



# Geología, estructura y análisis del potencial exploratorio en el bloque Lago Pellegrini, cuenca Neuquina, Río Negro

Por **Fabián Scazziota** (CAPSA-Capex S.A.)

**Este trabajo busca estudiar la estructura del bloque Lago Pellegrini y su evolución tectónica mediante la interpretación sísmica 3D, análisis de sus atributos e información de pozos, y analizar conjuntamente los sistemas petroleros activos en yacimientos vecinos, con el fin de evaluar el potencial exploratorio en un área con escasa información geológica.**

Este trabajo ha sido galardonado con el 1.º Premio de Trabajos Técnicos del VIII.º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (Mar del Plata, noviembre de 2011).

**E**l bloque Lago Pellegrini se ubica en proximidad del borde oriental de la cuenca Neuquina (figura 1) y abarca un área exploratoria de 506 km<sup>2</sup> de superficie. Para el presente estudio se cuenta con un registro sísmico 3D de 650 km<sup>2</sup> adquirido en el año 2007, que cubre el área y excede ligeramente sus límites, a excepción de una porción menor en el extremo SO, debido a la presencia del lago Pellegrini.

Este volumen posee un dato sísmico de calidad buena a regular, con una longitud de traza de 5 segundos muestreada cada 2 milisegundos y un *bin\** de 30 m por lado. Las áreas productivas aledañas son: Agua Salada, al N; Loma Negra, al SE y La Yesera al S (figura 2). Las áreas exploratorias vecinas son: Agua Amarga, al NNE; Cinco Saltos, al O y Laguna El Loro, al E. El bloque Jagüel de Bara, también al E, con un sólo pozo, documentó mineralización de hidrocarburo en el Grupo Cuyo Superior. Lo mismo ocurre en el bloque Puesto Zúñiga en el SE, con dos pozos perforados.

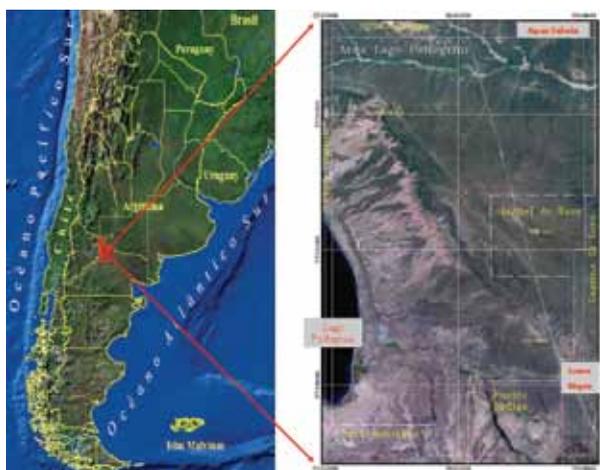


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

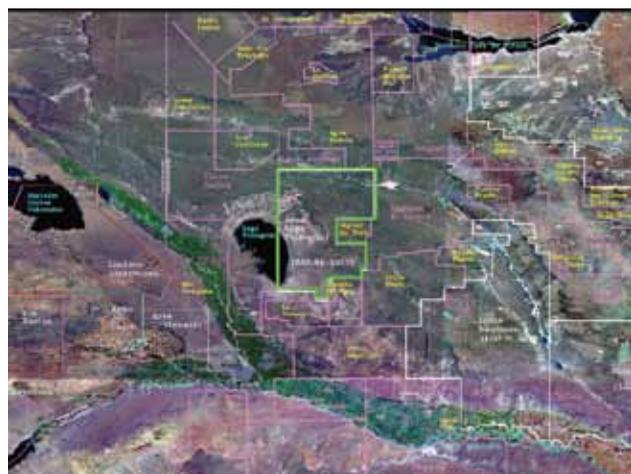


Figura 2. Superficie de Lago Pellegrini y bloques linderos.

Sólo tres sondeos han sido perforados en el área. El pozo Zúñiga.x-1 (1974), ubicado en el sector NO, solamente alcanzó niveles del Grupo Cuyo Medio. Recientemente, los pozos Lago Pellegrini.x-1001 (2008) y Lago Pellegrini.x-1002 (2010), perforados en el sector S, con profundidades finales de 4.400 m y 5.100 m respectivamente, alcanzaron los niveles superiores del ciclo Precuyano.

Con este trabajo se buscaba estudiar la estructura del bloque Lago Pellegrini y su evolución tectónica mediante la interpretación sísmica 3D, el análisis de sus atributos e información de pozos, y analizar conjuntamente los sistemas petroleros activos en yacimientos vecinos, con el fin de evaluar el potencial exploratorio en un área con escasa información geológica.

## Consideraciones geológicas y estratigráficas

Las unidades que conforman la columna sedimentaria en el área de estudio pueden observarse en la carta cronoestratigráfica de la figura 3. Los términos más profundos alcanzados por los últimos pozos perforados se incluyen dentro del ciclo Precuyano superior, el que, con un espesor parcial de 350 m, comprende una sucesión de rocas volcánicas y piroclásticas.

Dentro de las primeras, se diferencian vulcanitas gris claro, gris violáceo, castaño rojizo, con textura porfirica, microfenocristales de cuarzo, plagioclasa, pasta afanítica, minerales máficos alterados y moderada alteración argílica.

Las piroclastitas están conformadas por tobas riolíticas, tobas gris castaño a castaño rojizo, con ligera intercalación de areniscas tobáceas, tobas arcillosas, limoarcillitas tobáceas y calcáreas. Hacia el techo de la unidad, se deposita una sección clástica integrada por arcillitas tobáceas gris verdosas y areniscas tobáceas gris claro, finas a medias con cristales de cuarzo y litoclastos volcánicos.

Suprayace mediando discordancia, el Grupo Cuyo integrado por las formaciones Los Molles, Lajas y Punta Rosada.

La formación Los Molles, con espesor variable de 310 a 0 m, presenta una sucesión de arcillitas negras, margas castaño oscuras y limoarcillitas calcáreas con delgadas intercalaciones de calizas y aislados restos carbonosos, areniscas grises medianas a finas con aislados líticos verdosos, pirita, matriz arcillosa tobácea y cemento calcáreo; hacia el techo, limoarcillitas grises con inclusiones carbonosas y pirita, areniscas medianas y arcosas grises, y arcillitas gris oscuro.

Por su parte la formación Lajas presenta niveles de limoarcillitas gris medio a oscuro con delgadas intercalaciones de caliza gris clara, niveles espesos de areniscas de color gris claro, finas a medianas, en parte gruesas, cuarzo, líticos anaranjados, aislados verdes, matriz arcillosa y tobácea; hacia el techo, limoarcillitas gris claro-medio a gris verdoso y areniscas gris claro, anaranjadas, media a gruesas, matriz arcillosa, cemento silíceo. Su espesor varía entre 450 y 340 m

En cuanto a la formación Punta Rosada, completa el grupo con un espesor de 1100 a 850 m. Asimismo, comprende una sucesión de areniscas castaño rojizas, medias a gruesas con abundante matriz arcillosa, areniscas conglomerádicas e intercalaciones de limoarcillitas castaño rojizas, en ocasiones muy potentes.

En relación de discordancia, suprayace el Grupo Mendoza, integrado de base a techo por las siguientes unidades formacionales: Sierras Blancas, Vaca Muerta, Loma Montosa y Centenario. La formación Sierras Blancas posee un espesor variable entre 170 y 90 m, que conforma

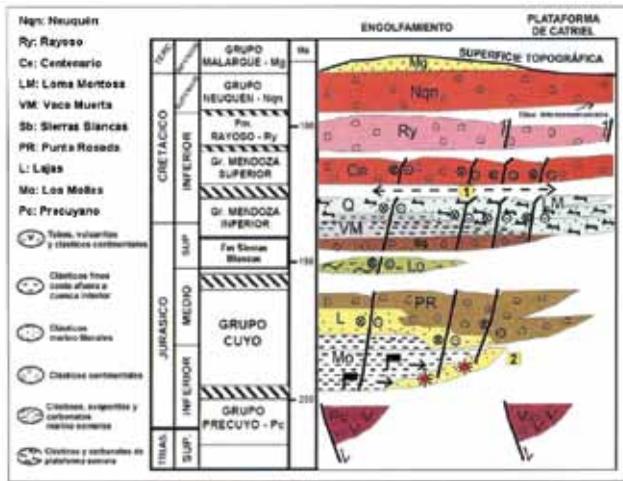


Figura 3. Carta cronoestratigráfica modificada de Cruz et ál., 2002 y Mosquera et ál., 2008.

una sucesión de areniscas gruesas con matriz arcillosa, color gris claro a castaño, con intercalaciones de arcillitas y limolitas castaño rojizo; hacia el techo, areniscas de color gris claro, finas a medianas, ocasionalmente gruesas y areniscas gris verdosas, finas a muy finas, con matriz arcillosa, cemento calcáreo y limoarcillitas grises intercaladas.

La formación Vaca Muerta presenta una sección condensada cuyo espesor va de los 40 a 25 m, e integra una

secuencia de arcillitas y limolitas de color gris verdoso y calizas arenosas gris blanquecino. La formación Loma Montosa posee un espesor variable entre 550 y 400 m. Se la subdivide en un miembro inferior carbonático y otro superior clástico. El miembro inferior comprende calizas dolomíticas y dolomías gris castaño claro (principalmente *mudstone*), yeso y limoarcillitas gris verdoso intercaladas, calizas arenosas (*grainstone* y *packstone*) color gris blanquecino, limoarcillitas castaño rojizas y areniscas calcáreas gris blanquecinas, medianas a finas, ocasionalmente gruesas, con abundante cemento calcáreo; hacia el techo, calizas arenosas y oolíticas gris blanquecinas.

El miembro superior se compone de una alternancia de areniscas de color gris claro a castaño rojizo medianas a gruesas, arcillitas y limoarcillitas castaño rojizas intercaladas. La formación Centenario constituye la primera de las unidades cretácicas que conserva su espesor en el ámbito del área en estudio. En sus 970 m de espesor, 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.

Suprayace en relación de discordancia la formación Rayoso con un espesor de 320 m, que abarca una sucesión de areniscas castaño rojizas finas a muy finas, bien seleccionadas intercaladas con areniscas de granulometría gruesa a muy gruesa. Hacia el techo predominan limoar-

cillitas de color castaño oscuro, con delgadas intercalaciones de areniscas arcillosas muy finas.

Completa la columna el Grupo Neuquén con un espesor de 400 m. Está integrado por areniscas gruesas a muy gruesas y conglomerádicas, de color castaño, con abundante matriz arcillosa.

## Consideraciones estructurales

El sector sur del área se encuentra atravesado por parte de un hemigraben de orientación noroeste-sudeste, cuyo espacio de acomodación se origina como consecuencia de la actividad distensiva de una falla maestra (sistema La Yesera) de alto ángulo, rumbo noroeste y fuerte buzamiento al noreste. Esta se encuentra claramente definida en su porción noroccidental, desdibujándose hacia el sureste debido a la escasa información existente (Cristallini et ál., 2009).

Esta falla maestra (ubicada pocos kilómetros al sur del bloque Lago Pellegrini) y numerosas fallas asociadas inician su actividad con la tectónica extensional acaecida hacia fines del Triásico hasta el Jurásico temprano. En consecuencia, se origina un extenso depocentro (roca madre) de orientación NOSE, cuyo relleno se va conformando con los depósitos de "synrift" comprendidos en el ciclo Precuyano. Parte de dicho depocentro se encuentra estructurado y parcialmente invertido como consecuencia de diferentes etapas de tectónica compresiva-transpresiva ocurridas durante el Jurásico inferior a medio.

A partir de la interpretación estructural para la base del Grupo Cuyo, se obtiene el plano isócrono más profundo del área (figura 4). En este plano se puede observar un lineamiento profundo que con rumbo noroeste secciona longitudinalmente el depocentro precuyano con numerosas fallas asociadas. Diferentes reactivaciones con componente de rumbo han generado esfuerzos transpresivos con la consecuente inversión tectónica de algunas estructuras previamente conformadas (figuras 5 y 8).

Unos 3 km al Norte, un nuevo sistema de fallas de rumbo noroeste se ubica delimitando el depocentro con

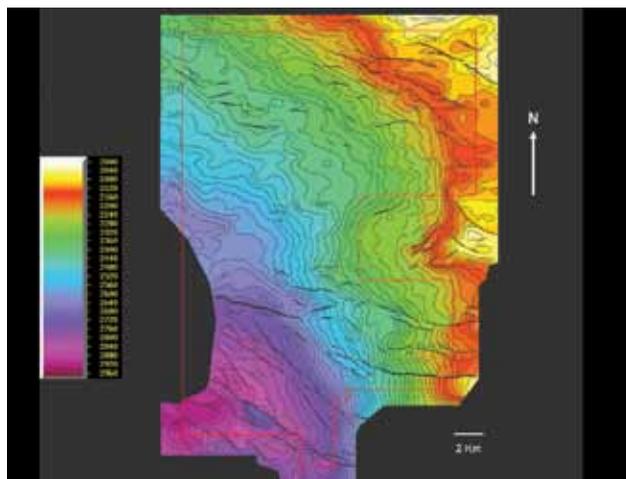


Figura 4. Plano isócrono referido a la base del Grupo Cuyo.

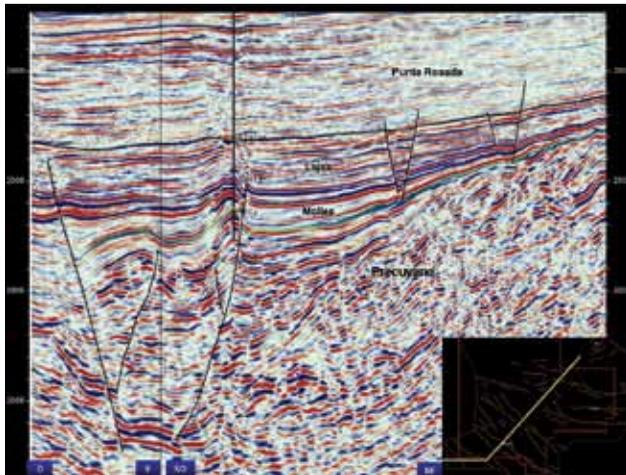


Figura 5. Estructuras invertidas en el depocentro precuyano y ubicación de la línea compuesta. Obsérvese el adelgazamiento casi total de Los Molles hacia el Noreste.

un grado de inversión menor respecto de los lineamientos centrales. Hacia el este, norte y noreste del bloque, se identifica e interpreta otra población de fallas con direcciones acimutales inferiores a los  $110^\circ$  (rumbo oeste-noroeste) a diferencia del primer conjunto interpretado en el ámbito del depocentro con direcciones azimutales superiores a los  $130^\circ$ .

La pendiente estructural regional asciende hacia el

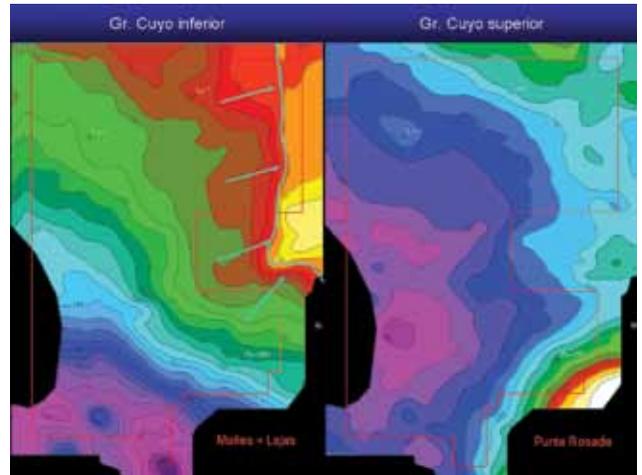


Figura 6. Espesores en tiempo y límite deposicional (línea celeste) para la formación Los Molles.

Este y Noreste y se encuentra estructurada por el segundo sistema de fallas (oeste-noroeste) tanto en la porción nororiental como sudoriental del bloque.

En el extremo noreste, dichas fallas se disponen aproximadamente de manera ortogonal a la pendiente, por lo que se generan estructuras con cierre, que pueden constituir potenciales trampas de hidrocarburo. En consecuencia, se considera a esta zona de interés desde el punto de vista prospectivo. Una situación contraria ocurre en

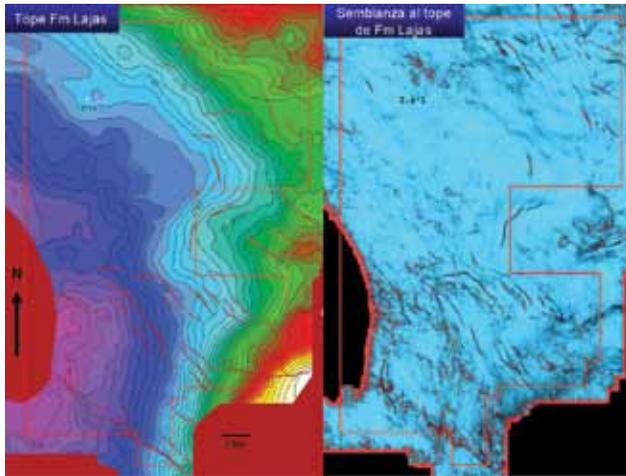


Figura 7. Isócrono al tope de la formación Lajas, atributo de semblanza sobre la superficie interpretada.

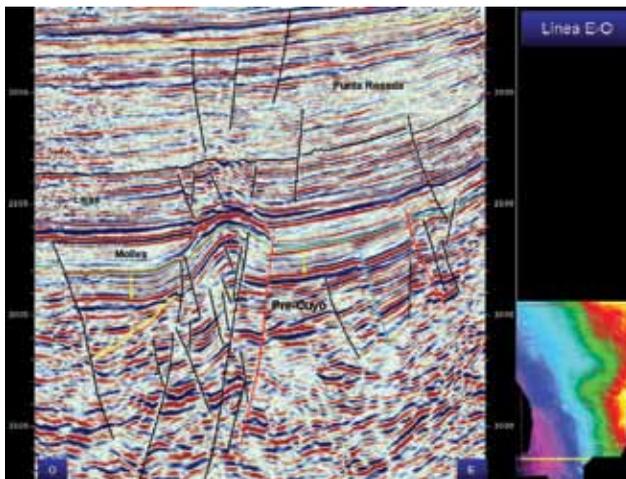


Figura 8. Estructura invertida, discordancia intraprecuyana (línea amarilla) y paquetes de reflectores de alta frecuencia (flechas amarillas) interpretados como probables secuencias clásticas Precuyanas.

el extremo sudeste, donde las fallas se disponen subparalelas a la pendiente, con lo que sólo restaría la posibilidad de búsqueda de trampas estratigráficas y/o combinadas.

En el sector centro-oriental existe una estructura positiva que culmina en el espolón de Jagüel de Bara (al este del bloque), producida por inversión tectónica y que afecta los términos precuyanos y cuyanos basales. Es aquí donde ocurre el mayor adelgazamiento para el Grupo Cuyo Inferior con una pérdida de espesor del orden de los 500 milisegundos de acuerdo con el plano isocronopáquico obtenido (figura 6). Hacia el norte y noreste del bloque, la pérdida de espesor es algo más suave aunque no menos relevante. Por otra parte, este plano muestra claramente la posición y orientación de la estructura invertida (mostrada en figuras 5 y 8) en el sector central del depocentro al sur del área. También puede observarse en el isócrono con las fallas que la originan y delimitan (figuras 4 y 10).

La otra estructura invertida al sudoeste de la anterior (llegando al límite sur del área), muestra niveles precuyanos estructurados y deformados, con la depositación cuyana basal que se adapta al paleorrelieve heredado del "synrift" volcániclastico-piroclástico (figuras 5 y 6). La dis-

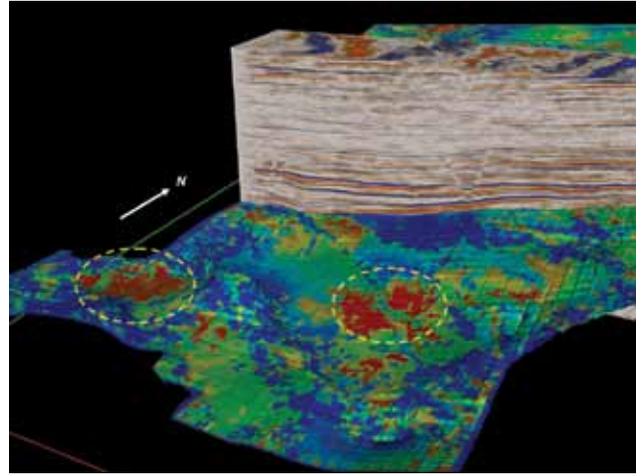


Figura 9. Frecuencia instantánea promedio para el Precuyano Superior en ventana de 100 m. Los colores rojos (círculos amarillos) corresponden a alta frecuencia.

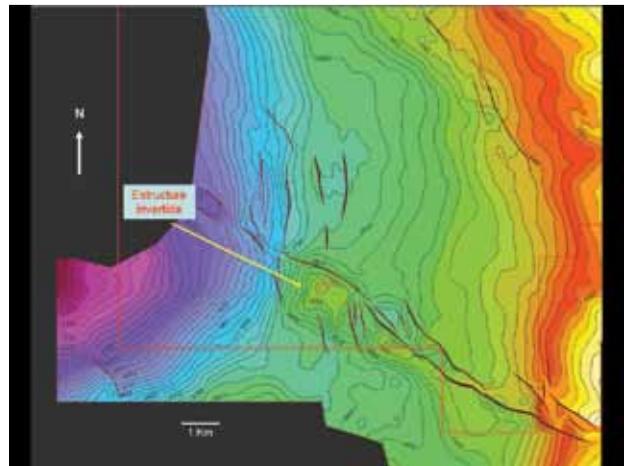


Figura 10. Estructural sísmico en profundidad al tope de la formación Los Molles (lago Pellegrini sur).

cordancia intraprecuyana (figura 8, línea amarilla) junto con otras estructuras invertidas profundas observadas en ciertas zonas estarían indicando que las primeras inversiones tectónicas tuvieron lugar en el Jurásico más bajo y probablemente en el Triásico superior alto.

El mapa de espesor correspondiente al Grupo Cuyo Superior muestra una situación diferente respecto del descrito anteriormente. La pérdida de espesor para la formación Punta Rosada es del orden de los 150 milisegundos, y llega hasta los 200 milisegundos sólo en el extremo sudoriental (figura 6), zona en la cual el adelgazamiento es más marcado. Esto nos indicaría una nueva etapa de inversión tectónica hacia el Jurásico medio y es consistente con lo descrito por Limeres et ál., 2005, quienes postulan que durante toda la sedimentación de la formación Punta Rosada inferior tuvo lugar la mayor inversión tectónica registrada en el área de Loma Negra y aledaños.

La estructura para el tope de la formación Lajas muestra nuevamente 2 direcciones de fallamiento predominante: una NO y otra O-NO (figura 7), con una pendiente estructural ascendente al noreste, al este y al sudeste respecto de la posición del depocentro precuyano. El atri-

buto de semblanza refleja muy bien las fallas en general y la zona transcurrente NE-SE del depocentro, donde las disimilitudes entre trazas son muy marcadas debido a la presencia de una zona tectónica importante con reactivaciones recurrentes durante el Jurásico inferior bajo al Jurásico medio alto.

La figura 10 muestra el plano estructural sísmico en profundidad para el tope de la formación Los Molles en el sector sudoeste de Lago Pellegrini. Se puede ver un detalle de la estructura invertida, la zona de transcurrencia profunda y un conjunto de fallas normales de rumbo aproximado NS inclinando al O.

De acuerdo con Cristallini et ál. (2009) la estructuración desarrollada durante el Precuyano tendrá como consecuencia el control estructural y sedimentario posterior. La presencia de un sustrato desparejo con gran variabilidad de espesor de los depósitos precuyanos provoca un efecto de subsidencia irregular por compactación diferencial del relleno de las cubetas. Por lo tanto, las mencionadas fallas normales N-S que afectan niveles del Grupo Cuyo Inferior podrían estar en relación directa con la compactación diferencial del sustrato precuyano infrayacente.

La otra interpretación posible es que estén asociadas a reactivaciones con componentes de rumbo generadas por la transcurrencia precuyana profunda. El problema de esta última hipótesis es que las fallas normales se agrupan localmente y no se disponen a lo largo del lineamiento transcurrente. Tal vez exista una combinación de ambos factores con algún predominio del primero: subsidencia irregular por compactación diferencial de los términos precuyanos. Más allá del entendimiento de la génesis de estas fracturas, estas poseen importancia desde el punto de vista prospectivo por estar afectando cuerpos sedimentarios de considerable dimensión en el Grupo Cuyo Inferior. Estos cuerpos se describen más adelante (figuras 11, 13 y 14).

Finalmente, a partir de la interpretación sísmica para el tope y base de la formación Los Molles, se puede ubicar el límite depositacional (línea celeste en la figura 6) en el sector centro-E y NE del bloque. Esto se tiene en consideración al analizar el sistema petrolero, vías de migración y ubicación de las trampas con sus potenciales reservorios.

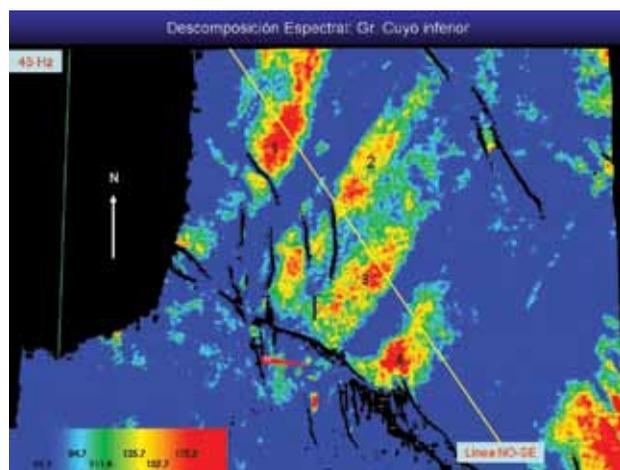


Figura 11. "Slice" de frecuencia a 45 Hz. Las anomalías corresponden a cuerpos progradantes cuya depositación estaría controlada por la zona de transcurrencia profunda.

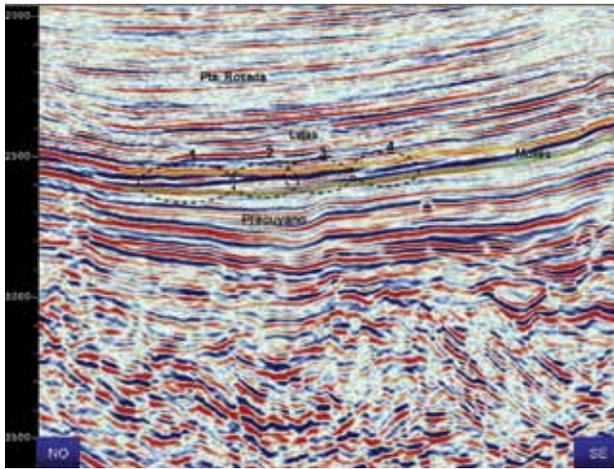


Figura 12. Disposición de los cuerpos sobre una superficie de inundación muy continua (horizonte verde), siguiendo la paleopendiente hacia el Sur (ubicación de la línea en figura 11).

## Sistema petrolero

En bloques vecinos de Lago Pellegrini (Loma Negra, Puesto Zúñiga y Agua Salada) se ha comprobado la existencia de un sistema petrolero cuya roca madre se atribuye a las pelitas marinas basales de la Formación Los Molles con reservorios en el Grupo Cuyo Inferior a Medio. Los niveles marinos generadores (Formación Los Molles), en la zona del depocentro del área de estudio, se encuen-

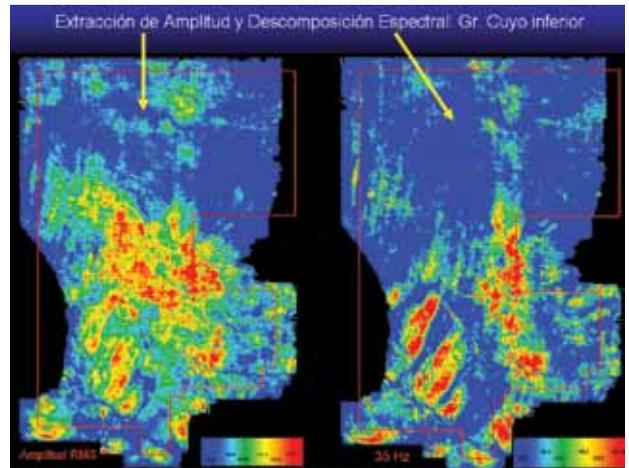


Figura 13. Comparación entre la extracción de amplitud rms y la imagen de descomposición espectral que muestra una mejor definición de los cuerpos sedimentarios.

tran por debajo de los 4800 m de profundidad.

En el caso del yacimiento Loma Negra se trata de un petróleo maduro de grado API 38° a 45° y bajo punto de escurrimiento. Los reservorios productivos se encuentran en niveles de la formación Lajas medio-superior y Punta Rosada (Limeres et ál., 2005). El otro sistema petrolero descrito para este yacimiento es el correspondiente a la roca madre lacustre (pelitas del Precuyano Inferior) con reservorios en niveles clásticos asignados al Precuyano

Superior y formación Lajas Inferior.

Este último sistema no se descarta, pero por el momento se lo considera poco probable, dado que aún no se ha constatado la presencia de los niveles pelíticos lacustres del ciclo Precuyano en el bloque Lago Pellegrini.

En el sector sur del bloque Agua Salada (al norte del área de estudio), un conjunto de pozos exploratorios ha sido descubridor de petróleo y condensados livianos a extremadamente livianos (rango API 36° a 75°) en reservorios pertenecientes a las formación Lajas y Punta Rosada, donde se descubre además, en uno de ellos (Loma Azul.x-1), gas en el ciclo Precuyano. Estudios geoquímicos realizados sobre muestras de estos hidrocarburos revelan una impronta genética típica de una roca madre marina lutítica depositada en un ambiente marino reductor a subóxico (Mosquera et ál., 2008). La migración lateral tiene lugar a través de un sistema de "carriers" dentro del Grupo Cuyo Inferior, mientras que la migración vertical se produce a través de las fallas.

Es interesante destacar la cercanía de estos pozos descubridores respecto del extremo NE del bloque Lago Pellegrini. Esta situación le daría a esta zona un potencial relevante por encontrarse en posición intermedia entre el depocentro y los reservorios productivos, es decir, en una probable vía de migración del hidrocarburo cuyano.

## Atributos sísmicos y descomposición espectral

Se trabajó con los atributos de amplitud, fase, frecuencia y semblanza. Este último fue utilizado en la etapa de interpretación estructural por la buena definición del fallamiento presente para cada nivel interpretado (figura 7, tope de la formación Lajas).

La descomposición espectral, a través de la generación de volúmenes de frecuencia, se utilizó para identificar anomalías de amplitud o corroborar aquellas obtenidas previamente mediante la extracción del atributo sobre la superficie interpretada o extracción de amplitud rms por ventanas.

El objetivo es la detección de cuerpos sedimentarios o posibles intervalos con potenciales reservorios mineralizados.

### Lago Pellegrini S

El atributo de frecuencia instantánea se utilizó para establecer la distribución de dos paquetes de reflectores continuos, cuyo carácter sísmico difiere notablemente del carácter observado en el entorno (figura 8, flechas amarillas). Estos paquetes de espesores variables entre 100 y 120 milisegundos se encuentran limitados en su techo y base por sendas superficies de inundación en el ámbito del depocentro. Estos se interpretan como probables secuencias clásticas del ciclo Precuyano Superior, depositadas en ambientes de abanicos aluviales y fluvio-lacustres, en concordancia con lo descrito por Limeres et ál. (2005) para el bloque Loma Negra unos pocos kilómetros al E-SE, y constituyen los reservorios del sistema petrolero Precuyo Inferior-Precuyo Superior.

Dentro del área de estudio, esta hipótesis de interpretación de tales paquetes de reflectores se refuerza con la aparición de una secuencia de areniscas tobáceas atrave-

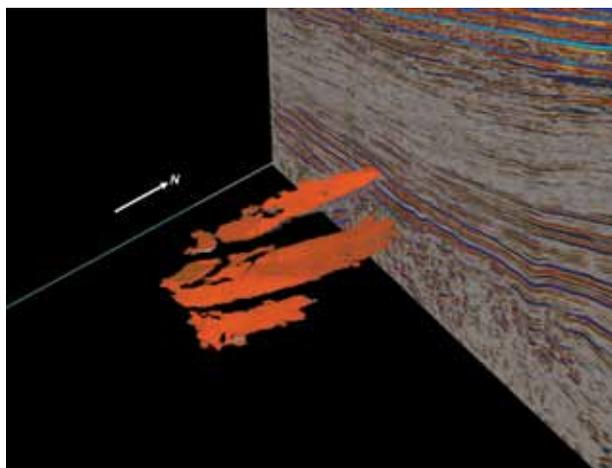


Figura 14. Vista 3D con la disposición de las progradaciones deltaicas del Grupo Cuyo Inferior.

sadas en el Precuyano Superior por el pozo profundo perforado recientemente en la estructura invertida aledaña. La distribución areal fue obtenida a partir de la extracción de la frecuencia instantánea promedio en una ventana de 100 milisegundos debajo del horizonte interpretado como base del Grupo Cuyo (figura 9). Estas secuencias clásticas rellenarían el espacio de acomodación generado por el paleorrelieve volcánico precuyano. En la figura 8 puede verse el adelgazamiento abrupto de dichas secuencias en el flanco dorsal del pliegue invertido.

En el Grupo Cuyo Inferior se detectan cuatro cuerpos sedimentarios con extracciones de amplitud rms y descomposición espectral (figuras 11 y 13). Estos cuerpos sedimentarios se encuentran emplazados en profundidades del orden de los 4600 m y poseen importantes dimensiones, con longitudes de hasta 5 km y un ancho variable entre 1.000 y 1.300 m. Asimismo se interpretan como depósitos correspondientes a progradaciones deltaicas y/o flujos hiperpícnicos en facies distales, equivalentes a los sistemas de "braid-deltas" estudiados por Mosquera et ál. (2008) al Norte, en el bloque Agua Salada.

Los principales depósitos son de areniscas masivas y normalmente rellenan el espacio disponible con cuerpos potentes. En función de la resolución de la sísmica, estas sedimentitas tendrían espesores superiores a los 45 o 50 m. Es probable que existan canales que las interconecten, pero son de difícil identificación por un problema de menor espesor y resolución del dato sísmico. Estos cuerpos se disponen sobre una superficie de inundación (figura 12), siguiendo la paleopendiente al S-SO hasta la zona de transferencia profunda, que ejerce un fuerte control estructural para su sedimentación. La figura 13 muestra la comparación de la extracción de amplitud rms con la imagen de descomposición espectral en una misma ventana de 40 m.

Con esta última técnica, fue posible separar los cuerpos 2 y 3 de manera individual en frecuencias superiores a los 35 Hz, y al mismo tiempo se pudo iluminar con mejor definición los contornos de cada uno de ellos (figuras 11 y 13). Finalmente se los aísla y se generan geocuerpos individuales (figura 14) para poder estimar la volumetría correspondiente, lo que se tendrá en cuenta a futuro para posibles definiciones de "plays" o prospectos exploratorios. A modo de ejemplo, el cuerpo 1 (ubicado al oeste) posee un

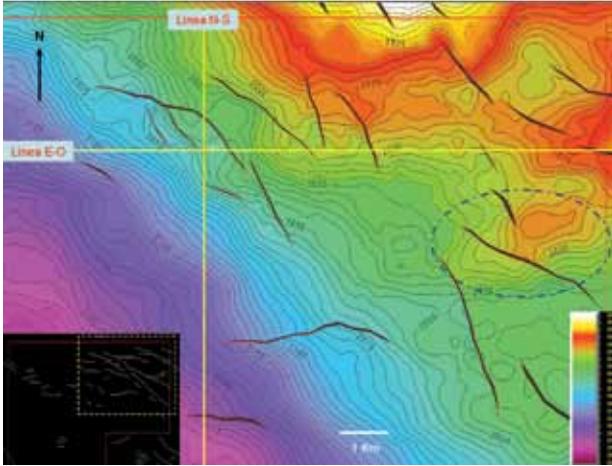


Figura 15. Estructuras al top de la formación Lajas, ubicación de líneas sísmicas cruzando la estructura del prospecto Lp-1. Al SE otra estructura con cierre cortada por falla (elipse azul).

volumen estimado en 4 km<sup>3</sup>. También tienen importancia las fallas distensivas que seccionan los cuerpos 1 y 2, para la búsqueda de trampas estructurales y combinadas.

### Lago Pellegrini N

En este sector fueron interpretadas numerosas estructuras distribuidas en un área de 100 km<sup>2</sup>, lo que significa un 20% de la totalidad del bloque (figura 15). Tales estructuras, en muchos casos presentan cierre contra falla para

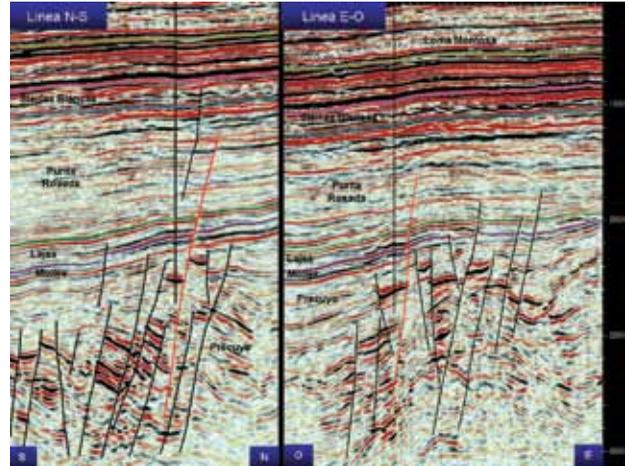


Figura 16. Líneas del prospecto Lp-1, el cierre estructural se produce contra la falla roja.

diferentes niveles estratigráficos: Precuyano superior, Grupo Cuyo Inferior y Superior, y Grupo Mendoza Inferior.

El grado de fallamiento disminuye notablemente desde un Precuyano muy deformado y fracturado hacia niveles estratigráficos más jóvenes. Las estructuras de interés están conformadas por pliegues supra-tenues de escaso relieve estructural, con cierre contra fallas buzantes al SO.

El grado de inversión tectónica para el Grupo Cuyo y niveles superiores se encuentra mucho más atenuado respecto de las estructuras estudiadas en el sur del bloque.

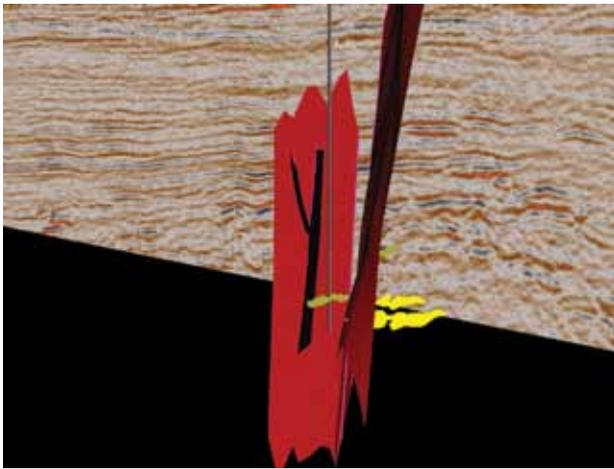


Figura 17. Anomalías en el Precuyano Superior (prospecto Lp-1).

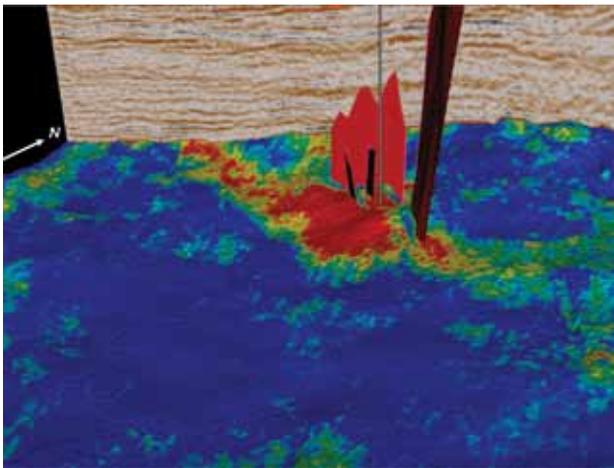


Figura 18. Anomalía para Lajas Inferior coincidente con la estructura del prospecto Lp-1.

Para la definición de *plays* y prospectos en el sector noreste de Lago Pellegrini, se toma como análogo el yacimiento Aguada de los Indios sur (unos pocos kilómetros al N) descrito por Mosquera et ál. (2008). Los pozos allí perforados fueron descubridores de gas en reservorios precuyanos y de petróleo liviano, de afinidad al sistema Los Molles, en las formaciones Lajas y Punta Rosada. De acuerdo con estos autores, la señal mixta de algunos parámetros sugiere alguna contribución del sistema Vaca Muerta en reservorios de Sierras Blancas y Loma Montosa. Las áreas de cierre descritas para este yacimiento varían entre 1 y 10 km<sup>2</sup>. Los pozos descubridores ensayaron columnas mineralizadas casi continuas de unos 1.000 m, desde los 2.100 a los 3.100 m bajo boca de pozo.

La figura 16 muestra dos líneas perpendiculares que atraviesan la estructura del prospecto Lp-1 (ubicación en figura 15). El cierre estructural incluye el intervalo Los Molles-Punta Rosada inferior.

Agregan interés al prospecto la existencia de anomalías de amplitud en el Precuyano superior y la formación Lajas inferior (figuras 17 y 18). El área de cierre máxima es de 3,5 km<sup>2</sup> para el tope de la formación Lajas.

Pocos kilómetros al sudeste del prospecto Lp-1, se identifica otra estructura cortada por falla, con un área de cierre total de 4,3 km<sup>2</sup> (figura 15, elipse azul). Allí se

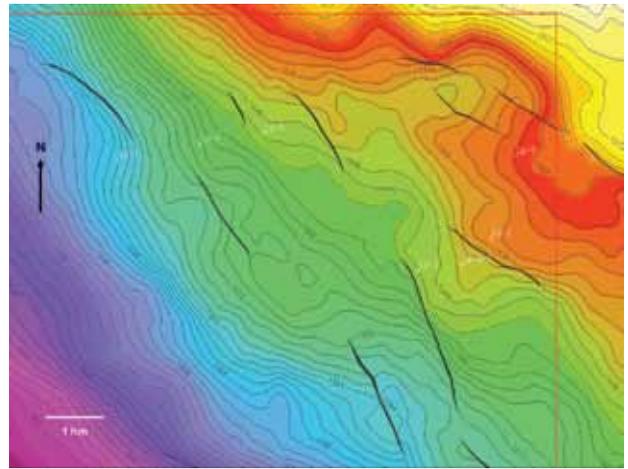


Figura 19. Estructura con cierre contra falla para la base de la formación Sierras Blancas en la zona intermedia entre los prospectos Lp-2 y Lp-3.

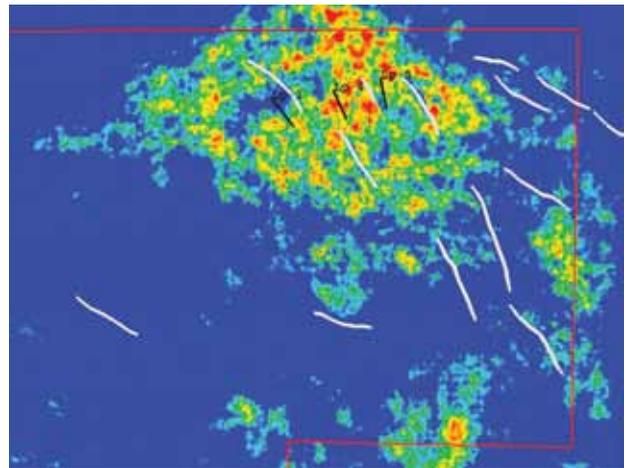


Figura 20. Anomalías para la base de Sierras Blancas (descomposición espectral, 20 Hz).

definen los prospectos Lp-2 y 3 cuyo intervalo de interés coincide con el del primer prospecto: Grupo Cuyo Inferior a Medio y Precuyano Superior. En esta zona, para la base de la formación Sierras Blancas se interpreta otro cierre estructural contra falla (figura 19) donde se plantea la alternativa intermedia de un prospecto más somero que investigaría hasta los niveles superiores de la formación Punta Rosada.

Las demás ubicaciones de la figura 19 constituyen *plays* exploratorios en trampas estratigráficas y combinadas para las formaciones Sierras Blancas, Punta Rosada y Lajas. La figura 20 muestra una concentración de anomalías de amplitud en el entorno de los *plays* Lp-4 y 5.

También se trabajó con extracciones del atributo en los cubos procesados con *offset* parciales tomando la misma ventana de análisis en todos los casos. Se pudo corroborar a partir de ello que existe una marcada variación de la amplitud con el apartamiento (figura 21) en el entorno del Lp-4 y al sudeste de este, en proximidad del prospecto Lp-3. Esta disminución de la amplitud con el *offset* si bien no es concluyente, agrega un elemento más de análisis en la definición de una zona cuyo potencial se desea evaluar. Si se llegara a definir un prospecto en función de este elemento, lo recomendable sería un estudio de AVO para obtener mayor certeza sobre la anomalía en relación con una probable

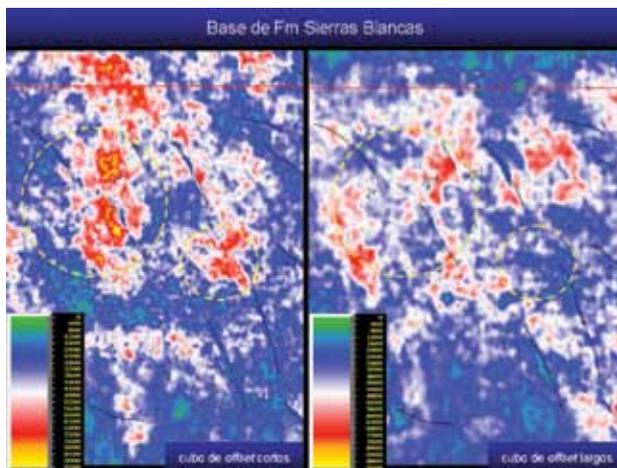


Figura 21. Extracciones de amplitud rms en cubos procesados con *offset* parciales. Se observa una fuerte disminución de la amplitud con el apartamiento.

presencia de gas. Otras variaciones de amplitud de similares características han sido identificadas en niveles estratigráficos inferiores (formaciones Lajas y Punta Rosada Inferior), lo cual le confiere a la zona noreste del bloque un interés adicional en materia de potencial exploratorio.

La figura 22 muestra el marco estructural para el tope de la formación Lajas con la distribución de los distintos prospectos y *plays* exploratorios.

La figura 23 muestra una anomalía de amplitud corroborada con descomposición espectral (*slices* de frecuencia de 15 y 25 Hz) en un intervalo estratigráfico correspondiente a la formación Punta Rosada Superior. Parte de dicha anomalía, interpretada como un rasgo fluvial, se superpone verticalmente con la estructura más profunda (Grupo Cuyo Inferior) estudiada para el prospecto Lp-1, lo que le proporciona mayor interés.

## Conclusiones

La interpretación detallada de la sísmica 3D y la obtención de mapas de espesores permiten una mejor comprensión de la estructura y de la evolución tectónica del área. Del estudio se desprende que los primeros movimientos compresivos tuvieron lugar en el Jurásico Temprano, dado por las estructuras invertidas y discordancias intraprecuianas.

La extracción de atributos sísmicos (amplitud, frecuencia, semblanza) y el análisis de volúmenes de frecuencia (técnica de "descomposición espectral") permiten la definición de prospectos exploratorios y la identificación de *plays* para los distintos intervalos de interés: Grupo Mendoza Inferior, Grupo Cuyo y ciclo Precuiano Superior. Los atributos sísmicos contribuyen además en la detección y aislamiento de cuerpos sedimentarios, potenciales reservorios.

Estos aspectos, junto con el estudio de sistemas petroleros, son de suma importancia para cualquier estudio tendiente a la evaluación del potencial exploratorio, sobre todo en áreas vecinas o cercanas a yacimientos productivos como es el caso del bloque Lago Pellegrini.

La búsqueda de análogos se incluye en el esquema de análisis del potencial petrolero, considerándola de impor-

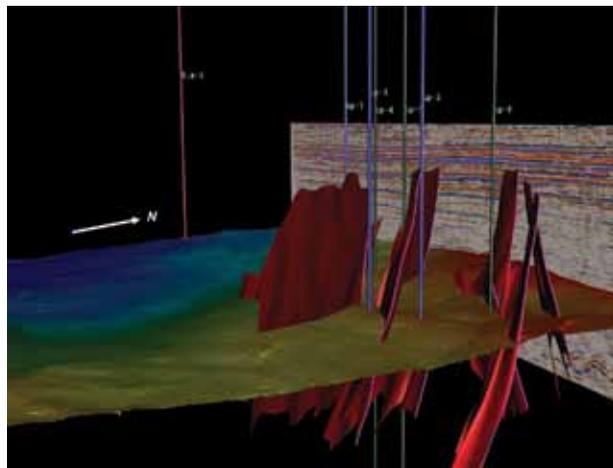


Figura 22. Situación estructural al tope de Lajas con la ubicación de los prospectos y *plays*.

tancia en la mitigación del riesgo en un área con escasa información geológica.

Del estudio surgen principalmente dos áreas que concentran el mayor potencial exploratorio, ubicadas en el extremo noreste y en el sector sudoeste del bloque. Ambas presentan diferencias bien marcadas que involucran distintos niveles de riesgo. La primera, al Noreste, presentando los objetivos menos profundos (hasta 4.200 m), con diferentes tipos de trampas en la vía de migración del hidrocarburo cuyano. La segunda, más profunda (hasta 5.300 m), se ubica al Sudoeste en el ámbito del depocentro, probablemente en proximidad de la roca generadora marina (formación Los Molles) y con la presencia de cuerpos sedimentarios de importantes dimensiones que constituyen potenciales reservorios en el Grupo Cuyo Inferior. ■

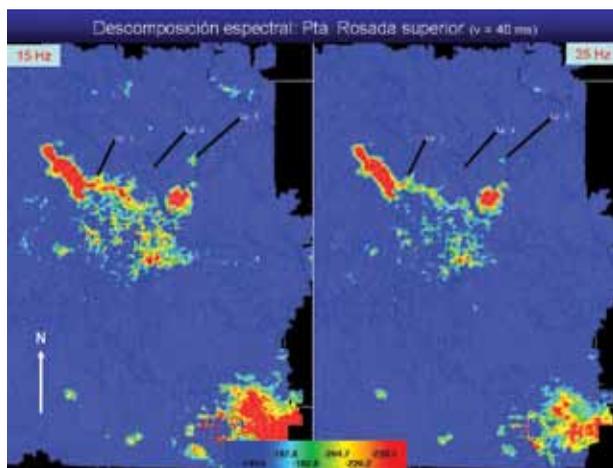


Figura 23. Rasgo fluvial (en frecuencias de 15 y 25 Hz) en Punta Rosada Superior, en el área del prospecto Lp-1.

## Agradecimientos

El autor agradece al Dr. Carlos Zavala por sus valiosos comentarios y conceptos sobre el Grupo Cuyo Inferior, y a Capex S.A. por haber permitido la publicación del trabajo.

## Bibliografía

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

Cruz, C. E., A. Boll, R. Gómez Omil, E. A. Martínez, C. Arregui, C. Gulisano, G. A. Laffitte y H. J. Villar (2002). "Hábitat de hidrocarburos y sistemas de carga de Los Molles y Vaca Muerta en el sector central de la Cuenca Neuquina. Argentina". *V.º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos*, Mar del Plata.

Limeres, M., D. Dajczgewand e I. Orchuela (2005). "Estilo de entrapamiento en el yacimiento Loma Negra, Cuenca Neuquina, provincia de Río Negro". En: Kozlowski, E., G. Vergani y A. Boll (eds.), "Las Trampas de Hidrocarburos de las Cuencas Productivas de Argentina". *VI.º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos*: 383 - 390. Mar del Plata.

Mosquera, A., J. Alonso, A. Boll, M. Alarcón, C. Zavala, M. Arcuri y H. J. Villar (2008). "Migración lateral y evidencia de hidrocarburos cuyanos en yacimientos de la plataforma de Catriel, Cuenca Neuquina". *VII.º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos*: 491 - 524. Mar del Plata.

## Glosario

\* *Bin*: subdivisión de un estudio sísmico. El área de un estudio 3D se divide en *bins* (recipientes), que normalmente están en el orden de 25 m de largo y 25 m de ancho.