

## **LA FM TORDILLO EN EL BLOQUE AGUADA DEL CHIVATO – AGUADA BOCAREY, AREA DE RINCON DE LOS SAUCES**

J. M. Reynaldi<sup>1</sup>, K. Mykietiuk<sup>1</sup>, R. Lopez<sup>2</sup>, M. D'Angiola<sup>2</sup> y B. Gimenez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> MEDANITO S.A., e-mail: [jmreynaldi@medanito.com.ar](mailto:jmreynaldi@medanito.com.ar)

<sup>2</sup>FRONTERRA GEOSCIENCES S.A., e-mail: [r.lopez@fronterrageo.com](mailto:r.lopez@fronterrageo.com)

### **RESUMEN (ABSTRACT)**

La Formación Tordillo en el área de Rincón de los Sauces se encuentra en la zona de transición entre facies fluviales y eólicas. La revisión de los pozos del Bloque permite dividir, en el sector norte (Aguada Bocarey), a la Fm Tordillo en las clásicas secciones: Inferior Fluvial y Superior Eólica, mientras que en la zona sur y occidental (Aguada del Chivato) solamente fue reconocida la sección Eólica. Algunos antecedentes definen en proximidades del Bloque Aguada del Chivato - Aguada Bocarey, un potencial play del tipo fracturado. Con el objetivo de intentar precisar las variaciones litológicas y su estructuración, se realizó la interpretación de la sísmica 3D para el área. Por medio de un reprocesamiento de la misma, se obtuvo un cubo de similaridad, el que permitió precisar el diseño del sistema de fallas de escala regional. En base a esto se decidió la locación de un pozo nuevo con objetivo Tordillo en la falla principal. Durante la perforación del tramo de interés se sucedieron tres importantes eventos de surgencia de gas y petróleo. Se corrió una imagen acústica para analizar el fracturamiento, confirmándose la presencia del play fracturado hacia el tope de la Formación Tordillo, como así también la presencia de la Fm Tordillo en facies eólicas en Aguada del Chivato.

### **INTRODUCCION**

El Bloque Aguada del Chivato – Aguada Bocarey se encuentra ubicado en el borde oriental de la Cuenca Neuquina, entre las áreas productivas de Puesto Hernández y Catriel, a unos 20 km al sur de la localidad de Rincón de los Sauces (Figura 1).

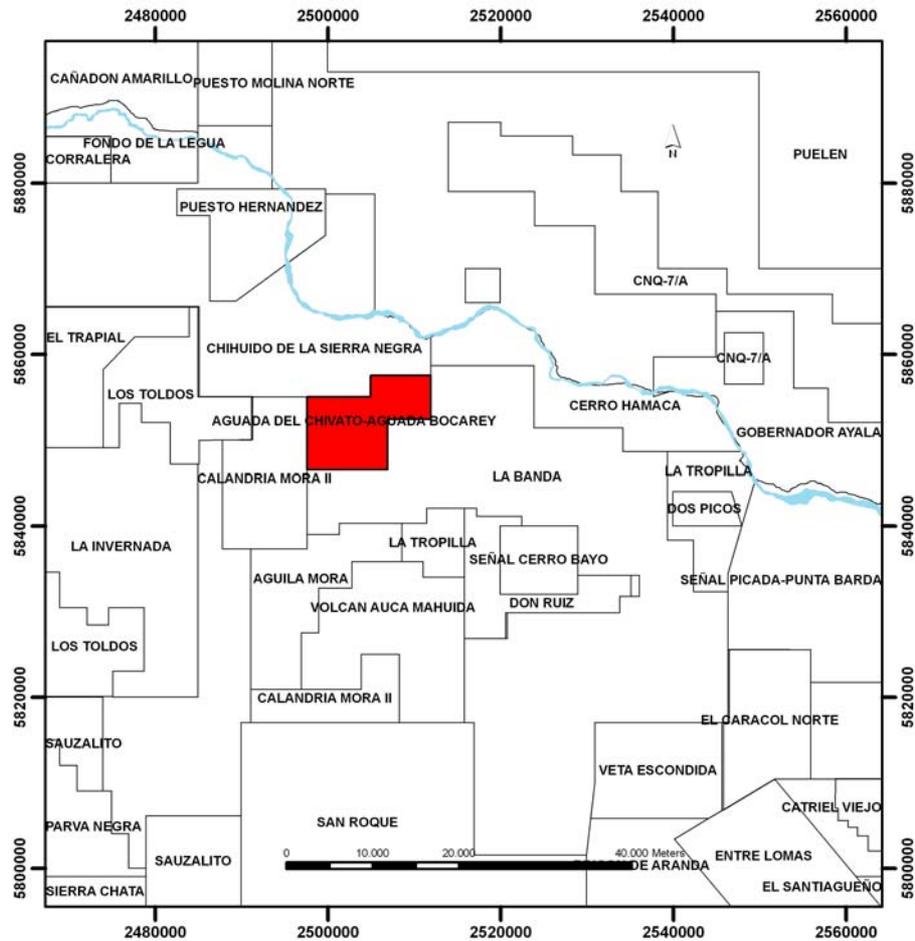


Figura 1: Ubicación del Bloque Aguada del Chivato – Aguada Bocarey.

En este sector, la Fm Tordillo presenta importantes manifestaciones de petróleos livianos y gas, con altas sobrepresiones, como las registradas en los pozos exploratorios Nambuena x-1 (N x-1) y Picada Aguas Afuera x-1 (PAA x-1) (Figura 2). En este último sondeo que se encuentra ubicado a sólo 2,5 km. al sur del bloque (Figura 2), la Fm Tordillo presenta un desarrollo de 170 metros de areniscas con rastros e impregnaciones de petróleo. En el sondeo Nambuena x-1, ubicado a 8,5 km. de la esquina noroeste del bloque (Figura 2), se produjo durante la perforación de la sección superior de la Fm. Tordillo una surgencia descontrolada de gas, petróleo y agua (com. pers. I. Orchueta). Las tareas posteriores de control del pozo culminaron con daño de formación, por lo que no pudieron obtenerse ensayos representativos del mismo.

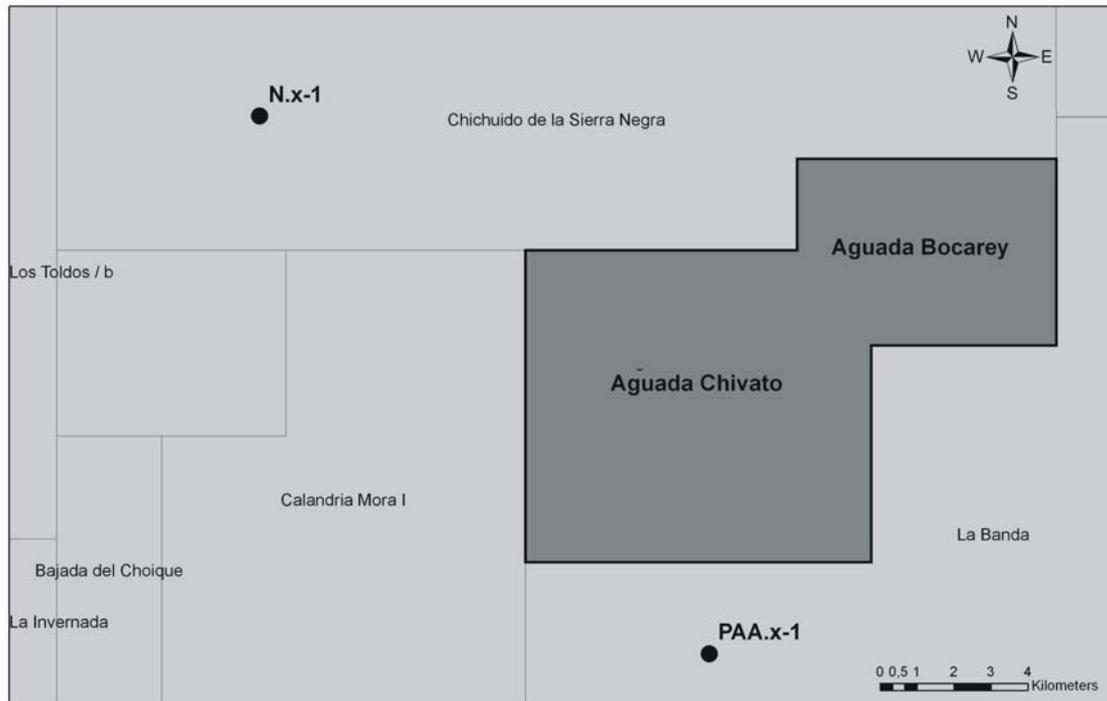


Figura 2: Ubicación de los pozos Narambuena x-1 y Picada Aguas Afuera x-1.

El presente trabajo resume la metodología exploratoria para este *play* no convencional, así como las características principales de la Fm. Tordillo reconocidas en el pozo exploratorio realizado en el Yacimiento Aguada del Chivato.

#### MARCO TECTÓNICO Y GEOLOGÍA REGIONAL

La Cuenca Neuquina se encuentra ubicada en la parte oriental de la Cordillera de los Andes, en el sector central de Argentina y Chile, entre los 32° y 40° Latitud Sur; abarcando un área de 120000 km<sup>2</sup>, y comprende un registro continuo de mas de 4000 m de sedimentos (Figura 3, **Howell et al., 2005**).

La historia de la cuenca comienza con el inicio del rift en el Triásico tardío que fue provocado por un colapso extensional (**Franzese y Spalletti, 2001**), e influenciado por heterogeneidades estructurales inherentes al sustrato. Esta subsidencia controlada por fallas fue reemplazada por una subsidencia regional. Varios episodios de inversión tectónica modificaron la forma del depocentro y rejuvenecieron las áreas de aporte sedimentario.

Durante el Oxfordiano tardío y Kimmeridgiano temprano ocurre un evento de inversión, donde las áreas levantadas restringen significativamente la cuenca (**Vergani et al., 1995**). La cubeta fue ocupada casi enteramente por depósitos continentales conocidos como Fm Tordillo, inicialmente descrita por **Groeber (1929)**. Esta unidad constituye la base del Grupo Mendoza.

La tranquilidad tectónica y el bajo relieve del terreno resultan en un onlap estratigráfico de la Fm Tordillo a lo largo de las rampas del margen de la cuenca y de los altos intracuencales (Dorsal de Huinul).

La fase final de la sedimentación continental durante el Titoniano coincide con la subsidencia regional, la que se atribuye a una relajación compresiva. Esto genera una inundación marina y una expansión de la cuenca que se refleja en el Grupo Mendoza con la gran ingesión que deposita las pelitas y margas bituminosas de la Fm Vaca Muerta (**Vergani et al, 1995.**).

La Fm Tordillo tiene numerosos estudios regionales, tanto estratigráficos como de ambientes sedimentarios, por ser uno de los reservorios de hidrocarburos más antiguos en explotación en la cuenca y con importantes volúmenes de reservas remanentes.

En términos generales se la define como una unidad principalmente clástica y de carácter continental, comprendida por conglomerados, espesos niveles de areniscas y escasas pelitas, que caracterizan ambientes fluviales y de abanicos aluviales en las áreas marginales y facies eólicas hacia el centro de cuenca. (**Arregui 1988; Vergani et al, 1995.**)

Esta variabilidad de ambientes continentales define una alta complejidad en el arreglo de las facies sedimentarias y sus características petrofísicas. Sobre la base de estas diferencias, la Fm Tordillo fue adquiriendo diferentes denominaciones en subsuelo: Fm Catriel como sello intraformacional y Fm Sierras Blancas como reservorio (**Di Gregorio, 1972**); y Fm Quebrada del Sapo como reservorio en el ámbito de la Dorsal de Huinul (**Parker, 1965**).

Estudios posteriores definieron nuevas subdivisiones dentro de los niveles reservorio. Inicialmente la separación se fundamentó en la coloración de los recortes de perforación (*cutting*) identificándose dentro de la Fm. Sierras Blancas un Miembro Rojo (inferior) y un Miembro Verde (superior). Con el aumento del conocimiento estratigráfico se realizaron nuevas subdivisiones pudiéndose identificar más claramente las distintas facies y ambientes sedimentarios (**Maretto et al, 2002; Lopez et al, 2002**).

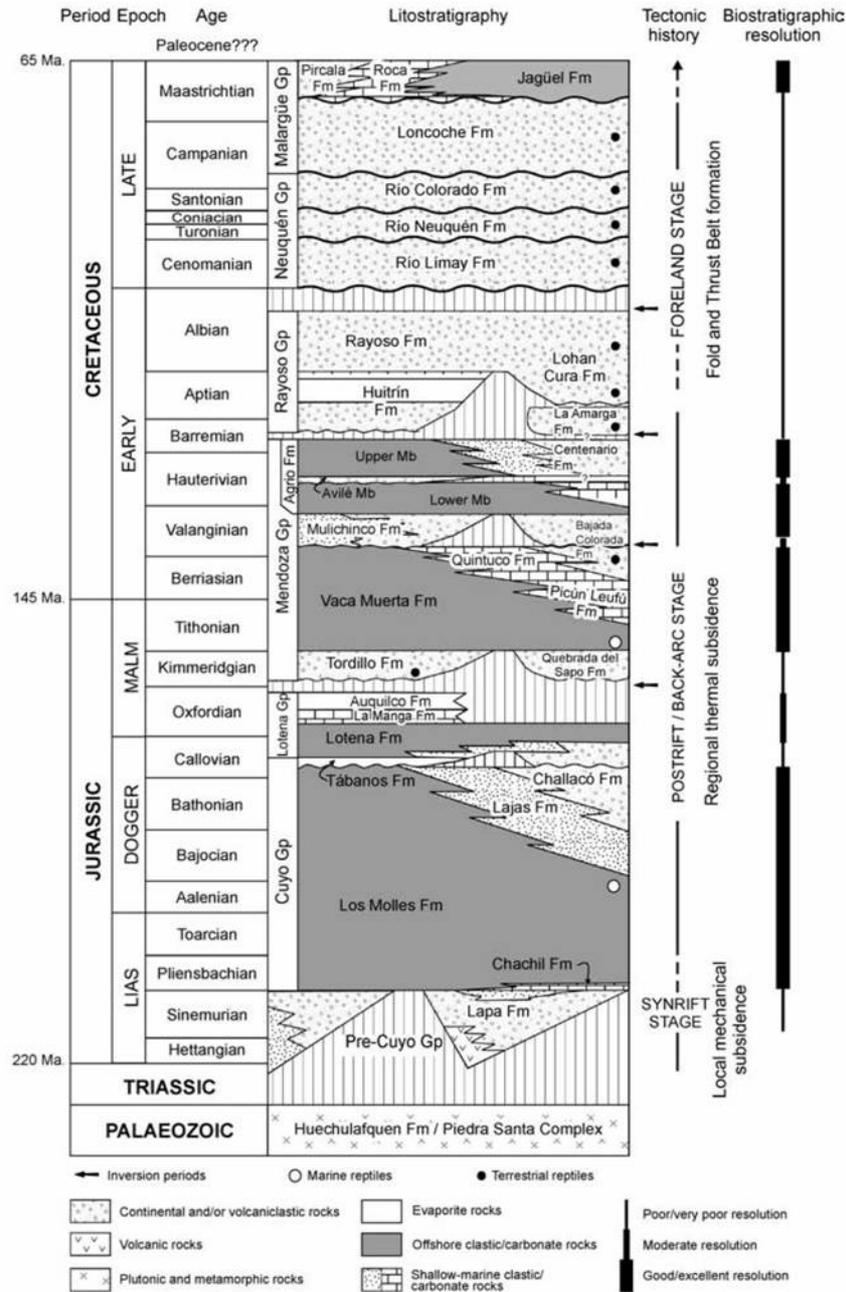


Figura 3: Cronoestratigrafía, historia tectónica y bioestratigrafía de la Cuenca Neuquina (Howell et al., 2005)

### GEOLOGIA LOCAL

La Fm Tordillo es objeto de numerosos estudios desde hace más de 80 años (Groeber, 1918; Peroni, 1984; Arregui et al, 1988; Vergani et al, 1995; Maretto et al, 2002; López et al, 2005, entre otros), los mismos tuvieron foco principalmente en las zonas donde este nivel se presenta como productor de hidrocarburos: sector central del Engolfamiento Neuquino (Yacimiento Loma La Lata), Plataforma Oriental (Área Entre Lomas, El Medanito) y en el Sur de la Cuenca (Zona de la Dorsal de

Huincul). De esta manera la zona de Rincón de los Sauces queda investigada sólo a escala regional.

En el Bloque Aguada del Chivato – Bocarey la Fm Tordillo presenta una geometría tabular de unos 140 m de espesor. La misma se deposita sobre el yeso de la Fm. Auquilco, y son cubiertas por las pelitas y margas bituminosas de la Fm. Vaca Muerta. En el bloque no se observan evidencias de la discordancia araucana, que marca la base de la Fm Tordillo hacia el Sur y Oeste de la cuenca.

Arregui et al. (1988) definen una diferenciación composicional para la Fm Tordillo de la Zona Central y Flanco Oriental en 2 secciones, una *Inferior* de coloración rojiza a rosada de origen fluvial y una *Superior* de color verdosa, eólica, citando también que dicha diferenciación no se puede realizar en la zona de Rincón de los Sauces.

En el Bloque Aguada del Chivato – Aguada Bocarey sólo en el pozo ABo xp-11, perforado por YPF en el año 1981, fue corrido un perfil de buzamiento en la Fm Tordillo, que tuvo como objetivo investigar a las Fm Tordillo y Barda Negra en una posición isobática intermedia, dentro del gran monoclinal que asciende hacia el NE (Figura 8). En este pozo se puede observar que, si bien los perfiles convencionales (SP-Rt) no permiten realizar una división dentro de la Fm Tordillo, las litologías y los planos de estratificación internos definen dos intervalos claramente definidos (Figura 4):

- Intervalo Inferior o Sierras Blancas: compuesto por areniscas gris rosadas, fina a media y matriz arcillosa; con un buzamiento definido hacia el W-WNW, y menos de 5° de inclinación, representando a las sedimentitas de origen fluvial, con aporte del borde de cuenca (E-SE).
- Intervalo superior o Catriel: definido por areniscas gris verdosas, fina a media, cuarzosa, con líticos verdes, matriz arcillosa y cemento calcáreo. Las inclinaciones alcanzan los 30°, con un promedio de 15 hacia el NE. Así se definen las sedimentitas eólicas del Tordillo superior, que responden al sistema de vientos del SW, que caracteriza a este nivel.

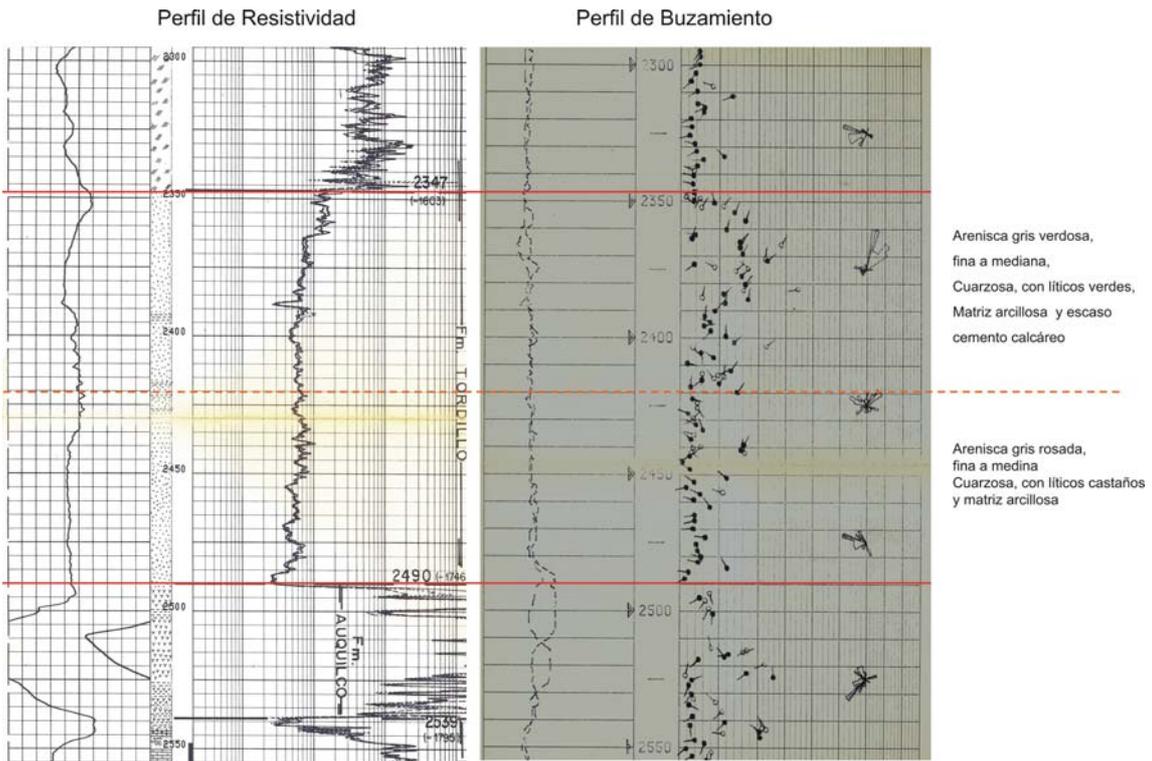


Figura 4: Perfiles Eléctricos y Dip Meter, pozo ABo xp-11

El Yacimiento Aguada del Chivato presenta 3 pozos perforados que alcanzaron la Fm Tordillo, (ACh x-1, ACh x-2 y ACh x-3, perforados entre 1966 y 1969), cuya información consiste en la descripción de *cutting*, coronas parciales y perfiles convencionales, los que permitieron caracterizarla sedimentológicamente.

Se analizaron los tres testigos coronas extraídos por YPF en los pozos ACh x-2 y ACh x-3, los que por su distribución representan tanto al sector inferior, como superior de la Fm. Tordillo (Figura 5).

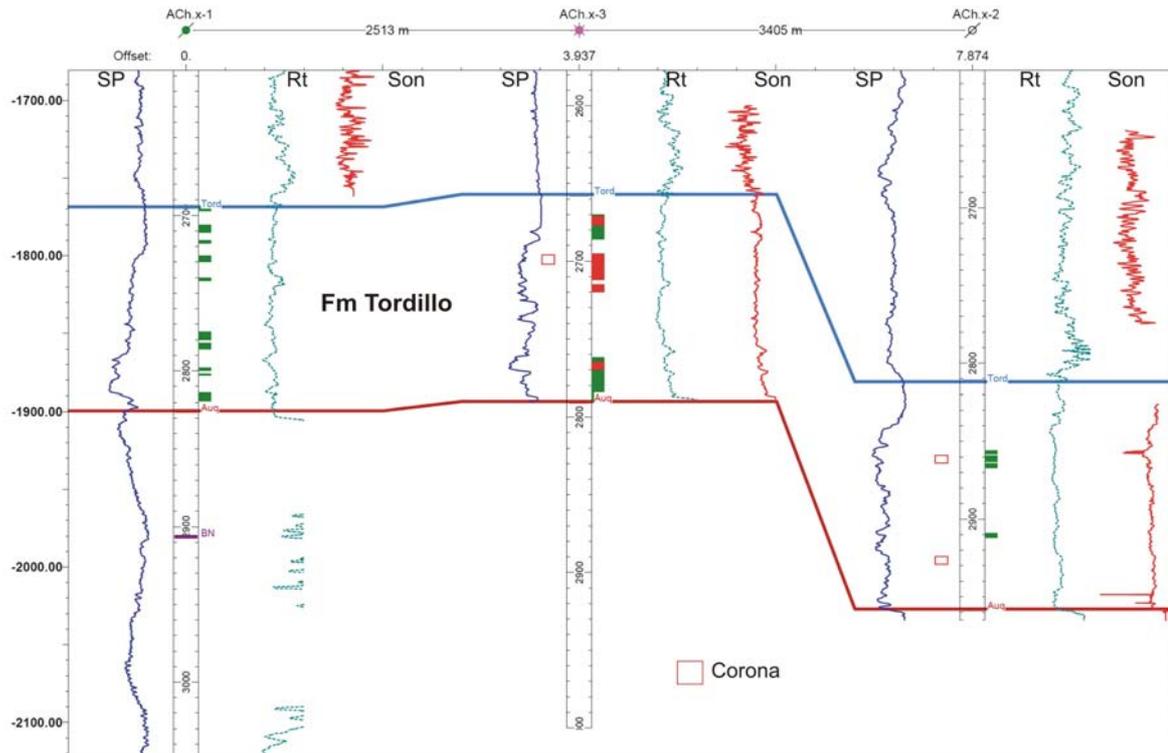


Figura 5: corte estratigráfico de orientación aproximada NNW-SSE con ubicación de coronas en la Fm Tordillo.

La litología observada define un intervalo homogéneo, compuesto por areniscas gris verdosas, fina, compacta, con clastos subredondeados, de selección moderada; matriz arcillosa y cemento calcáreo, con abundantes rastros de hidrocarburo fresco y seco, y con importantes manifestaciones de gas durante la perforación durante todo su espesor. Se caracteriza por las escasas estructuras, distinguiéndose sólo una laminación difusa de bajo ángulo a moderado ( $3 - 10^\circ$ ). Composicionalmente son clastos de feldespatos, líticos tobáceos y cuarzo. Existe una importante alteración clorítica y cementación silíceo que define parches que controlan la impregnación de hidrocarburos (Figura 6).

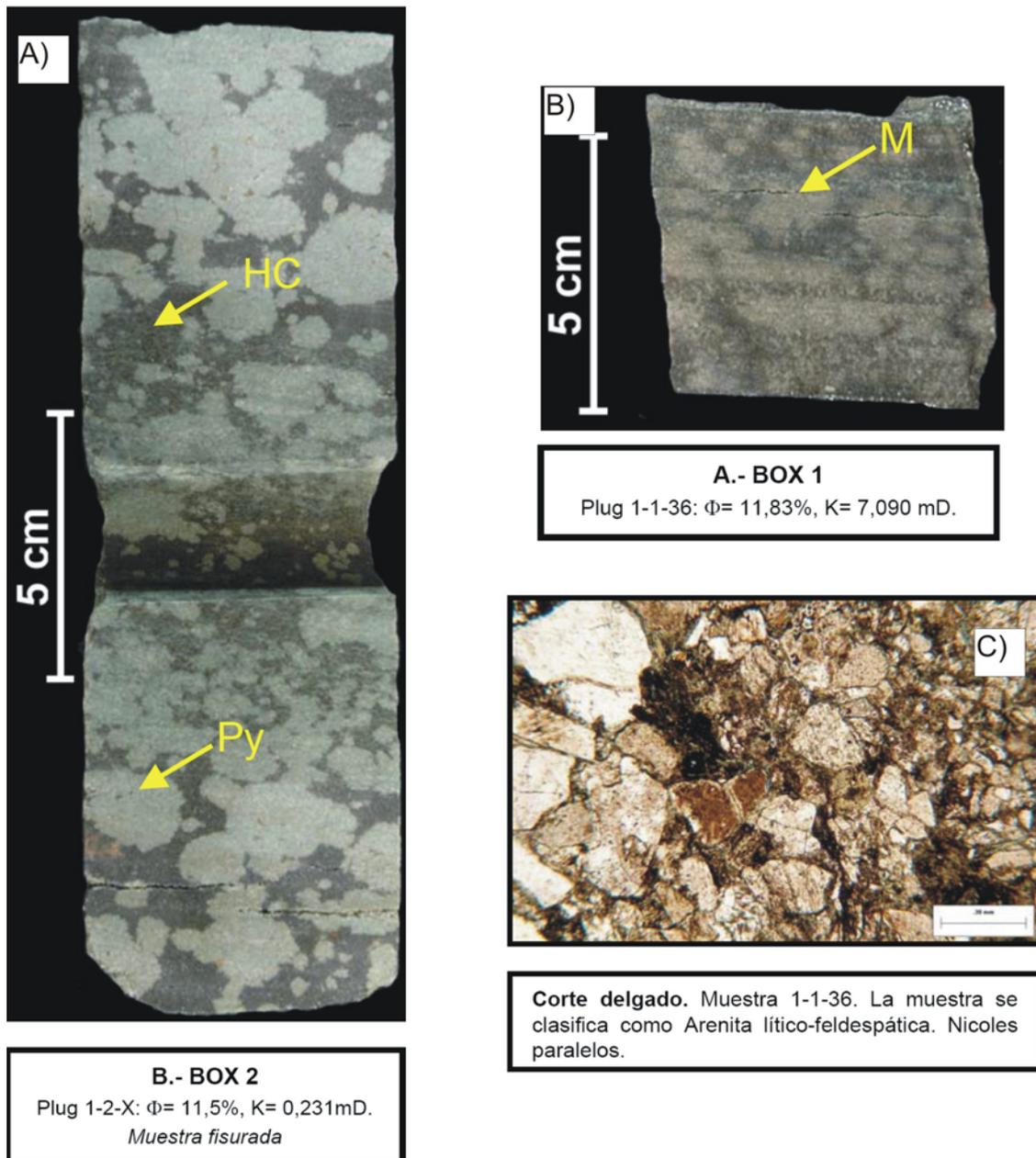


Figura 6: A) Testigo corona de pozo Ach x-2 (2258-2264 mbbp) donde se observan los parches de alteración y las impregnaciones de hidrocarburo. B) Testigo corona del pozo ACh x-3 (2696-2702 mbbp). C) Corte delgado de corona del pozo ACh x-3

El nuevo pozo perforado en 2008 con objetivo en la Fm Tordillo, estuvo orientado a investigar el play fracturado, por lo que se corrió una imagen acústica que permita estudiar el fracturamiento, dejando la estratigrafía con una información de menor calidad. A pesar de ello se pudo realizar un análisis de los buzamientos (Figura 7), los que siempre son menores a  $10^\circ$ , inclinando al N-NNW en el tercio inferior, N-NE en el tercio medio y hacia el NE en el tercio superior, este último encontrándose altamente disturbado.

Para realizar una evaluación estratigráfica se hizo un análisis de la tendencia del rumbo de buzamiento, lo que se logra creando un diagrama en planta, donde se colocan de manera acumulativa todos los planos de estratificación interpretados de la imagen acústica del pozo (Diagrama “Walk-away”). Dicho diagrama esta constituido de base a techo del intervalo (Figura 7), donde se observa que toda la Fm Tordillo se agrupa en el dominio A de dirección NNE, con inclinaciones menores a 10°. En tanto que el dominio B caracteriza a la Fm Vaca Muerta con un conspicuo arreglo que luego será analizado.

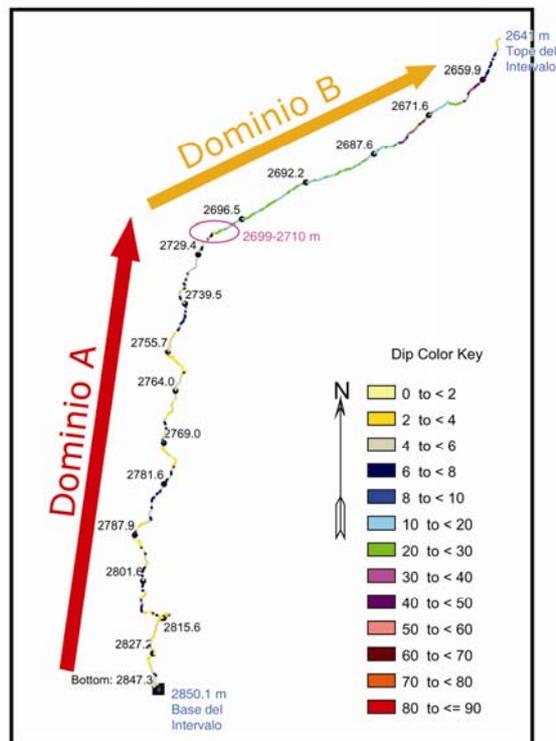


Figura 7: Diagrama de dirección de buzamiento “Walk Away” de los planos de estratificación

La característica y homogénea composición litológica, su consistente inclinación hacia el NE, en contra de la pendiente regional y su ubicación en la cuenca según el mapa de facies de Arregui et al. (1984) (Figura 8) permite ubicar a la Fm Tordillo para el Yacimiento Aguda del Chivato, dentro del área de sedimentos eólicos.

Como características petrofísicas principales se puede mencionar una porosidad promedio que varía entre 10 y 6 %, mientras que la permeabilidad media es siempre menor a 1 miliDarcy, con valores aislados de 7 miliDarcys.

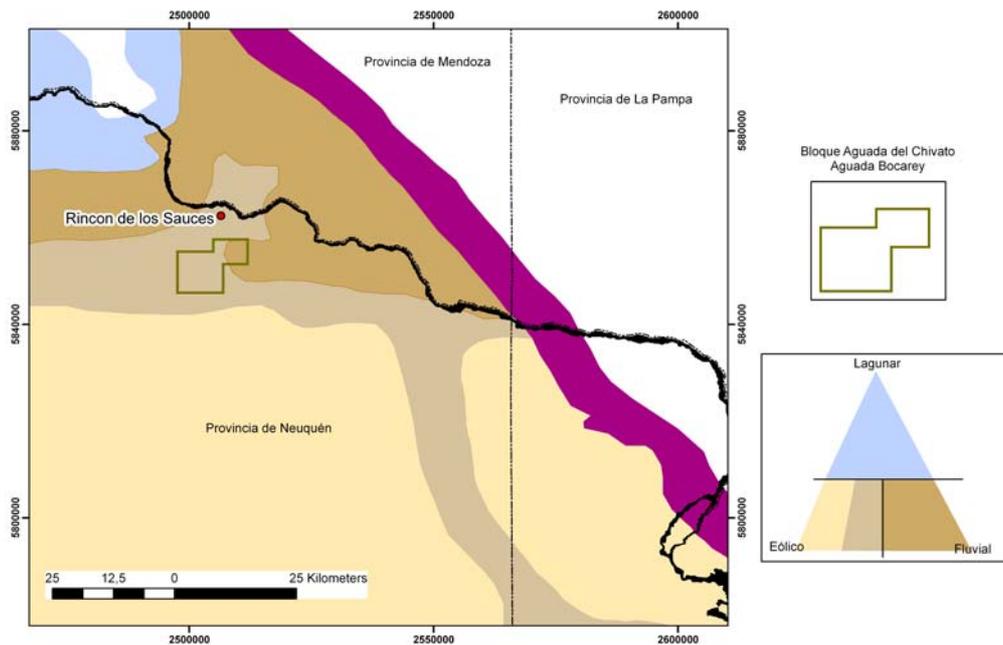


Figura 8: Mapa de facies de la Fm Tordillo según Arregui et al., 1984.

## ESTRUCTURA

Desde el punto de vista estructural regional, la zona en estudio se encuentra en la región morfoestructural definida como *Plataforma Estructural*, que conforma una franja acompañando el límite NE de la Cuenca Neuquina.

En el yacimiento, la estructura que caracteriza a la Fm Tordillo es un monoclinado fracturado con una pendiente regional al sudoeste (Figura 9). Dentro de esta estructura se pudo mapear un sistema de fallas subverticales, de gran continuidad lateral y de orientación NNW-SSE, las que definen un sistema de bloques basculados hacia el SW (Figura 9). Estas fallas han sido interpretadas como reactivaciones de fallas generadas en la etapa de rift de la cuenca.

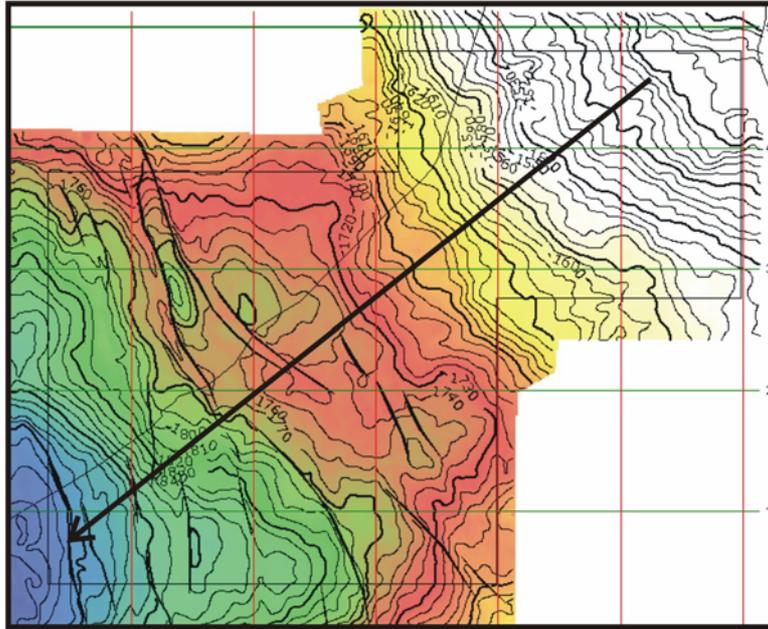


Figura 9: Mapa isócrono en profundidad, indicando el sentido de profundización de la cuenca.

Con el fin de definir con mayor precisión el mapeo de las fracturas principales y la existencia de fallas menores, se realizó un reproceso sísmico para obtener un Cubo de Similitud, a dos intervalos de muestreo:  $\pm 12$  y  $\pm 40$  milisegundos respectivamente. El trabajo de interpretación en el Cubo de Similitud permitió precisar un marcado fallamiento de rumbo NNW-SSE, compuesto por dos fallas principales asociadas, de forma sigmoidal en planta (Figura 10), con un rechazo máximo de aproximadamente 40 m afectando la base de la Fm Vaca Muerta y el tope de la Fm Tordillo, conectando de esta manera a la Roca Madre con la Roca Reservorio (Figura 11).

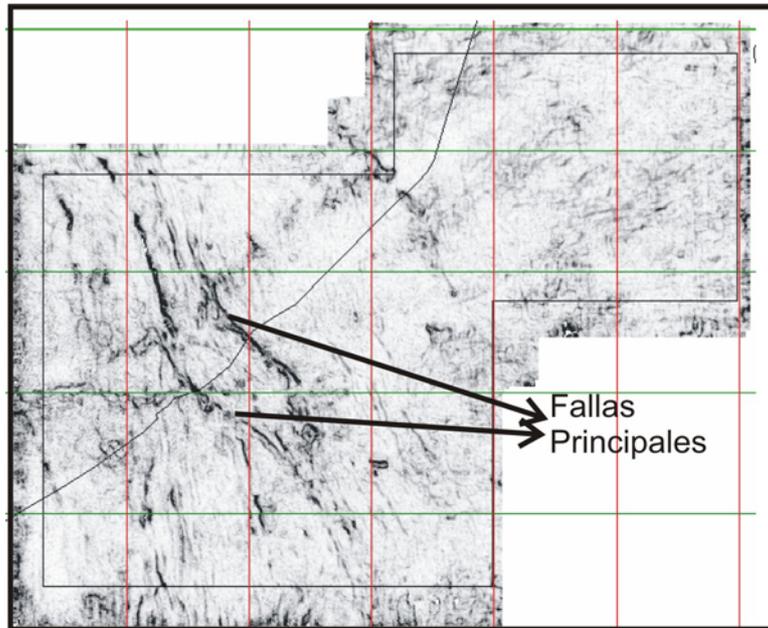


Figura 10: horizon slice en el cubo de Similaridad muestreo  $\pm 12$  msec., mostrando las el sistema de fallas principales.

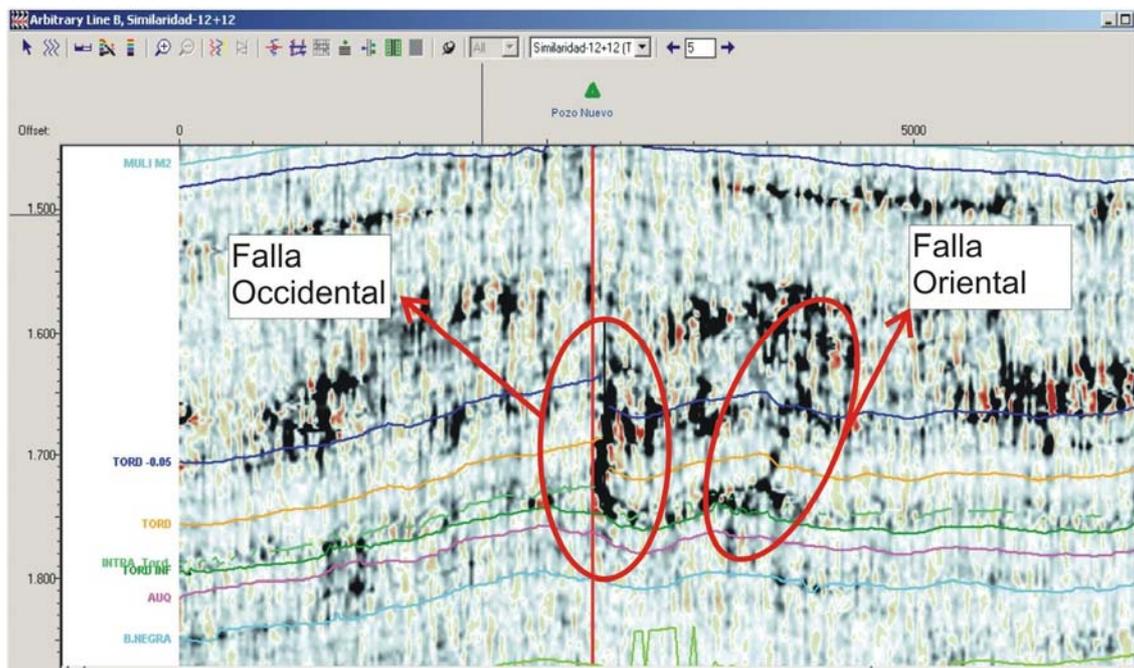


Figura 11: Línea sísmica arbitraria de orientación oeste – este, cubo de similaridad muestreo  $\pm 12$  msec. Detalle de la Falla Occidental.

## ANÁLISIS DEL PERFIL DE IMAGEN ACÚSTICA

En el pozo se realizaron dos carreras de perfilaje en el tramo de las Formaciones Vaca Muerta y Tordillo. En la primera carrera se registraron los perfiles

de densidad, neutrón, sónico de onda completa, resistividad y rayos gamma. En la segunda carrera se registró un perfil de imagen acústica (CBIL – Baker Atlas) y un perfil rayos gamma de correlación.

En el análisis de la imagen acústica (Informe Fronterra, 2008. inédito) se reconocieron e interpretaron planos de fractura y de estratificación. También se determinó el campo de esfuerzos actual en función de la posición de *breakouts* y fracturas *centerline*.

Se obtuvieron más de 450 planos de estratificación, los cuales fueron graficados en un diagrama de dirección de buzamiento (*Walk Away*, Figura 7), construido de base a techo del intervalo. Allí se reconocieron dos dominios estructurales bien definidos: un Dominio A de dirección NNE y un Dominio B de dirección NE-ENE.

En el Dominio A, los planos de estratificación tienen una inclinación homogénea inferior a los  $10^{\circ}$  (coincidente con los valores obtenidos en las coronas analizadas) mientras que en el Dominio B, de distribución más dispersa, las inclinaciones de los límites entre capas son más variables y en general con mayor ángulo, conformando tres intervalos con un aumento progresivo de la inclinación de los planos de estratificación, de techo a base (Figura 12)

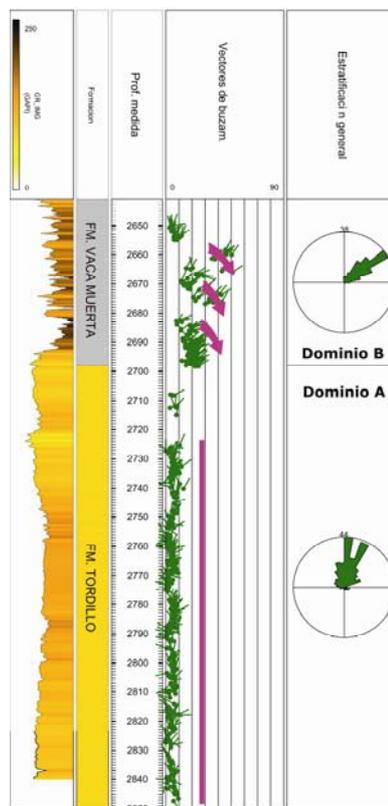


Figura 12: Distribución vertical de los dominios de azimut.

Desde el punto de vista del reservorio, se agrupó a las fracturas en dos grandes grupos: Permeables (fracturas con potencial para almacenar y/o transmitir fluidos) y no Permeables (fracturas con bajas posibilidades de almacenar y/o transmitir fluidos). El primer grupo incluye las fracturas clasificadas como abiertas o parcialmente abiertas mientras que el segundo involucra las fracturas cerradas y cementadas.

La distribución de estos planos de fracturas es heterogénea a lo largo del pozo y se observa un intervalo de importante fracturación entre los 2700 y 2750 mbbp aproximadamente, dentro de la Fm Tordillo (Figura 13). A su vez, este intervalo puede ser dividido en una Sección Superior (por encima de los 2724 mbbp) donde las fracturas tienen una amplia distribución de inclinación y son generalmente del tipo abiertas y parcialmente abiertas, y escasas cerradas; y una Sección Inferior (por debajo de los 2724 mbbp), donde la distribución de inclinación de las fracturas está restringida hacia los valores bajos, y las fracturas son del tipo cerradas y muy escasas del tipo parcialmente abiertas.

En la Figura 13 se muestra la distribución vertical de las fracturas en todo el intervalo.

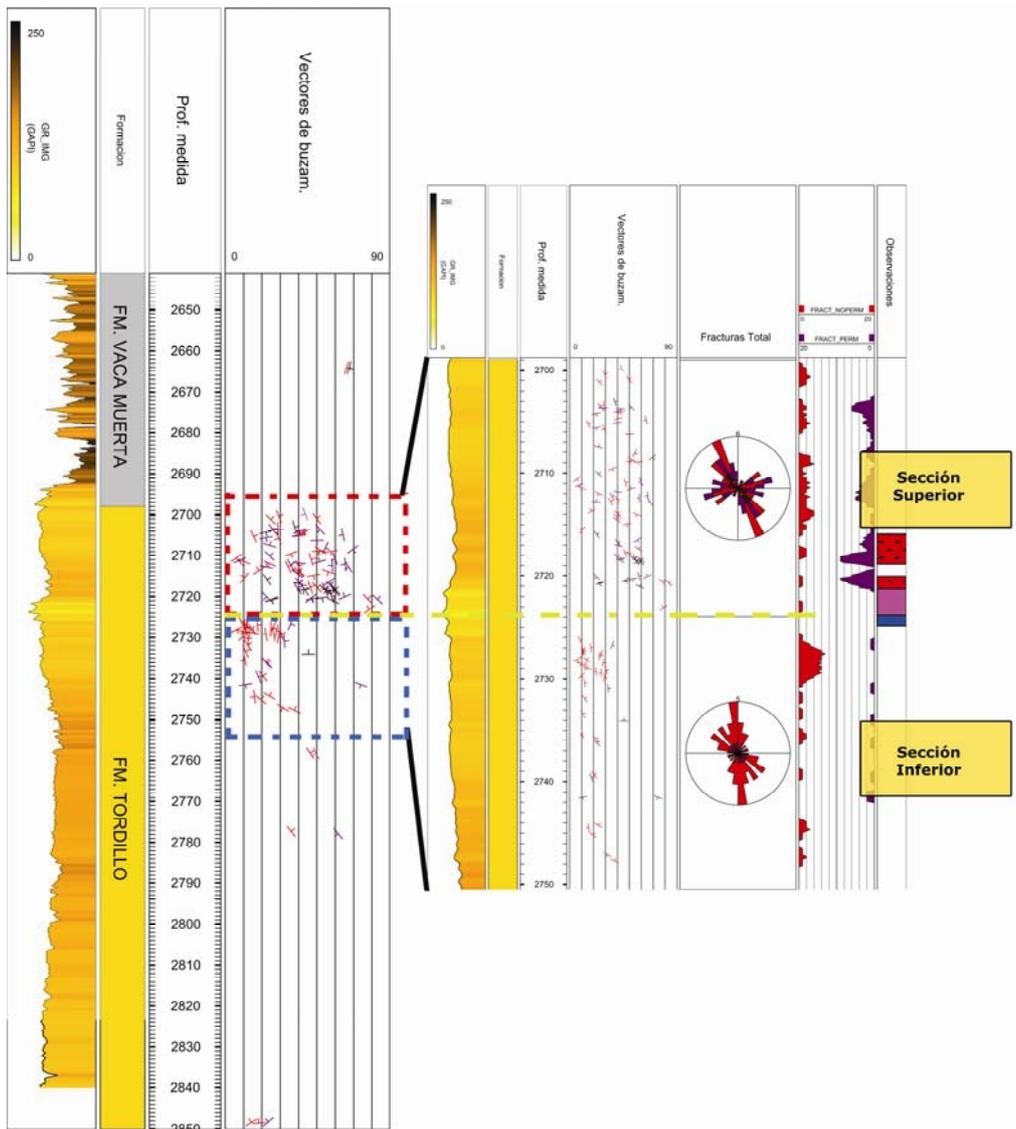


Figura 13: Fracturas reconocidas en la imagen acústica. A la derecha se muestra un detalle de los intervalos con mayor densidad de fracturas.

Para el mismo intervalo también se reconocieron zonas de intenso brechamiento (Figura 14) y zonas de pérdida de dato en la imagen acústica debido a derrumbamiento de las paredes del pozo (zona de color magenta en el *track* Observations de la figura 13). Estas características, sumado a la alta concentración de fracturas previamente descrita, conforman evidencias sólidas para la interpretación de este intervalo como una zona de falla.

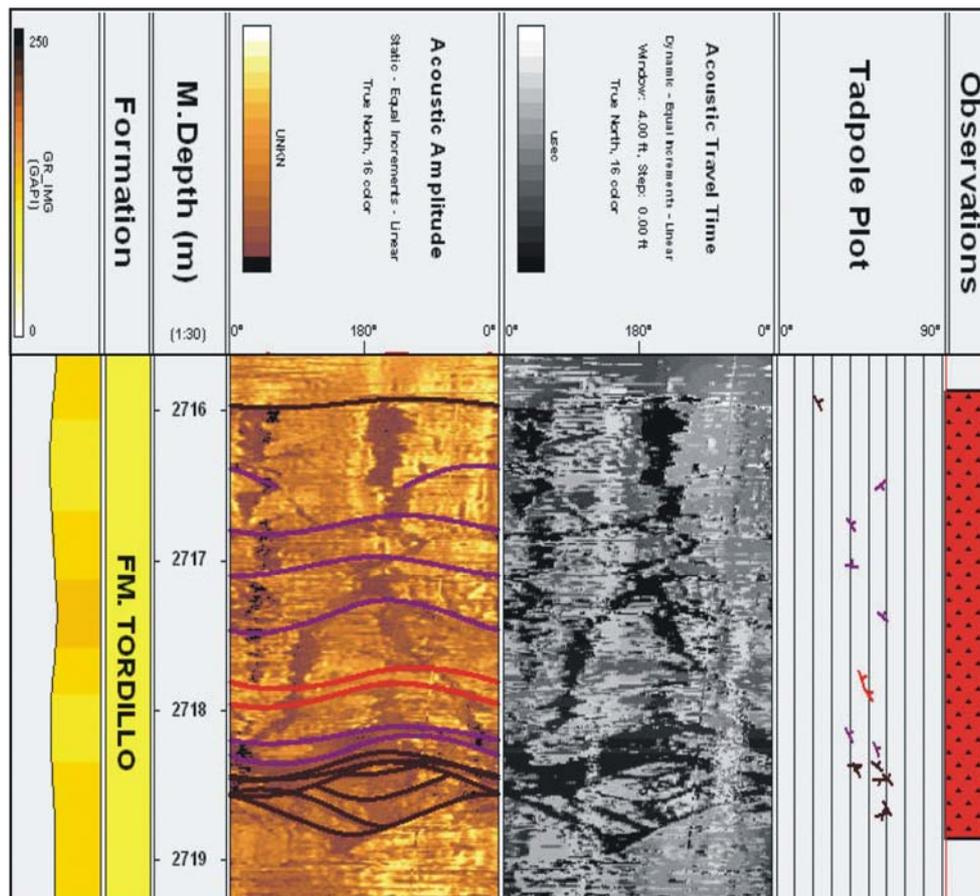


Figura 14: Zonas de intenso brechamiento.

Finalmente, de la integración de los planos de estratificación interpretados, de los planos de fractura, del calibre de pozo, de algunos perfiles eléctricos y de los eventos de surgencia de la perforación (Figura 15) se interpreta la existencia de tres sectores con implicancias estructurales significativas:

- ✓ **2700-2724 mbbp:** en la base existen desmoronamientos de las paredes del pozo, pérdida de la imagen acústica, y el perfil de densidad disminuye notablemente mientras que los de porosidad-neutrón y tiempo de tránsito aumentan notoriamente. Por encima de toda esta zona, los planos de estratificación aumentan su inclinación ( $25^{\circ}$ ) y disminuyen progresivamente hacia el techo, mostrando un claro patrón de arrastre por falla. Este intervalo se interpreta como una Falla con una importante zona de falla asociada.
- ✓ **2681 mbbp:** existe un desmoronamiento de las paredes del pozo y por lo tanto hay pérdida de la imagen acústica, los perfiles de pozo abierto tienen un comportamiento muy parecido al intervalo anterior, y los planos de estratificación aumentan súbitamente el ángulo de inclinación hacia la base y disminuyen progresivamente hacia el techo. Sin embargo, no se observaron fracturas en esta zona, lo que no implica que no estén presentes ya que la

calidad de la imagen es muy baja, dificultando su observación. Este intervalo se interpreta como una posible falla.

- ✓ **2657 mbbp**: caso muy similar al anterior. Este intervalo también se interpreta como una posible falla.

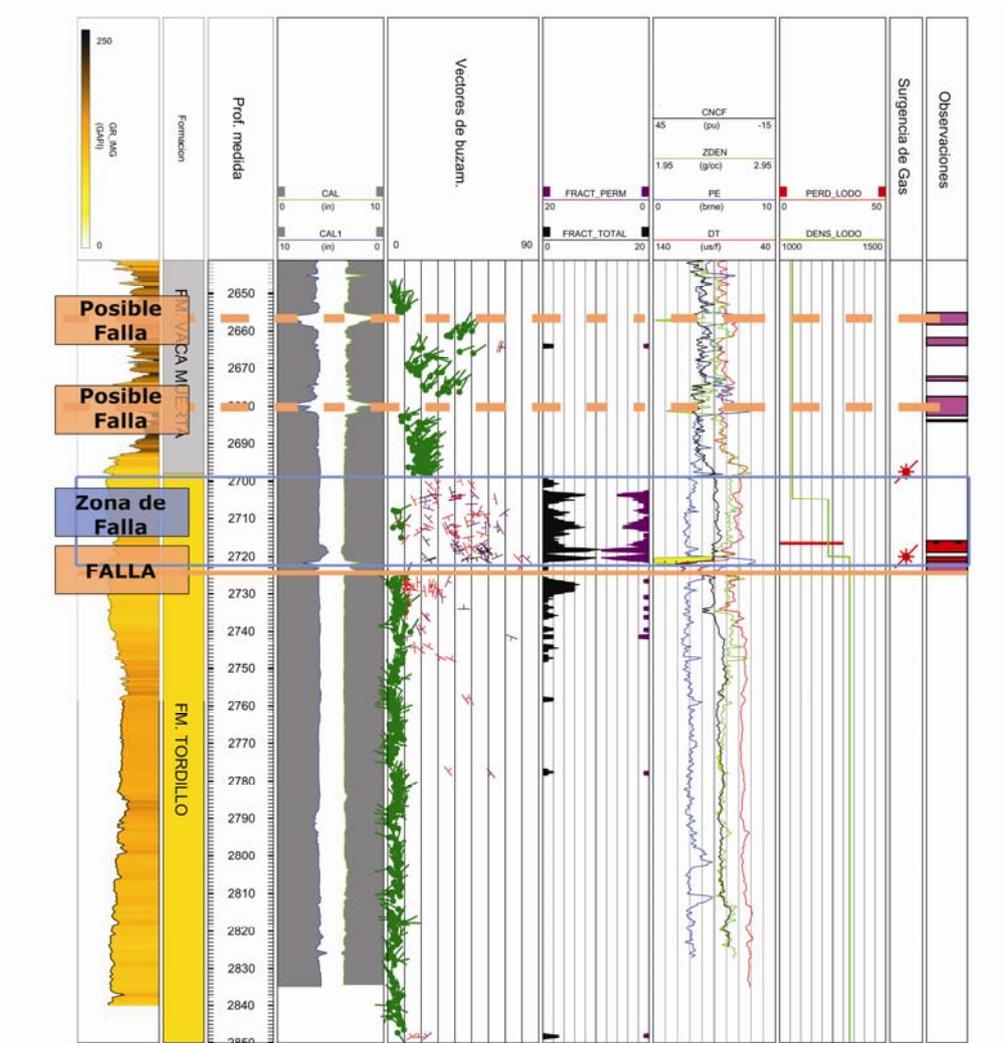


Figura 15: Características más sobresalientes del análisis de la imagen acústica y comparación con algunos perfiles y datos relevantes de la perforación del pozo.

#### DETERMINACIÓN DEL CAMPO DE ESFUERZOS ACTUAL

El desarrollo de numerosas zonas con *breakouts* (Figura 16 A y B) y algunas pocas fracturas tipo *centerline*, permitió el análisis del esfuerzo actual a partir de la imagen acústica. Utilizando los diagramas combinados de rosas (Figura 17 A) se puede estimar que el Esfuerzo Horizontal Mínimo (**Sh**) tiene una orientación N345°, mientras que el Esfuerzo Horizontal Máximo (**SH**) es de alrededor de N075°.

La orientación de los *Breakouts* sugiere que existe una ovalización del pozo con su eje mayor orientado N345°, paralelo a **Sh**, y con su eje menor orientado N75°, paralelo a **SH**, como se muestra en el gráfico idealizado de la Figura 16 B. Este análisis permite relacionar el sistema de fracturas determinado en la interpretación de la imagen acústica con el marco regional de las fallas mayores, asumiendo que la dirección del esfuerzo regional que generó y/o reactivó las fallas es muy similar a la dirección de los esfuerzos horizontales actuales.

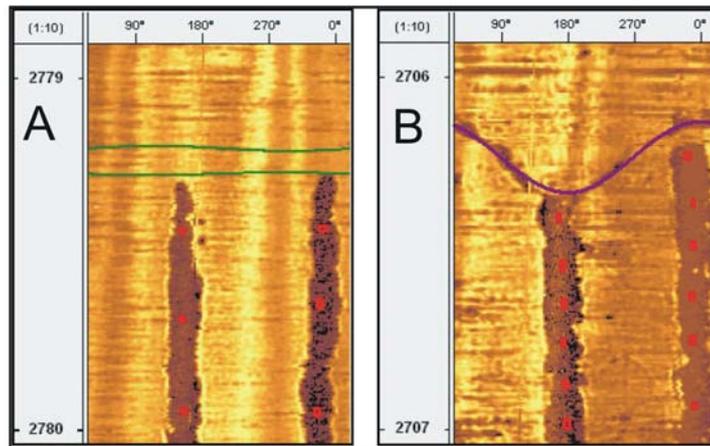


Figura 16 A y B: Desarrollo de breakouts en el pozo, analizados a través de la interpretación de la imagen acústica. El desarrollo de los breakouts en muchos casos parece estar controlado por los planos de estratificación (A) y en otros por fracturas naturales (B).

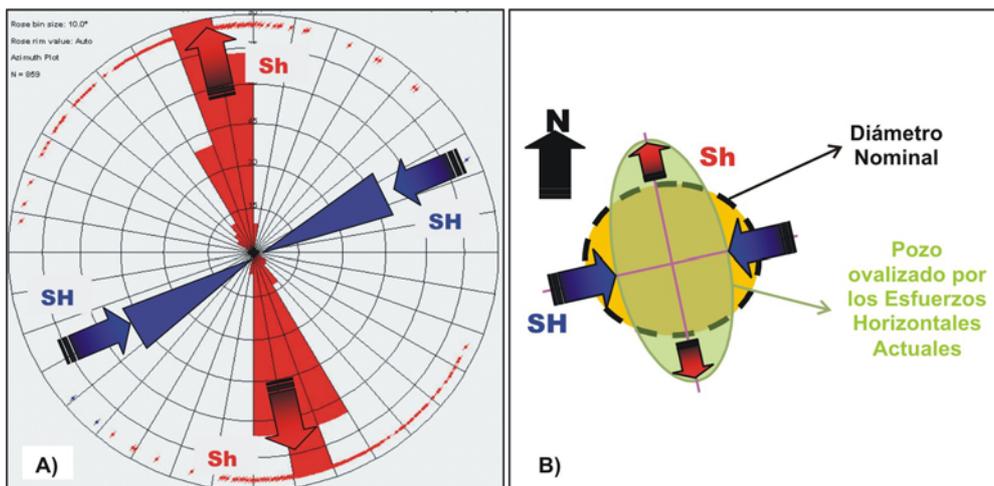


Figura 17: A) Los diagramas combinados (red estereográfica+diagrama de rosas) muestran las orientaciones principales de los *Breakouts* (en rojo) y de las fracturas *Centerline* (en azul). Las flechas indican las direcciones de la componente horizontal del esfuerzo máximo in situ (**SH**, en azul) y el mínimo (**Sh**, en rojo) respectivamente.

B) La figura indica la dirección de los *Breakouts*. La dirección de mayor compresión es paralela a la orientación principal que tendrían las fracturas hidráulicas, en este caso ENE-WSW.

#### RELACIÓN DE FALLAS MAYORES CON FRACTURAS DE POZO (“UPSCALING”)

Al comparar las orientaciones principales de las fracturas naturales con el marco tectónico regional (Figura 18), se observa que las fracturas no permeables son paralelas a la falla subvertical de orientación NNW-SSE que se ve cortada por el pozo. De esta forma, el esfuerzo máximo horizontal actual (SH) sería semejante al que generó la estructura para este sector del yacimiento.

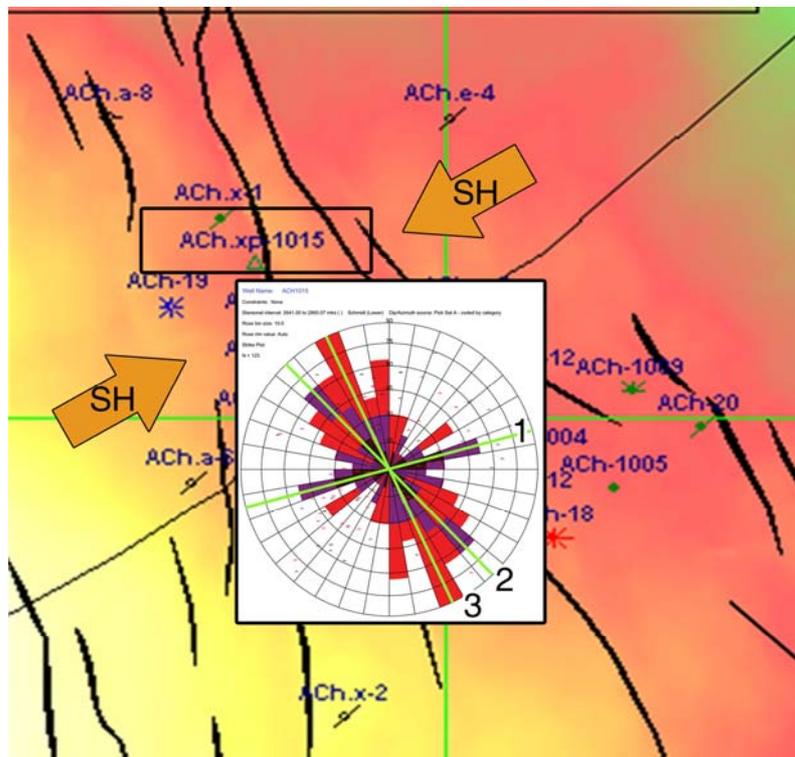


Figura 18: Diagrama de Rosas mostrando los sets principales de fracturas. Set 1 (ENE-WSW) y Set 2 (NW-SE) representarían las fracturas permeables, mientras que el Set 3 (NNW-SSE) serías las fracturas no permeables.

#### INTERPRETACION Y CONCLUSIONES

Se pudo definir una división sedimentológica para la Fm Tordillo dentro del bloque, encontrándose en el Yacimiento Aguada Bocarey la facies fluvial en la base

(Fm Sierras Blancas) y la facies eólica sobrepuesta (Fm Catriel), mientras que en el Yacimiento Aguada del Chivato solamente se encuentra presente la facies eólica.

Se identificó un sistema de fallas principales de rumbo NNW-SSE sigmoidales en planta, producto de reactivaciones de fallas profundas, que responden a un esfuerzo compresivo SSE - NNW.

Las variaciones litológicas entre la Fm Vaca Muerta y la Fm Tordillo dio diferentes respuestas de deformación a los esfuerzos que generaron la estructura. Esto da como resultado una deformación con una importante componente dúctil en la Fm Vaca Muerta, mientras que para la Fm Tordillo, al ser ésta más competente, la deformación fue principalmente frágil.

La Fm Vaca Muerta en el área, se encuentra actualmente dentro de la ventana de generación del petróleo. La expulsión de los hidrocarburos hacia la roca reservorio, la cual se halla aislada del sistema hidrostático normal, provocaría la sobrepresión registrada en la Fm. Tordillo.

Las fracturas registradas dentro de la Fm Tordillo fueron generadas durante la estructuración del bloque, observándose que las fracturas cerradas o no permeables se encuentran paralelas a la estructura principal de orientación NNW-SSE. Siendo el esfuerzo actual semejante al que generó la deformación en este sector del yacimiento.

## BIBLIOGRAFIA

**Arregui et al 1988** "Análisis Estratigráfico-Paleoambiental de la Formación Tordillo en el subsuelo de la Cuenca Neuquina – República Argentina"

**Di Gregorio, 1972** Neuquén. En: A. Leanza (Dir y Ed) Geología Regional Argentina. Academia. Nacional de Ciencias de Córdoba. Pp: 439-506.

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

**Groeber, P., 1918.** "Estratigrafía del Dogger en la República Argentina". Ministerio de Agricultura de la Nación. Bol. 18: 1-81.

**Groeber, P., 1929** Líneas Fundamentales de la Geología del Neuquén, sur de Mendoza y regiones adyacentes. Dirección de Minas, Geología e Hidrogeología, Buenos Aires. Publicación 58.

**Gulisano, 1985.** Análisis estratigráfico y sedimentológico de la Formación Tordillo en el Oeste de la Provincia del Neuquén, Cuenca neuquina, Argentina. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Buenos Aires.

**Howell, J.A, Schwarz, E., Spalletti, L.A. y D. Veiga. 2005.** The Neuquén Basin: an overview. From: 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, London, Special Publications, 252, 1-14.

**Sergio López, Gabriel Bojarski, Laura Net y Gustavo Fortunato. 2005** “Análisis de las Facies de la Formación Tordillo a través de Imágenes Microresistivas FMI, Bloque Anticlinal Campamento, Cuenca Neuquina”. VI Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Mar del Plata, Argentina.

**Maretto, H, O. Carbone, C. Gazzera y M. Schiuma. 2002.** “Los Reservorios de la Formación Tordillo.” V Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Mar del Plata. ROCAS RESERVORIOS de las cuencas Productivas de la Argentina.

**Parker, 1965** “Relevamiento geológico en escala 1:25000, entre el arroyo Picún Leufú y Catan Lil, a ambos lados de la ruta 40”. Informe Inédito.

**Peroni, G., J. Di Mario y C. Arregui. 1984.** “Estudio estadístico de perfiles de buzamiento aplicado al análisis de paleoambientes – Formación Tordillo (cuenca neuquina), provincia de Neuquén.” IX Congreso Geológico Argentino, actas V:243-257.

**Vergani G.D., Tankard, A.J., Belotti, H.J., Welsink, H.J., 1995.** Tectonic evolution and paleogeography of the Neuquén Basin, Argentina. En: Tankard, A.J., A.J. Suárez Soruco, R., Welsink, H.J. (Eds.). Petroleum Geologists, Memoir, 62, pp. 383-402.