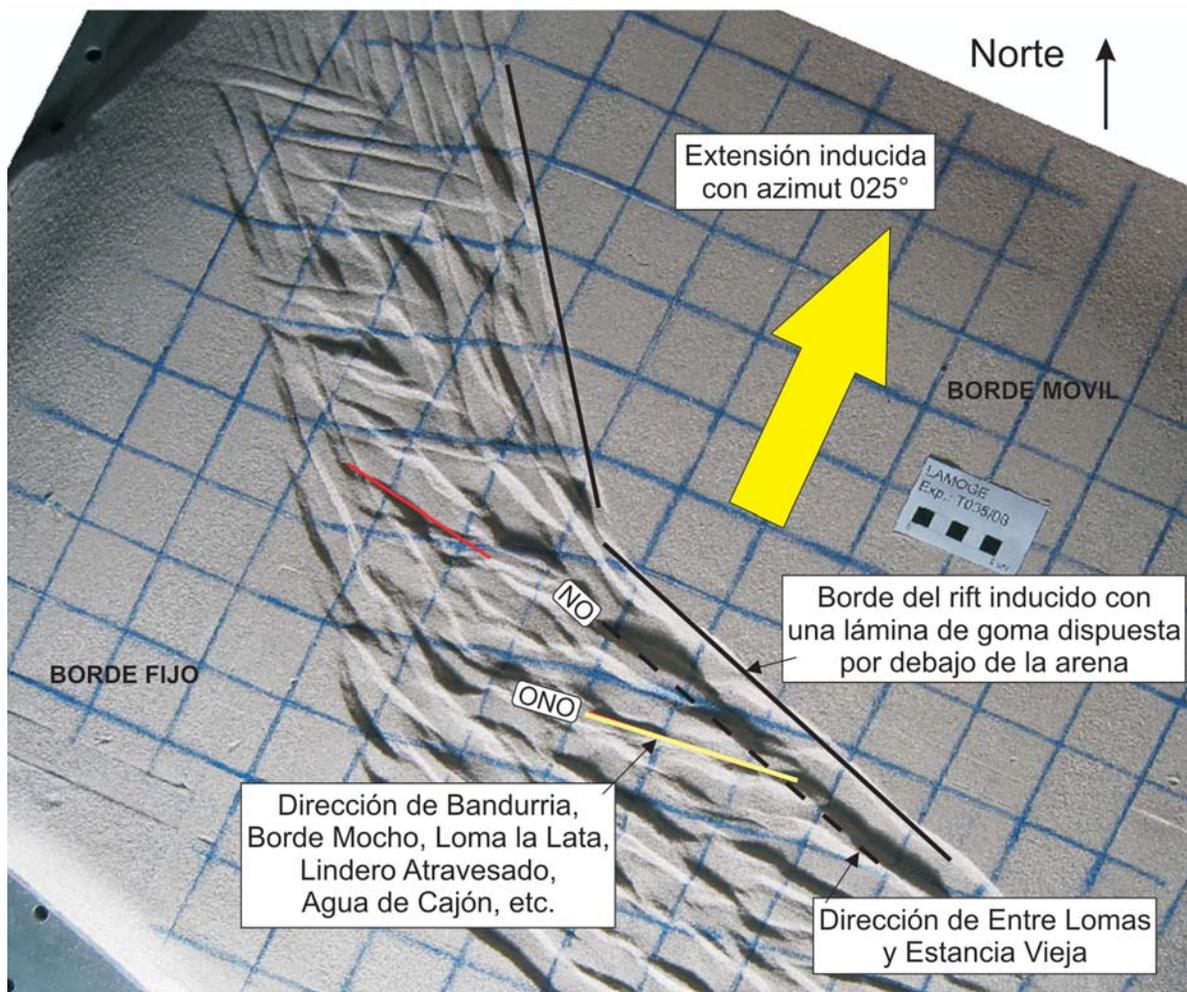


Figura 11: Modelo análogo de rift oblicuo realizado por Bechis (2009) que permite explicar las dos direcciones de estructuras precuyanas. El borde del rift está dispuesto oblicuamente a la dirección de extensión. Los sistemas de fallas noroeste (Entre Lomas, Estancia Vieja) serían paralelos al borde del rift, mientras que los de orientación este-noroeste serían ortogonales a la dirección de extensión.

zonas de transferencia precuyanas (ej. falla de Estancia Vieja y falla de Puesto Flores; véase fig. 4). La elevación estructural provocada por la compresión sur-norte está concentrada en la región de la dorsal y se disipa rápidamente hacia el norte, siendo ya muy leve a la latitud de Loma La Lata donde todavía hay una leve inversión en algunas de las fallas precuyanas. Hacia el noreste, las fallas precuyanas no muestran efectos significativos de inversión compresiva.

Distribuidas en gran parte de la región analizada se desarrollan fallas normales durante el Jurásico Superior y el Cretácico. Estas estructuras se concentran sobre las fallas precuyanas de los grábenes y hemigrábenes (zonas de interés tipo A de la fig. 9) y sobre las zonas de charnela de los mismos (zonas de interés tipo B de la fig. 9). Este nucleamiento de fallas nor-

males en los bordes de los hemigrábenes es explicado en este trabajo por la tensión producida por estiramiento de las capas ante la subsidencia diferencial del relleno de los hemigrábenes (véase fig. 9). El entendimiento de estas estructuras es sumamente importante ya que son generadoras de espacio y fundamentales para la migración y acumulación de hidrocarburos. Estas fallas normales tienen en general dirección noroeste (mayor concentración entre 130° a 160°; fig. 12) y se disponen en forma paralela sobre las estructuras precuyanas de la población noroeste y en forma escalonada (*en echelón*) sobre la población oeste-noroeste de fallas precuyanas. Este hecho es explicado por la superposición de un campo de esfuerzos regional durante el Jurásico Superior y Cretácico Inferior, en que el esfuerzo principal máximo (σ_1) estuvo en la vertical, el

intermedio (σ_2) en la dirección noroeste y el mínimo (σ_3) en la dirección noreste, y un campo local producido por la subsidencia diferencial. El primero controló las direcciones y el segundo los agrupamientos de fallas.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo realizado fue financiado por: PICT-38295 de la Agencia Nacional de Promociones Científicas y Técnicas, PIP 5758/05 (CONICET), PEI 6465 (CONICET), UBACyT X055, UBACyT X220 (Universidad de Buenos Aires), PIP 112-200801-02828 (CONICET) y por las empresas REPSOL - YPF, CAPEX S.A. y Petrolera Entre Lomas S.A. Se agradece especialmente las revisiones de Mario Schiuma y Alfonso Mosquera.

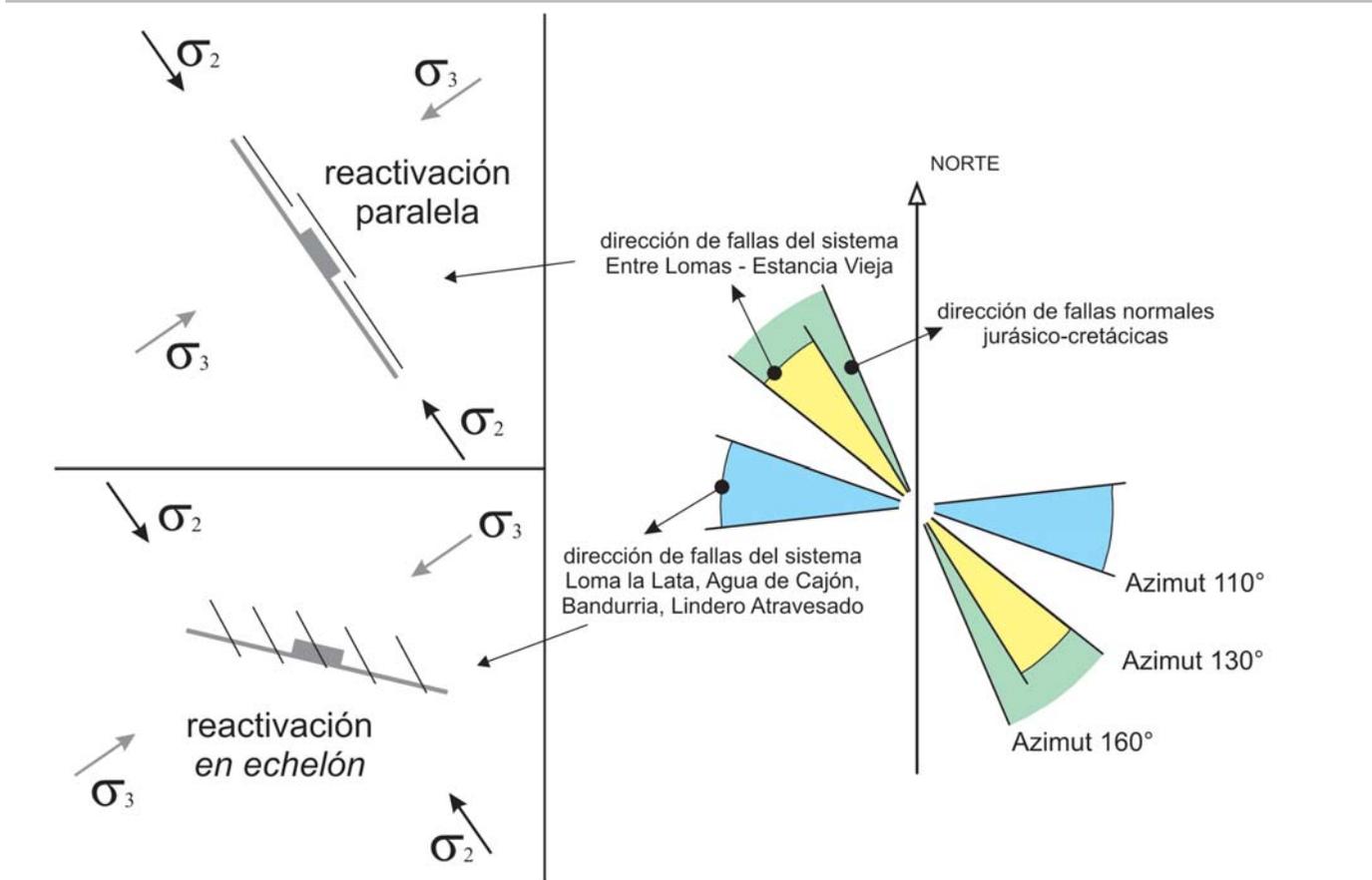


Figura 12: Distribución de esfuerzos compatibles con las estructuras jurásico-cretácicas y comparación con las direcciones estructurales precuyanas. Esta situación implica una rotación horaria del esfuerzo principal mínimo (σ_3) desde una orientación nor-noreste en el Triásico Superior - Jurásico Inferior a una dirección noreste en el Jurásico Superior-Cretácico Inferior.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Arregui, C. 2005. Trampas asociadas con rasgos de basamento en la Cuenca Neuquina. 6º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (Mar del Plata), Actas digitales, Buenos Aires.

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 (inérita), 250 p., Buenos Aires.

Ceballos, M. 2005. Análisis estratigráfico de alta frecuencia del límite kimmeridgiano-tithoniano en el subsuelo de la Dorsal de Huíncul, Cuenca Neuquina. 6º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (Mar del Plata), Actas digitales, Buenos Aires.

Cristallini, E.O., Bottesi, G., Gavarrino, A., Rodríguez, L., Tomezzoli, R.N. y Comeron, R. 2006. Synrift geometry of the Neuquén Basin in the northeastern Neuquén Province, Ar-

gentina. 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.

Cristallini, E., Pando, G., Martínez, J.M., Buhler, M., Tomezzoli, R., Barredo, S. y Zambrano, O., 2008. Controles precuyanos en la estructura de la cuenca Neuquina. 17º Congreso Geológico Argentino (Jujuy), Actas 2: 759-760.

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 Gondwana. En Coward, M.P. (ed.) Continental Extensional Tectonics, Geological Society Special Publication 28: 433-441, London.

Eisner, P. 1991. Tectonostratigraphic evolution of Neuquén Basin, Argentina. Master Thesis, Rice University (inérita) 56 p., Houston.

Folguera, A., Ramos, V.A. y Melnick, D. 2002. Partición de la deformación en la zona del

arco volcánico de los Andes neuquinos en los últimos 30 millones de años (36°-39°S). Revista Geológica de Chile 29: 151-165.

Folguera, A., Ramos, V.A., Zapata, T.R., Spagnuolo, M. y Miranda, F. 2005. Pliocene to Quaternary retro-arc extension in the Andes at 35°-37°30'S. 6th. International Symposium on Andean Geodynamics (Barcelona), Extended Abstracts: 277-280.

Folguera, A., Zapata, T.R. y Ramos, V.A. 2006. Late Cenozoic extension and the evolution of the Neuquén Andes. 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: 267-285.

Franzese, J.R. y Spalletti, L.A. 2001. Late Triassic-Early Jurassic continental extension in southwestern Gondwana: tectonic segmentation and pre-break-up rifting. Journal of South American Earth Sciences 14: 257-270.

- 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.
- Kay, S.M., Ramos, V.A., Mpodozis, C. y Sruoga, P. 1989. Late Palaeozoic to Jurassic silicic magmatism at the Gondwana margin: Analogy to the middle Proterozoic in North America? *Geology* 17: 324-328.
- Kozłowski, E. 2008. Geología de la región al este del paso Pehuenche. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires (inédito), 125 p., Buenos Aires.
- Legarreta, L., y Uliana, M.A. 1996. The Jurassic succession in west-central Argentina: Stratal patterns, sequences and paleogeographic evolution, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 120: 303-330.
- Limeres, M., Dajczgewand, D. y Orchueta, I. 2005. Estilo de entrapamiento en el yacimiento Loma Negra, Cuenca Neuquina, provincia de Río Negro. En Kozłowski, E., Vergani, G. y Boll, A. (eds.) *Las trampas de hidrocarburos en las cuencas productivas de Argentina*. 6° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (Mar del Plata): 384-390.
- Maceda, R. y Figueroa, D. 1993. La inversión del rift mesozoico en la Faja Fallada y Plegada de Malargüe, provincia de Mendoza. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos (Mendoza), Actas 3: 219-232.
- Mombrú, C.A. y Uliana, M.A. 1978. Esquema tectosedimentario de la cuenca mesozoica de Mendoza y Neuquén. 7° congreso Geológico Argentino (Neuquén), Actas 2: 239-256.
- Mosquera, A. 2008. Mecánica de deformación de la cuenca Neuquina (Triásico-Terciario). Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires (inédita), 270 p., Buenos Aires.
- Mosquera, A., y Ramos, V.A. 2005. Intraplate deformation in the Neuquén embayment. 16° Congreso Geológico Argentino (La Plata), Actas 2: 193-202.
- Muñoz, J., Troncoso, R., Duhart, P., Cragnola, P., Farmer, L. y Stern, C. 2000. The relationship of the mid-Tertiary coastal magmatic belt in south-central Chile to the late Oligocene increase in plate convergence rate, *Revista Geológica de Chile* 27: 177 - 203.
- 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 (Jujuy), Actas 2: 781-782.
- 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. 7° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (Mar del Plata), Trabajos Técnicos: 457-470.
- Pángaro, F. y Bruveris, P. 1999. Reactivación tectónica multiepisódica de sistemas extensionales, Cuenca Neuquina, Argentina. 14° Congreso Geológico Argentino (Salta), Actas 1: 231-234.
- Pángaro, F., Pereira, M. y Giorgetti, M. 2004. Relevamiento Geológico del Precuyano en las Sierras de Reyes y Cara Cura, Provincia de Mendoza, Argentina. Repsol-YPF, (informe inédito), 22 p., Buenos Aires.
- Pángaro, F., Pereira, D.M. y Micucci, E. 2008. El syn-rift del ámbito de la dorsal de Huincul, cuenca Neuquina: su evolución e impacto en el registro estratigráfico del jurásico. 17° Congreso Geológico Argentino (Jujuy), Actas 2: 789-790.
- Pángaro, F., Pereira, D.M. y Micucci, E. 2009. El sinrift 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: **PAGINAS**
- Panien, M., Schreurs, G. y Pfiffner, A. 2005. Sandbox experiments on basin inversion: testing the influence of basin orientation and basin fill. *Journal of Structural Geology* 27: 433-445.
- Pecuch, D., Lasalle, D. y Larriestra, C. 2005. Modelo predictivo de propiedades petrofísicas basado en la integración no lineal de datos sísmicos y de pozo. 6° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (Mar del Plata), Actas digitales, Buenos Aires.
- 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. y Schwarz, E. (eds.) *The Neuquén Basin: A case study in sequence stratigraphy and basin dynamics*, Geological Society Special Publication 252: 15-35, London.
- 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: 49-64.
- Turic, M., Aramayo Flores, F., Gómez Omil, R., Pombo, R., Peroni, G., Sciutto J., Robles, D. y 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.
- Valenzuela, M.E., Olea, G.M., Gutierrez Pleimling, A. y Gavarrino, A. 2005. Evaluación del precuyano en el bloque Barranca de los Loros provincia de Río Negro. 6° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (Mar del Plata), Actas digitales, Buenos Aires.
- Veiga, R., Lara, M.E. y Bruveris, P. 1999. Distribución de hidrocarburos sobre el margen externo en una cuenca de tras-arco. Ejemplos en la cuenca Neuquina, Argentina. *Boletín de Informaciones Petroleras* 60 (Diciembre 1999): 142-164.
- 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.
- 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: 839-853.
- Zamora Valcarce, G., Zapata, T.R., del Pino, D. y Ansa, A. 2006. Structural evolution and magmatic characteristics of the Agrío fold-and-thrust belt. 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: 125-145.

Recibido: 2009

Aceptado: 2009