

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO NEGRO

LICENCIATURA EN GEOLOGÍA

TRABAJO FINAL DE LICENCIATURA

**ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO Y ESTRUCTURAL
DEL CUBO SÍSMICO CNQ 32, CUENCA
NEUQUINA, PROVINCIA DE RÍO NEGRO**

AUTOR: DIEGO ALEJANDRO PINO

2015

DIRECTOR: Dr. VÍCTOR HUGO GARCÍA

CO-DIRECTOR: Geól. ALDO MONTAGNA

Índice

RESUMEN	4
1-INTRODUCCIÓN	5
1.1 Objetivos	5
1.2 Ubicación geográfica	5
1.3 Metodología de estudio	6
2- MARCO TECTÓNICO Y GEOLÓGICO	8
2.1 Marco tectónico	8
2.2 Marco geológico	10
3- ESTRATIGRAFÍA	17
3.1 Unidades litoestratigráficas	18
4- ESTRUCTURA	29
4.1 Unidades Morfoestructurales	29
4.2 Estructura del área de estudio	33
5- INTERPRETACIÓN DE INFORMACIÓN DE SUBSUELO	37
5.1 Creación del proyecto en el <i>software</i> OpendTect	37
5.2 Carga del cubo de sísmica CNQ-32 en el <i>software</i> OpendTect	37
5.3 Carga de pozos en el <i>software</i> OpendTect	38
5.4 Identificación de reflectores de interés	38
5.5 Picado de reflectores de interés	40

6- RESULTADOS	46
6.1 Relaciones estratigráficas	46
6.2 Interpretación estructural	53
6.3 Mapas estructurales	58
6.4 Mapas Isopáquicos	67
7- SISTEMA PETROLERO	72
7.1 Introducción	72
7.2 Sistema petrolero en el área de estudio	73
7.2.1 Roca madre	74
7.2.2 Reservorios	75
7.2.3 Sello	77
7.2.4 Trampas	78
7.3 Consideraciones finales	78
8- CONCLUSIONES	80
RESEÑA BIBLIOGRÁFICA	83

RESUMEN

En el presente trabajo se analizó la estratigrafía y estructura del cubo sísmico CNQ-32, ubicado en el sector oriental de la cuenca Neuquina entre los paralelos 38°43' y 38°51' de latitud sur y los meridianos 67°43' y 67°55' de longitud oeste. Utilizando el *software* OpendTect® se interpretaron reflectores sísmicos correlacionables con topes formacionales u horizontes guía y las estructuras que afectan a los mismos. Para lograr una mejor visualización de las características estratigráficas y estructurales del bloque se realizaron mapas isócronos e isopáquicos. Las fallas normales de mayor escala afectan al basamento y limitan hemigrábenes precuyanos de orientación NO-SE. Fallas normales de menor escala y orientaciones similares se propagan en la parte inferior del Grupo Cuyo generando, en algunos casos, anticlinales de *roll-over*. Un anticlinal con un eje ONO-ESE buzante al oeste y asociado al límite sur del principal hemigráben del área involucra a los depósitos precuyanos y a las formaciones Los Molles y Lajas. Los reflectores de la base de la Formación Punta Rosada, parte superior del Grupo Cuyo, se disponen en *onlap* sobre el tope de la Formación Lajas. Por otra parte, el espesor de la Formación Punta Rosada es mínimo sobre la charnela del anticlinal y se incrementa hacia los limbos. Esto indica que la falla que limita el hemigráben por el sur fue parcialmente invertida hacia el Jurásico Medio. Se propone que los sectores con cierres estructurales sobre las fallas y pliegues reconocidos podrían ser trampas para los hidrocarburos del sistema petrolero Molles-Lajas. Se concluye que la evolución tectónica de la región estuvo controlada por esfuerzos extensionales de orientación NE-SO durante el Triásico Superior a Jurásico Inferior, existiendo un pulso de deformación compresiva o transpresiva durante el Jurásico Medio asignable a uno de los pulsos que deformaron el extremo oriental de la dorsal de Huincul.

1-INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivos

El sector rionegrino de la cuenca Neuquina se encuentra dividido en bloques de exploración hidrocarburífera, muchos de los cuales poseen yacimientos actualmente en explotación. El estudio del subsuelo por parte de la industria hidrocarburífera, aportó valiosa información a través de de la prospección sísmica en 2D y 3D y la perforación de pozos exploratorios.

La presente contribución pretende extender el conocimiento geológico del bloque sísmico CNQ 32, mediante una interpretación estratigráfica y estructural del mismo utilizando la información disponible (sísmica 3D, registros de pozos exploratorios y trabajos previos). Con los resultados obtenidos se interpretará la evolución tectónica de esta región integrando los mismos a los esquemas regionales existentes y se identificarán aquellos sectores potencialmente favorables para el entrapamiento de hidrocarburos.

1.2 Ubicación geográfica

El área de trabajo está ubicada en el sector oriental de la cuenca Neuquina, en la provincia de Río Negro, entre los paralelos 38°43' y 38°51' de latitud sur y los meridianos 67°43' y 67°55' de longitud oeste abarcando una superficie aproximada de 228,5 km². En línea recta se encuentra a 20 km al este de la localidad de Cinco Saltos y a 30 km al noroeste de la ciudad de General Roca.

El cubo sísmico CNQ 32 abarca la totalidad del área Puesto Zúñiga y el sector sur de las áreas Lago Pellegrini y Laguna el Loro, el extremo oeste del área Loma Negra y el extremo oriental del área La Yesera, estas dos últimas se encuentran actualmente en producción (Figura 1.1).

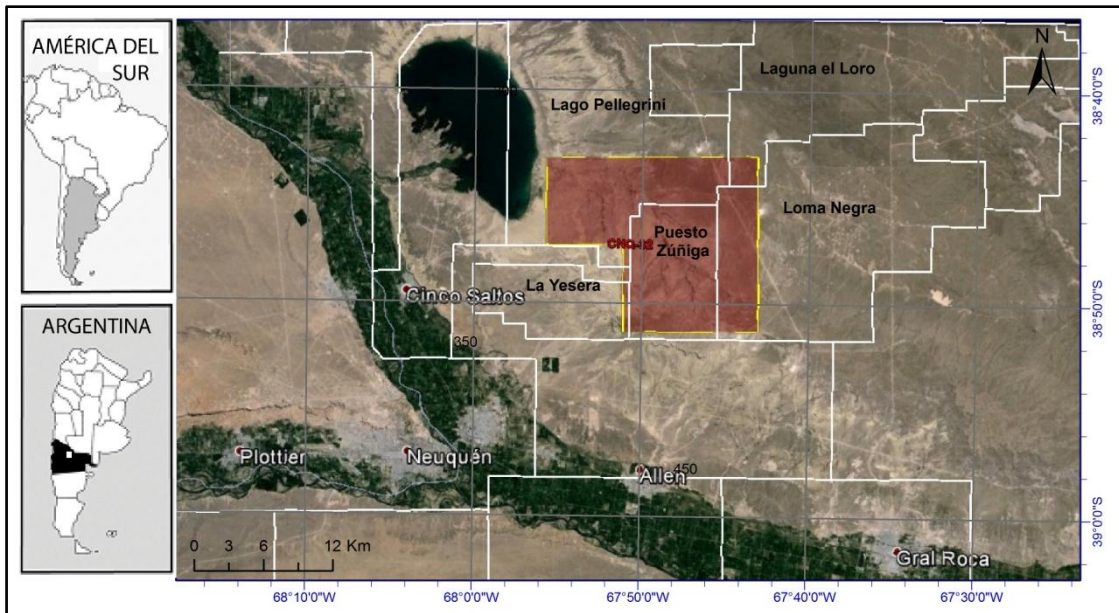


Figura 1.1: Ubicación geográfica del área de estudio. En rojo se señala el cubo sísmico CNQ-32 y las líneas blancas representan los límites de las áreas de exploración de la cuenca Neuquina en la provincia de Río Negro (Imagen satelital tomada del servidor Google Earth®)

1.3 Metodología de estudio

Para alcanzar los objetivos planteados se establecieron etapas de trabajo sucesivas con métodos específicos como se detallan a continuación:

1) Se procedió a la recopilación bibliográfica de trabajos referidos a la cuenca Neuquina y de estudios específicos del área analizada y de sectores aledaños. A partir de la información regional se realizó una síntesis de la evolución tectosedimentaria de la cuenca Neuquina con el fin de establecer los principales eventos (tectónicos, erosivos y sedimentarios) que condujeron a la configuración actual de la misma. Con la información específica, se obtuvieron datos sobre los sistemas petroleros en bloques aledaños con el fin de determinar los componentes de los mismos y analizar su pertinencia en el bloque analizado. También se recopilaron antecedentes específicos acerca de la estructuración de este sector de la cuenca.

2) Se realizó la carga de datos de sísmica 3D y pozos, proporcionados por la Secretaría de Energía de Río Negro, en el *software* de licencia académica OpendTect®. Cargado el dato sísmico, se identificaron los reflectores sísmicos de interés mediante la correlación lateral con bloques sísmicos aledaños (El Cruce, Lago Pellegrini, General Roca) que contaban con una interpretación previa de los mismos.

3) Se realizó un picado (*picking*) de reflectores, identificados utilizando el seguimiento automático en cortes por medio de semillas colocadas manualmente.

Paralelamente a este paso se digitalizaron las fallas más importantes que afectan a los reflectores de interés.

4) Una vez finalizado el picado en el bloque, se procedió al grillado de los reflectores reconocidos en todo el bloque utilizando la herramienta *Gridding*. Dicho grillado de horizontes permitió analizar el volumen sísmico en búsqueda de peculiaridades estratigráficas que sugieran algún tipo de control alocíclico (acuñamientos, cambios abruptos de espesor, cliniformas, discordancias, etc.). Obtenidas las grillas para cada horizonte se calcularon los espesores en tiempo utilizando la herramienta *Isopach* del OpendTect®.

5) Se extrajeron las grillas de horizontes y espesores en tiempo para editar mapas estructurales e isopáquicos de los horizontes e intervalos de interés utilizando el *software* Global Mapper®. También se extrajeron *time slices* a diferentes profundidades para confeccionar mapas geológicos de esos niveles. Por otra parte, se construyeron secciones estructurales claves donde se interpretaron los principales eventos tectónicos, erosivos y sedimentarios reconocidos en el área de estudio.

6) Se midió el rumbo de las fallas reconocidas en el cubo a distintas profundidades y se graficaron en diagramas estadísticos con el fin de determinar agrupamientos por familias de estructuras y rumbos preferenciales de las mismas en diferentes momentos.

7) Se analizaron los componentes del sistema petrolero en zonas aledañas, con el fin de determinar la presencia de los mismos en el área de estudio, integrando información inédita de análisis geoquímico de muestras de hidrocarburos extraídas del pozo CAPEX.RN.LP x-1001.

2- MARCO TECTÓNICO Y GEOLÓGICO

2.1 Marco tectónico

La configuración actual de la cuenca Neuquina ha sido controlada por una serie de eventos endógenos y exógenos que se iniciaron en el Triásico. Los procesos tectónicos se encuentran relacionados al inicio de la ruptura del supercontinente Gondwana y al establecimiento, a partir del Jurásico medio, de la subducción activa de la placa paleo Pacífica por debajo de la Sudamericana.

Desde el Triásico temprano la región estuvo influenciada por procesos tectónicos extensionales de escala continental, que provocaron una serie de voluminosos eventos efusivos de materiales volcánicos ácidos con desarrollo de *plateaux* riolíticos y flujos ignimbríticos (Ramos *et al.* 2011). Las rocas representativas de este episodio se adjudican genéricamente al Grupo Choiyoi de edad permo-triásica, que forman parte del basamento de la cuenca Neuquina.

Posteriormente, hacia el Triásico Tardío, y luego de un período de calma que peneplanizó la región, se instaló un nuevo período extensional que marca el inicio del relleno de la cuenca Neuquina. Durante esta etapa se generaron hemigrábenes desconectados entre sí que fueron progresivamente rellenados por materiales volcánicos, volcanoclásticos y continentales agrupados en el ciclo Precuyano (Carbone *et al.* 2011).

Luego de esta fase de *rifting* comienza la subducción y se desarrollan las primeras evidencias de un arco magmático activo en el margen occidental de América del Sur, asociado al inicio de la separación entre Gondwana Occidental y Oriental (Mpodozis y Ramos 2008). Durante gran parte del Jurásico hasta el Cretácico Temprano el margen andino habría estado asociado a una velocidad de retroceso negativa de la trinchera oceánica en la zona de subducción, con extensión y subsidencia detrás del arco (Mpodozis y Ramos 1989; Ramos y Kay 2006).

La subsidencia generalizada durante esta etapa habría estado relacionada al enfriamiento de la litosfera asociado al período de *postrift*, que junto al aumento del nivel marino global, favoreció la transgresión marina en la cuenca. En esta etapa la cuenca Neuquina alcanzó su fase máxima de *sag* con rellenos transgresivos depositados en ambientes anóxicos.

Durante este período continuó la configuración de la Dorsal de Huincul, rasgo morfoestructural positivo, iniciada en el Pérmico basal, como consecuencia de la

acreción del terreno de Patagonia con el Gondwana Occidental (Ramos 2004). La evolución tectónica de este rasgo estuvo regida por dos factores principales, las anisotropías del basamento y la dinámica del margen convergente pacífico. La primera controló fuertemente la orientación y estilos estructurales de la deformación de intraplaca, en tanto que las variaciones en la dinámica del margen convergente definieron la duración de los ciclos de deformación de la dorsal neuquina (Mosquera y Ramos 2006). Éstos ciclos comenzaron a partir del Jurásico Inferior y se extendieron hasta el Cretácico Inferior concentrándose a lo largo de una zona de debilidad generada por la sutura entre ambos terrenos acretados, separando dos bloques reológicamente distintos, uno al sur constituido por el Macizo Nordpatagónico, que actuó como contrafuerte propagando la deformación hacia la corteza más anisótropa constituida por Gondwana Occidental ubicado hacia el norte (Silvestro y Zubiri 2008).

Finalmente, se describe para la cuenca Neuquina una etapa de antepaís que habría comenzado a desarrollarse en el Cretácico Medio a Tardío, probablemente en respuesta a la variación del ángulo de la losa subductada, de subvertical a horizontal, generando un cambio hacia un régimen tectónico compresivo (Ramos 1999). En este marco se invirtieron muchas estructuras extensionales previas, que involucran al basamento, generándose en el sector occidental una faja plegada y corrida de característica mixta es decir, de piel gruesa y de piel fina (Zamora Valcarce *et al.* 2009), la primera involucra al basamento generada por la rotación de bloques por compresión y la última se desarrolla con pliegues despegados en la Formación Auquilco.

El incipiente desarrollo del arco magmático occidental asociado a la faja plegada y corrida del Agrio, durante esta etapa, permitió el retiro definitivo de las aguas del océano Pacífico (Aguirre-Urreta 2012). Este proceso asociado a una fuerte subsidencia de la cuenca, posibilitó la inversión de la pendiente regional y el primer ingreso marino desde el Atlántico a la cuenca Neuquina hacia mediados del Campaniano (Uliana y Biddle 1988, Legarreta *et al.* 1989).

Por último, a partir del estudio y medición de *breakout* (deformación de pozos petroleros, perpendicular al esfuerzo máximo horizontal), reconocidos en 115 de 140 pozos distribuidos a lo largo del retroarco Andino de la cuenca Neuquina, Guzmán *et al.* (2007), determinaron la dirección de los esfuerzos principales, estableciendo que los mismos están controlados por la acción de la fuerza de subducción ($Az\ 80^\circ$) y las

fuerzas topográficas (E-O) y obteniendo como resultado un azimut de 88,7° para el esfuerzo horizontal máximo.

2.2 Marco geológico

La cuenca Neuquina se ubica entre los 34° y 41° de latitud sur, ocupa una superficie aproximada de 200.000 km² y se encuentra limitada en el noreste y sureste por el sistema de la Sierra Pintada y el Macizo Nordpatagónico respectivamente y al oeste por el arco volcánico andino (Figura 2.1).

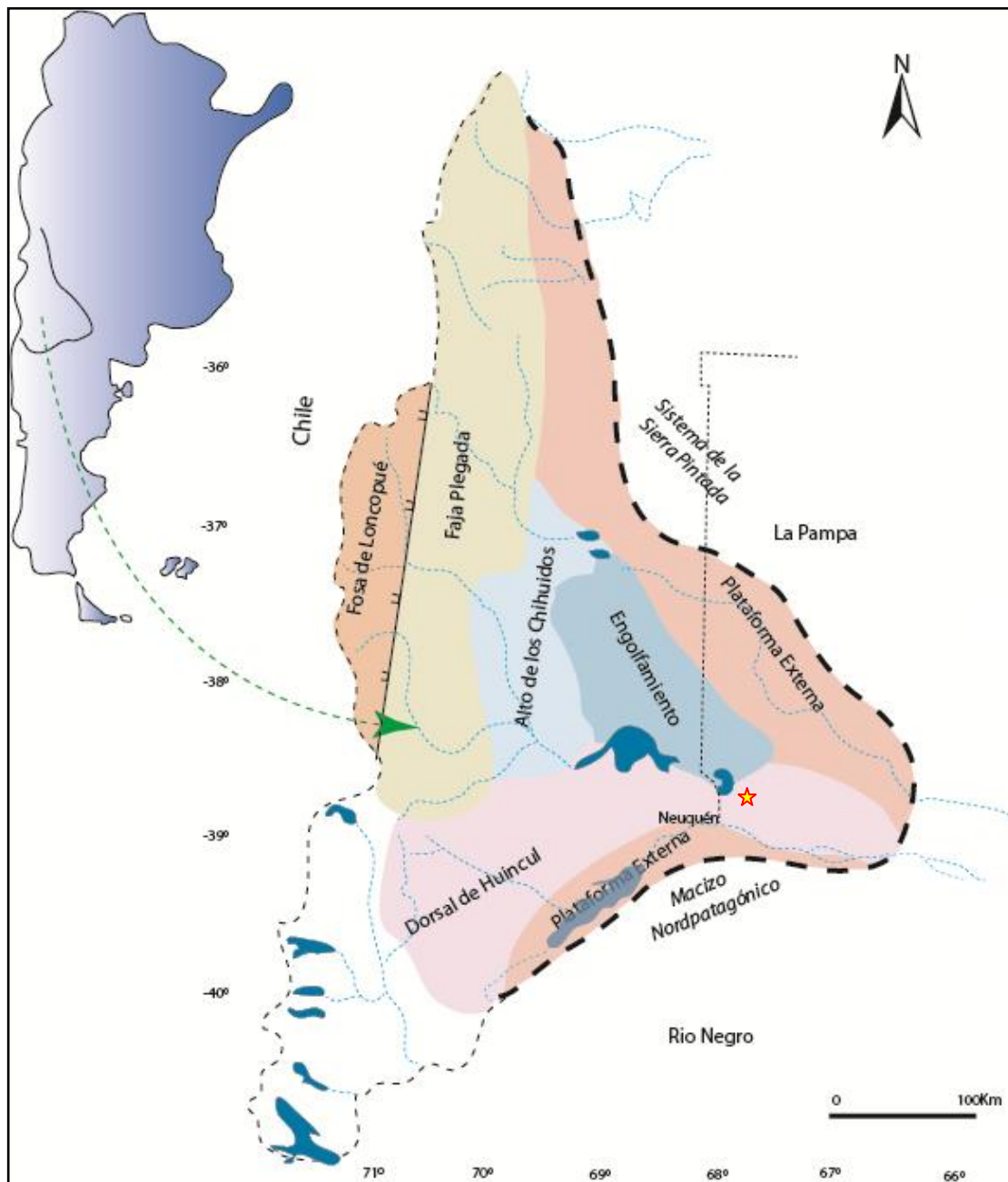


Figura 2.1: Ubicación de la cuenca Neuquina y unidades morfoestructurales. Se indica la posición aproximada del área estudiada (estrella). (Tomado y modificado de Sales *et al.* 2014).

En su evolución se pueden diferenciar tres eventos tectónicos principales que permiten comprender la configuración actual de la misma. Una etapa de *rift*, una etapa de *sag* (*postrift*) y una etapa de antepaís (Figura 2.2). El desarrollo de un rasgo morfoestructural este-oeste (Dorsal de Huincul), dividió la cuenca en dos depocentros, uno al sur (Subcuenca Picún Leufu) y el otro al norte (Engolfamiento Neuquino), e influenció en su relleno desde el Jurásico Medio hasta el Paleógeno (Mosquera *et al.* 2011). Este rasgo morfoestructural es considerado el límite norte del terreno de Patagonia (Ramos *et al.* 2004) y se extiende por más de 270 km con dirección este-oeste a los 39° Sur.

Entre el Triásico Superior y el Jurásico Inferior, procesos extensionales relacionados con el desmembramiento de Gondwana, generaron una serie de *rifts* e longados que dieron origen a la cuenca Neuquina (Franzese y Spalletti 2001). Este período extensional generó hemigrabenes y grábenes que favorecieron la acumulación de cientos a miles de metros de sedimentos continentales relacionados con actividad magmática contemporánea agrupados en el Ciclo Precuyano (Carbone *et al.* 2011).

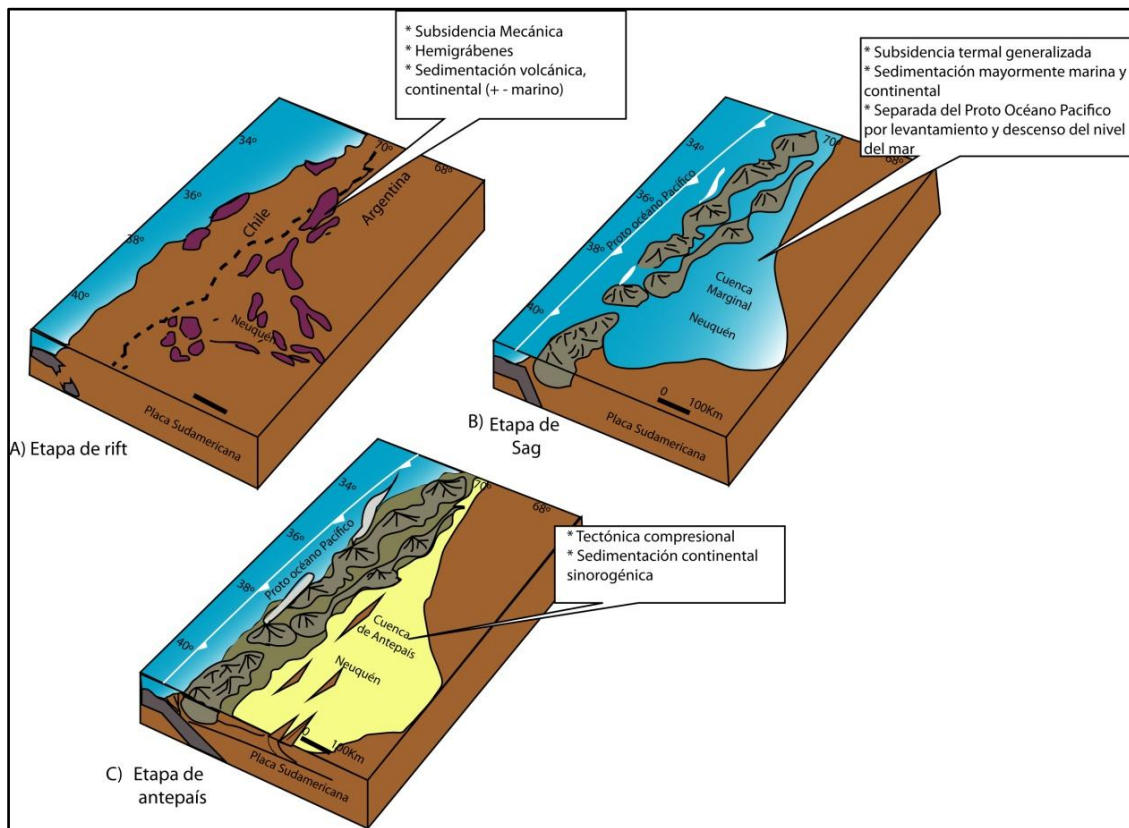


Figura 2.2: Esquemas que muestran las etapas de evolución de la cuenca Neuquina (Modificado de Howell 2005)

El relleno de sinrift del Ciclo Precuyano ha sido muy bien descripto por Franzese et al. (2007), proponiendo una división interna en tres unidades, a partir del análisis de secciones de detalle de las sucesiones aflorantes en la Sierra de Chacaico.

La unidad inferior está compuesta por lavas básicas y mesosilícicas intercaladas con depósitos volcánoclasticos moradas y grises, que en conjunto superan los 300 metros de potencia. La unidad media, se dispone en discordancia sobre la sección basal y está compuesta por sedimentitas clásticas y piroclásticas con participación de rocas derivadas de flujos piroclásticos que culminan con intercalaciones de calizas y lavas basálticas. Su espesor varía entre 60 y 120 metros de potencia. La sección superior está compuesta por depósitos epiclásticos gruesos asociados con depósitos de flujo y caída, alcanzando unos 100 metros de potencia.

En total la columna de la Sierra de Chacaico alcanza los 520 metros de espesor máximo, no obstante en otros sectores de la cuenca, han sido registrado espesores de 3.000 metros del ciclo Precuyano, indicando que el sector analizado por Franzese *et al* (2007) podría tratarse de un alto estructural durante el Triásico tardío-Jurásico temprano.

Posteriormente, desde el Pliensbachiano-Toarciano al Calloviano, se produce un segundo ciclo de sedimentación, asociado a la primera ingesión marina a la cuenca cuyo relleno es denominado como Grupo Cuyo por Dellapé *et al.* (1978). Este ciclo marca el inicio de la etapa de *sag*, cuya base está representada por las sedimentitas marinas de la Formación Los Molles integrada por intercalaciones de limoarcillitas de coloraciones oscuras y variable contenido orgánico que alternan con areniscas finas hasta gruesas y conglomerados. El ambiente de sedimentación asociado habría sido marino de baja energía con recurrentes eventos de flujo densos. Posee espesores variables, con máximos en la región central de la cuenca que superan los 2.000 metros.

Por encima de la Formación Los Molles se disponen areniscas y pelitas con abundantes materiales carbonosos y conglomerados depositados en un ambiente marino somero a transicional deltaico y estuarino agrupadas en la Formación Lajas, cuya localidad tipo se encuentra en el flanco occidental de la Sierra de la Vaca Muerta, donde desarrolla espesores promedio de 200 metros. Culmina el ciclo cuyano un evento evaporítico restringido arealmente y de escaso espesor conocido como Formación Tábanos. Se trata de yeso macizo, poco estratificado de 25 a 30 metros de espesor

pudiendo intercalar bancos de caliza masiva y brechas intraformacionales (Arregui *et al.* 2011).

Sobre esta cobertura le sigue, a partir del Calloviano medio al Oxfordiano, un tercer ciclo de sedimentación denominado Grupo Lotena compuesto por conglomerados en su base (Formación Mutrucó), sedimentos silicoclásticos (Formación Lotena), carbonatos (Formaciones La Manga y Barda Negra) y evaporitas (Formación Auquilco). Los conglomerados basales fueron descritos, en la parte del limbo meridional del anticlinal de Picún Leufú, y considerados como una unidad litoestratigráfica independiente denominada Formación Mutrucó, compuestos por clastos de variada composición y procedencia de basamento, sin desarrollo de estructuras y con escasa imbricación (Garrido y Parent 2013).

La sucesión silicoclástica fina se corresponde con la Formación Lotena, cuya localidad tipo se encuentra en el Cañadón Mutrucó, presentando una litología con predominancia pelítica y depósitos psamíticos finos poco consolidados de unos 500 metros de espesor. Hacia su techo se reconocen delgados depósitos calcáreos-limosos, junto a escasos horizontes areno-gravosos.

Los carbonatos se corresponden con las formaciones La Manga y Barda Negra, la primera compuesta por lutitas, margas y calizas de color gris azulado por meteorización registrándose espesores de 100 metros en su localidad tipo. En cuanto a la segunda se la considera el equivalente del subsuelo de la Formación La Manga y está compuesta por lutitas calcáreas con restos carbonosos y calizas grises. Alcanza un espesor máximo de 220 metros.

En cuanto a las evaporitas de la Formación Auquilco están compuestas por anhidrita y calizas organogénicas en la base alcanzan 100 metros de espesor en afloramiento mientras que en subsuelo posee espesores de más de 500 metros documentado en el Dorso de los Chihuidos (Arregui *et al.* 2011).

Posteriormente, suprayaciendo a este grupo se encuentran los sedimentos clásticos continentales de la Formación Tordillo la cual se compone por sedimentos eólicos y fluviales descritos por Legarreta y Gullisano (1989), que dan inicio al cuarto ciclo de sedimentación que se desarrolla desde el Kimmeridgiano al Barremiano conocido como Grupo Mendoza.

Dentro de esta unidad, los depósitos de margas y arcillitas de la Formación Vaca Muerta, y las calizas y pelitas de la Formación Quintuco representan la segunda máxima

inundación de la cuenca. La edad de este evento sería Tithoniana, aunque actualmente esa edad se encuentra en discusión siendo probablemente más joven, de edad Barriasiana (Vennari *et al.* 2012).

Este evento marino se ve interrumpido, de manera abrupta, por una discontinuidad regional, sobre la que apoyan las secuencias clásticas de la Formación Mulichinco en la que se reconocen tres miembros, uno inferior compuesto por depósitos eólicos con facies de duna e interduna seca, uno intermedio fluvial y uno superior marino somero.

Luego la cuenca experimenta una nueva transgresión de poca extensión donde se deposita, entre el Valanginiano al Barremiano Temprano la Formación Agrio con un espesor que supera los 1.500 metros en los sectores axiales del depocentro neuquino. Está constituida predominantemente por una sucesión pelítica con intercalaciones de sedimentitas carbonáticas, areniscas y escasos conglomerados finos. Se la subdivide en tres miembros, Agrio Inferior, Miembro Avilé y Agrio Superior, siendo, los miembros inferior y superior, red denominados formalmente por Leanza *et al.* (2001), como Pilmatué y Agua de la Mula respectivamente. Los miembros inferior y superior se caracterizan por relleno pelítico mientras que el miembro intermedio se caracteriza por relleno continental eólico. Coronando esta sucesión sedimentaria se encuentran los depósitos evaporíticos y continentales de las formaciones Huitrín y Rayoso respectivamente, que integran el grupo Bajada del Agrio (Spalletti *et al.* 2011).

La Formación Huitrín esta subdividida en miembros los cuales se denominan, Chorreado, Troncoso inferior, Troncoso superior y La Tosca. (Gutiérrez Pleimling *et al.* 2011, Veiga y Vergani 2011, Gómez Figueroa *et al.* 2011, Olea *et al.* 2011).

Mientras que la Formación Rayoso constituye una unidad que se compone por una sucesión de areniscas finas, pelitas rojas, carbonatos y evaporitas que alcanzan una potencia de 1.200 metros depositadas en un ambiente predominantemente continental. Esta sucesión sedimentaria marca la desconexión definitiva de la cuenca Neuquina con el proto-oceano Pacífico (Zabala y Ponce 2011).

Posteriormente, durante el Cretácico medio a superior, se deposita una sucesión de depósitos continentales de origen fluvial, eólico y lacustre somero agrupados dentro de lo que se conoce como Grupo Neuquén, que se divide en subgrupos de dos unidades o más, reconocidos como: Subgrupo Río Limay, Subgrupo Río Neuquén y Subgrupo Río Colorado, que representarían la transición de una cuenca marginal a una cuenca de antepaís, originada como consecuencia de una tectónica compresional sobre el margen

andino acaecido a fines del Cretácico inferior (Tunik *et al.* 2010). Esta sucesión alcanza una potencia de 1.200 metros aproximadamente (Garrido 2011).

Finalmente, hacia el límite Cretácico-Paleógeno, con el desarrollo de un importante arco magmático occidental asociado a una fuerte subsidencia de la cuenca, provocando un cambio de pendiente regional, se registran los primeros depósitos marinos de afinidad atlántica en la cuenca Neuquina (Uliana y Dellapé 1981). A esta sucesión se la denomina Grupo Malargüe. Depositada durante el Campaniano-Paleoceno compuesta por sedimentitas continentales rojas, pelitas verdosas de ambiente transicional y calizas bioclásticas de plataforma interna, alcanzando un espesor de 450 metros (Legarreta y Uliana 1999).

El espesor total de las sedimentitas que rellenaron la cuenca Neuquina supera los 7.000 metros hacia el centro del engolfamiento y disminuye progresivamente hacia los bordes de la misma. La columna estratigráfica de la Figura 2.3 es representativa para el sector del engolfamiento, existiendo diferencias litológicas y supresiones estratigráficas hacia los sectores marginales.

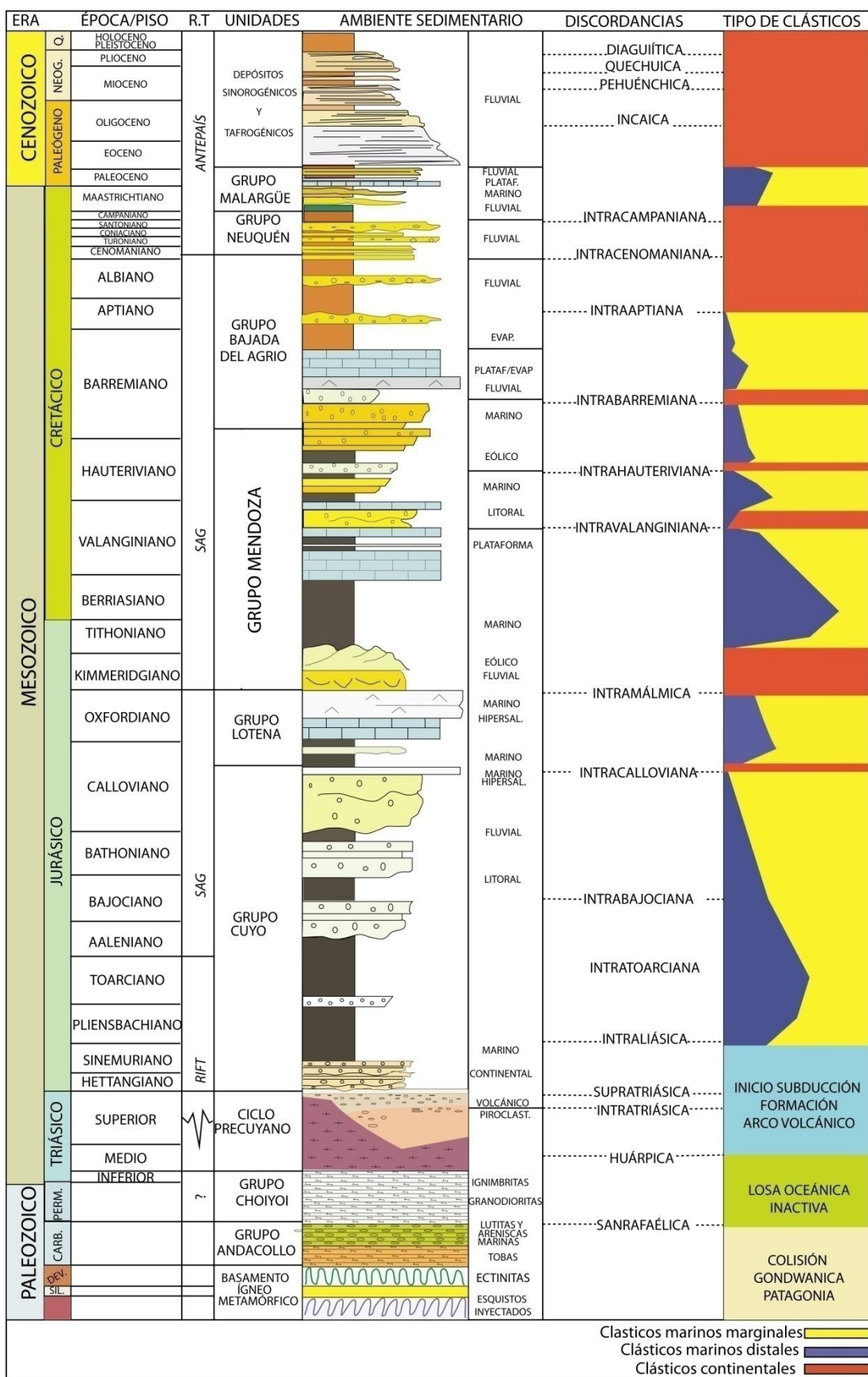


Figura 2.3: Columna estratigráfica generalizada de la Cuenca Neuquina. Con indicación de régimen tectónico (R.T.), ambiente sedimentario, principales discordancias y tipo de clásticos. (Tomada de Arregui *et al.* 2011)

3- ESTRATIGRAFÍA

La estratigrafía del área de estudio no difiere mucho de la columna estratigráfica generalizada propuesta por Arregui *et al.* (2011) (Figura 2.3), sin embargo no incluye varias unidades que allí se presentan, debido al acuñaamiento que sufren las mismas hacia este sector marginal de la cuenca, por lo tanto se presenta una columna modificada de Cruz *et al.* (2002), la cual resulta más representativa del sector y permite visualizar claramente los cambios con respecto a la generalizada (Figura 3.1)

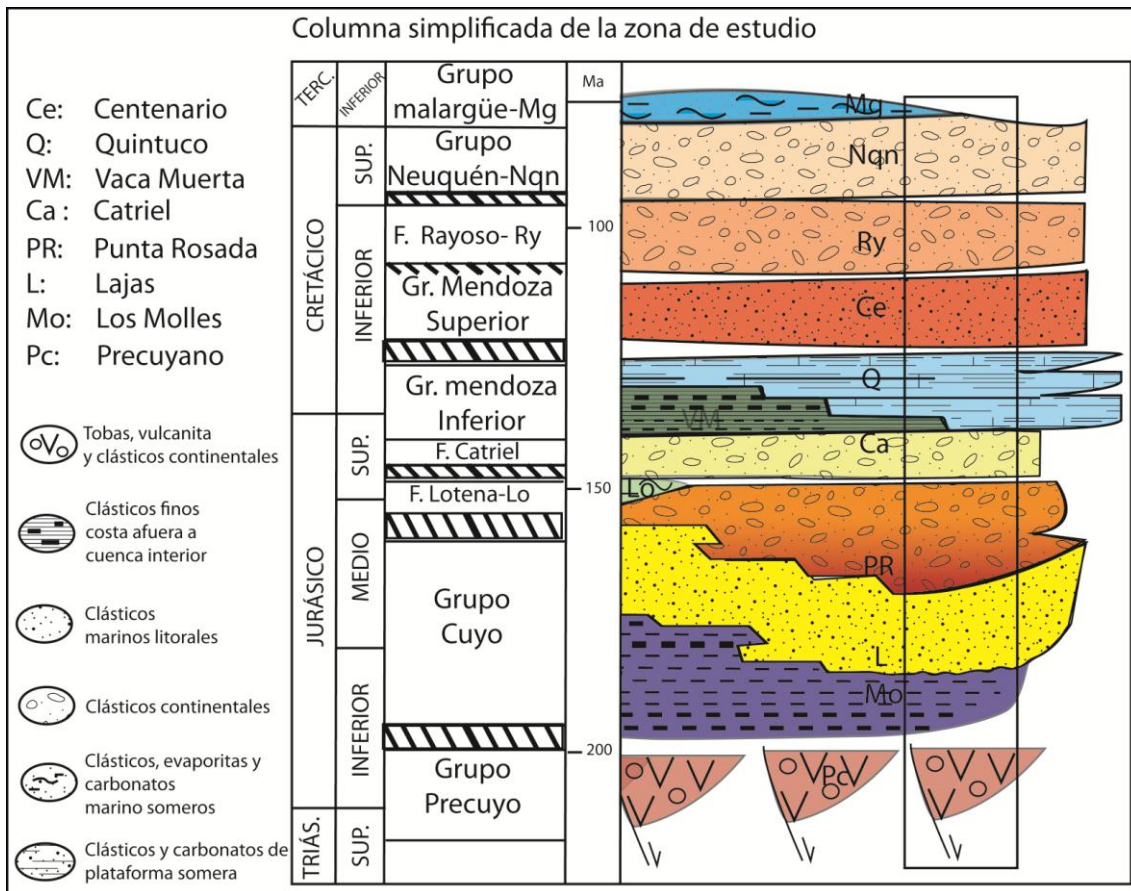


Figura 3.1: Columna estratigráfica representativa de la zona de estudio. (Tomada y modificada de Cruz *et al.* 2002).

3.1 Unidades litoestratigráficas

PALEOZOICO-MESOZOICO

PÉRMICO-TRIÁSICO

Basamento

Si bien los pozos exploratorios no alcanzan el basamento de la zona, teniendo en cuenta datos de sondeos y afloramientos cercanos, el mismo estaría conformado por plutonitas y vulcanitas agrupadas dentro de los que Llambías (1999) denominó Grupo Choyoi.

Dentro de la Cuenca Neuquina los depósitos aflorantes de esta unidad se encuentran en las Sierras de Chacaico y Chachil, exhumados durante la deformación que configuró la faja plegada y corrida del Agrio, constituidos principalmente por granodioritas y en menor medida tonalitas y monzogranitos.

También se encuentran en la Dorsal de Huincul, precisamente en el cerro Granito, donde aflora un plutón de granodiorita que cuenta con dos dataciones K-Ar de 252 ± 20 y 291 ± 20 Ma y sobre el cual se apoya una delgada sucesión de conglomerados volcanogénicos atribuidos al Ciclo Precuyano (Llambías y Sato 2011).

MESOZOICO

TRIÁSICO TARDÍO-JURÁSICO TEMPRANO

Ciclo Precuyano (Gulisano *et al.* 1984)

Los afloramientos de esta unidad se encuentran principalmente en el sector de la faja plegada y corrida tanto al sur como al norte de la misma. En el sector oriental y en el engolfamiento, solamente se posee información de estos depósitos gracias a los datos de pozos y de sísmica. El bloque analizado se encuentra en el depocentro Roca- Loma Negra- Estancia Vieja propuesto por Carbone *et al.* (2011).

En este sector, Orchueta y Plozkiewicz (1984) describieron una perforación que en su parte más profunda atravesó 1422 metros de pelitas gris-verdosas, castaño-oscuras y moradas con frecuentes restos vegetales carbonizados e intercalaciones de piroclastitas en los tramos inferiores, denominándola Formación Puesto Kauffman.

Legarreta *et al.* (1999) incluye a esta formación dentro del Ciclo Precuyano refiriendo al relleno como depósitos lacustres pelíticos de color gris oscuro a negro. Posteriormente Barredo *et al.* (2008) le asignan a estas facies un origen lacustre rellenando depocentros constituidos en hemigrabenés desarrollados en la zona de transferencia oeste-este que intersectan la falla maestra de rumbo noroeste-sureste.

El pozo YPF.RN.PG.es-1 (Puesto Gonzales) perforó 1.000 metros de andesitas verdosas y gris oscuras intercaladas con pelitas con restos carbonosos y con flora de *Otozamites groeberi*, lo que permitió asignar la unidad al Lías.

En la zona de estudio, según informe final del pozo LPx-1001, el tope del “Precuyano” se estableció a los 4049 metros bajo boca de pozo (m.b.b.p), describiéndose a la unidad como compuesta por tobas, rocas ígneas y areniscas con un porcentaje de limoarcillitas calcáreas gris oscuro. La profundidad final del pozo alcanzó los 4500 m.b.b.p.

JURÁSICO TEMPRANO-MEDIO

GRUPO CUYO

El Grupo Cuyo se encuentra representado, en la zona de estudio, por las formaciones Los Molles, Lajas y Punta Rosada. Esta sucesión presenta espesores variables con acuñamientos pronunciados hacia el Este (borde de cuenca).

Formación Los Molles (Weaver 1931)

Aflora en los flancos del anticlinal de la sierra de Chacaico, en la base del cerro Lohan Mahuida y en el faldeo oriental del cerro Chachil. Hacia el oeste existen exposiciones en el sector del arroyo La Jardinera, entre la cuesta de Rahue y el cordón de Piedra Santa.

En el subsuelo forma parte del núcleo de la Dorsal de Huincul y se encuentra distribuida a nivel regional sobre el Grupo Choiyoi y Precuyano. Siendo cubierta por las formaciones Lajas o Tábanos o por el Grupo Lotena.

Posee espesores variables con máximos registrados en el centro de cuenca de unos 2.000 metros por Gomez Omil *et al.* (2002). Integradas por pelitas grises y gris oscuras con variable contenido orgánico que alternan con areniscas finas a gruesas hasta conglomerados.

Se le asigna un ambiente de depositación marino somero (paleobatimetría menor a 400 metros) y una edad que abarca desde el Pliensbachiano- Toarciano temprano (Zona de *Dactyloceras*), reconocidas en la región de Chacaicó, hasta el Aeleniano- Bajociano temprano (Zona de *Emileia giebeli*) reconocidas en el extremo norte en la zona de Chacay Melehue (Arregui *et al.* 2011).

Para la Formación Los Molles, en el pozo LP-x1001 se estableció el tope a los 3.820 m.b.b.p indicando un espesor de 230 metros. Compuesta por arcillitas y limoarcillitas gris medio a oscuro con inclusiones carbonosas. Limolitas y limoarcillitas calcáreas.

Formación Lajas (Weaver 1931)

Su localidad tipo se encuentra en el flanco occidental de la sierra de la Vaca Muerta en el oeste de la provincia de Neuquén, también aflora en ambos flancos de la Dorsal de Huincul (Cerro Lotena) hasta el sur de la sierra de Chacaico.

En el subsuelo se encuentra documentada a lo largo de la Dorsal de Huincul (Cerro Bandera- Río Neuquén). Posee espesores variables, siendo de mayor potencia en la localidad de Cerro Lotena alcanzando unos 900 metros y con menor potencia en la Sierra de la Vaca Muerta alcanzando unos 200 metros.

En el subsuelo sobreyace a la Formación los Molles y yace por debajo de la Formación Punta Rosada siendo, estas últimas, parcialmente coetáneas entre sí.

Ocupa un lapso que va desde el Aeleniano- Bajociano en el extremo sur (Dorsal) hasta el Calloviano Temprano en la Sierra de la Vaca Muerta. Su contenido fosilífero es variable y abundante reconociéndose entre él: moluscos marinos y corales (Leanza y Hugo 1997).

Para la Formación Lajas se estableció su tope en los 3.410 m.b.b.p según prognosis del pozo LP-x1001. Esta unidad está compuesta por arcillitas y limoarcillitas grises a negras y areniscas medias a gruesas gris claro. El espesor estimado en el pozo es aproximadamente de 410 metros para esta región.

Formación Punta Rosada (Digregorio 1972)

Reconocida en el subsuelo del flanco oriental de la cuenca Neuquina como la unidad continental equivalente al Grupo Cuyo.

En la zona del yacimiento Loma Negra se la subdivide en tres secciones: inferior arcillosa, media arenosa y superior limo-arenosa. La sección inferior está constituida por areniscas arcillosas y limolitas de muy pobres condiciones petrofísicas. La sección media está constituida por secuencias granocrecientes de areniscas medianas a gruesas gris blanquecinas, interpretadas como depositadas en un medio marino marginal y la sección superior está compuesta por arcillitas y limolitas castaño oscuro y grises entre las que se intercalan paquetes de areniscas finas a gruesas, el espesor de esta sección varía entre 100 y 120 metros (Limeres *et al.* 2005). Sin embargo, posee datos de 900 metros de espesor en Río Neuquén y unos 350 metros en Entre Lomas, adelgazándose hacia el interior de cuenca. Se le asigna una edad equivalente a la Formación Challacó (Bajociano tardío- Calloviano temprano).

La Formación Punta Rosada en la zona de estudio se compone de areniscas anaranjadas pálidas, medias con intercalaciones gruesas y otras finas, arcillitas y limoarcillitas castañas y verdosas y areniscas conglomerádicas. Su tope se estableció a los 2.630 m.b.b.p alcanzando un espesor de 780 metros, en el pozo LP-x1001.

JURÁSICO MEDIO-TARDÍO

GRUPO LOTENA

Este grupo, a pesar de no estar incluido en la sucesión sedimentaria del área de estudio, se lo describe aquí para enriquecer y dotar coherencia al presente trabajo.

Constituye el segundo ciclo sedimentario del relleno de la cuenca Neuquina. Está constituido por depósitos conglomerádicos (Formación Mutrucó) (Garrido y Parent 2013), silicoclásticos finos (Formación Lotena), carbonatos (formaciones La Manga y Barda Negra) y evaporitas (Formación Auquilco) (Arregui *et al.* 2011).

Formación Mutrucó (Garrido y Parent 2013)

Caracteriza a esta unidad la presencia de conglomerados gruesos clasto soportados, moderadamente consolidados, de tonalidades predominantemente grisáceas. Forman cuerpos tabulares de extensa continuidad lateral, crudamente estratificados y preponderantemente macizos. Presentan guijones subredondeados a redondeados, compuestos por plutonitas ácidas, volcanitas básicas a mesoácidas y escasas metamorfitas (Garrido y Parent 2013). Los depósitos de esta formación han sido

atribuidos al desarrollo de sistemas fluviales (Gulisano *et al.* 1984b) o a procesos fluvio-aluviales vinculados a áreas costeras y marino marginales (Dellapé *et al.* 1979, Leanza *et al.* 2003 en Garrido y Parent 2013). Alcanza espesores de 6 metros constituyendo un cuerpo de roca continuo y arealmente extendido (Garrido y Parent 2013).

Formación Lotena (Weaver 1931)

Definida por Weaver (1931) en las inmediaciones del cerro homónimo. Se le reconocen tres tramos en el área de la sierra de la Vaca Muerta, areniscas y conglomerados en su base que son cubiertos por pelitas gris verdosas rematando con cuerpos arenosos de ambiente marino por debajo del nivel de ola (Leanza y Hugo 1997) pudiendo alcanzar espesores de hasta 350 metros (Arregui *et al.* 2011). Su límite en la base está constituido por la Formación Tábanos y hacia su techo lo constituye la Formación La manga. En el subsuelo y afloramiento su uso se generalizó a todas las facies que se encuentran por encima de la discordancia intracolloviana y por debajo de secciones carbonáticas marinas (Arregui *et al.* 2011).

Formación Barda Negra (Digregorio 1972)

Es una unidad reconocida a través de sondeos realizados próximos a la meseta del mismo nombre (YPF.Nq.BN x-1, Barda Negra) y Anticlinal Campamento en la zona de la Dorsal de Huincul. Está compuesta por lutitas pardo oscuras a gris negras, calcáreas con restos carbonosos donde son frecuentes las calizas grises bioclásticas y oolíticas. El espesor máximo reconocido alcanza los 220m y por su contenido fosilífero se la considera como el equivalente de subsuelo de la Formación La Manga (Arregui *et al.* 2011).

Formación La Manga (Stipanovic y Mingramm, en Groeber 1951)

Fue definida en los afloramientos calcáreos del arroyo del mismo nombre, afluente del río Atuel, en el sur de Mendoza. En su localidad tipo presenta espesores de hasta 100 m de calizas gris azulado por meteorización, en parte oolíticas y margas del mismo color. De acuerdo a la fauna de *Peltoceras* y *Perisphinctes* se la asigna al Oxfordiano tardío (Stipanovic 1951).

Formación Auquilco (Weaver 1931)

Aflora a lo largo del núcleo septentrional de la sierra de la Vaca Muerta, oeste de Chos Malal, Cachay Melehue y en la Yesera del Tromen en el norte de la provincia del Neuquén. Está compuesta por evaporitas que apoyan en contacto neto sobre los calcáreos marinos de la Formación La Manga y a su techo se encuentra en contacto erosivo con los depósitos de la Formación Tordillo. Posee espesores aflorantes variables que van desde los 30 m a los 300m según el área que se considere. En el subsuelo alcanza espesores mayores a los 500 m, documentados en el sector central del Dorso de Chihuidos (Arregui *et al.* 2011).

JURÁSICO TARDÍO-CRETÁCICO TEMPRANO

GRUPO MENDOZA

En el área de estudio este grupo se encuentra representado por las formaciones Catriel, Vaca Muerta y Quintuco.

Formación Catriel (Digregorio 1972)

Sobreyace a las sedimentitas del Grupo Cuyo en este sector de la cuenca y sería equivalente al sector superior arenoso de la Formación Tordillo en el subsuelo del Engolfamiento Neuquino perdiendo espesor hacia el borde de cuenca.

La asociación de facies más característica, para esta unidad, es una potente sucesión de areniscas finas a medianas bien seleccionadas en las que se reconocen depósitos de dunas eólicas, interdunas secas e interdunas húmedas y mantos de arena (*sand sheet*) (Muñoz *et al.* 1984; Maretto *et al.* 2002; Lopez *et al.* 2005), también posee intervalos fluviales integrados por conglomerados y areniscas volcániclasticas en cuerpos tabulares y lenticulares e intercalaciones de fangolitas producto de sistemas entrelazados de alto régimen y escaso confinamiento (Benito y Manassero 1992; Arregui 1993; Cazau y Melli 2002; López *et al.* 2005).

En este sector de la cuenca estos depósitos fluviales pasan gradualmente a depósitos fluvio aluviales, con conglomerados depositados por flujos hiperconcentrados y sistemas de corrientes de densidad.

Datos de paleocorrientes demuestran que regionalmente los materiales clásticos fueron aportados desde la estructura reactivada de la Dorsal de Huincul ubicada hacia su

margen sur y en menor medida desde el margen pasivo nororiental de la cuenca (Zavala *et al.* 2008).

Los espesores alcanzados por las facies de areniscas finas se aproximan a los 300 metros, correspondiendo para las capas eólicas espesores que van desde los 20 a los 30 metros reconocidos en registros de perfiles de buzamiento.

Según datos del pozo LP-x1001, esta unidad se compone de arcillas de color verde claro y areniscas muy finas a medianas. Se estableció su tope a los 2.440 m.b.b.p alcanzando un espesor de 190 metros. Este espesor incluye a la unidad Sierras Blancas, que para este sector de la cuenca junto con la Formación Catriel constituyen el equivalente de la Formación Tordillo (Muñoz *et al.*, 1984; Cazau y Melli, 2002), cuyo tope se estableció a los 2480 m.b.b.p. Esta última está compuesta por areniscas conglomerádicas a areniscas gruesas a muy gruesas de color gris claro. Estas dos unidades serían el equivalente superior de la Formación Tordillo.

Formación Vaca Muerta (Weaver 1931)

Se encuentra ampliamente distribuida en la cuenca, la localidad tipo fue designada por Leanza (1973) en la pendiente occidental de la Sierra de la Vaca Muerta. Sus afloramientos se encuentran ampliamente distribuidos en la cuenca Neuquina, desde regiones cercanas a Piedra del Águila, pasando por la sierra de la Vaca Muerta e incluso en territorio mendocino en el área de la Sierra de Reyes y hasta la región del Aconcagua (Groeber 1933).

Posee espesores variables que van desde los 11 metros en la comarca de Carrín Curá hasta 1.250 metros en los depocentros (sierra de la Vaca Muerta, Huncal, Trahuncurá). Su edad relativa abarca desde el Tithoniano temprano tardío a medio en el arroyo Picún Leufú hasta alcanzar el Valanginiano temprano en el norte Neuquino en base a su contenido fósil de amonites (Leanza 1973, Leanza & Wiedmann 1989, entre otros en Leanza *et al.* 2011). Sin embargo, Vennari *et al.* (2012) proponen una edad máxima para la Formación Vaca Muerta de 144 Ma. Lo que implica a su vez una nueva edad para el importante límite Jurásico–Cretácico de la cuenca Neuquina (véase Aguirre-Urreta *et al.* 2014)

Está constituida por pelitas y calizas finas con alto contenido orgánico, con concreciones calcáreas en su base y niveles con *beef in shale* (Leanza *et al.* 2011).

En la zona de estudio, en el pozo LP-x1001, se estableció el tope de esta formación a los 2.400 m.b.b.p, con lo cual el espesor alcanzado en la zona por esta unidad es de 40 metros. Se encuentra constituida por limolitas calcáreas gris claro con intercalaciones de areniscas grises hacia la base.

Formación Quintuco (Weaver 1931)

La Formación Quintuco, se configura en la zona como la sección más somera de la segunda gran inundación marina registrada en el Tithoniano, instalando una amplia plataforma carbonática de baja pendiente, que según Estrada *et al.* (2008), comprende zonas basales con contenido clástico conglomerádico y carbonatos que varían de *grainstones* a *musdtones* mostrando cambios de energía en el ambiente, zonas medias con predominancia de sectores más permeables dolomíticos sobre los calcíticos y ya hacia el tope de la unidad se encuentra integrado por dolomitas con intercalaciones de areniscas, lutitas y niveles evaporíticos como anhidrita.

Formación Loma Montosa (Digregorio 1972)

Este autor designo a esta formación como la etapa regresiva del Tithoniano alto para el área oriental del engolfamiento. Tal es así que para este sector de la cuenca a esta unidad se la reconoce con el nombre de Formación Loma Montosa presentando algunas diferencias en la composición de sus depósitos que se componen en la base por areniscas de color gris verdoso de granulometría media a muy fina, limoarcillitas de color castaño rojizas y castaño grisáceas. En su sector medio está compuesta por areniscas calcáreas finas a muy finas, calizas arcillosas y limoarcillitas castañas a castañas rojizas. Finalmente hacia el techo se compone de limoarcillitas y arcillitas castaño rojizas y areniscas finas de color gris oscuro, esta descripción se ajusta al control de *cutting* del pozo LP-x1001.

Formación Centenario (Digregorio 1972)

La Formación Centenario se constituye en las zonas marginales de la cuenca, como la gradación hacia sedimentos clásticos continentales a litorales del miembro Agua de la Mula.

Es la primera de las unidades cretácicas que conserva su espesor en el ámbito del área en estudio. En sus 970 metros de espesor y de acuerdo con los datos de pozo,

agrupa secuencias de areniscas gruesas y conglomerados grises con intercalaciones de limoarcillitas castaño oscuro a rojizo; hacia el techo, areniscas conglomerádicas gris claro a anaranjado, de grano grueso a muy grueso, con matriz arcillosa (Scaziota 2011).

CRETÁCICO TEMPRANO-TARDÍO

Formación Rayoso (Herrero Ducloux 1946)

La Formación Rayoso es una unidad clástico-evaporítica de hasta 1.200 metros de espesor y amplia distribución en la cuenca Neuquina (Groeber 1946). Está compuesta por areniscas finas, limolitas, carbonatos y evaporitas acumulados en un medio predominantemente continental desde el Cretácico Tardío (Barremiano-Aptiano) (Zabala 2011). El origen de estos depósitos ha sido relacionado a un sistema lacustre con salinidad variable, afectado por descargas hiperpícnicas (Zavala *et al.* 2001; 2006; Ponce *et al.* 2002). Según información de pozo, en la zona esta unidad alcanza los 320 metros de espesor y está compuesta por limoarcillitas y limolitas.

GRUPO NEUQUÉN

Bajo la denominación de Grupo Neuquén (Stipanovic *et al.* 1968), se reúne a una sucesión de depósitos continentales (“capas rojas”) desarrollados durante gran parte del Cretácico Superior, conformando los afloramientos mesozoicos de mayor distribución areal dentro de la cuenca Neuquina (Cazau y Uliana 1973). Se divide en tres subgrupos: Río Limay, Río Neuquén y Río Colorado (Garrido 2011).

SUBGRUPO RÍO LIMAY

De Ferraris (1968) introdujo bajo la denominación de Formación Río Limay a los depósitos basales del Grupo Neuquén, cuyos afloramientos se distribuyen principalmente a lo largo del tramo inferior del río epónimo. Dentro de esta secuencia, el mencionado autor estableció los miembros Candeleros, Huincul y Lisandro; criterio posteriormente seguido por Cazau y Uliana en 1973. Más tarde, Ramos (1981) modificó la jerarquía de esta unidad a nivel de subgrupo, elevando sus miembros al rango de formaciones. Basado en las relaciones estratigráficas, así como en la similitud de los atributos sedimentarios de la Formación Cerro Lisandro respecto a sus pares del Subgrupo Río Neuquén, Garrido (2010a) excluyó a esta unidad del Subgrupo Río

Limay; quedando así conformado únicamente por las formaciones Candeleros y Huincul (Garrido 2011).

SUBGRUPO RÍO NEUQUÉN

Bajo la denominación de Formación Río Neuquén, De Ferraris (1968) integró a los depósitos de las unidades medias y superiores del Grupo Neuquén, conformados por los miembros Portezuelo, Plottier, Bajo de la Carpa, Anacleto y Allen (ésta última actualmente incluida en el Grupo Malargüe). Más tarde, Cazau y Uliana (1973) solo incluyeron dentro de esta unidad a los miembros Portezuelo y Plottier, agrupando al resto de los miembros en una nueva unidad formacional. Ramos (1981), adoptó este último ordenamiento litoestratigráfico elevando la jerarquía de dichas unidades de formación a subgrupo y de miembros a formaciones. En el esquema presentado por Garrido (2010a), se incluye dentro del Subgrupo Río Neuquén a la Formación Cerro Lisandro, introduciendo además dos nuevas unidades litoestratigráficas bajo la denominación de Formación Los Bastos y Formación Sierra Barrosa (Garrido 2011)

SUBGRUPO RÍO COLORADO

Cazau y Uliana (1973) reunieron bajo la denominación de Formación Río Colorado a los niveles superiores del Grupo Neuquén, abarcando a los miembros Bajo de la Carpa, Anacleto y Allen. Con posterioridad, Ramos (1981) elevó respectivamente las jerarquías de estas unidades al rango de subgrupo y formación, excluyendo del primero a los depósitos de la Formación Allen por considerarla como integrante basal de la secuencia sedimentaria suprayacente (Grupo Malargüe). Idéntico concepto fue presentado simultáneamente por Uliana y Dellapé (1981), quienes destacaron las relaciones paleoambientales y tectosedimentarias que vinculan a dichos depósitos con el ciclo sedimentario Malalhueyano. De esta manera, el Subgrupo Río Colorado ha quedado definitivamente integrado por las formaciones Bajo de la Carpa y Anacleto (Garrido 2011).

GRUPO MALARGÜE

El Grupo Malargüe involucra a una sucesión sedimentaria continental y marina depositada en la cuenca Neuquina durante el Campaniano – Paleoceno que alcanza a los 450 m de espesor (Legarreta y Uliana 1999).

Estas sedimentitas fueron acumuladas durante la etapa de antepaís que sufrió la cuenca, etapa controlada por la actividad tectónica y magmática en la cordillera durante el Cretácico Tardío. La depositación de sedimentitas marinas se produjo por el cambio de pendiente regional que permitió la primera ingresión atlántica a la cuenca durante el Cretácico tardío.

Estas sedimentitas se encuentran ampliamente distribuidas entre la cordillera de Mendoza, occidente de La Pampa, norte y este de Río Negro y la región centro oriental de Neuquén. Los afloramientos de estas sedimentitas se los dividen, según Rodríguez (2011), en dos sectores, uno occidental donde se reconocen las formaciones Loncoche (Groeber 1946), Jagüel (Windhausen 1914), Roca (Ihering 1903) y Pircala (Boehm, en Fosa Mancini *et al.* 1938) y uno oriental donde se reconocen las formaciones Allen (Roll 1939), Jagüel (Windhausen 1914), Roca (Ihering 1903) y El Carrizo (Uliana y Dellapé 1981).

La sucesión sedimentaria del grupo comienza con los depósitos continentales y marinos marginales de las formaciones Loncoche y Allen (Campaniano-Maastrichtiano) que cubren en discordancia a las capas rojas del Grupo Neuquén. Le siguen los depósitos marinos de plataforma externa de la Formación Jagüel (Maastrichtiano-Daniano) acumulados en posiciones internas de la cuenca. Continúan en esta sucesión, los depósitos carbonáticos y mixtos de plataforma interna, acumulados en la periferia norte de la cuenca durante el Maastrichtiano y el Daniano, de la Formación Roca. Finalmente y coronando esta sucesión se encuentran los depósitos fluviales y evaporíticos de las formaciones Pircala y El Carrizo (Rodríguez 2011).

4- ESTRUCTURA

De acuerdo a marcadas diferencias en el relleno de la cuenca y a estilos estructurales propios se distinguen en la cuenca las siguientes unidades morfoestructurales: Faja Plegada y Corrida del Agrio, Dorso de los Chihuidos, Engolfamiento, Plataforma externa y Dorsal de Huincul.

4.1 Unidades Morfoestructurales

De acuerdo a las unidades morfoestructurales presentadas en el presente trabajo (Figura 2.1), sólo se realizará una breve descripción de cada una de ellas.

Faja Plegada y Corrida del Agrio

Esta unidad fue identificada por Braccacini (1970). Posee dos sectores, uno interno y montañoso que se corresponde con la Precordillera norte, con fallas que involucran el basamento (Vergani *et al.* 1995, Ramos 1998 en Ramos *et al.* 2011) y uno externo de naturaleza epidérmica que se desarrolla en el pie de monte de la Precordillera. Estas características, hacen de esta unidad una faja con deformación mixta, piel gruesa-piel fina que aumenta su complejidad en subsuelo.

La zona interna ha sido interpretada como parte del sistema extensional de Tres Chorros (Vergani *et al.* 1995 en Ramos *et al.* 2011). Se ha podido reconocer mediante análisis de subsuelo la participación de altos de basamento que controlan el estilo estructural dando lugar a grandes estructuras braquianticlinales producto de la inversión parcial de estructuras previas (Figura 4.1).

La zona externa está dominada por pliegues de menor magnitud despegados en las evaporitas de la Formación Auquilco lo que confiere un estilo de deformación de piel fina (Zamora Valcarce *et al.* 2009).

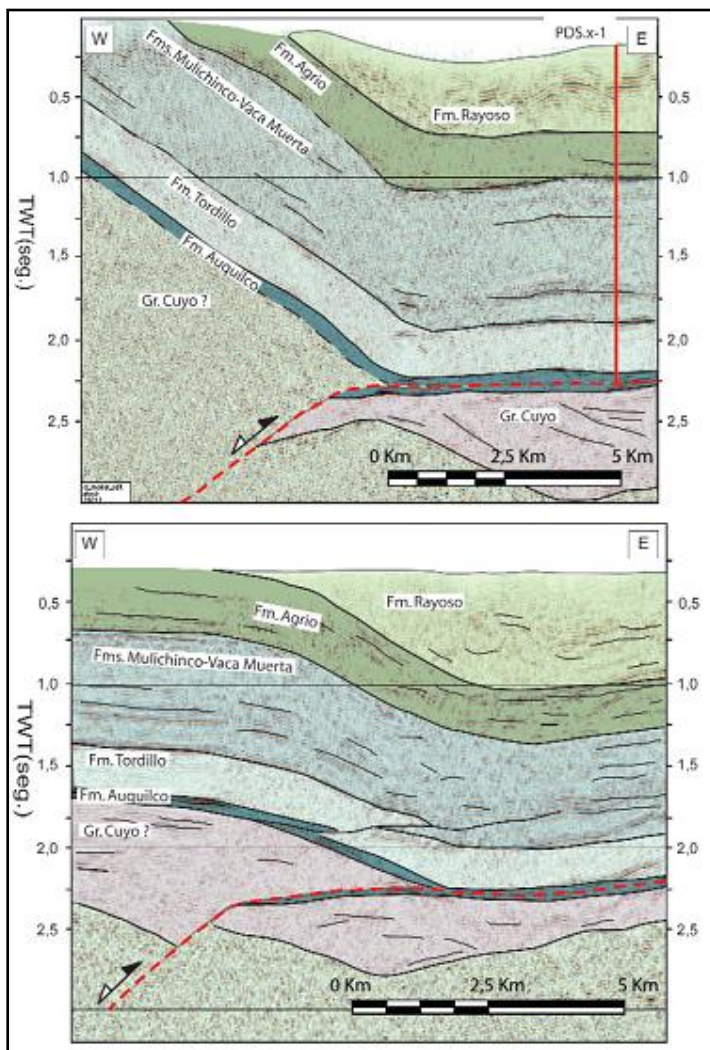


Figura 4.1: Secciones sísmicas 2D a través del frente oriental del cerro Mocho. En ellas se puede ver el estilo estructural de la zona interna de la faja plegada del Agrio, en donde el basamento participa de la deformación, insertándose en la columna sedimentaria a favor de las evaporitas de la Formación Auquilco y transfiriendo la deformación hacia la zona externa (Tomado de Zamora Valcarce *et al.*, 2009).

Dorso de los Chihuídos

Esta unidad es un gran anticlinal con una extensión de más de 70 Km (Figura 4.2), que ha sido interpretada como producto de la inversión de hemigrabenes precuyanos. Sin embargo, estudios de detalle basados en información de subsuelo indican que en realidad está controlada por el movimiento de una falla inversa profunda con vergencia al oeste y que involucra al basamento preservando la configuración original de los hemigrabenes precuyanos (Zamora Valcarce *et al.* 2009). La presencia de estratos de crecimiento en las unidades del Neógeno (formaciones Puesto Burgos y Rincón Bayo)

indican que la configuración actual de esta morfoestructura se desarrolló durante los últimos 15 Ma (Vergani et al. 2009)

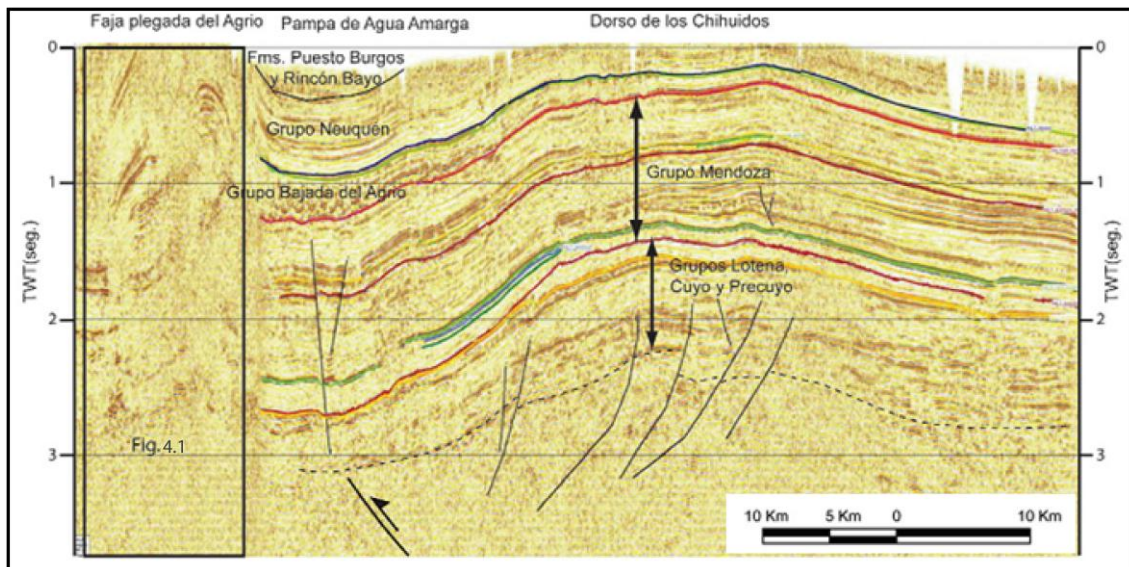


Figura 4.2: combinación de líneas sísmicas 2D a través del Dorso de los Chihuídos. Se puede observar un gran anticlinal nucleado en el basamento y prácticamente sin deformación de piel fina en la secuencia mesozoica (Tomado de Zamora Valcarce *et al.* 2009).

Engolfamiento

Esta unidad se encuentra limitada al noreste por el tren estructural El Caracol–Charco Bayo y al sur por el flanco norte de la Dorsal de Huincul, con la que presenta un límite transicional. La deformación en este ambiente geológico está representada mayormente por fallamiento distensivo con un leve componente de desplazamiento de rumbo en algunos casos. La cobertura conforma pliegues suaves y narices estructurales de tamaño y relieve estructural escasos sobre aquellas fallas. La edad de esa deformación es principalmente cretácica. En la zona de transición entre el Engolfamiento y el flanco norte de la Dorsal de Huincul existen estructuras como las de Lindero Atravesado y Río Neuquén que corresponden a hemigrábenes jurásicos que han sufrido inversión tectónica, aunque las fallas respectivas han tenido un desplazamiento menor comparativamente con las estructuras invertidas de la Dorsal.

El registro sedimentario en este sector es completo y de espesor importante, ya que los procesos erosivos asociados con discordancias estratigráficas o tectónicas aquí no afectaron mayormente a la columna estratigráfica (Montagna 2011 (inf. inédito))

Plataforma externa

Esta unidad se encuentra segmentada por una serie de fracturas de basamento de rumbo noroeste es reconocida como Flanco Oriental de la cuenca Neuquina. Está formada por una serie de suaves plegamientos asociados a fracturas de rumbo noroeste conocido como sistema de Entre Lomas. Estas estructuras se mantuvieron activas durante buena parte de la historia de la cuenca, por lo que ejercieron control en el registro sedimentario, tanto en cambios de espesor como de facies (Legarreta et al. 1999).

Dorsal de Huincul

Esta unidad representa un rasgo morfoestructural activo desde el Jurásico Inferior, que divide a la cuenca Neuquina en dos sistemas depositacionales bien diferenciados. En el sector norte el Engolfamiento neuquino y al sur la subcuenca de Picún Leufú. Este lineamiento es considerado el límite norte del terreno de Patagonia (Ramos *et al.* 2004) que se extiende por más de 270 km con dirección O-E a los 39° S y separa dos basamentos cristalinos de diferente composición y edad.

Se han desarrollado varios modelos estructurales para intentar explicar los mecanismos de deformación de la dorsal, desde deformación compresional y transcurrente (Orchuela *et al.* 1981, Ploszkiewicz *et al.* 1984 en Pángaro *et al.* 2009), hasta modelos de inversión tectónica (Vergani *et al.* 1995, Veiga *et al.* 2001, Mosquera 2002, Pángaro *et al.* 2002 a, b, Pángaro *et al.* 2005, Mosquera y Ramos 2005 en Pángaro *et al.* 2009), que fueron puesto en duda, por Pángaro *et al.* (2006), para el sector occidental y norte de esta unidad morfoestructural postulando para esa zona la ausencia total de inversión tectónica.

Según Mosquera *et al.* (2011) estos modelos carecen de la capacidad de integrar la compleja evolución estructural que presenta esta unidad morfoestructural, aludiendo que fueron Silvestro y Zubiri (2008), quienes a través de su propuesta de convergencia oblicua pudieron integrar de manera más acabada la complejidad de las estructuras que caracterizan los distintos segmentos de la dorsal neuquina.

Estos segmentos diferenciados por estos autores responden a una serie de lineamientos con orientación preferencial caracterizados por compresión pura, inversión por convergencia oblicua, transpresión y transcurrencia.

Considerando estas propuestas Mosquera *et al.* (2011) propusieron tres factores principales que controlaron la evolución de la Dorsal de Huincul: un basamento altamente anisótropo, la rotación del campo de esfuerzos y la dinámica del margen convergente.

Siendo el primero, el proceso que controló la orientación y estilos estructurales de la deformación de intraplaca. El segundo, el proceso que determinó una disminución de la intensidad de esfuerzos y una menor oblicuidad para el Cretácico Inferior y ya para el Cretácico Superior determinó una deformación del sector axial y el sector occidental de la dorsal, ambos relacionados a variaciones antihorarias del ángulo de convergencia y rotación del campo de esfuerzos al oeste-este. Y el tercero define los tres ciclos de deformación de la dorsal (ciclo de Aluk, ciclo de Farallón y ciclo de Nazca).

Estos factores contribuyeron al desarrollo de un cinturón transpresivo de intraplaca de 700 km de longitud desde la trinchera oceánica en cuyo sector central se denomina dorsal de Huincul (Mosquera *et al.* 2011).

4.2 Estructura del área de estudio

La estructura del área analizada se encuentra fuertemente influenciada por el *rifting* Triásico-Jurásico que afectó al basamento ígneo-metamórfico generando una serie de depocentros aislados, limitados por fallas normales y rellenados por rocas volcánicas, volcanoclásticas y clásticas del ciclo Precuyano.

Regionalmente, en la zona se reconocen dos etapas bien diferenciadas, una extensiva para el Triásico Superior-Jurásico Inferior y otra compresiva-transpresiva para el Jurásico Tardío-Cretácico.

La primera etapa está representada por dos sistemas de hemigrábenes paralelos entre sí, con dirección NO-SE, separados por un alto de basamento denominado alto de Kauffman (Limeres *et al.* 2005). Estos sistemas, La Yesera y Estancia Vieja, se encuentran limitados por fallas normales de alto ángulo y polaridad opuesta, que inclinan fuertemente hacia el noreste y suroeste respectivamente (Scazziotta 2011). Cristallini *et al.* (2009) presentaron, para esta etapa, una transecta que abarca estos lineamientos, donde se puede apreciar, a través de una sección sísmica y su respectiva interpretación, el ángulo de inclinación de estas estructuras y la influencia del alto de Kauffman en el relleno de este sector de la cuenca Neuquina (Figura 4.3).

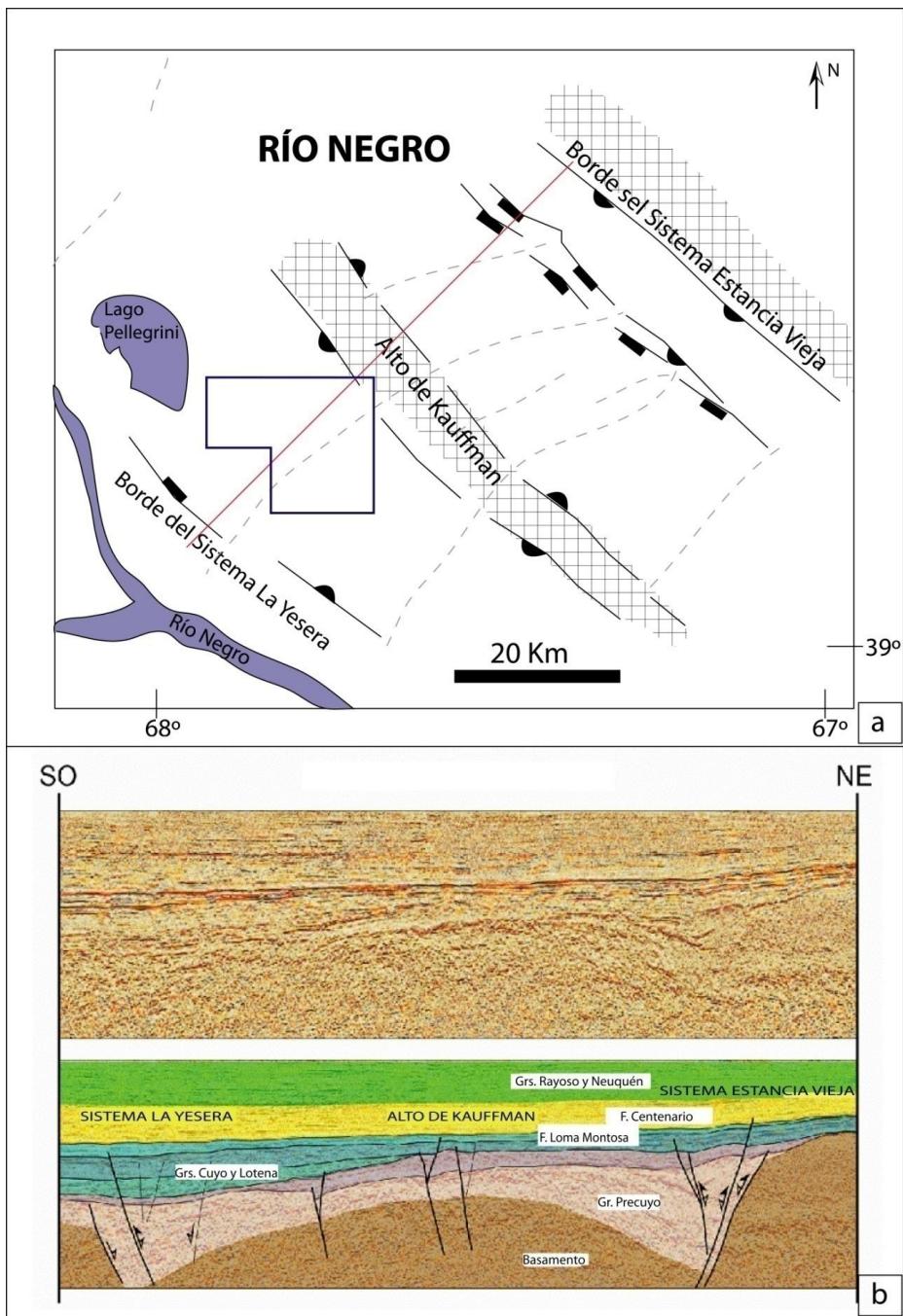


Figura 4.3: a) Principales fallas y sectores de transferencias desarrollados durante el Triásico Superior-Jurásico Inferior en el este de la cuenca Neuquina. (Línea roja indica ubicación de la sección sísmica) b) Sección sísmica que atraviesa el Sistema La Yesera, el Alto de Kauffman y el Sistema Estancia Vieja (tomada de Cristallini *et al.* 2009).

Hacia este alto los depósitos precuyanos alcanzan su menor espesor siendo este inferior a los 300 metros en algunos sectores. En el sistema Estancia Vieja describen una serie de zonas de transferencias, siendo la de Puesto Flores-Puesto Galdame una de las más importantes, donde se muestra un movimiento extensional con bloque bajo hacia el sureste durante el precuyano y una posterior inversión tectónica hacia el

Jurásico Inferior donde el mismo bloque sureste pasa a ser elevado. Todas las zonas de transferencias reconocidas en esta región pierden identidad hacia el Alto de Kauffman.

Hacia el sistema La Yesera, la información sísmica disponible no es tan abundante, por lo que sólo lo caracterizaron como un sistema desarrollado a partir de una falla normal de alto ángulo con dirección NO-SE y fuerte inclinación al noreste, perdiendo identidad hacia el sureste.

El análisis estructural sobre el relleno precuyano en el presente trabajo, concuerda con la orientación general NO-SE de los lineamientos que plantean estos autores (Figura 4.4), siendo la falla Zúñiga paralela al sistema La Yesera y compartiendo las mismas características de alto ángulo y fuerte inclinación hacia el noreste. Esta falla también fue reconocida al sur del bloque aledaño Lago Pellegrini por Scazziota (2011).

La segunda etapa se encuentra caracterizada por la reactivación, producto de la compresión impulsada desde la Dorsal de Huincul, de algunas fallas normales previas y al desarrollo de estructuras compresivas nuevas de orientación este-oeste. Según Cristallini *et al.* (2009), la cinemática de estas estructuras permite inferir un campo de deformación compresivo con el eje de máximo acortamiento orientado norte-sur.

Una vez concluida la etapa extensiva de la cuenca y luego de pequeñas reactivaciones que provocaron la inversión selectiva de los sectores superiores de fallas preexistentes durante el Jurásico inferior al Cretácico inferior, la misma se vio afectada por una subsidencia termal generalizada (Turic *et al.* 1987) que debido a la depositación asimétrica en esta zona de la cuenca, se produjo de manera irregular por compactación diferencial de los depósitos de Ciclo Precuyano y el Grupo Cuyo (Cristallini *et al.* 2009).

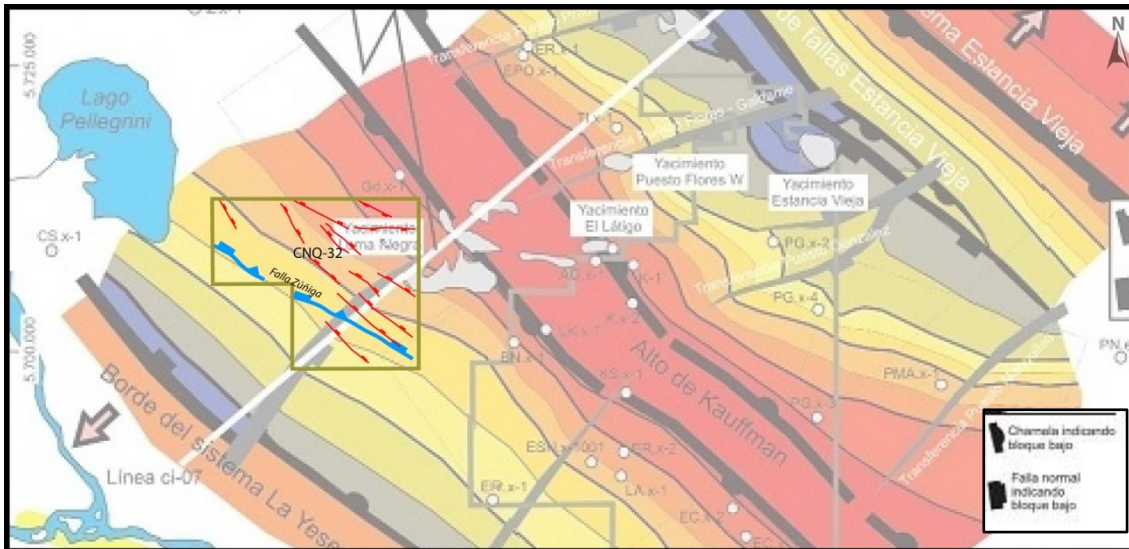


Figura 4.4: Mapa de las estructuras precuycanas en la región de Estancia Vieja- Loma Kauffman. Se indican las principales fallas y las zonas de transferencia y zonas de bisagra de los hemigrábenes. Nótese la estructuración con similar dirección interpretada para el cubo CNQ-32 (recuadro marrón) (Tomada de Cristallini *et al.* 2009)

5- INTERPRETACIÓN DE INFORMACIÓN DE SUBSUELO

5.1 Creación del proyecto en el *software* OpendTect

Para el análisis de la información sísmica del bloque CNQ-32 se utilizó una licencia académica del *software* OpendTect®. El primer paso para poder cargar y visualizar el dato sísmico en el mismo es la creación del proyecto. Dicho proyecto consta de los siguientes parámetros:

- Rango de *inlines*
- Rango de *crosslines*
- Rango de profundidades: en milisegundos
- Resolución vertical: en milisegundos
- Coordenadas de los límites del proyecto: en Gauss Krugger Faja 2 POSGAR94

5.2 Carga del cubo de sísmica CNQ-32 en el *software* OpendTect

A continuación se describirán brevemente los pasos generales a seguir para la carga del dato sísmico, para mayor información se puede recurrir a la solapa *Help* en la barra de herramientas principal de Opendtect.

Para la carga del cubo se deben seguir los siguientes pasos:

- En la barra de herramientas presionar sobre la solapa *Survey>Select/Setup* se abre una ventana donde presionamos *New*, se abre una nueva ventana donde cargamos la información del cubo (Figura 5.1) y damos *Ok*.
- Luego en la primera ventana que se abrió aparece un polígono con los datos de *inline/crossline* en los vértices. Seleccionamos y damos *Ok*.

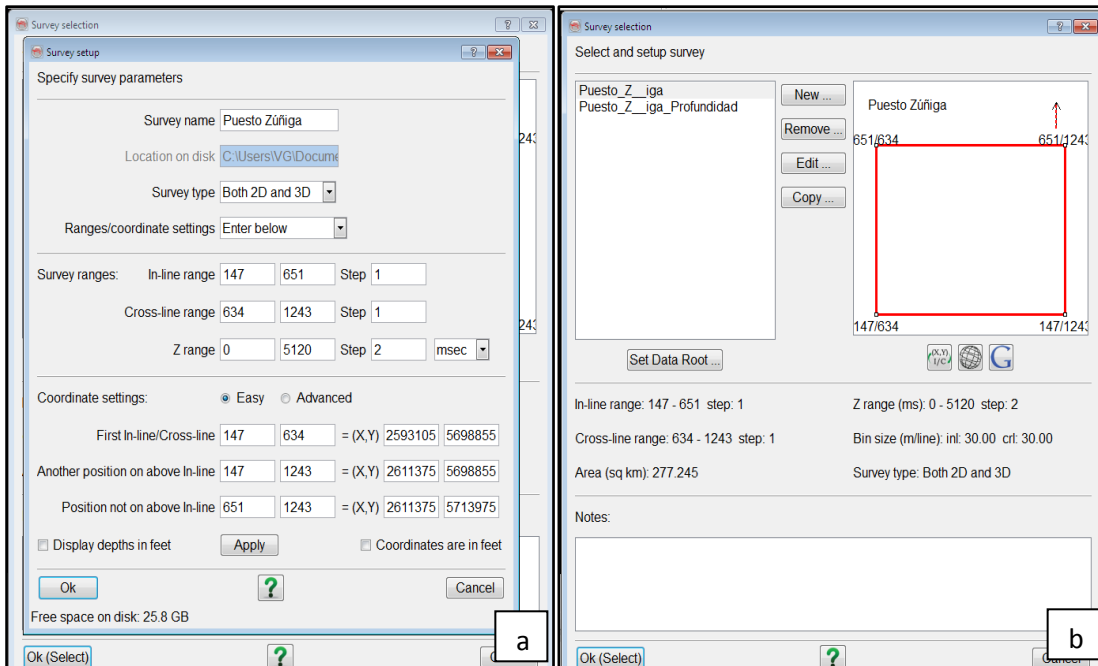


Figura 5.1: a- Ventana para cargar la información del cubo sísmico. b- ventana en la que se visualiza el polígono del cubo con los datos de *inline/crossline* en los vértices.

5.3 Carga de pozos en el *software* OpendTect

- Para cargar pozos en el *software*, se deben importar los datos vía *Survey>Import>Wells*, como un archivo en formato Ascii o VSP (SEG-Y).
- Se abrirá una ventana para importar el *track* del pozo. Luego seleccionar el archivo, que debe contar con un formato de tres columnas principales; XYZ.
- Luego se carga el modelo de velocidad tiempo-profundidad (*time-depth*).
- Por último se establece el nombre de salida del pozo y se presiona *Go* para completar la carga. Emergerá un mensaje "*Well track imported successfully*"> *Ok* para continuar o *Dismiss* para salir.

En el presente trabajo, como no se cuenta con una ley de velocidad ajustada para los pozos de la zona de estudio, se utilizó una ley genérica con lo cual se obtuvo un margen de error a la hora de establecer los pases formacionales del subsuelo.

5.4 Identificación de reflectores de interés

Para la identificación de los reflectores de interés se utilizaron los valores de profundidad de los pases formacionales del pozo cargado, en el *software*. Este pozo se denomina LP-x1001 (Lago Pellegrini) perforado en el 2008, en el sector centro-oriental del área aledaña Lago Pellegrini (Figura 5.2), alcanzando profundidades finales de 4.400 metros que se corresponden con los niveles superiores del ciclo Precuyano

(Scazziota 2011). Los pases formacionales identificados se muestran con profundidades en metros bajo boca de pozo y en metros bajo el nivel del mar (Tabla. 5.1).

Tabla 5,1: Pases formacionales identificados en el pozo LP-x 1001(Información de pozo).

TOPES DE HORIZONTES O FORMACIONES	m.b.b.p.	m.b.n.m
Formación Rayoso	715	-342,5
Tope F. Centenario	1.035	-662,5
Tope F. Loma Montosa	2.003	-1630,5
Tope F. Vaca Muerta	2.403	-2030
Tope F. Catriel	2.427	-2.054,5
Tope F. Sierras Blancas	2.451	-2.078,5
Toe F. Punta Rosada	2.600	-2.227,5
Tope F. Lajas	3.392	-3.019,5
Tope F Los Molles	3.803	-3.430,5
Tope Precuyo	4.049	-3.676,5

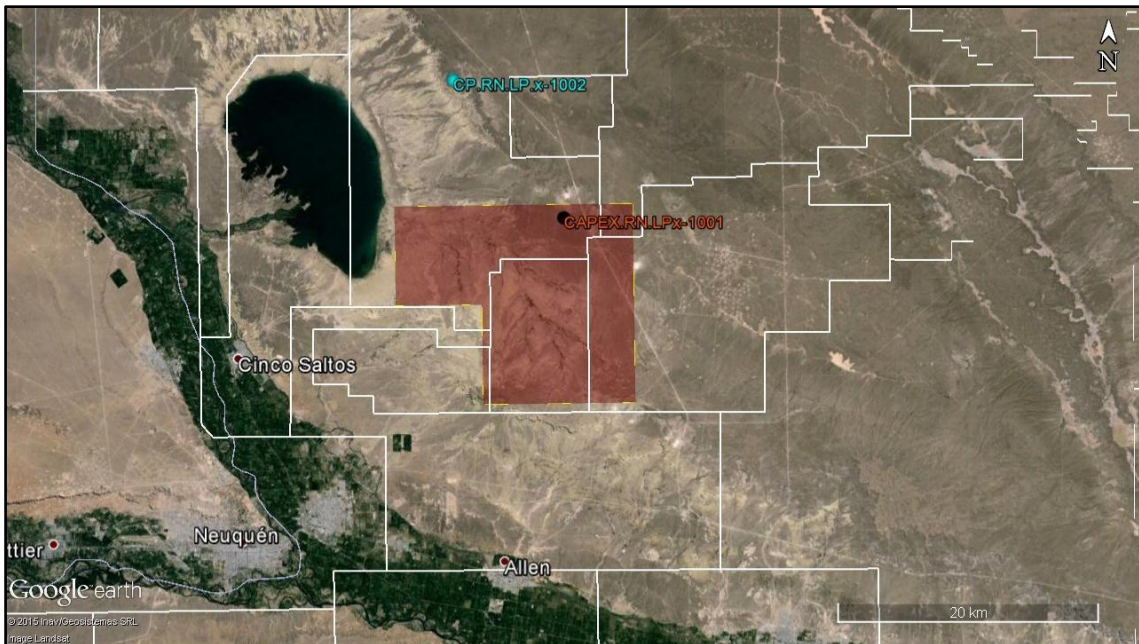


Figura 5.2: Ubicación de los pozos exploratorios LP-x1001 y LP-x1002. El polígono rojo se corresponde con el cubo sísmico CNQ-32 (Imagen satelital tomada del servidor Google Earth®).

Además de la información del pozo LP x-1001, la identificación de los horizontes de interés se realizó por correlación con cubos sísmicos aledaños previamente interpretados. Sin embargo, la información de pozo fue fundamental para constatar la coherencia de dicha correlación utilizando una ley de velocidad aproximada válida para este sector de la cuenca.

5.5 Picado de reflectores de interés

El picado de reflectores de interés, está basado en el seguimiento de un horizonte o reflector a través de una línea sísmica y por todo el cubo. Esta interpretación puede realizarse a través de un picado manual (*line tracking* o *line manual*) o de manera automática (*Tracking in volume*) donde se establecen en el *software* una serie de parámetros y éste realiza un seguimiento automático del reflector. Estas funciones se configuran en el módulo *Tracking Setup* (Figura 5.3)

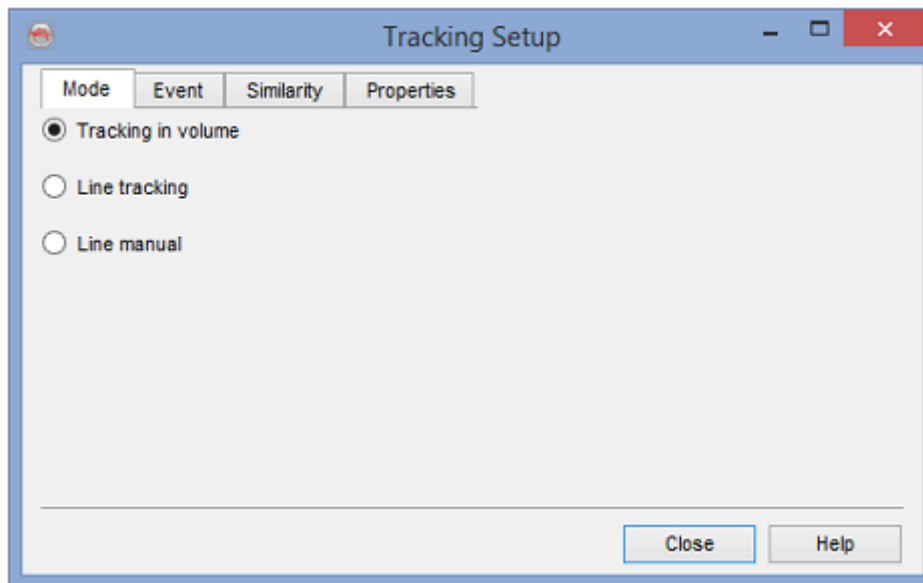


Figura 5.3: Módulo de configuración del picado de reflectores sísmicos. Distintas opciones de interpretación que ofrece OpendTect.

Esta última opción de picado (*tracking in volume*), necesita de cierta atención del intérprete porque en zonas donde el dato sísmico no es bueno la herramienta puede interpretar de manera errónea el horizonte, por lo tanto es conveniente utilizar el picado automático pero sobre las líneas (*Line tracking*).

Los horizontes reconocidos (Figura 5.4) en el cubo fueron interpretados con la opción de *Line tracking* con lo cual los mismos se fundamentan en el criterio del intérprete.

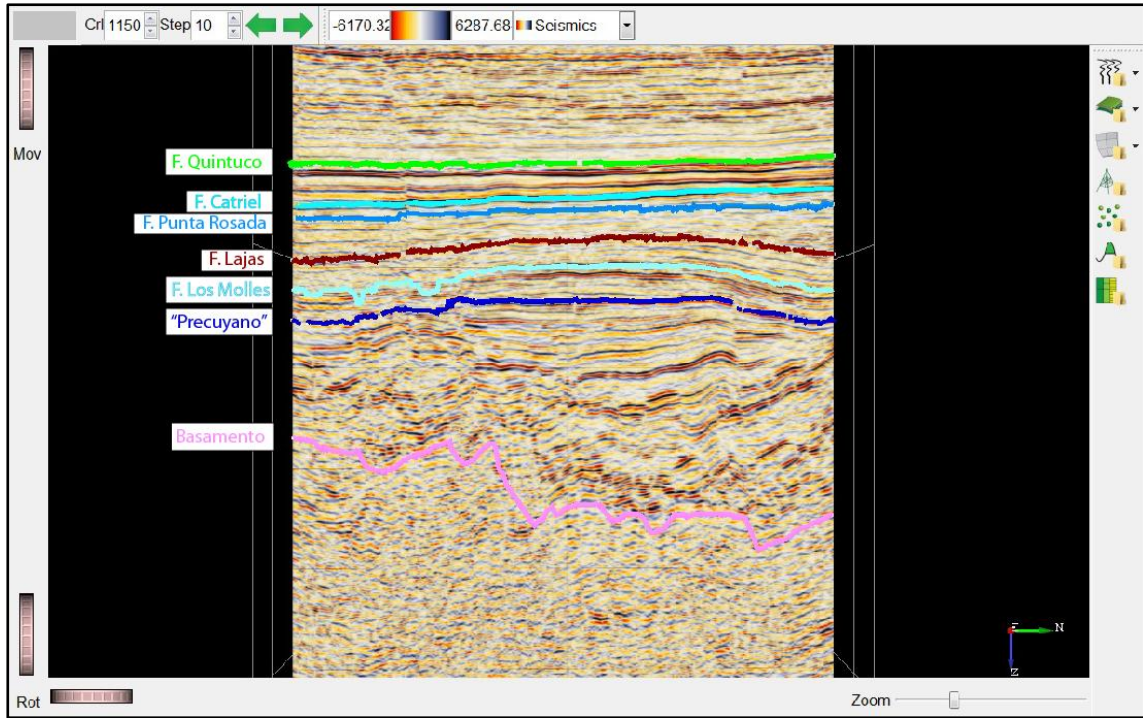


Figura 5.4: Horizontes interpretados en el cubo sísmico CNQ-32.

Una vez picado el horizonte de interés se obtiene un grillado compuesto por las distintas *Inlines* y *Crosslines* (Figura 5.5).

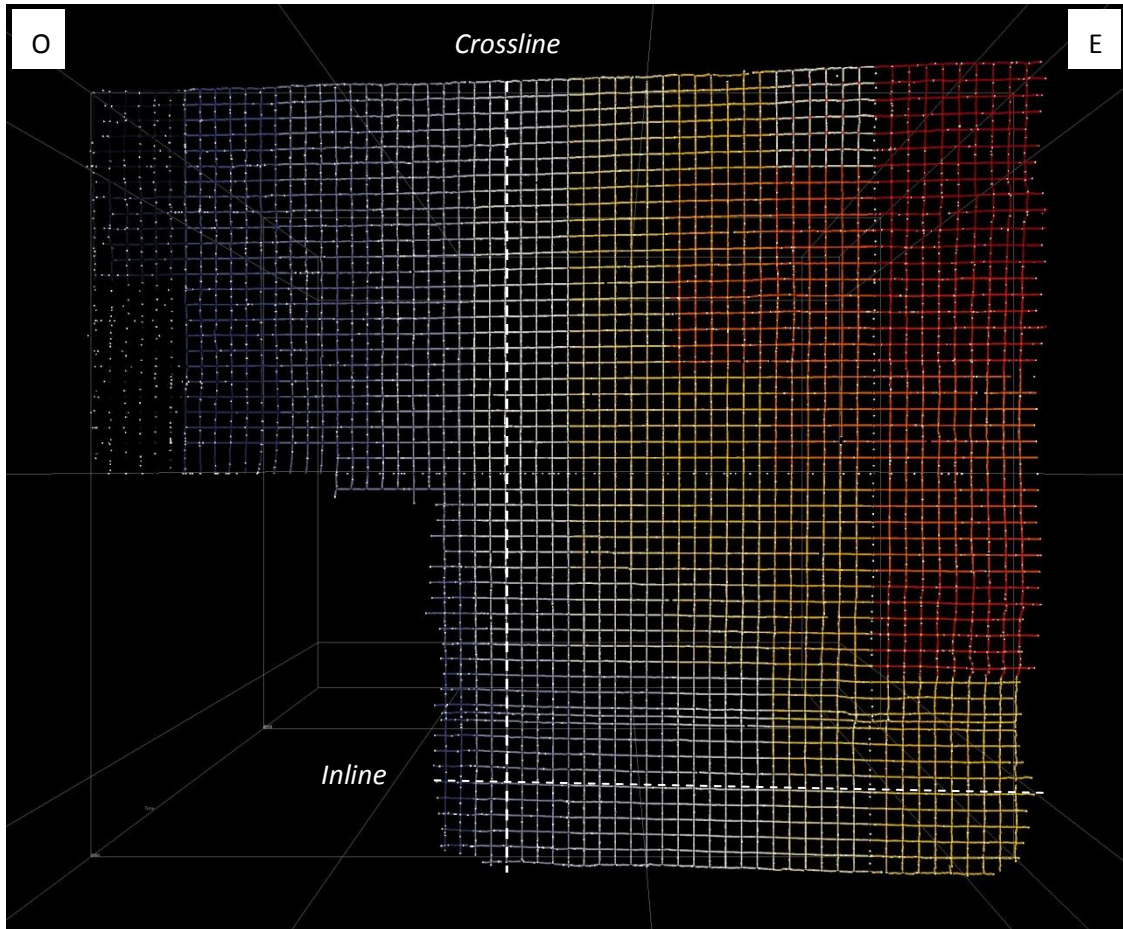


Figura 5.5: Grillado obtenido por el cruce de *Inlines* y *Crosslines* producto del picado manual de la Formación Punta Rosada. Nótese las semillas al oeste que no han sido unidas (Vista en Z-North)

Estas *inlines* y *crosslines* fueron picadas con un intervalo de 10 líneas siguiendo el horizonte de manera controlada por líneas perpendiculares al mismo, es decir, en caso de estar picando una *inline*, el control en 3D, de la continuidad del horizonte, se realizaba con dos *crosslines* bien espaciadas (Figura 5.6).

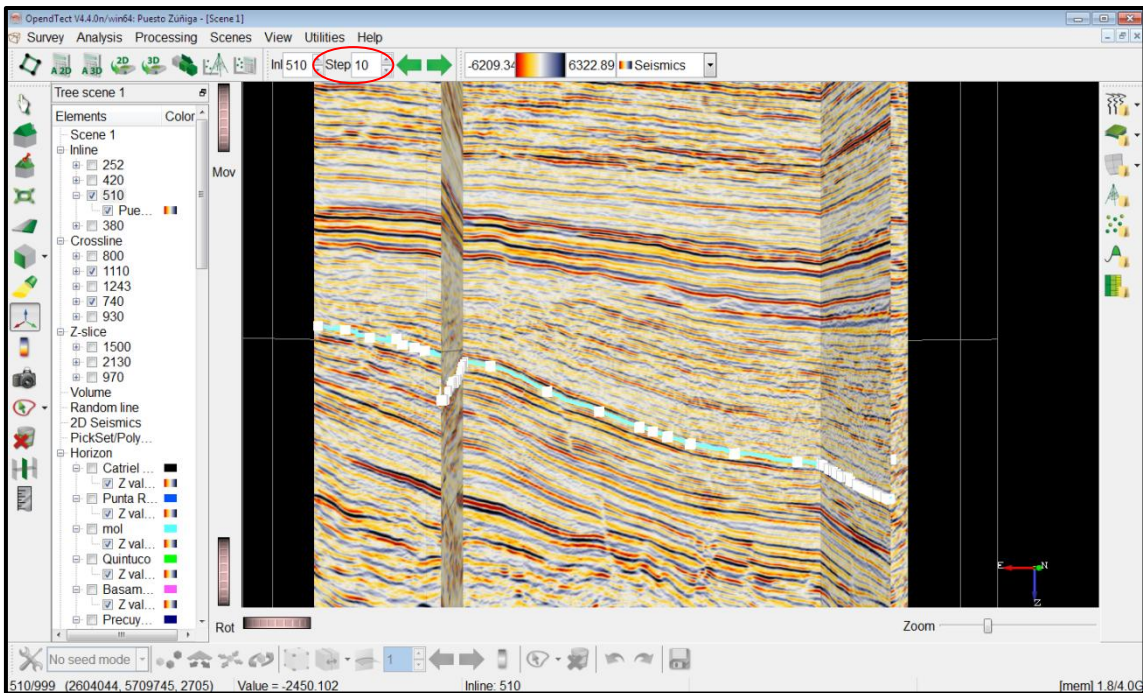


Figura 5.6: Picado en 3D de un horizonte, *inline* (510), con dos *crosslines* (740 y 1110) para control de continuidad. La elipse roja muestra el intervalo de *steps* utilizado para picar el cubo.

Una vez picado todo el cubo, el *software* tiene la opción de completar el grillado con la función *Volume track* y la opción *Auto-Track* o *Track from seeds only*. También se puede optar por la función *Gridding*, que se encuentra en *Horizon>Tools>Gridding*, que cumple con el objetivo sobre el horizonte seleccionado. Con la función *Gridding* se obtiene un grillado completo que puede ser exportado como un archivo Ascii XYZ y realizar mapas estructurales con Global Mapper o bien realizar mapas isocronopaquicos dentro de OpendTect y luego editarlo en Global Mapper. Para utilizar la función *Volume track*, se puede establecer el sub-volumen sobre el cual se quiere obtener el grillado.

Se debe tener en cuenta que con estas funciones el programa sigue la interpretación previa para unir el horizonte en cada *step*, por lo tanto cuanto menos *steps* de diferencia tenga nuestro picado obtendremos un mejor grillado y evitaremos una falsa unión de *steps* que perjudicarían nuestra posterior interpretación (Figura 5.7).

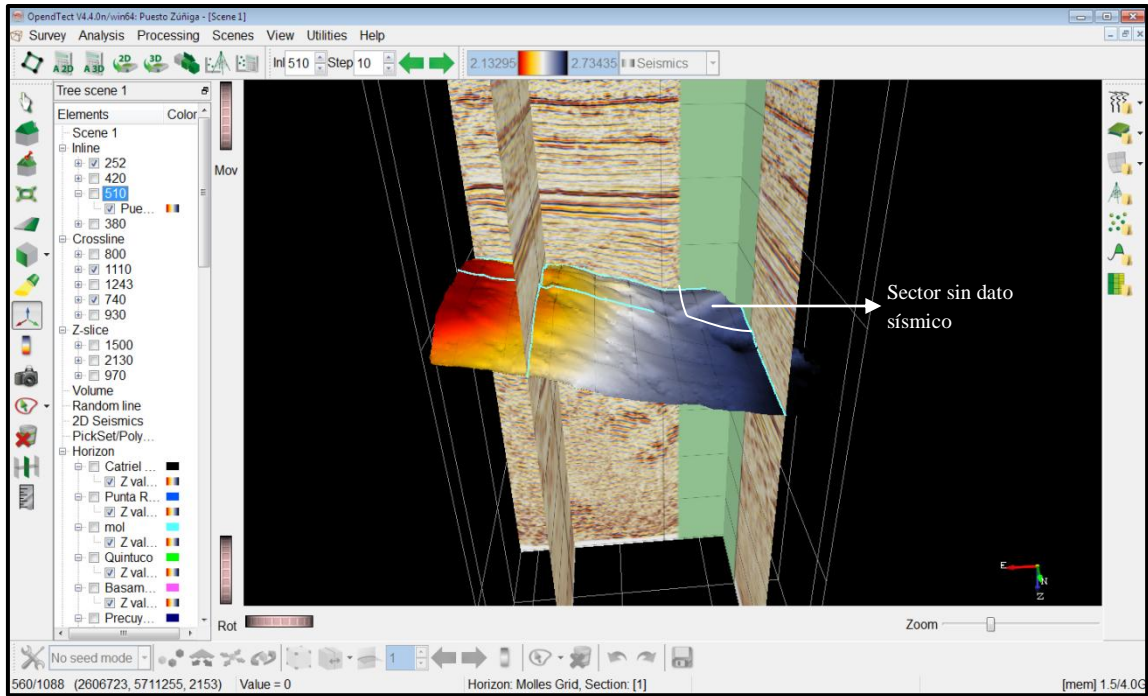


Figura 5.7: *Gridding* del tope de la Formación Los Molles en el cubo. Nótese el comportamiento de esta función en el sector donde el cubo no posee datos, claramente una sobre ningún tipo de dato previo.

6- RESULTADOS

6.1 Relaciones estratigráficas

Las relaciones entre las unidades, dentro del bloque analizado, se encuentran bien definidas y evidenciadas claramente en la sísmica 3D.

Los depósitos precuyanos rellenan los hemigrabenes labrados en el basamento de la región (Figura 6.1).

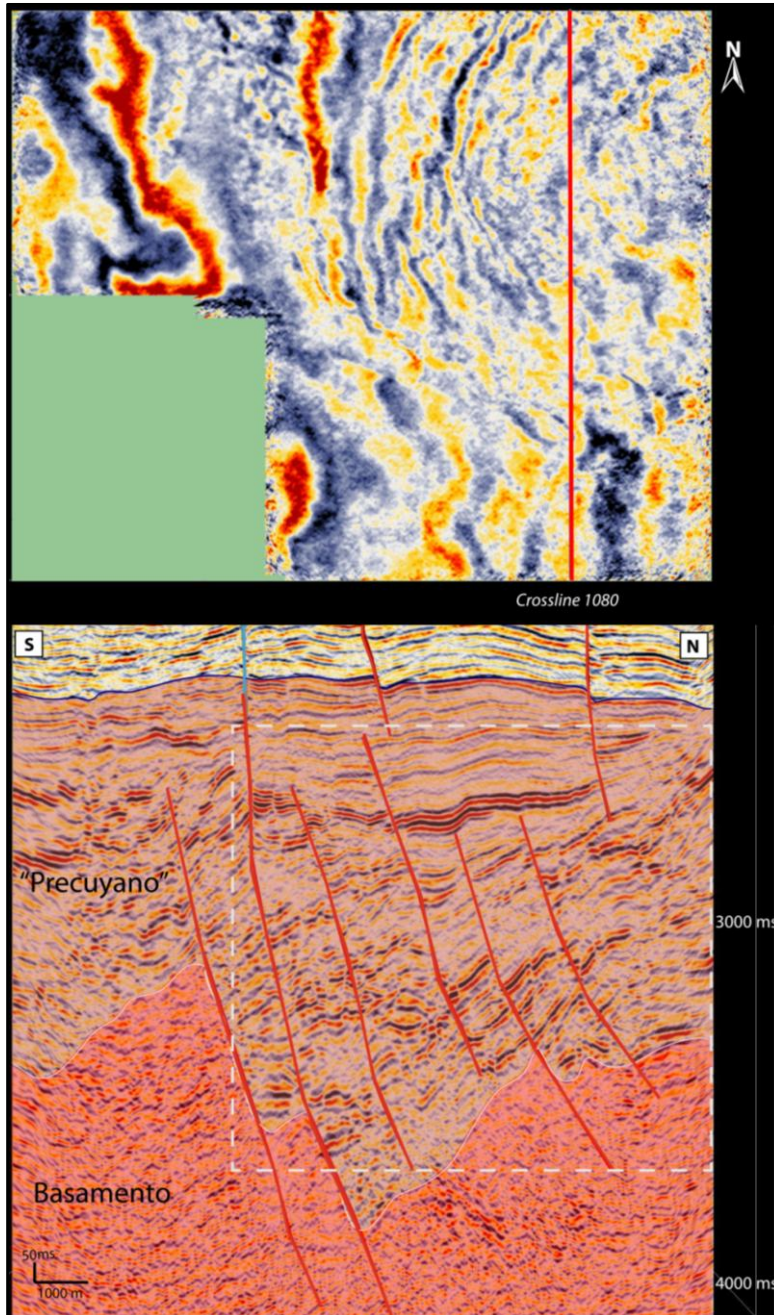


Figura 6.1: Hemigrabenes labrados en el basamento, rellenos por depósitos precuyanos. Nótese la estructuración sindeposicional que afectó al relleno, fallas normales (líneas rojas). La línea celeste indica el sector superior de la falla principal levemente invertido. El recuadro indica el sector que se amplía en la figura 6.2.

En algunos sectores se reconocen evidencias de sedimentación sintectónica asociada a fallas normales (Figura 6.2), con engrosamiento de capas hacia los planos de falla normales y acuñamientos en el sentido opuesto.

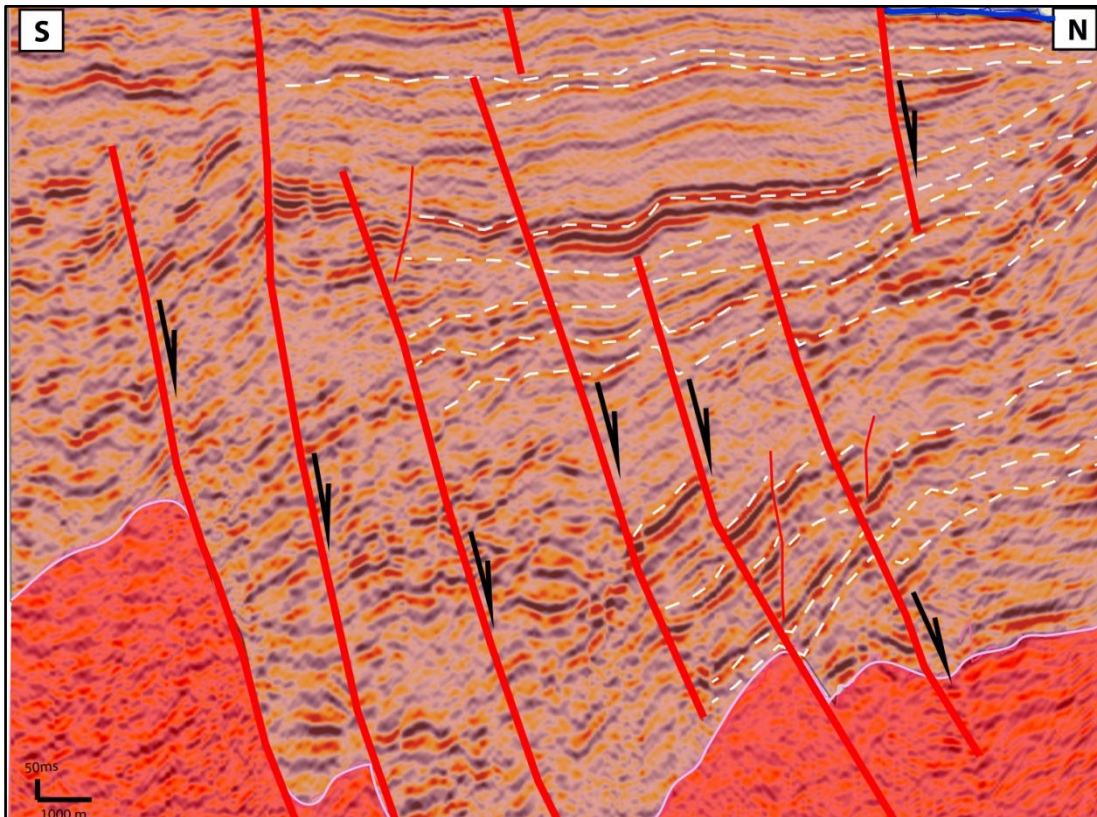


Figura 6.2: Depositación sincrónica al fallamiento normal desarrollado para el Precuyano. Las líneas punteadas indican los estratos de crecimiento desarrollados durante esta etapa. Sector ampliado (recuadro gris con línea discontinua) de la Figura 6.1.

En otros sectores se identificó una discordancia angular y erosiva intra-precuyana localizada en el bloque alto de la falla principal del sector (Figura 6.3).

El tope del ciclo Precuyano está marcado por un reflector máximo continuo, por encima del cual se observa que las sedimentitas clásticas marinas de la Formación Los Molles copian la paleo-superficie generada al fin de la sedimentación precuyana sino también queda en evidencia que el fallamiento normal afecta a la base del Grupo Cuyo aunque la magnitud de los desplazamientos es menos importante que durante la depositación del Precuyano (Figura 6.4).

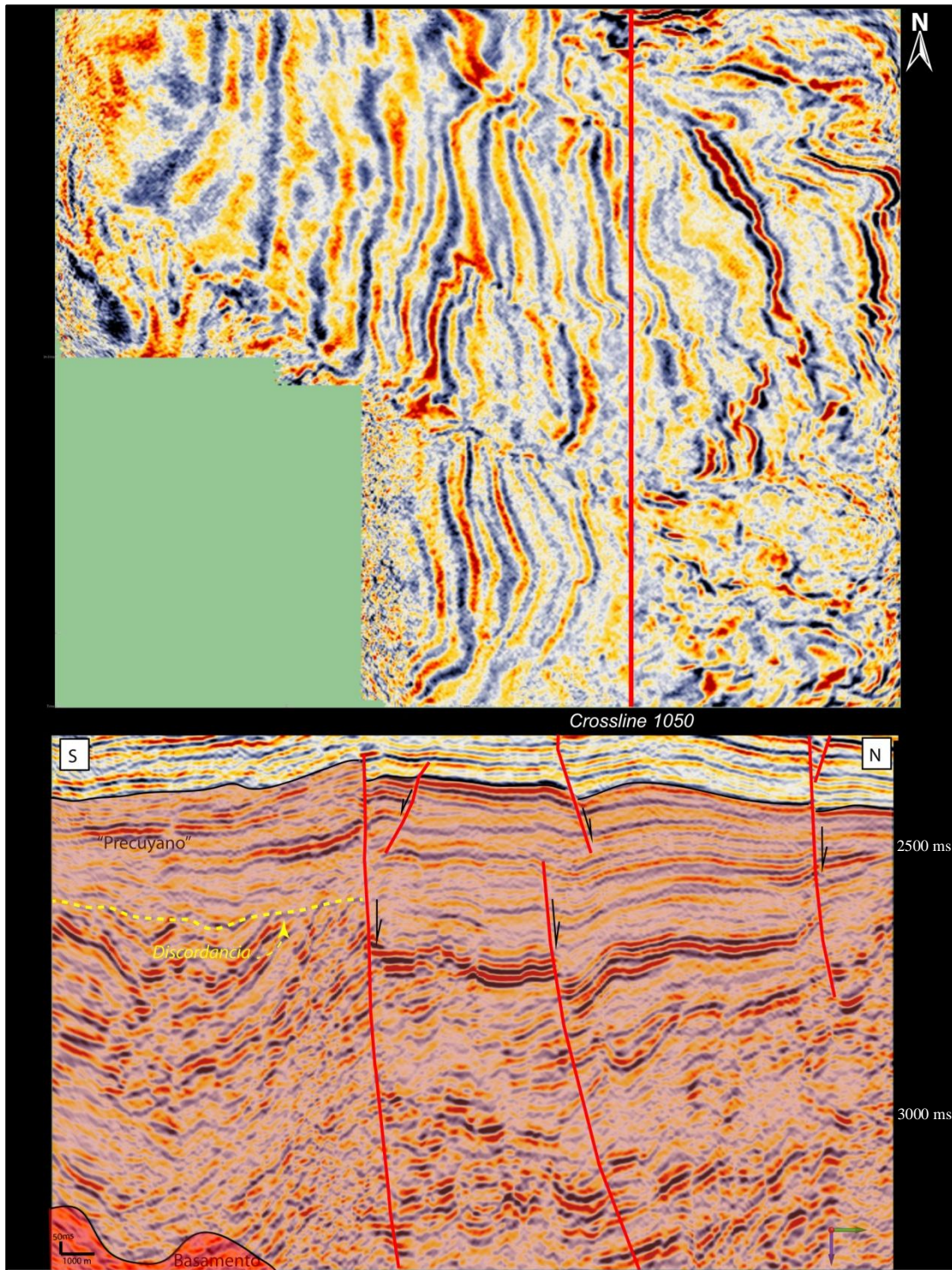


Figura 6.3: Discordancia intraprecuyana desarrollada en el bloque alto de la falla principal.

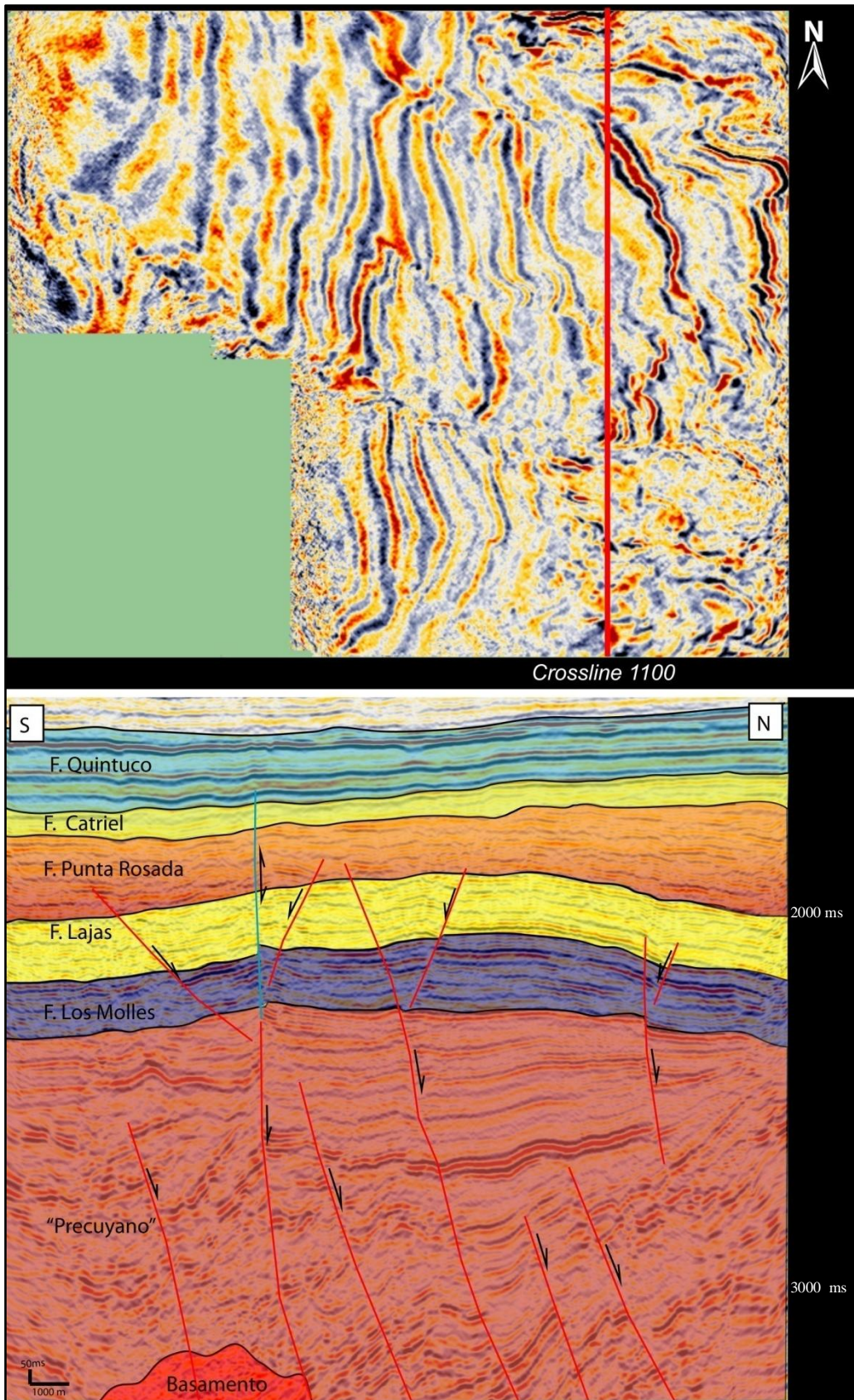


Figura 6.4: Propagación de fallas normales sobre el relleno Cuyano. En rojo fallas de cinemática normal y en celeste fallas invertidas.

Suprayaciendo se reconoce una superficie erosiva generada por parte de los depósitos continentales de la Formación Lajas sobre los depósitos marinos de la Formación Los Molles. El pase entre estas unidades está definido por un reflector discontinuo que implica cierto criterio en el seguimiento durante el picado del mismo (Figura 6.5).

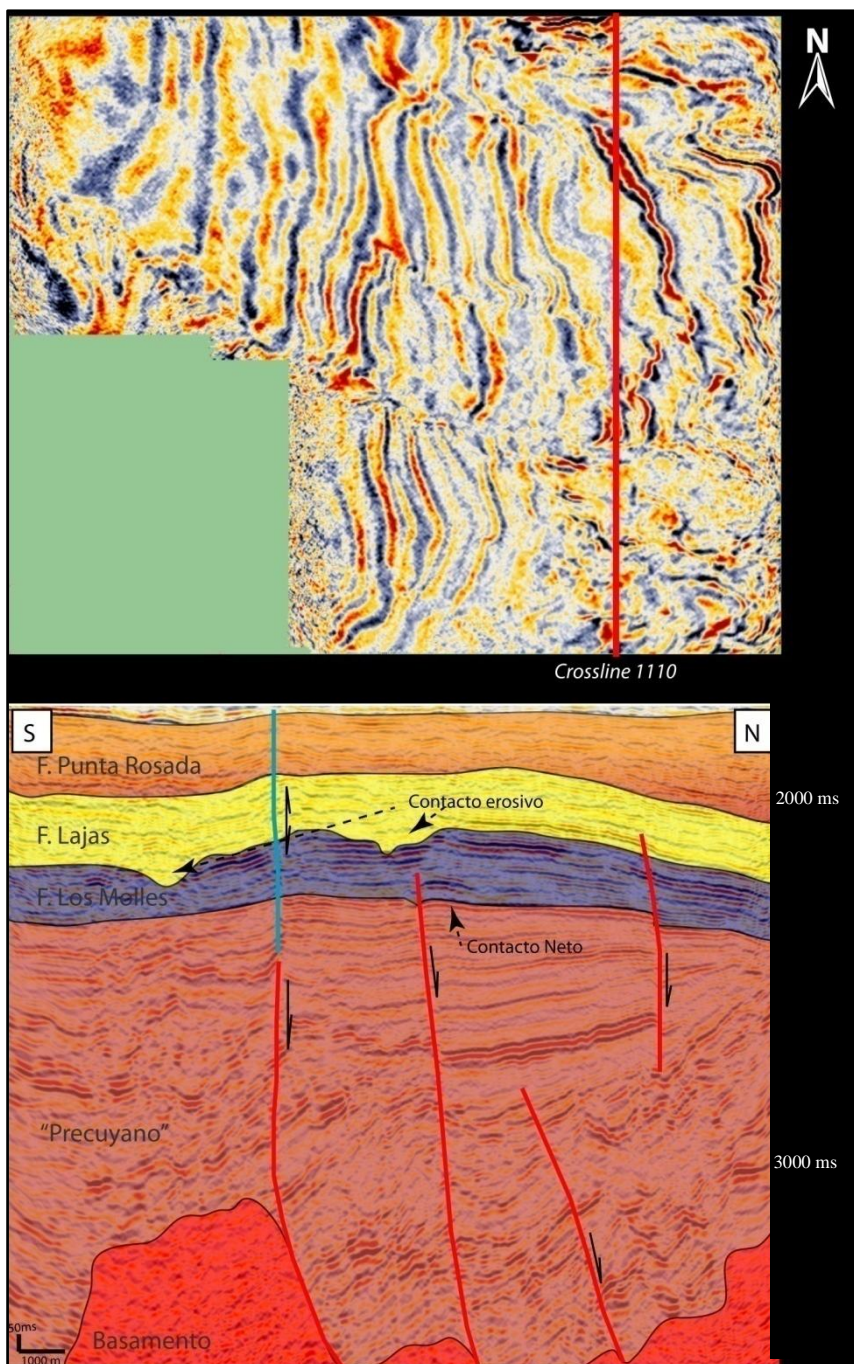


Figura 6.5: Contactos erosivos y netos entre unidades. La mayor superficie erosiva reconocida en el área, es la sección basal de la Formación Lajas sobre el techo de la Formación Los Molles. En cambio el contacto entre el Precuyano y la Formación Los Molles es de tipo neto.

Las sedimentitas de la formación Punta Rosada en algunos sectores se disponen por encima de la formación Lajas en relación de *onlap*, mientras que en otros el contacto es neto (Figura 6.6.)

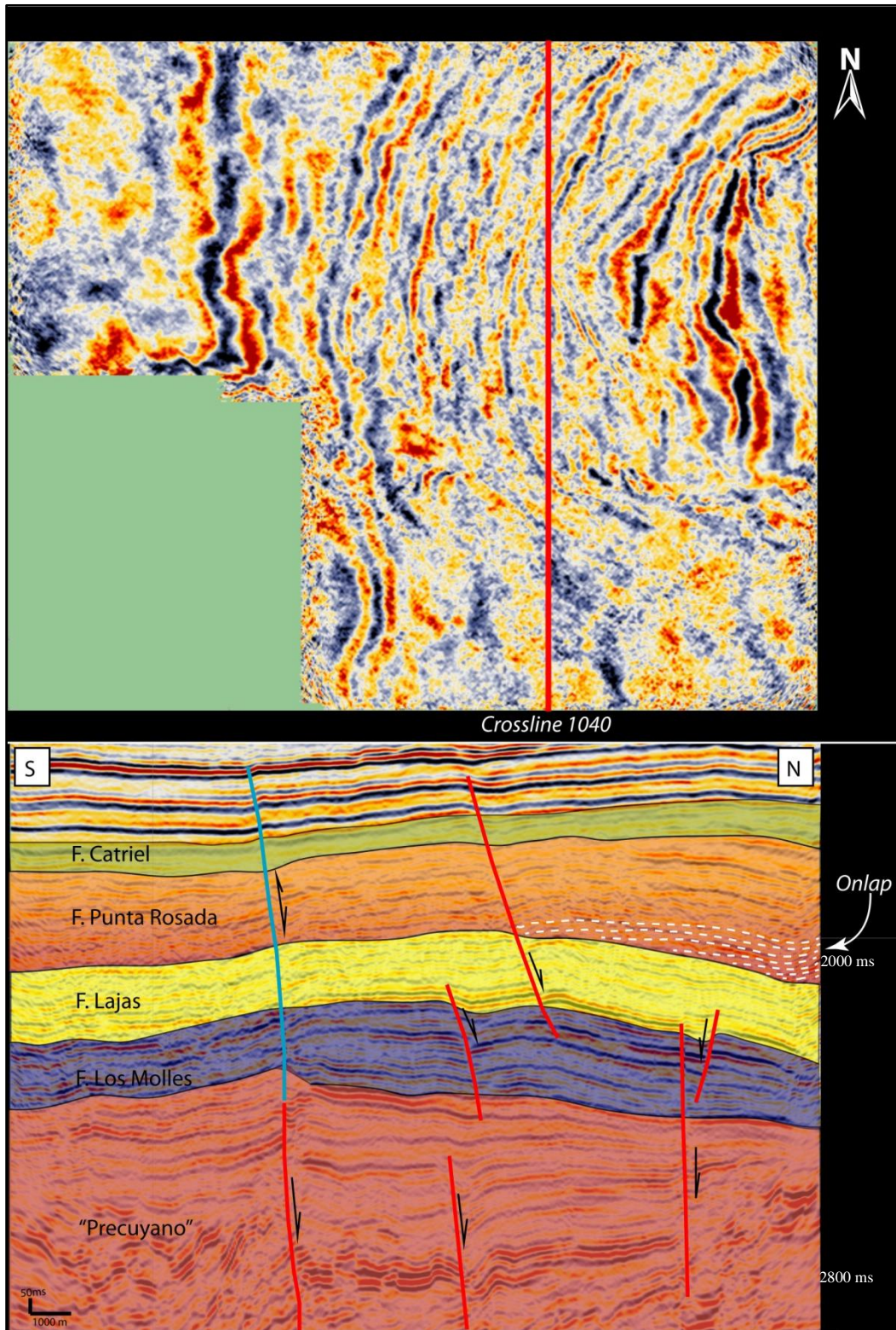


Figura 6.6: Hacia el norte la relación es de *onlap* entre las sedimentitas de la base de la formación Punta Rosada sobre el tope de la formación Lajas. Hacia el sur la relación es neta.

En la cobertura post Grupo Cuyo se reconocen fallas normales de poco rechazo vertical, que no afectan ni establecen controles significativos en la sedimentación, sólo variaciones de espesores menos pronunciados y arreglos subparalelos (Figura 6.7).

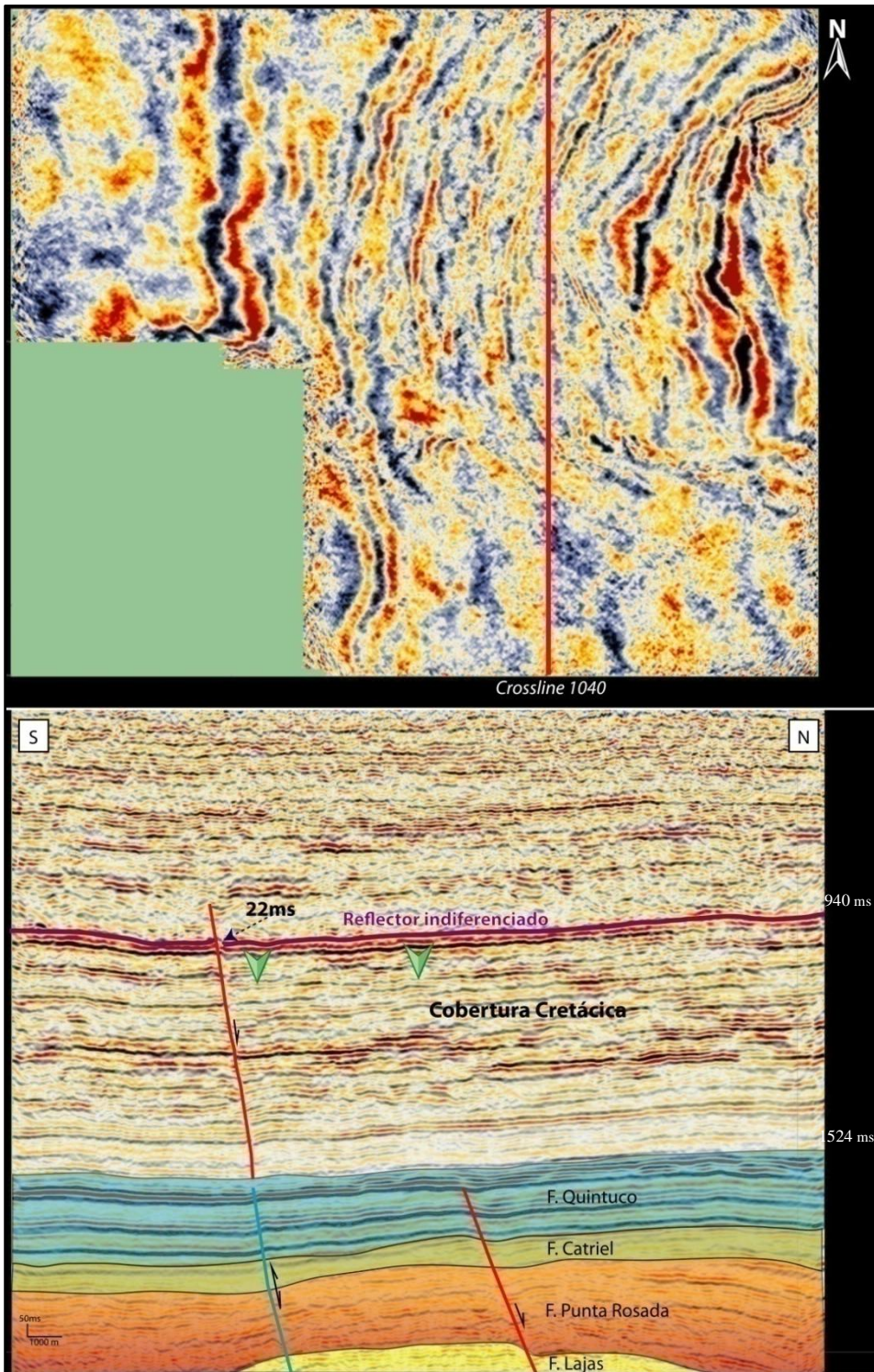


Figura 6.7: Arreglos subparalelos con escasa incidencia tectónica sobre la cobertura Cretácica prevaleciendo el efecto de la subsidencia termal diferencial. Nótese el comportamiento de la falla en el tramo superior y el leve rechazo de la misma. En profundidad el rechazo es notoriamente mayor.

6.2 Interpretación estructural

La zona se encuentra controlada por una falla profunda que afecta el basamento con un rechazo máximo de 830 metros que disminuye progresivamente hacia la cobertura jurásico-cretácica. Es una falla normal de rumbo ONO-ESE y alta inclinación ($>60^\circ$) hacia el NNE que determinó la geometría y espacio de acomodación del hemigraben precuyano (Figura 6.8). En función de esta estructura la zona se divide en bloques norte y sur.

En el bloque norte es común la presencia de pliegues por colapso de tipo *rollover* y la generación de estructuras de tipo anticlinal con sus capas cerrando contra las fallas sintéticas a la estructura principal (Figura 6.9).

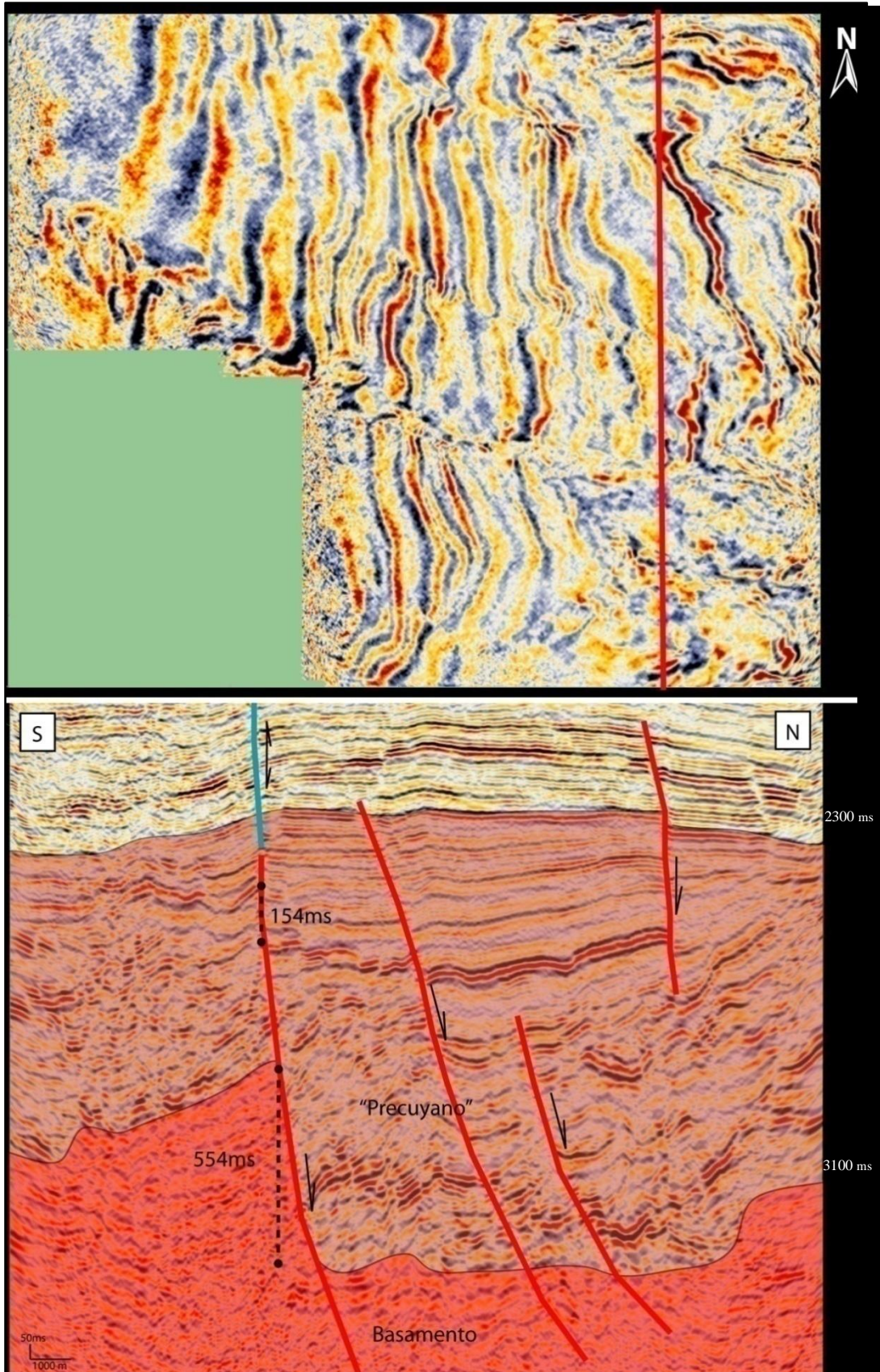


Figura 6.8: Rechazo medido en ms (milisegundos) sobre la falla principal que estructura la zona. Nótese la importante disminución del mismo en el sector superior de la falla. De acuerdo a una ley de velocidad genérica de 3000 ms el rechazo basal es equivalente a 831 metros y el superior a 231 metros.

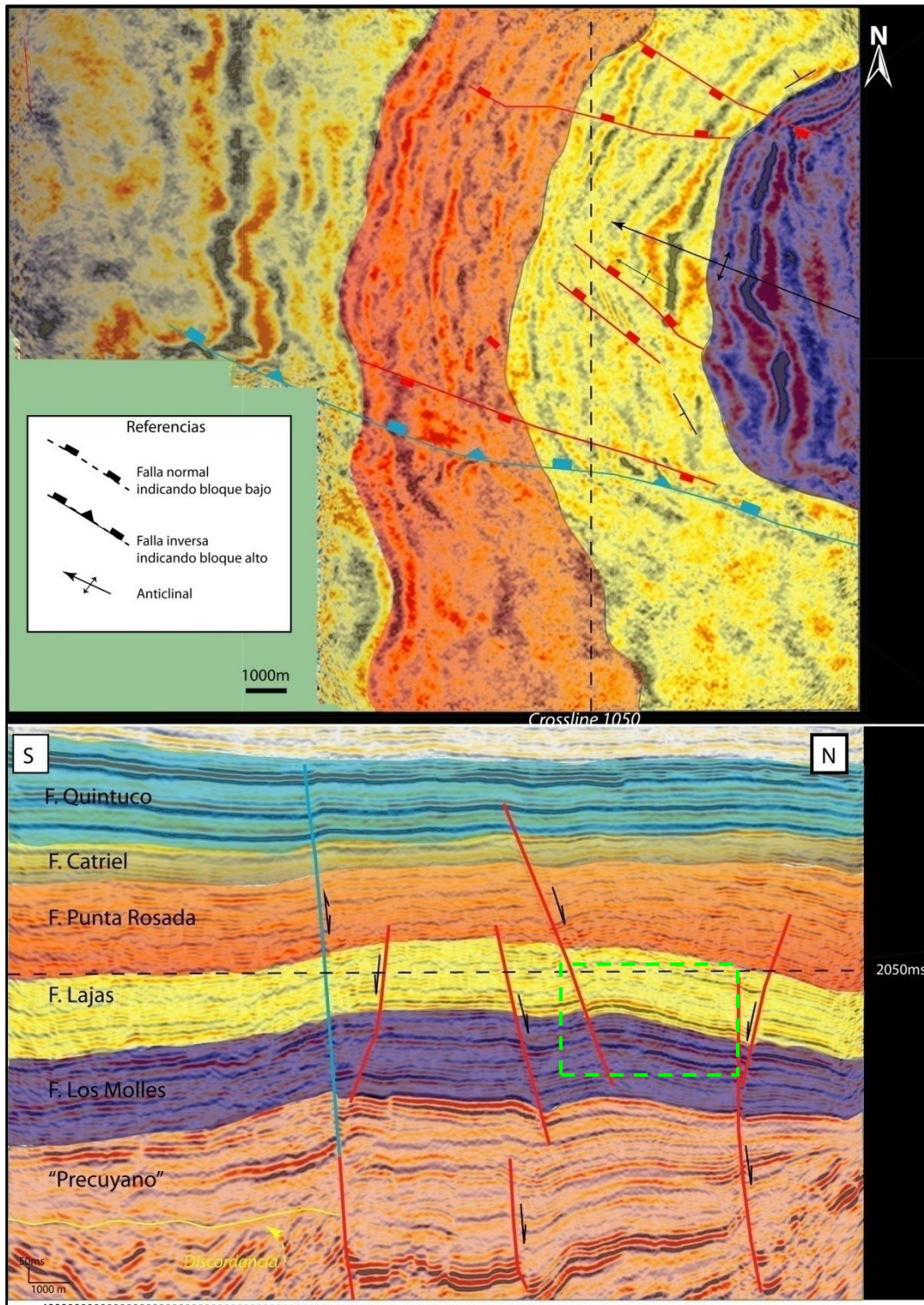


Figura 6.9: a- *Time slice* en el que se visualiza el buzamiento de las capas y el buzamiento nor-noroeste del eje del anticlinal. b- *Crossline* donde se aprecia la generación de anticlinal suave afectando a las formaciones Lajas y Los Molles, vinculado a la inversión de la falla principal que atraviesa el bloque. También se aprecia la generación de pliegues por colapso de tipo *rollover* (recuadro verde).

El bloque sur actúa como un alto de basamento donde la cobertura sedimentaria precuyana y la cobertura basal del Grupo Cuyo es consecuentemente menos espesa, presentando una discordancia intraprecuyana (Figura 6.9) en la que muestra el truncamiento del desarrollo de clinoformas de alto ángulo con inclinación hacia el sureste del bloque.

La estructura principal se encuentra parcialmente invertida, en su tramo medio, a profundidades equivalentes a la sección superior del precuyano y la cobertura cuyana (Figura 6.9 (línea celeste)).

La inversión desarrollada en los tramos superiores de las fallas normales, actuó en forma sincrónica a la depositación de las sedimentitas clásticas del Grupo Cuyo medio a superior (Formaciones Lajas y Punta Rosada). Esto permite explicar la inversión de los focos de sedimentación, con mayores espesores hacia la periferia del depocentro precuyano, alcanzando, con una ley de velocidad de 2800 ms, los 277 ms equivalentes a 389 metros. En cambio en el sector central de la unidad, el espesor alcanza 152 ms equivalentes a 213 metros (Figura 6.10).

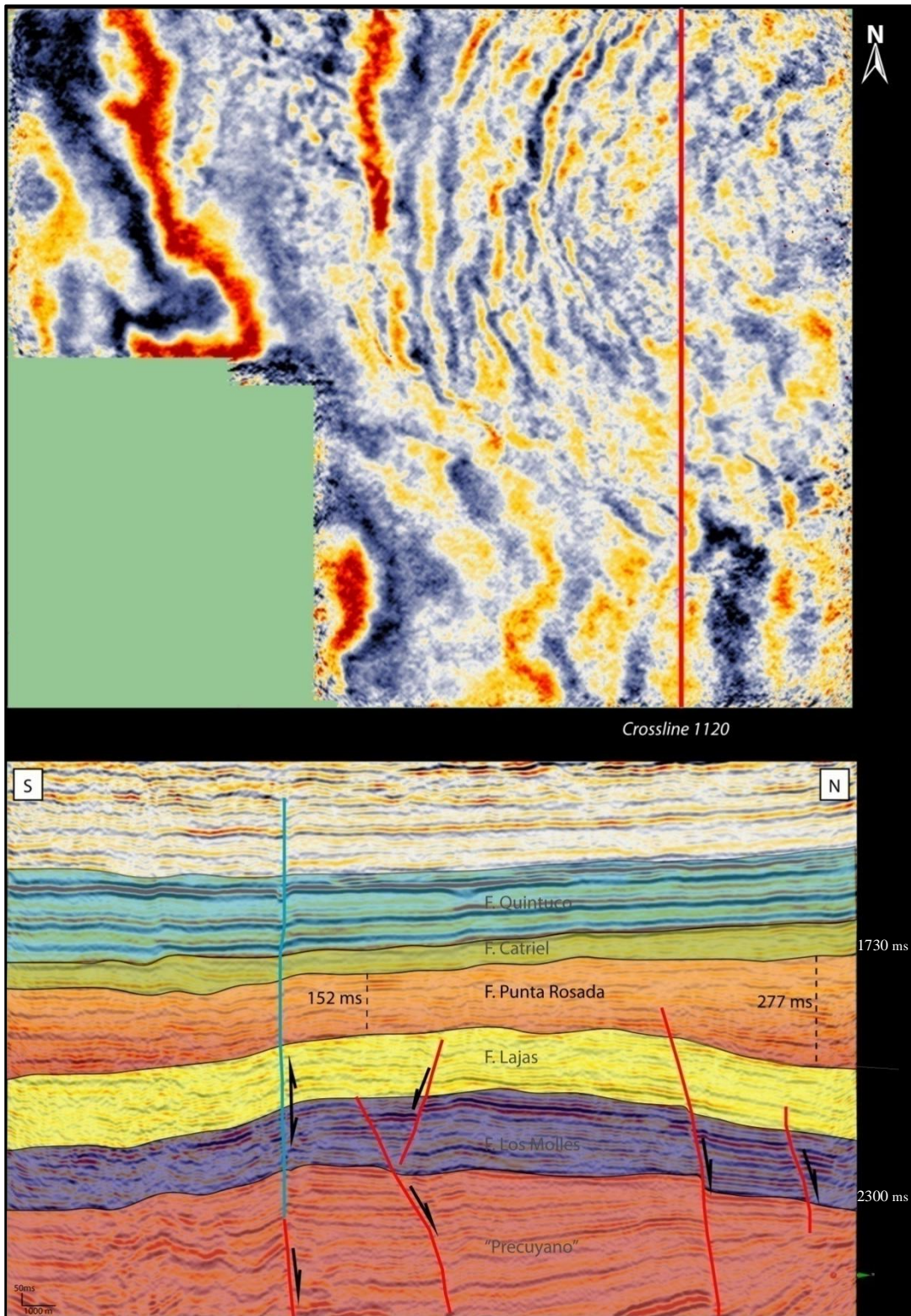


Figura 6.10: Variación de espesor en la Formación Punta Rosada, con aumento del mismo hacia el norte.

6.3 Mapas estructurales

Como se mencionó en el apartado “Picado de reflectores de interés” es posible realizar, una vez concluido el mismo, una serie de mapas estructurales e isopáquicos que nos permiten visualizar las tendencias estructurales y el comportamiento del relleno sobre cada tope formacional.

En el área de estudio, a profundidades del ciclo Precuyano se reconoce una fuerte incidencia de la estructuración Triásica- Jurásica que sufrió la cuenca. En su tope muestra dicha incidencia a través de fallas de cinemática normal con orientaciones NO-SE con mayor desarrollo en el bloque norte del cubo (Figura 6.11).

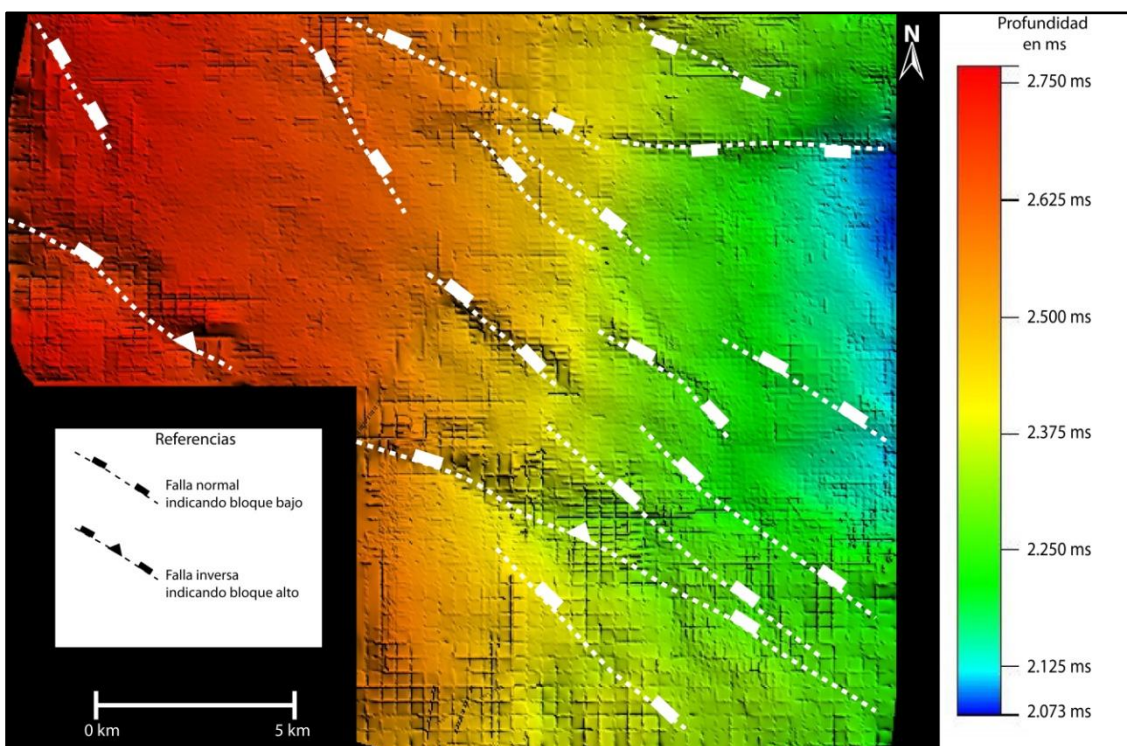


Figura 6.11: Mapa estructural del tope del Precuyano con fallas interpretadas. Nótese la orientación preferencial que muestran los grupos de fallas

En el bloque sur del cubo no se identificaron lineamientos, todas las estructuras se desarrollaron en el depocentro que conforma el hemigraben que atraviesa el área. Midiendo los rumbos de las fallas se confeccionó un diagrama de roseta a través del cual se pretende determinar agrupamientos por familias de estructuras. Los rumbos medidos muestran una dirección preferencial NO-SE, por lo cual no se diferencian familias de estructuras que indiquen orientaciones diferentes (Figura 6.12)

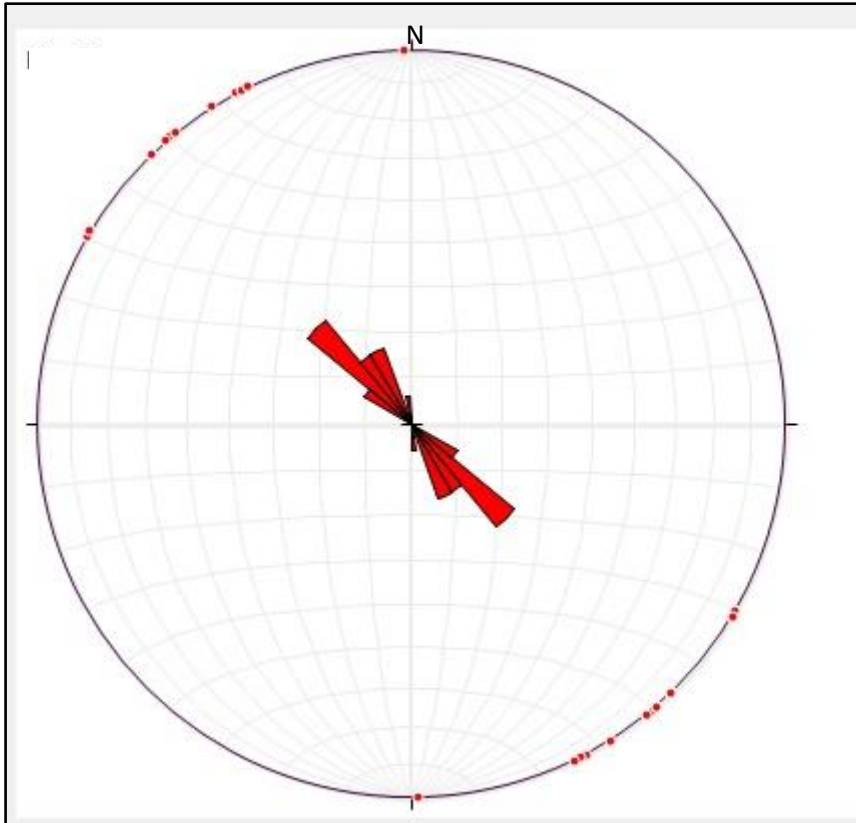


Figura 6.12: Diagrama de roseta de las fallas interpretadas al tope del “Precuyano”, la orientación preferencial es noroeste-sureste.

En cuanto a la pérdida de espesor del bloque, se reconoce que está controlada por un alto de basamento que determina el límite sur del hemigraben (figura 6.10).

Esta estructuración del Precuyano se fundamenta en la actividad tectónica sindeposicional que actuó en el área. Cristallini *et al.* (2009) propone una serie de fallas normales de los depocentros, denominados sistema La Yesera y Estancia Vieja, con orientaciones preferenciales noroeste-sureste con zonas de transferencia noreste que estructuran el área y controlan la sedimentación de la misma.

Para el tope de la Formación Los Molles se reconocen algunas de las estructuras desarrolladas y reconocidas en el Precuyano, esto por efecto de la propagación de fallas mencionado en el apartado anterior. Se midieron los rumbos de las mismas, estableciéndose un comportamiento análogo al del “Precuyano” (Figura 6.13). En este tope formacional se desarrolló un conjunto de estructuras con orientación preferencial noroeste-sureste al igual que en el precuyano, sin embargo en menor cantidad (Figura 6.14).

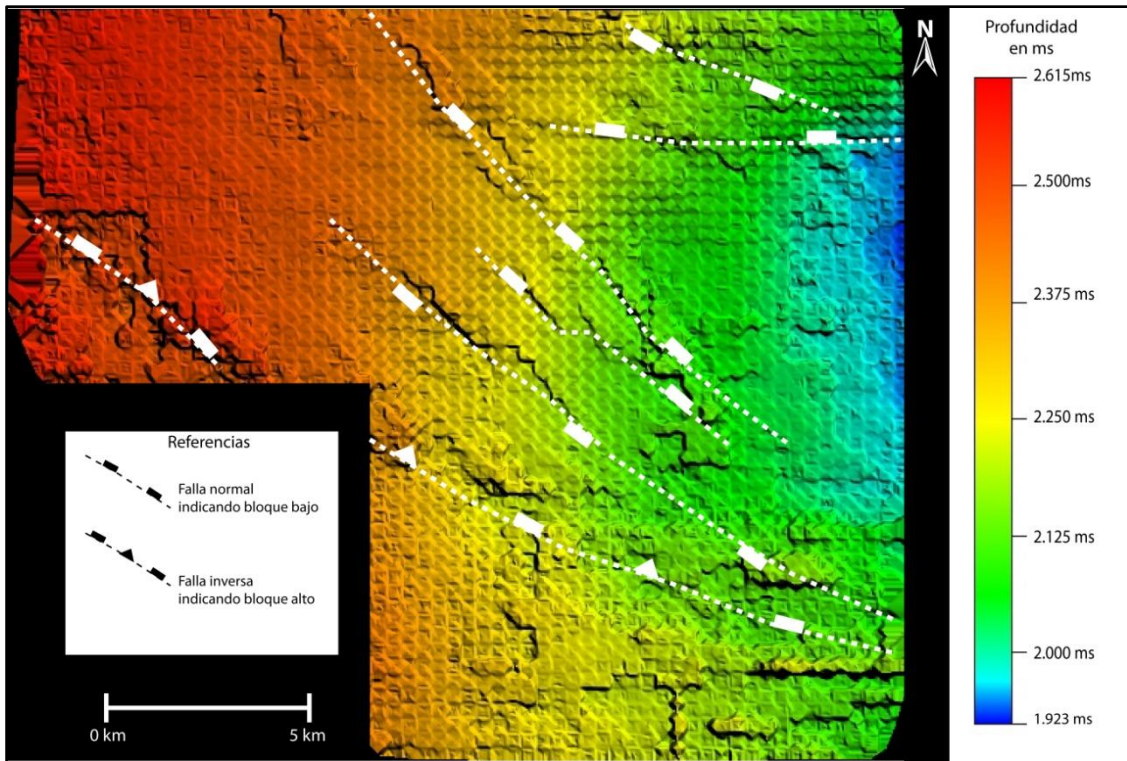


Figura 6.13: a- Mapa estructural al tope de la Formación Los Molles. b- En este caso, por tratarse de una menor cantidad de fallas, se incorpora en la figura el diagrama de rosetas obtenido a partir del ploteo los rumbos medidos de las mismas.

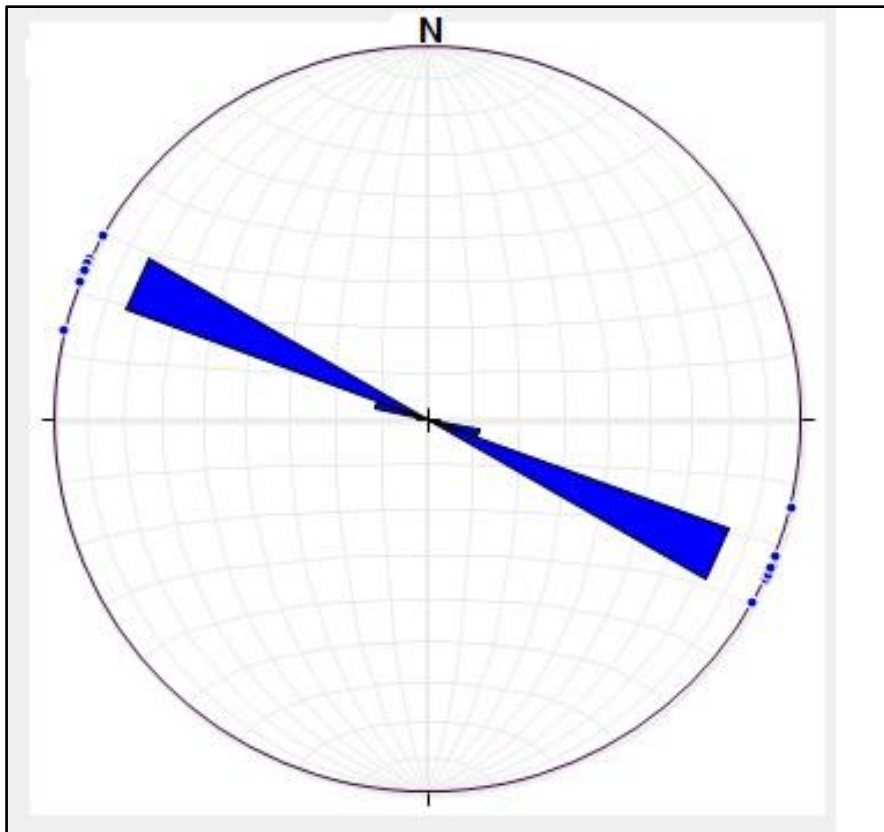


Figura 6.14: Diagrama de roseta de las fallas interpretadas al tope de la Formación Los Molles, la orientación preferencial continúa noroeste-sureste.

Para el tope de la Formación Lajas, la influencia de la estructuración precuyana sigue presente, predominando la orientación noroeste-sureste (Figura 6.15). Sin embargo con menor desarrollo de estructuras, es decir que la propagación de las fallas no es tan evidente para el tiempo de relleno de esta unidad.

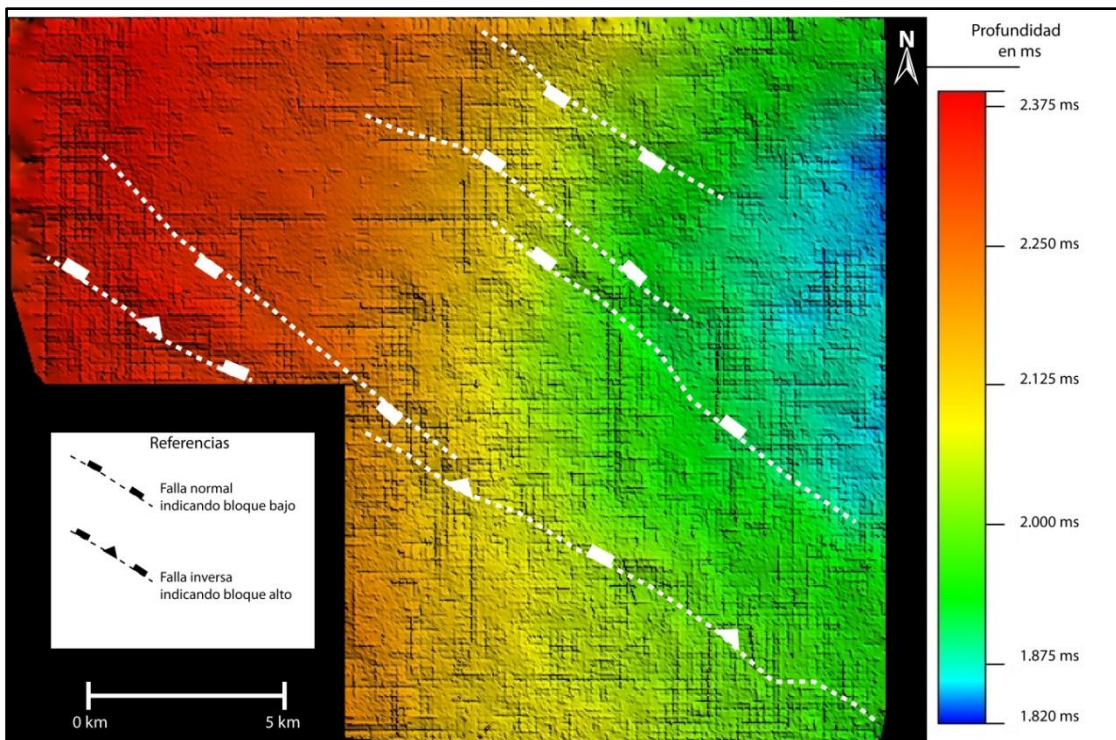


Figura 6.15: Mapa estructural al tope de la Formación Lajas. Nótese el menor desarrollo de estructuras con respecto los topes del Precuyano y Los Mollles.

Posteriormente a la depositación de la Formación Lajas, en la región que abarca el área de estudio se produce un cambio a un régimen compresivo, a partir del cual se invierten antiguas fallas normales, incluyendo a la falla principal que controla el área (Figura 6.16). Por lo tanto, la propagación queda desactivada y se invierte la falla principal en su tramo medio mientras se deposita el relleno de esta unidad.

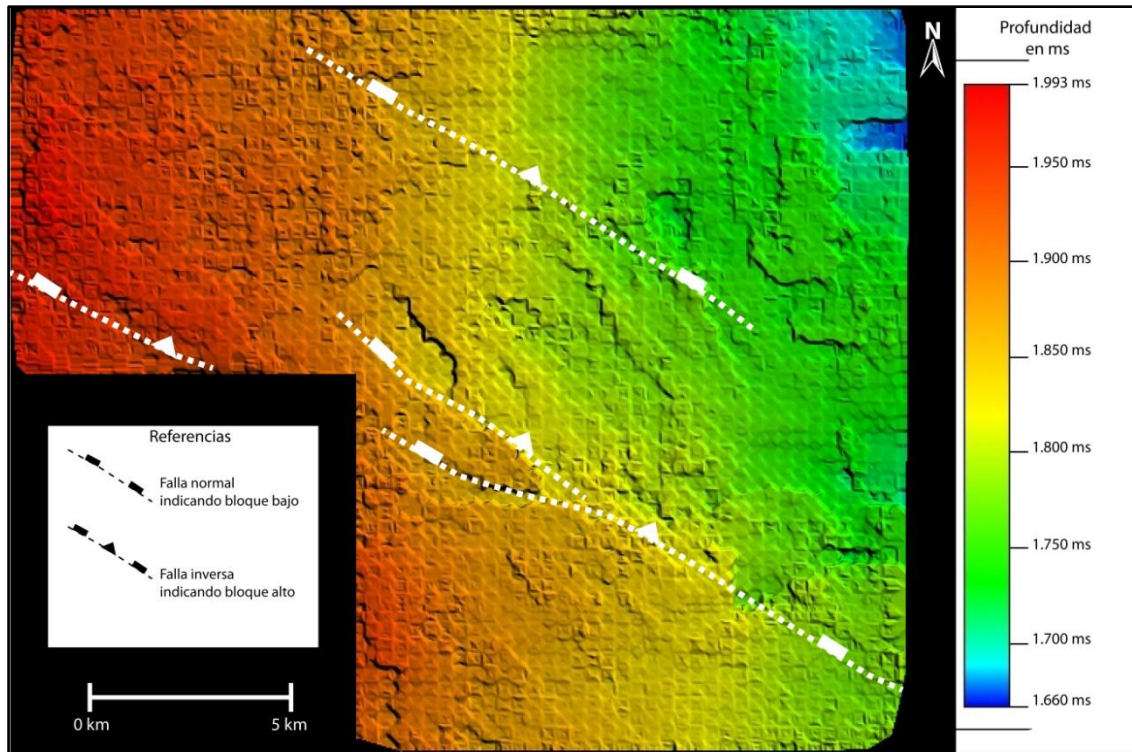


Figura 6.16: Mapa estructural al tope de la Formación Punta Rosada, la depositación de esta unidad fue sincrónica a la inversión de las antiguas fallas normales.

El mapa estructural de la Formación Catriel (Figura 6.17), muestra la escasa incidencia de la estructuración de la zona de estudio, aunque se reconocen algunos lineamientos en la sección analizada en la Figura 6.7 que afectan la unidad pero sin gran incidencia.

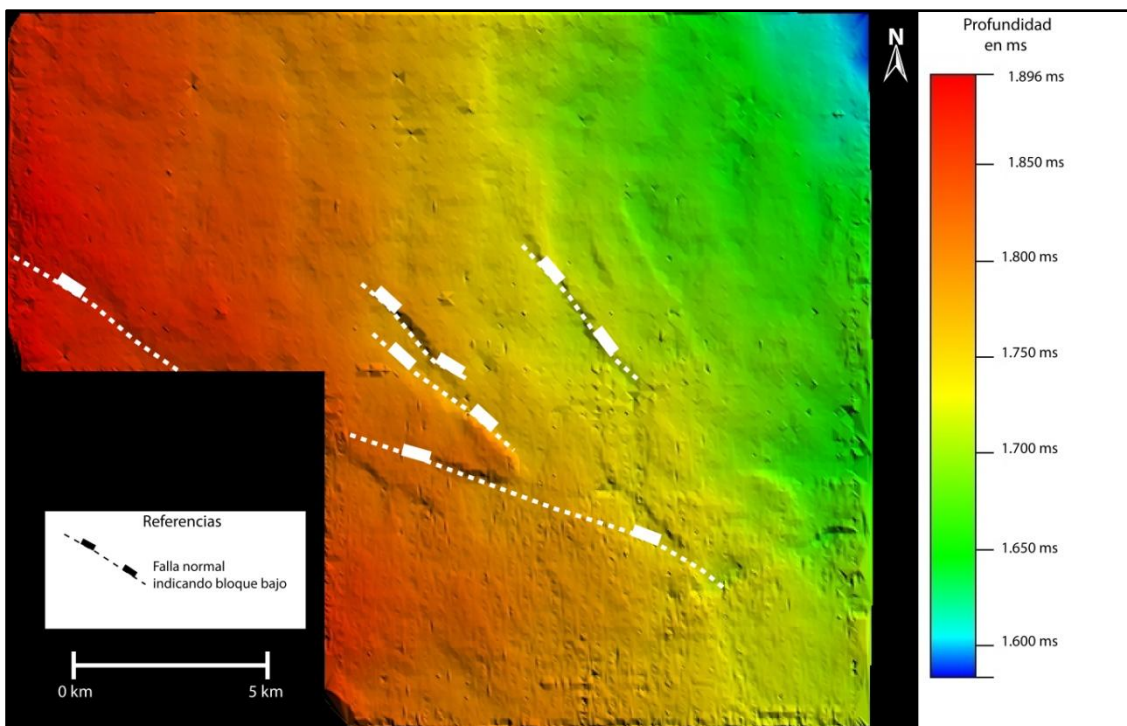


Figura 6.17: Mapa estructural al tope de la Formación Catriel. Nótese la poca incidencia de las estructuras y orientación notablemente prevaeciente noroeste-sureste de las mismas.

Por último, se calculo un mapa estructural para un horizonte intra-quintuco (Figura 6.18). En este horizonte se visualiza una estructuración similar a la desarrollada en el tope de la Formación Catriel, manteniendo arreglos subparalelos de sus capas, visualizadas en la sección analizada en la Figura 6.7, a causa de la paleosuperficie desarrollada al tope de Catriel.

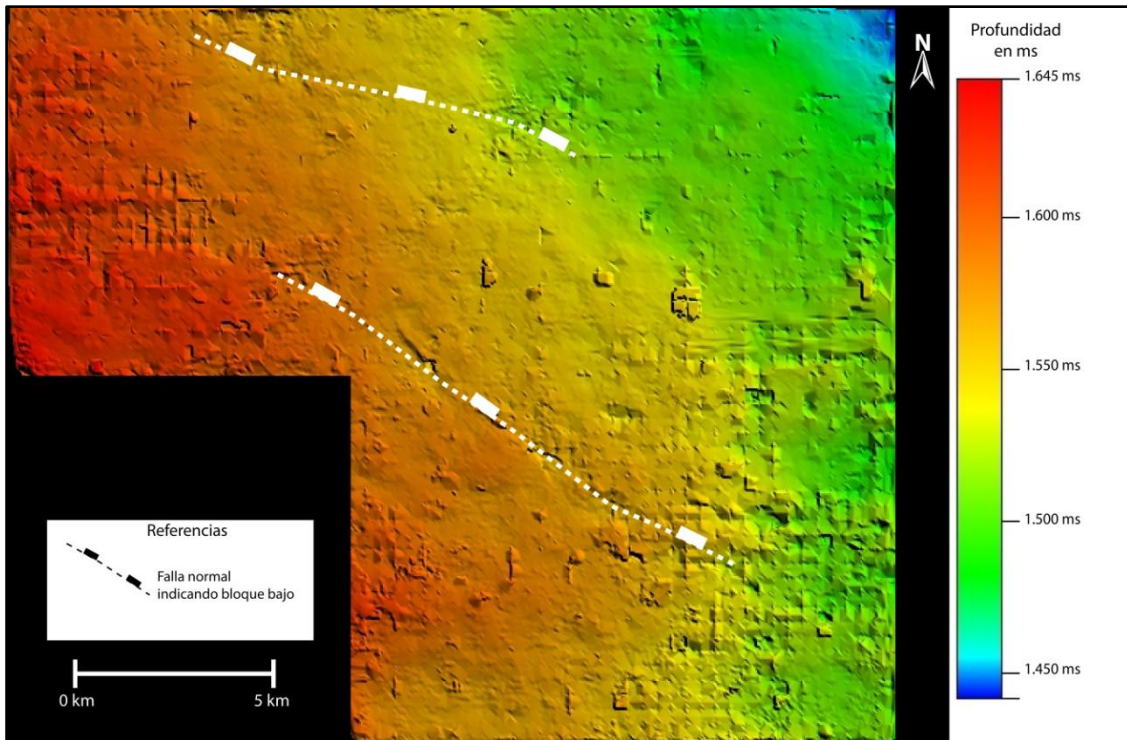


Figura 6.18: Mapa estructural al tope de la Formación Quintuco. Nótese la poca incidencia de la estructuración desarrollada en las unidades infrayacentes y la ausencia de la falla principal que controla el área de estudio.

En cuanto a las orientaciones preferenciales de las estructuras reconocidas en los topos de las formaciones Lajas, Punta Rosada, Catriel y Quintuco las mismas se mantienen noroeste-sureste. Notoriamente es menor la propagación de las mismas hacia las unidades más jóvenes (Figura 6.19).

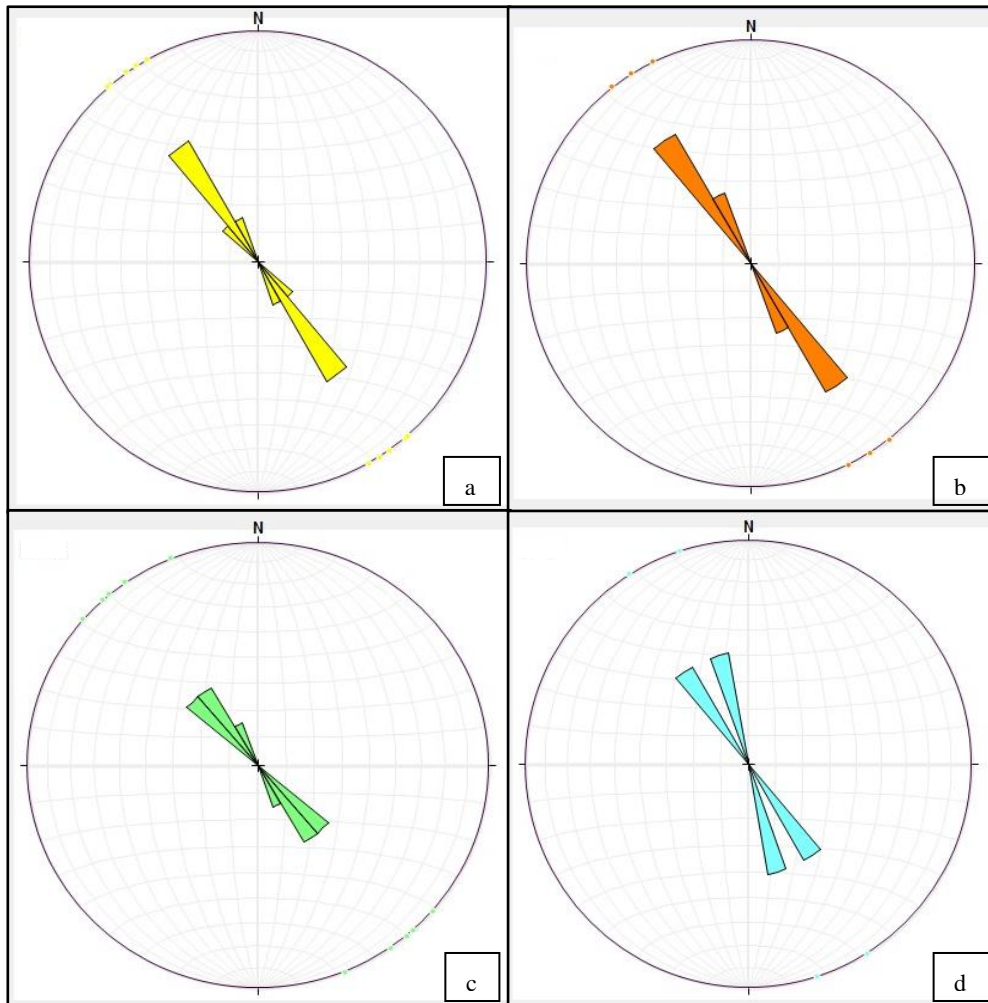


Figura 6.19: Diagramas de rosetas a,b,c,y d, correspondientes a las fallas medidas en las formaciones Lajas, Punta Rosada, Catriel y Quintuco respectivamente. Nótese como se mantiene la orientación preferencial de las estructuras y como disminuye la cantidad hacia unidades más jóvenes.

6.4 Mapas Isopáquicos

Se confeccionaron mapas isopáquicos de las diferentes unidades interpretadas, a fin de visualizar las variaciones de espesor que se registran en los diferentes momentos de sedimentación en la zona de estudio.

Los sedimentos marinos de la Formación Los Molles muestran una variación de espesor con una clara disminución hacia el bloque sur manteniendo los mayores espesores en el bloque norte que se corresponde con el depocentro del hemigraben que controla la zona (Figura 6.20).

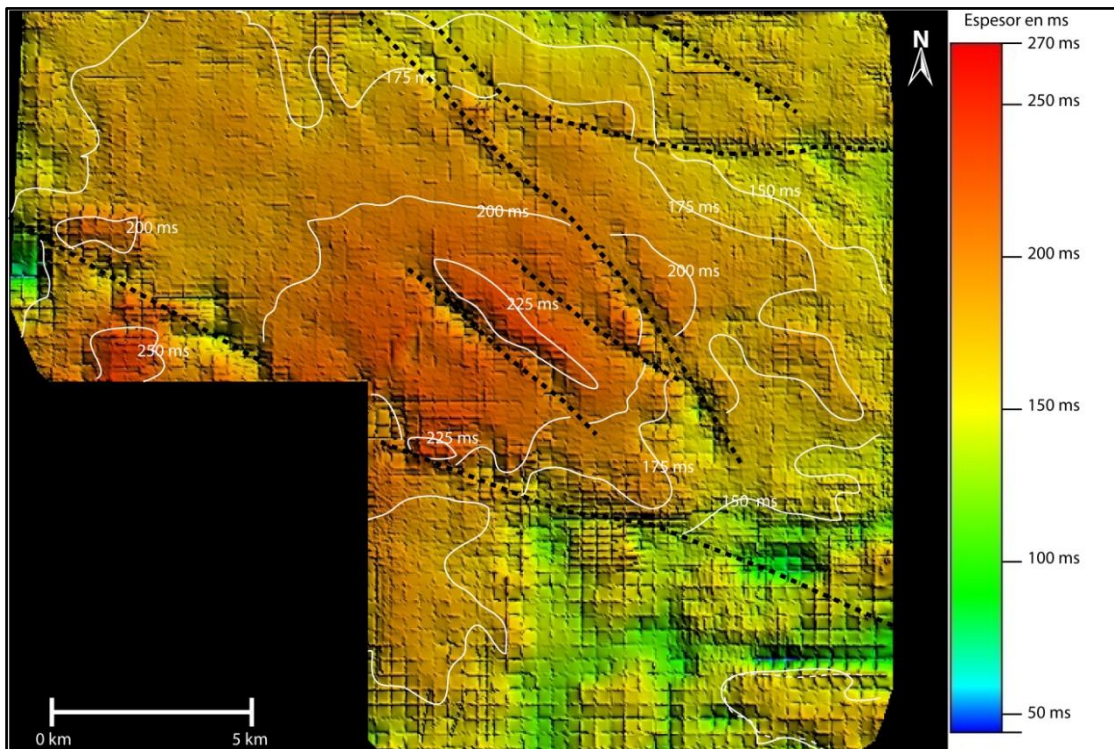


Figura 6.20: a) Mapa Isopáquico de la Formación Los Molles. Nótese la zona de mayor espesor ubicada en el depocentro precuyano y la abrupta variación de espesor que se registra en el bloque sur.

Hacia el tope de la Formación Lajas los lineamientos no son tan abundantes, sin embargo los controles estructurales se evidencian en el relleno de la misma, comportándose de manera análoga a las unidades antes analizadas.

Se realizó un mapa isopáquico para el tope de esta unidad y las variaciones de espesor se mantienen, siendo menos pronunciadas las diferencias entre los boques analizados dentro del cubo (Figura 6.21). Notoriamente se evidencia que el área, para tiempos de la depositación de esta unidad, sufre una inversión de los focos de sedimentación siendo menos espesa hacia el este (periferia del área).

Esta inversión se refleja en la Figura (6.10), donde se aprecia que el espacio generado es ocupado por los depósitos de la Formación Punta Rosada.

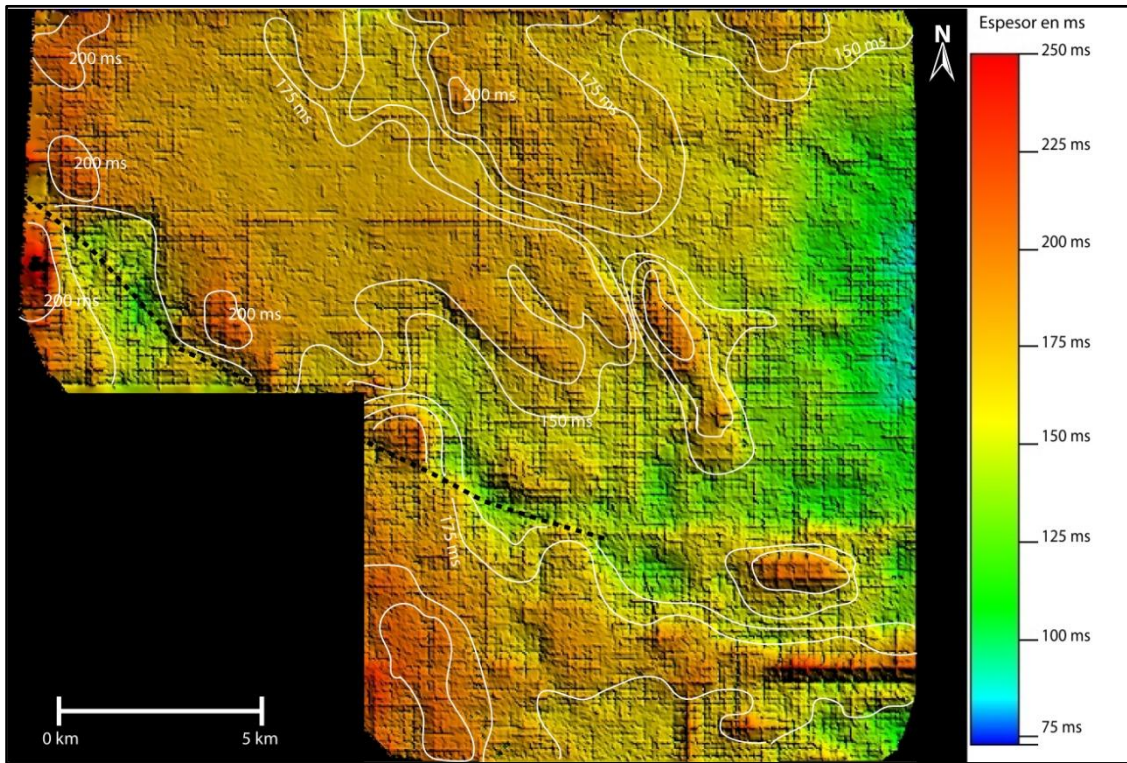


Figura 6.21: Mapa Isopáquico al tope de la Formación Lajas. Nótese que la variación de espesor entre el bloque norte y sur del cubo no es tan pronunciada.

Para el resto de las unidades analizadas el relleno se comporta similar a Lajas, con marcadas variaciones de espesor y en particular en la Formación Punta Rosada que presenta el mayor espesor hacia el oeste, que alcanza los 400 ms (Figura 6.22).

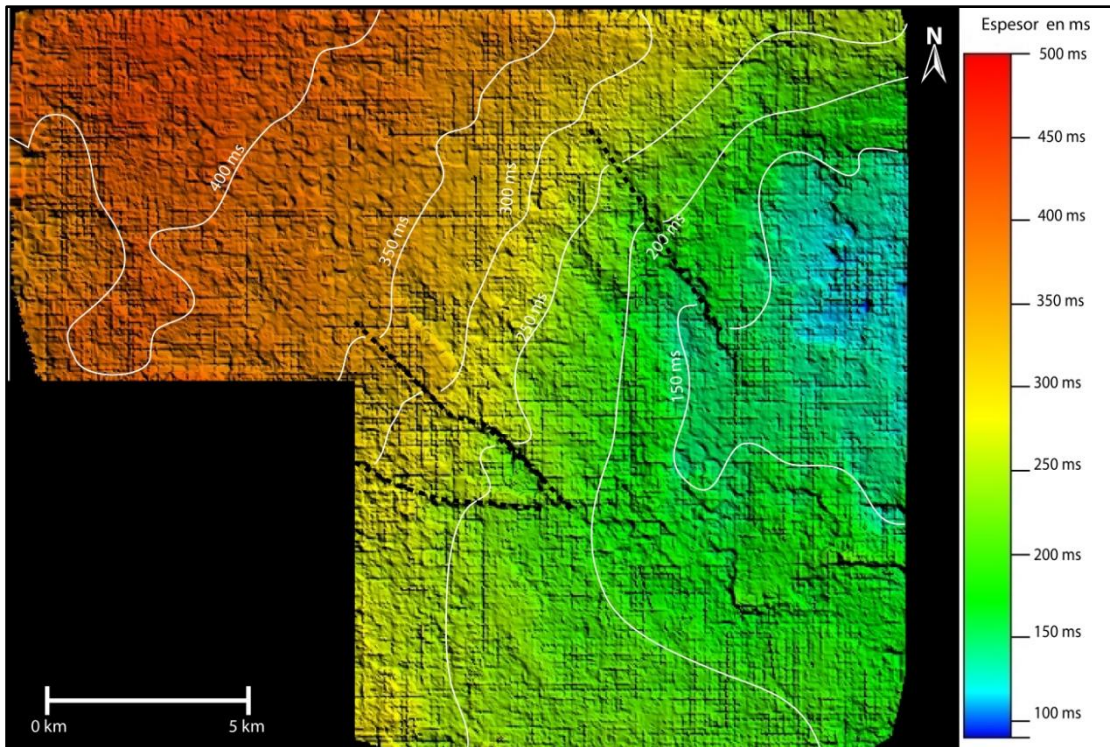


Figura 6.22: Mapa isopáquico de la Formación Punta Rosada. Los mayores espesores registrados se ubican hacia el oeste-noroeste del área.

Hacia el tope de la Formación Catriel las variaciones de espesor no son tan marcadas, manteniendo su espesor a lo largo de todo el cubo, presentando una pequeña reducción de espesor localizada en el sector del depocentro del hemigraben que controla la zona (Figura 6.23).

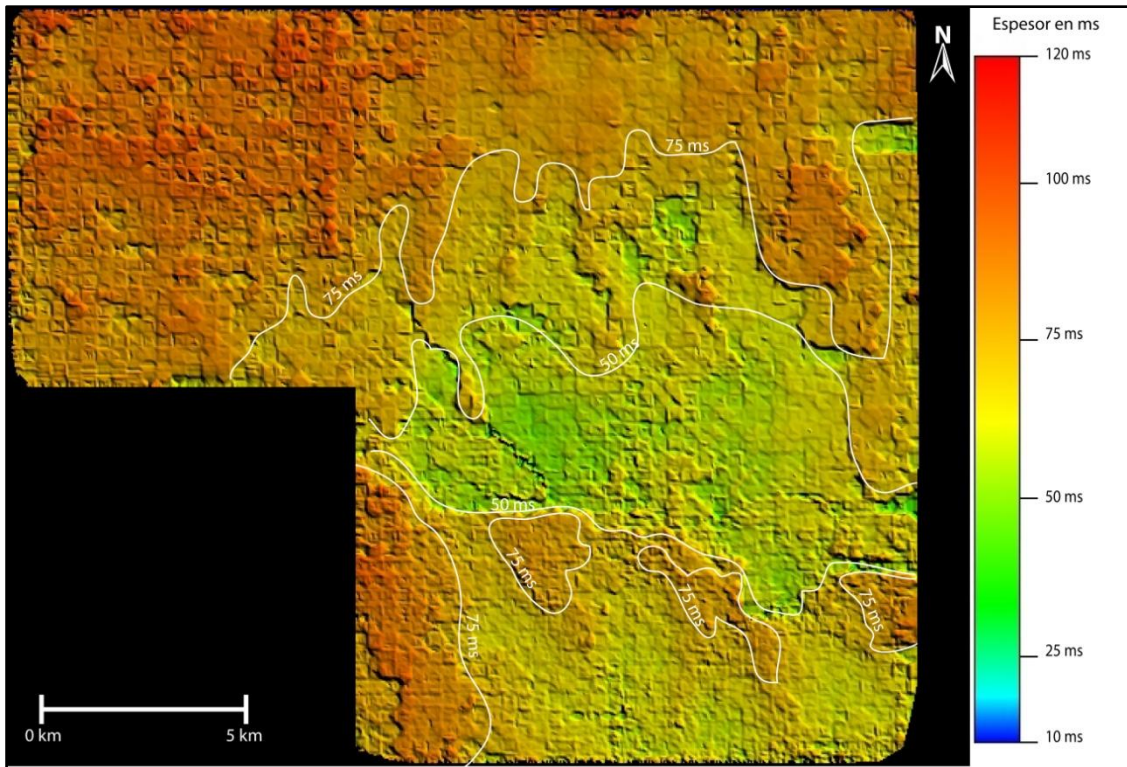


Figura 6.23: Mapa isopáquico de la Formación Catriel. Nótese la escasa variación de espesor que presenta la unidad, en el orden de los 25 m equivalentes a unos 37 ms, y como retoma levemente el antiguo depocentro del hemigraben que controla la zona.

Hacia el tope de la Formación Quintuco se reconoce una reducción de espesor, alcanzando 150 ms, en el bloque norte con respecto al bloque sur, es decir que el foco de sedimentación sufre una nueva variación alcanzando espesores máximos hacia el SSO de más de 250 ms (Figura 6.24)

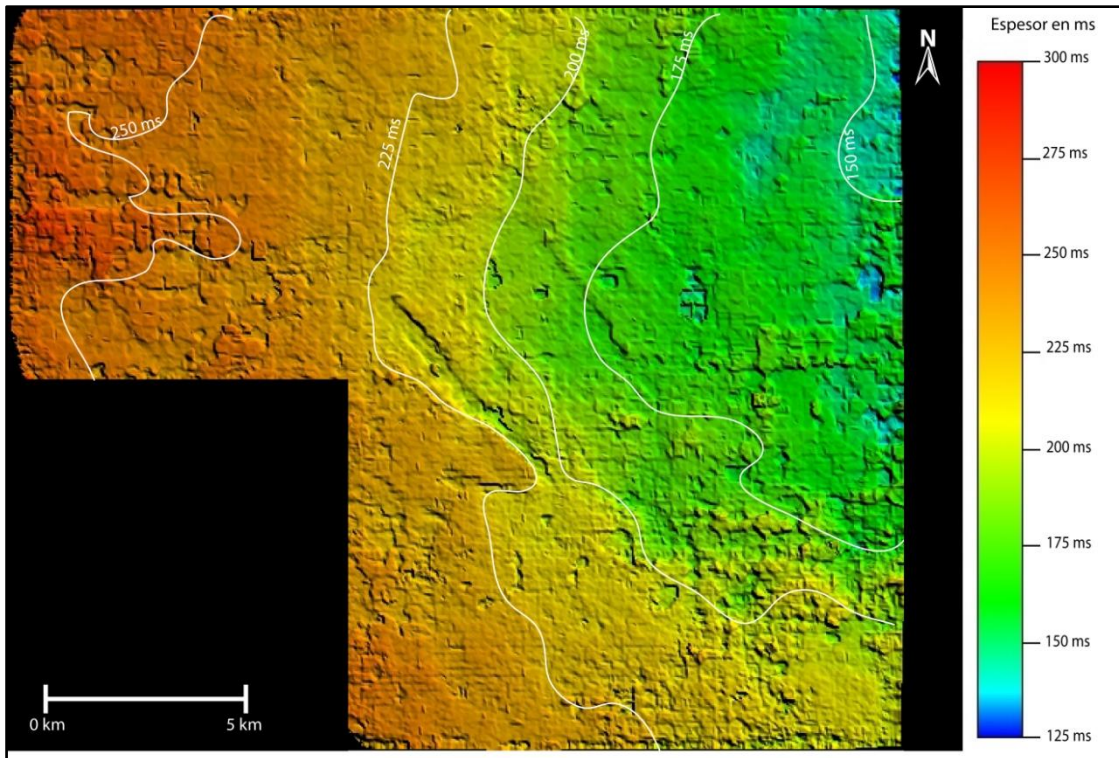


Figura 6.24: Mapa isopáquico de la Formación Quintuco (horizonte intra-quintuco). Nótese como comienza a configurarse nuevamente el depocentro hacia el oeste.

7- SISTEMA PETROLERO

7.1 Introducción

El sistema petrolero es descrito por Magoon y Dow (1994) como un “sistema” en el que existe una interdependencia entre los elementos esenciales: roca generadora, reservorio, sello y los procesos: formación de trampa, migración y acumulación de hidrocarburos. Todo el sistema debe evolucionar de acuerdo a un marco temporal apropiado.

Y “petrolero”, refiriéndose a las altas concentraciones de hidrocarburos en reservorios convencionales, no convencionales y fracturados.

Cada uno de estos elementos puede resumirse según:

1. *Roca generadora o madre* se refiere a rocas sedimentarias con alto contenido de materia orgánica (pelitas, carbonáticas).

2. *Roca reservorio* se refiere a rocas porosas y permeables; sedimentarias por excelencia como las areniscas y los carbonatos; rocas naturalmente fracturadas, no convencionales, estos últimos se refieren a reservorios donde se emplea tecnología de avanzada para producir hidrocarburos, debido a las propiedades petrofísicas de la roca (escasa porosidad y permeabilidad, etc.).

3. *Roca sello* se refiere a rocas impermeables en general; pelitas y evaporitas por excelencia; carbonatos; ígneas extrusivas.

En cuanto a los procesos involucrados, se los puede agrupar según:

1. *Trampa* se refiere a la configuración geométrica que impide que los hidrocarburos sigan migrando hacia la superficie. No siempre presente en los reservorios no convencionales.

2. *Generación* se refiere a la transformación de la materia orgánica en hidrocarburos.

3. *Migración* se refiere al movimiento del hidrocarburo desde la roca generadora hacia la roca reservorio a través de planos de fallas, discordancias, roca reservorio, etc. No siempre presente en los reservorios no convencionales.

4. *Acumulación- Preservación* se refiere a donde se aculan y preservan los hidrocarburos a lo largo del tiempo geológico, reservorios convencionales, no convencionales y fracturados.

7.2 Sistema petrolero en el área de estudio

En este apartado fueron considerados los trabajos de Villar *et al.* (2005), Límeres *et al.* (2005) y Legarreta *et al.* (2008 y 2012); donde se describen los componentes del sistema petrolero del área aledaña Loma Negra y el yacimiento Estancia Vieja ubicado algo más al noreste del área estudiada. Integrando información de un informe inédito de análisis geoquímico de muestras con hidrocarburos del pozo CAPEX.RN.LP x-1001 perforado en el sector centro-oriental del área Lago Pellegrini, sector que abarca la sísmica 3D del cubo CNQ-32, para establecer la viabilidad de la existencia de hidrocarburos en las rocas reservorio en el área.

Las áreas Sur de la Dorsal y la Dorsal de Huincul representan un desafío para entender la distribución de diferentes petróleos originados ya sea a partir de facies generadoras marinas altamente anóxicas de Vaca Muerta, conteniendo querógenos de tipo II ricos en azufre y madurez térmica limitada, o de lutitas de Los Molles conteniendo querógenos II/III y madurez térmica moderada (Villar *et al.*, 2005).

Villar *et al.* (2005) han descripto cinco sistemas petroleros productivos a lo largo de una transecta que involucra el sur de la Dorsal, la Dorsal y el Norte de la Dorsal (Figura 6.1). Estos autores aluden que la complejidad que presentan estos sistemas petroleros del área está asociada a la presencia de este rasgo morfoestructural (descripto en el capítulo Estructura).

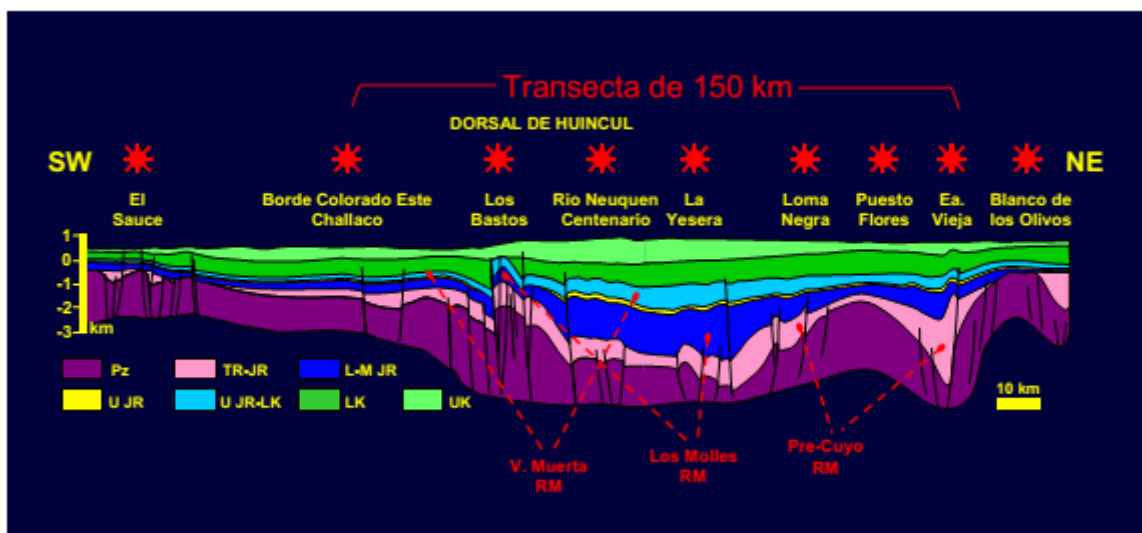


Figura 6.1: Ámbitos y localidades a lo largo de una transecta de 150 Km con identificación de la roca madre involucrada en cada sistema petrolero. En el presente estudio se analizan las características desarrolladas en en las áreas de Loma Negra y Estancia Vieja (tomada de Villar *et al.*, 2005).

A continuación se describen cada componente de los sistemas petroleros desarrollados en sectores aledaños al área de estudio.

7.2.1 Roca madre

El área que comprende la zona de estudio posee un alto potencial de explotación de hidrocarburos, desarrollada sobre hemigrabenes producto de los esfuerzos distensivos del Triásico Superior-Jurásico Inferior.

Se reconocieron por lo menos dos sistemas petroleros identificados en el bloque aledaño, yacimiento Loma Negra, uno con rocas generadoras correspondientes a pelitas marinas de la Formación Los Molles con reservorios productivos ubicados en las formaciones Lajas medio-superior y Punta Rosada (Limeres *et al.* 2005) y otro con rocas generadoras correspondientes a pelitas lacustres del Ciclo Precuyano ubicadas en su nivel inferior con reservorios en los niveles clásticos del Precuyano Superior y Formación Lajas Inferior.

Este último sistema se ubica en los conglomerados y areniscas asociados con trampas estructurales y combinadas desarrolladas en el mismo Ciclo Precuyano. Se trata de petróleos poco migrados que, aunque generados en profundidades significativas del orden de los 3.000-4.000 metros, portan niveles de madurez térmica limitados, controlada por el flujo térmico particularmente bajo del área (Legarreta *et al.* 2008). Los hidrocarburos alojados en Lajas Superior y Punta Rosada difieren en el origen y provienen de niveles típicamente marinos de la Formación Los Molles de una cocina cercana (Distrito Huincul según Legarreta *et al.* (2008)).

Para la zona de Estancia Vieja el hidrocarburo, luego de una escasa migración lateral, de alojó en la Formación Punta Rosada en trampas de tipo anticlinal producto de la inversión tectónica parcial de hemigrábenes. Se trata de un petróleo generado en sistemas lacustres de alta salinidad y fuerte participación carbonática. Con niveles de maduración térmica variable.

Si bien se reconocen los sistemas petroleros precuyanos en el área, en la zona estudiada las profundidades alcanzadas documentan la sección superior del Ciclo Precuyano, por lo que las pelitas lacustres generadoras descritas para los bloques aledaños, aquí son ajenas debido a que se desconoce con precisión qué tipo de relleno está presente en la sección inferior del hemigraben que estructura al cubo CNQ-32.

En cuanto al área de estudio, sobre el pozo CAPEX. RN.LP x-1001 se realizaron análisis geoquímicos de muestras de hidrocarburos. Dichos análisis revelan para el *play*: Los Molles–Lajas, que la impronta genética del hidrocarburo presente se corresponde con un querógeno de tipo III/II evidentemente de origen marino con mezcla continental. Sin embargo las condiciones del hidrocarburo muestreado acusan, según el informe, condiciones desfavorables de depositación, evidenciada en la falta de correlación de las variables de COT y S₂, que sugieren algún tipo de alteración secundaria de las propiedades orgánicas tales como la oxidación en el ambiente de depositación (Vaz dos Santos Neto *et al.* 2003).

7.2.2 Reservorios

Dentro de la cuenca Neuquina existen muchas formaciones que se constituyen como reservorios y *carriers* de hidrocarburos. En particular en la zona de estudio se han reconocido dos unidades tanto para la acumulación como para el transporte de hidrocarburos, estas formaciones son Lajas y Punta Rosada y una tercera que se comporta como roca generadora en su base y reservorio en su sector superior, que se corresponde con el “Precuyano”.

Ciclo Precuyano

Limeres *et al.*, (2005) diferenciaron, en el ámbito del yacimiento Loma Negra, dos secciones, el Precuyano Inferior y el Precuyano Superior respectivamente. El primero de ellos está constituido por pelitas lacustres, entre las que se intercalan, principalmente en la parte media e inferior, sedimentitas tobáceas y rocas ígneas. Por su parte el Precuyano superior es donde se encuentran los niveles reservorio. Se trata de areniscas y conglomerados en secuencias granocrecientes de 15 a 25 metros de espesor. Cada una de estas secuencias está separada por paquetes de pelitas grises y castaño claro. Conforman depósitos de abanico aluvial distal que gradan a depósitos lacustres someros. Por lo general estos depósitos rellenan hemigrábenes generados en la etapa de *rift*. En el área estudiada, según registros litológicos del pozo LP.x-1001, esta unidad en su tramo superior esta compuesta por tobas, rocas ígneas, areniscas y limoarcilitas calcáreas gris oscuro.

Formación Lajas

Está constituida por tres secciones: 1) inferior arcillosa, 2) media arenosa y 3) superior arcillosa. La sección inferior está compuesta por areniscas arcillosas y limonitas de muy pobres condiciones petrofísicas. En algunos pozos se han observado finas intercalaciones de areniscas finas a medianas con buenas condiciones petrofísicas.

La sección media, denominada informalmente como lajas reservorio, está constituida por secuencias granocrecientes de areniscas medianas a gruesas gris blanquecinas, las que han sido interpretadas como depositadas en un medio marino marginal, en el que se pueden reconocer facies de *foreshore*, *upper shoreface* y *lower shoreface* (Murut *et al.* 2001).

En el sector de Loma Negra, según Limeres *et al.* (2005), presentan excelentes condiciones petrofísicas con porosidades de 18 a 21% y permeabilidades de 1 a 400 mD, constituyendo el principal reservorio. El espesor del intervalo varía entre 25 y 40 m, con producciones iniciales que oscilan entre 50 y 200 m³/d, luego de ser estimulado mediante fractura hidráulica. La parte más baja de este intervalo produce un petróleo viscoso, muy similar al del Precuyano, de 30 a 35° API, mientras que en la parte más alta el tipo de petróleo producido tiene diferentes propiedades, con 40 a 42° API. A pesar de constituir un manto arenoso de muy buena continuidad lateral, es muy grande la heterogeneidad tanto lateral como vertical en cuanto a las condiciones de reservorio. Según datos de pozo (LP.x-1001) en el área de estudio esta unidad presenta un espesor aproximado de 410 metros y está constituida en su base por areniscas medias a gruesas de color gris claro gradando hacia arcilitas y limoarcilitas de color gris a negro hacia su techo.

Formación Punta Rosada

Esta unidad está compuesta por una sucesión de areniscas, conglomerados y pelitas depositadas en un ambiente fluvial proximal (Malone *et al.* 2002) con un espesor que varía entre 250 y 350 metros. Las capas reservorio tienen un espesor de 2 a 10 metros y ocurren intercaladas entre las pelitas. Las secciones productoras están ubicadas principalmente en la parte inferior de la unidad, constituyendo un típico reservorio multicapa. La porosidad es buena (15 a 20%) mientras que la permeabilidad oscila entre 70 y 500 mD. La producción inicial de estos niveles es excelente, de hasta 450 m³/d de petróleo de 40 a 50° API. La continuidad lateral de las capas es alta en las secciones

basales, con geometrías de tipo mantiforme, mientras que hacia la parte media la continuidad es baja a moderada con geometrías de tipo lentiformes (Limeres *et al.* 2005). En el área de estudio esta unidad presenta un espesor aproximado de 780 metros, compuesta por areniscas conglomerádicas, con una sección media de arcilitas y limoarcilitas castaño verdosas gradando hacia su techo a areniscas medias, con intercalaciones de areniscas gruesas y finas de color anaranjado.

7.2.3 Sello

Para la zona de estudio, perteneciente al distrito Estancia Vieja (Legarreta *et al.* 2008), no se han descrito rocas sello. Estos autores describen una migración vertical de los hidrocarburos generados en facies lacustres y los generados en la Formación Los Molles hacia niveles estratigráficos más altos, lo que pudo haber permitido una fuga o dispersión del hidrocarburo, dentro de las zonas arenosas, carentes de sellos continuos (Figura 6.2).

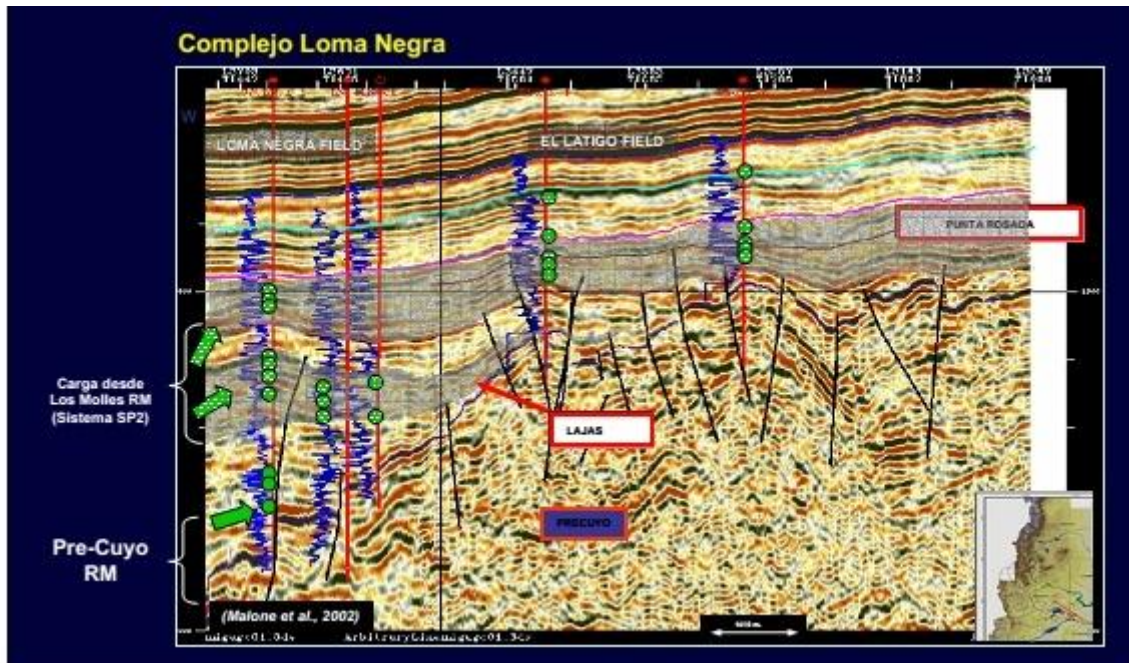


Figura 6.2: Sistema petrolero en el complejo Loma Negra. Las flechas y círculos verdes sólidos simbolizan migración y acumulación de petróleo a partir de la roca madre Pre-Cuyo; las flechas y círculos verdes tramados representan carga y acumulación a partir de una cocina de Los Molles no visible en el corte implicando la presencia del sistema petrolero del flanco norte de la Dorsal (Tomado de Villar *et al.*, 2005)

Regionalmente la roca sello puede ser constituida por las pelitas de la Formación Los Molles para el hidrocarburo generado en el “Precuyano” y alojado en la sección superior del mismo ciclo.

En cambio el sello para las restantes rocas reservorios se constituiría de forma local por las pelitas de la sección superior de Lajas para los hidrocarburos alojados en las sedimentitas clásticas de esta formación y para la Formación Punta Rosada también se constituiría por un cambio de facies hacia su techo conformado por pelitas.

7.2.4 Trampas

Por lo general para reconocer trampas estratigráficas es necesario conocer las propiedades petrofísicas de las formaciones reservorios de la zona que se estudie, ya que al no comportarse homogéneamente, estas condiciones y propiedades varían enormemente lateral y arealmente.

En las zonas aledañas al área de estudio las trampas de hidrocarburos reconocidas se constituyen comúnmente como estructurales tales como anticlinales, cierre de estructuras contra fallas, etc.

En particular la zona de estudio presenta este tipo de trampas con desarrollo de anticlinales suaves y anticlinales generados por colapso de tipo *rollover* siempre asociados en uno de sus flancos, por lo general hacia el sur, con fallas, que en el caso de los anticlinales suaves se encuentran invertidas y en el caso de los pliegues de *rollover* como es de esperarse, con fallas de cinemática normal (Figura 5.5).

7.3 Consideraciones finales

Si bien el área presenta las condiciones favorables para el entrapamiento de hidrocarburos con trampas estructurales de tipo anticlinales suaves, los datos obtenidos en el estudio de Vaz dos Santos Neto *et al.* (2003) sugieren que la sección del pozo CAPEX.RN.LP x-1001 que se analizó, presenta bajo contenido de materia orgánica, y que la mezcla de querógeno presente, por el aporte de materia orgánica continental, tuvo lugar durante la evolución del ambiente de depositación. Por lo tanto las características geoquímicas de las muestras de hidrocarburo, establecen que el potencial de explotación de la zona es pobre. De todas maneras, no se descarta que la zona de estudio, encontrándose entre dos zonas actualmente en producción, posea un alto interés económico de explotación de hidrocarburos, ya que de acuerdo al análisis realizado se

identificaron una serie de estructuras favorables para el entrapamiento de hidrocarburos, sin embargo se desconoce el marco temporal evolutivo que permita proponer un posible sistema petrolero para la zona.

8- CONCLUSIONES

Para comprender la evolución tectosedimentaria del cubo estudiado hay que considerar, no sólo los mecanismos extensionales en la etapa de rift y los compresionales generados por la Dorsal de Huincul, sino también los mecanismos transpresivos generados en la etapa de subsidencia termal generalizada que sufrió la cuenca y la compactación diferencial reconocida.

La región analizada estuvo bajo un régimen extensional durante el Triásico superior Jurásico Inferior, que favoreció la generación de fallas normales de alto ángulo que controlaron a su vez la configuración de una serie de hemigrábenes de orientación NO-SE.

La sedimentación del bloque estuvo controlada por una de estas estructuras, falla Zúñiga, que atraviesa el mismo con orientación noroeste-sureste involucrando al basamento y generando un gran espacio de acomodación que ocupó toda la sucesión sedimentaria analizada. Con la falla Zúñiga como referencia se divide el cubo, para su análisis, en bloque sur y bloque norte. Siendo el bloque sur la parte alta del hemigraben y el bloque norte el depocentro del mismo.

En el bloque sur se reconoce una discordancia angular, “intraprecuyana”, donde se visualizan una serie de clinoformas truncadas, cubiertas posteriormente por el relleno precuyano.

Los depósitos basales del grupo cuyo, Formación Los Molles, copian la paleosuperficie generada en el tope del precuyano, este relleno está estructurado por la propagación de fallas generadas durante la depositación del precuyano. Hacia el tope de esta formación se reconoce una discordancia erosiva, que podría estar relacionada con la progradación de los sedimentos clásticos de la Formación Lajas.

Luego, el área, vio afectada por una serie de reactivaciones, impulsadas por la actividad compresiva, asociada a los movimientos y posterior colisión entre dos bloques reológicamente distintos (veáse Silvestro y Zubiri 2008; Mosquera 2011), desde el sur. Esto habría generado la inversión parcial de estructuras extensionales previas afectando principalmente a la falla Zúñiga y a otras de menor dimensión, documentadas en la cobertura del Grupo Cuyo medio a superior. Limeres *et al.*(2005) plantean, al respecto, que para el Bajociano Tardío-Calloviano Temprano tuvo lugar la mayor inversión tectónica en la región, lo cual se vio reflejado en el área estudiada con la generación de espacio de acomodación por actividad compresiva sincrónica a la depositación.

En la cobertura cretácica se reconocen los efectos provocados por la subsidencia asimétrica por compactación diferencial donde se visualiza una pequeña subsidencia en los reflectores (Figura 6.7). Según Cristallini *et al.*(2009) la incidencia de esta compactación diferencial se reconoce hasta la actualidad, aludiendo que los sectores que ocupan los lagos Marimenuco, Los Barreales y Pellegrini se encuentran sobre hemigrabenes precuyanos.

En cuanto a la viabilidad de la producción de recursos hidrocarbúferos, la zona cuenta con análisis de muestras con hidrocarburos y también con las estructuras necesarias para el entrapamiento. Sin embargo los primeros no han arrojado resultados favorables para catalogar la zona como una zona rica en este recurso, por lo tanto, se entiende que, al estar rodeada de sectores actualmente en producción, se realicen estudios más detallados sobre muestras más representativas del área, los cual podría ser de utilidad para una mejor comprensión e interpretación de las fuentes y poder obtener un perfil de maduración fiable, y también para descartar que sólo se trate de vías de migración de hidrocarburos. En cuanto a los elementos estructurales reconocidos, pueden ser considerados como trampa de hidrocarburos, dado que el marco temporal evolutivo analizado en el presente trabajo, permite considerar la eventual existencia de un posible sistema petrolero para la zona.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Energía de Río Negro, por proveer y permitirme utilizar la información sísmica disponible.

A la Universidad Nacional de Río Negro, por brindar posibilidades que permitieron formarme profesionalmente.

A los docentes de la carrera, por compartir su conocimiento y experiencias en esta hermosa profesión.

A mis directores por el ofrecimiento de trabajar con un tema relacionado a lo que quiero dedicarme y por la paciencia que han tenido durante el transcurso del trabajo.

A mis compañeros por las largas horas de estudio y aprendizaje compartido.

Especialmente agradecer al grupo “*Silver Hawks*” (Alejandro Báez, Maximiliano Paz y la última incorporación pseudoitaliana Ivan Vergara) con los que establecimos muy buenos lazos de amistad e invertimos muchas y agradables horas de estudio y trabajo.

A mi familia por bancarme y en especial a mi señora e hijos que compartieron todo el proceso, alentándome a no bajar los brazos nunca.

RESEÑA BIBLIOGRÁFICA

Aguirre-Urreta, B. 2012. Amonoideos del Valanginiano-Hauteviriano de la cuenca Neuquina: sistemática, bioestratigrafía y paleobioestratigrafía. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

Aguirre-Urreta, B., Vennari, V., Lescano, M., Naipauer, M., Concheyro, A. y Ramos, V. 2014. Bioestratigrafía y Geocronología de alta resolución de la Formación Vaca Muerta, Cuenca Neuquina. IX Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. Mendoza. Argentina.

Arregui, C. 1993. Análisis estratigráfico-paleoambiental de la Formación Tordillo en el subsuelo de la Cuenca Neuquina. 12° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 165-169. Mendoza.

Arregui, C., Carbone, O. y Martínez, R. 2011. El Grupo Cuyo (Jurásico Temprano-Medio) en la Cuenca Neuquina. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., y Vallés J.M., (Eds.), Relatorio del 18° Congreso Geológico Argentino, Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén. p. 77-89.

Arregui, C., Carbone, O. y Sattler, F. 2011. El grupo Lotena (Jurásico medio-tardío) en la Cuenca Neuquina. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., y Vallés J.M., (Eds.), Relatorio del 18° Congreso Geológico Argentino, Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén. p. 91-98.

Barredo, S., Cristalini, E., Zambrano, O., Pando, G. y García, R. 2008. Análisis tectosedimentario del relleno de edad precuyana y cuyana inferior de la región septentrional del alto de Kauffman, Cuenca Neuquina. 7° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (IAPG). Mar del Plata.

Bechis, F. 2009. Deformación transtensiva de la cuenca Neuquina: análisis a partir de ejemplos de campo y modelos análogos. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, pp. 258.

Benito, J. y Manassero, M. 1992. Análisis paleoambiental de la Formación Tordillo. Su implicancia en la explotación de hidrocarburos. 4º Reunion Argentina de Sedimentología. Actas 1: 63-70. La Plata.

Braccini, I. 1970. Rasgos tectónicos de las acumulaciones mesozoicas en las provincias de Mendoza y Neuquén, República Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina 25 (2): 275-282.

Carbone, O., Franzese, J., Limeres, M., Delpino, D. y Martínez, R. 2011. El Ciclo Precuyano (Triásico Tardío-Jurásico Temprano) en la Cuenca Neuquina. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., y Vallés J.M., (Eds.), Relatorio del 18º Congreso Geológico Argentino, Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén. p. 63-76.

Cazau, L.B. y Uliana, M.A. 1973. El Cretácico superior continental de la Cuenca Neuquina. 5º Congreso Geológico Argentino. Actas 3: 131-163. Buenos Aires.

Cazau, L. y Melli, A. 2002. La Formación Sierras Blancas en el noreste de la Cuenca Neuquina. 5º Congreso Argentino de Exploracion de Hidrocarburos. Mar del Plata.

Cristallini, E., Tomezzoli, R., Pando, G., Gazzera, C., Martinez, J., Quiroga, J., Bulher, M., Bechis, F., Barredo, S. y Zambrano, O. 2009. Controles precuyanos en la estructura de la Cuenca Neuquina. Revista de la Asociacion Geológica Argentina 65(2): 248-264.

Cruz, C., Boll, A., Gómez Omil, R., Martinez, E., Arregui, C., Gulisano, C., Laffitte, G. y Villar, H. 2002. Hábitat de hidrocarburos y sistemas de carga Los Molles y Vaca Muerta en el sector central de la Cuenca neuquina. Argentina. V Congreso de Exploracion y Desarrollo de Hidrocarburos, Mar del Plata, 2002. IAPG.

De Ferraris, C. 1968. El Cretácico del Norte de la Patagonia. 3º Jornadas Geológicas Argentinas. Actas 1: 121-144. Buenos Aires.

Dellapé, D., Pando, G., Uliana, M. y Musacchio, E. 1978. Foraminíferos y ostrácodos del Jurásico en las inmediaciones del arroyo Picún Leufú y la ruta 40 (Provincia del Neuquén, Argentina) con algunas consideraciones sobre la estratigrafía de la Formación Lotena. 7° Congreso Geológico Argentino. Actas 2: 489- 507.

Digregorio, J. 1972. Neuquén. En: A. F. Leanza (Ed): Geología Regional Argentina. Centenario de la Academia Nacional de Ciencias 439-506. Córdoba.

Estrada E., Mendez, F., Saavedra, B., Gozalvez, G & Naidés, C. 2008. Evaluación de reservorios carbonáticos de la Formación Quintuco, Cuenca Neuquina. Aplicaciones y Características de herramientas geoquímicas. Baker Hughes/Atlas-PETROBRAS.

Fossa Mancini, E., Feruglio, E. y Yussen de Campana, J. C. 1938. Una reunión de geólogos de Y.P.F. y el problema de la terminología estratigráfica. Boletín de Informaciones Petroleras 15(171): 1-67. Buenos Aires.

Franzese, J. y Spalletti, L. 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

Franzese, J., Spalletti, L., Gómez Pérez, I. y Macdonald, D. 2003. Tectonic and paleoenvironmental evolution of Mesozoic sedimentary basin along the Andean foothills of Argentina (32° -54°S). Journal of South American Earth Sciences 16(2003) 81-90.

Franzese, J., Veiga, G., Muravchik, M., Ancheta, M. y D'Elía, L. 2007. Estratigrafía de *sin-rift* (Triásico Superior-Jurásico Inferior) de la Cuenca Neuquina en la sierra de Chacaico, Neuquén, Argentina. Revista Geológica de Chile, Vol. 34, No. 1, p. 49-62.

Garrido, A. 2010a. Estratigrafía del Grupo Neuquén, Cretácico Superior de la Cuenca Neuquina (República Argentina): Nueva propuesta de ordenamiento

litoestratigráfico. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia". Buenos Aires.

Garrido, A. 2011. El Grupo Neuquén (Cretácico Tardío) en la Cuenca Neuquina. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., y Vallés J.M., (Eds.), Relatorio del 18° Congreso Geológico Argentino, Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén. p. 131-144.

Garrido y Parent, 2013. Estratigrafía y fauna de amonites de los depósitos "lotenianos" (caloviano medio-oxfordiano inferior?) del anticlinal de Picún Leufú, Cuenca Neuquina, subcuenca Picún Leufú, Argentina. Boletín del Instituto de Fisiografía y Geología 83, 2013.

Gómez Figueroa, J. Monardez, C. y Balod, M. 2011. El Miembro Troncoso superior de la Formación Huitrín (Cretácico Temprano). En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., y Vallés J.M., (Eds.), Relatorio del 18° Congreso Geológico Argentino, Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén. p.189-198.

Gomez Omil, R., Schmithalter, J., Cangini, A., Albariño, L. & Corsi, A., 2002. El Grupo Cuyo en la Dorsal de Huincul, consideraciones estratigráficas, tectónicas y petroleras. Cuenca Neuquina. 5° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Actas en CD. Mar del Plata.

Groeber, P. 1933. Descripción Geológica de la Hoja 31c, confluencia de los ríos Grande y Barrancas (Mendoza y Neuquén). Boletín de la Dirección General de Minas, Geología y Hidrogeología 38: 1-72. Buenos Aires.

Groeber, P. 1946. Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70°. Hoja Chos Malal. Asoc. Geol. Arg., Rev. 1-3, 177-208. Bs. As.

Groeber, P. 1951. La Alta Cordillera entre las latitudes 34° y 29°30'S. Revista Museo Argentino de Ciencias Naturales. B. Rivadavia, Ciencias Geológicas 1(5): 235-252.

Groeber, P. 1953. Ándico. En: mesozoico (Ed. P. Groeber), 349-541. Soc. Arg. Est. Geogr., II. Bs. As.

Gulisano C., Gutiérrez-Pleimling A.R. & Digregorio R.E., 1984b. Análisis estratigráfico del intervalo Tithoniano Valanginiano (Formaciones Vaca Muerta, Quintuco y Mulichinco) en el suroeste de la provincia del Neuquén. Actas del Noveno Congreso Geológico Argentino 1: 221-235.

Gutierrez Pleimling, A., Olea, G. Suárez, M. y Valenzuela, M. 2011. El Miembro Chorreado de la Formación Huitrín (Cretácico Temprano). En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., y Vallés J.M., (Eds.), Relatorio del 18° Congreso Geológico Argentino, Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén. p. 175-180.

Guzmán, C., Cristallini, E. y Bottesi, G. 2007. Contemporary stress orientations in the Andean retroarc between 34°S and 39°S from borehole breakout analysis. *Tectonics*, VOL.26, TC3016, doi: 10.1029/2006TC001958, 2007.

Herrero Ducloux, A. 1946. Contribución al conocimiento geológico del Neuquén Extraandino. *Boletín de Informaciones Petroleras*, 266: 245-280.

Howell, J.A., Schwarz, E., Spalletti, L.A. y Veiga, G. 2005. The Neuquén Basin: an overview. En Veiga, G.D., Spalletti, L.A., Howell, J.A. y Schwarz, E. (eds.) *The Neuquén Basin, Argentina: A case study in sequence stratigraphy and basin dynamics*. Geological Society of London, Special Publications, 252: 1-14.

Leanza, H. 1973. Estudio sobre los cambios faciales de los estratos limítrofes Jurásico-Cretácicos entre Loncopué y Picún Leufú, provincia del Neuquén, Republica Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 28 (2): 97-132. Buenos Aires.

Leanza, H y Hugo, C. 1997. Hoja Geológica 3969-III, Picún Leufú, provincias del Neuquén y Río Negro. Programa Nacional de Cartas geológicas de la República

Argentina a escala 1:250000. Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR. Boletín 218:1-135.

Leanza, H., Hugo, C. y Repol, D. 2001. Hoja geológica 3969-I, Zapala, provincia del Neuquén. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 275, 128 pp. Buenos Aires.

Leanza, H., Sattler, F., Martinez, R. y Carbone, O. 2011. La Formación Vaca Muerta y Equivalentes (Jurásico Tardío- Cretácico Temprano) en la Cuenca Neuquina. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., y Vallés J.M., (Eds.), Relatorio del 18° Congreso Geológico Argentino, Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén. p. 113-129.

Legarreta, L. y Gulisano, C. 1989. Análisis estratigráfico secuencial de la Cuenca Neuquina (Triásico superior- Terciario inferior, Argentina). En Chebli, G. y Spalletti, L. (Eds): Cuencas Sedimentarias Argentinas. Serie Correlación Geológica, Universidad Nacional de Tucumán, 6, 221–243.

Legarreta, L., Kokogían, D. y Boggetti, D. 1989. Depositional sequences of the Malargüe Group (Upper Cretaceous – lower Tertiary), Neuquén Basin, Argentina. *Cretaceous Research* 10: 337-356.

Legarreta, L., Laffitte G. y Minniti S. 1999. Cuenca Neuquina: múltiples posibilidades en las series jurásico-cretácicas del depocentro periandino. IV Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Tomo I: 145-175. Mar del Plata.

Legarreta, L. y Uliana, M. 1999. El Jurásico y Cretácico de la Cordillera Principal y la Cuenca Neuquina. Facies sedimentarias. En: Caminos, R. (Ed): Geología Argentina. Servicio Geológico Minero Argentino. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Anales 29 (16): 399-416.

Legarreta, L., Villar, H., Cruz, C., Laffitte, G. y Veradé, R. 2008. Revisión integrada de los sistemas generadores, estilos de migración-entrampamiento y volumetría de hidrocarburos en los distritos productivos de la Cuenca Neuquina. En

Cruz, C., Rodriguez, J., Hechem, J. y Villar, H. (eds.) Sistemas petroleros de las Cuencas Andinas. VII Congreso de Exoploraación y Desarrollo de Hidrocarburos (Buenos Aires): p. 79-108.

Legarreta, L. y Villar, H. 2012. Las facies generadoras de hidrocarburos de la Cuenca Neuquina. Petrotecnia 2012.

Limeres, M., Dajczgewand, D. y Orchuela, I. 2005. Estilo de entrapamiento en el yacimiento Loma Negra, Cuenca Neuquina, provincia de Río Negro. En Kozlowski, E., Vergani, G. y Boll, A. (eds.) Las trampas de hidrocarburos en las cuencas productivas de Argentina. 6° Congreso de Exploraación y Desarrollo de Hidrocarburos (Mar del Plata): 384 -390.

Llambías, E., 1999. El magmatismo gondwánico durante el Paleozoico Superior-Triásico. En: Caminos R. (Ed). Geología Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Anales 29: 349-376, Buenos Aires.

Llambías, E. & Leanza, H. 2005. Depósitos laharicos en la formación Los Molles en Chacay Melehue, Neuquén: evidencia de volcanismo Jurásico en la Cuenca Neuquina. Revista de la Asociación Geológica Argentina 60 (3): 552-558.

Llambías, E. y Sato A., 2011. Ciclo Gondwanico: la provincia magmática Choiyoi en Neuquen. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., y Vallés J.M., (Eds.), Relatorio del 18° Congreso Geológico Argentino, Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén. p. 53-62.

López, S., Bojarski, G., Net, L. y Fortunato, G. 2005. Análisis de facies de la Formación Tordillo a través de imágenes microresistivas FMI, Bloque Anticlinal Campamento, Cuenca Neuquina. 6° Congreso Argentino de Exploraación y Desarrollo de Hidrocarburos, Mar del Plata.

Magoon, L. y Dow, W., 1994. The petroleum system. Magoon y Dow (Ed.). The Petroleum System from source to Trap. American Association of Petroleum Geologists Memoir 60.

Maretto, H. y Lara, M. 2002. Discontinuidades estratigráficas, distribución de fluidos y calidad de reservorio: un ejemplo de la Fm. Tordillo en Loma La Lata. 5° Congreso Argentino de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Mar del Plata.

Montagna, A. 2011. Algunas consideraciones básicas sobre la estratigrafía de la cuenca Neuquina desde el enfoque de la geología de hidrocarburos. Curso Petrofísica de Campo: “De la roca al registro eléctrico de pozos”. Informe interno YPF. Neuquén.

Mosquera, A. y Ramos, V.A. 2006. Intraplate deformation in the Neuquén Basin. 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 latitude). Geological Society of America, Special Paper 407: 97-124.

Mosquera A., Alonso J., Boll A., Alarcón M., Zavala C., Arcuri M. y Villar, H. 2009. Migración lateral y evidencias de hidrocarburos cuyanos en yacimientos de la Plataforma de Catriel, Cuenca Neuquina. En Mario Schiuma (Ed), VII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos.

Mosquera, A., Silvestro, J., Ramos, V., Alarcón M. y Zubiri M. 2011. La estructura de la Dorsal de Huinul. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., y Vallés J.M., (Eds.), Relatorio del 18° Congreso Geológico Argentino, Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén.

Mpodozis, C. y Ramos, V.A. 1989. The Andes of Chile and Argentina. En G.E. Erickson, 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: 59-90.

Mpodozis, C. y Ramos, V. A. 2008. Tectónica Jurásica en Argentina y Chile: extensión, subducción oblicua, rifting, deriva y colisiones?. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63 (4): 481-497.

Muñoz, M., Giusano, M. y Conti Persino, A. 1984. El origen eólico de la Formación Tordillo (miembro Verde), en el Yacimiento Loma La Lata, provincia del Neuquen. 9º Congreso Geológico Argentino, Actas 5: 315-323. San Carlos de Bariloche.

Olea, G., Suárez, M y Valenzuela, M. 2011. El Miembro La Tosca de la Formación Huitrín (Cretácico Temprano). En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., y Vallés J.M., (Eds.), *Relatorio del 18º Congreso Geológico Argentino, Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén*. p.199-203.

Orchuela, I. y Ploszkiewicz, V. 1984. La Cuenca Neuquina. En Ramos, V. (Ed.) *Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Río Negro, 9º Congreso Geológico Argentino (San Carlos de Bariloche)*. Relatorio: 163-188, Buenos Aires.

Pángaro, F., Pereira, M., Raggio, F., Pioli, O., Silvestro, J., Zubiri, M. y Gozalvez, G. 2006. Tectonic inversion of the Huincul High, Neuquen Basin, Argentina: an endangered species. Stratigraphic evidences of its disappearance. 9º Simposio Bolivariano de Exploración Petrolera en Cuencas Subandinas, Actas 9 p., Cartagena

Pángaro, F., Pereira, D. y Micucci, E. 2009. El Sinrift de la Dorsal de Huincul, Cuenca Neuquina: evolución y control sobre la estratigrafía y estructura del área. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 65 (2): 265-277.

Ponce, J., Zavala, C., Marteau, M. y Drittanti, D. 2002. Análisis estratigráfico y Modelo depositacional para la Formación Rayoso (Cretácico inferior) en la cuenca Neuquina, provincia del Neuquén. En: Cabaleri N., Cingolani, C., Linares, E., López De Luchi, M., Osters, H. y Panarello, H. (Eds): 15º Congreso Geológico Argentino, El Calafate.

Ramos, V. 1978. Estructura. En: Rolleri, E.O. (Ed): Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén, 7º Congreso Geológico Argentino (Neuquén). Relatorio: 9-24. Buenos Aires.

Ramos, V.A. 1981. Descripción Geológica de la Hoja 33c, Los Chihuidos Norte. Provincia del Neuquén. Servicio Geológico Nacional. Boletín 182: 1-103. Buenos Aires.

Ramos, V.A. 1999a. Plate tectonic setting of the Andean Cordillera. Episodes 22(3): 183-190.

Ramos, V., Riccardi, A. y Rolleri, E. 2004. Límites naturales del norte de la Patagonia. Revista de la Asociación Geológica Argentina 59(4): 785-786.

Ramos, V 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.

Ramos, V. y Kay, S. 2006. Overview of the Tectonic Evolution of the Southern Central Andes of Mandoza and Neuquén (35°-39°S Latitude). 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 (35° -39°S latitude). Geological Society of America, Special paper 407: 1-18.

Ramos, V., Mosquera, A., Folguera, A. y García Morabito E. 2011. Evolución tectónica de los Andes y del Engolfamiento Neuquino adyacente. En: Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., y Vallés J.M., (Eds.), Relatorio del 18º Congreso Geológico Argentino, Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén. p. 335-348.

Rodríguez, M. 2011. El Grupo Malargüe (Cretácico Tardío- Paleoceno Temprano) en la Cuenca Neuquina. En: Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., y Vallés J.M., (Eds.), Relatorio del 18° Congreso Geológico Argentino, Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén. p. 245-264.

Sales, T., Giusiano, A., Gutiérrez Schmidt, N., Alonso, J. y Muñoz, O. 2014. Análisis estratigráfico secuencial para la evaluación de reservorios tipo *Shale* de la Formación Vaca Muerta, Cuenca Neuquina, Argentina. II Simposio de Arcillas. Las arcillas y el hombre: geología, combustibles fósiles, ambiente y cultura material. XIX Congreso Geológico Argentino, Junio 2014, Cordoba.

Scazzioti, F. 2011. Geología, estructura y análisis del potencial exploratorio en el bloque Lago Pellegrini, cuenca Neuquina, Río Negro. Revista Petrotecnia, Febrero 2012.

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):49-64.

Spalletti, L., Arregui, C. y Veiga, G. 2011. La Formación Tordillo y Equivalentes (Jurásico Tardío) en la Cuenca Neuquina. En: Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., y Vallés J.M., (Eds.), Relatorio del 18° Congreso Geológico Argentino, Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén. p. 99-111.

Stipanovic, P. 1951. Sobre la presencia del Oxfordense superior en el Arroyo de La Manga. Revista de la Asociación Geológica Argentina 6(4): 213-239. Buenos Aires.

Stipanovic, P.N., Rodrigo, F., Baulies, O.L. y Martínez, G.C. 1968. Las Formaciones presenonianas en el denominado Macizo Nordpatagónico y regiones adyacentes. Revista de la Asociación Geológica Argentina 23(2): 67-98.

Tunik, M., Folguera, A. Naipauer, M., Pimentel, M. y Ramos, V. 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(1-4): 258-273.

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.

Uliana, M. y Dellapé, D. 1981. Estratigrafía y evolución paleoambiental de la sucesión eoterciaria del Engolfamiento Neuquino (Patagonia septentrional). 8° Congreso Geológico Argentino, Actas 3:673-711.

Uliana, M. y Biddle, K. 1988. Mesozoic-Cenozoic paleogeographic and geodynamic evolution of southern South America. Revista Brasileira de Geociências 18(2): 172-190.

Vaz dos Santos Neto, E., Poley Guzzo, J y Rego de Menezes, T., 2003. Geochemical evaluation of rock samples from the well Pz x-1001, Neuquén Basin, Argentina. Rio de Janeiro (Informe Inédito).

Veiga, G. y Vergani, G. 2011. El Miembro Troncoso inferior de la Formación Huitrín (Cretácico Temprano). En: Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., y Vallés J.M., (Eds.), Relatorio del 18° Congreso Geológico Argentino, Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén. p. 181-188.

Villar H., Legarreta L., Cruz C., Laffitte G., Vergani G. 2005. Los cinco sistemas petroleros coexistentes en el sector sudeste de la cuenca neuquina: definición geoquímica y comparación a lo largo de una transecta de 150 km. VI Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Mar del Plata, p.50-67. Boletín de InFormaciones Petroleras BIP.

Vennari, V., Álvarez, P. y Aguirre-Urreta, B. 2012. A new species of *Andiceras* Krantz (Cephalopoda: Ammonoidea) from the Late Jurassic-Early Cretaceous of the Neuquén Basin, Mendoza, Argentina. Systematics and Biostratigraphy. Andean Geology 39(1): 92-105.

Weaver, Ch. 1931. Paleontology of the Jurassic and Cretaceous of West Central Argentina. University of Washington. Memoir 1: 1-469. Seattle.

Zabala, C., Ponce, J. y Marteau, M. 2001. Origin, Sequence Stratigraphy and Hydrocarbon Potential of the Rayoso Formation (Aptian-Albian) in the central Neuquén Basin (Argentina). American Association of Petroleum Geologists Hedberg Conference “New Technologies and New Play Concepts in Latin American”, Abstracts: 35-36. Mendoza.

Zabala, C., Ponce, J., Drittanti, D., Arcuri, M., Freije, H. y Asensio, M. 2006. Ancient Lacustrine Hyperpycnites: a depositional Model from a Case Study in the Rayoso Formation (Cretaceous) of west Central Argentina: Journal of Sedimentary Research, 76: 41-59.

Zabala, C., Di Meglio, M., y Arcuri, M., 2008. Mapa paleogeográfico para el Kimmeridgiano de la Cuenca Neuquina. Argentina. XVII Congreso Geológico Argentino, San Salvador de Jujuy del 7 al 10 de Octubre de 2008.

Zabala, C. y Ponce, J. 2011. La Formación Rayoso (Cretácico Temprano) en la Cuenca Neuquina. En Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., y Vallés J.M., (Eds.), Relatorio del 18° Congreso Geológico Argentino, Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén. p.205-222.

Zamora Valcarce, G., T. Zapata, V. Ramos, F. Rodríguez y L. Bernardo, 2009, Evolución tectónica del frente andino en Neuquén. Revista de la Asociación Geológica Argentina 65 (1), p. 192- 203.