

## Resultados de la Evaluación Integrada de Bloques de Shale gas en Cuenca Neuquina, Argentina: La perforación de Loma Ancha y Loma Ranqueles.

Autores: E. M. Micucci, Tecpetrol; A. Bande, Tecpetrol; A. Mosquera, Tecpetrol; R.D. Veiga, Tecpetrol.

Categoría: Marque con una "X"

- Artículo Técnico
- Tesis Pregrado
- Tesis Posgrado

Derechos de Autor 2022, ACIPET

Este artículo técnico fue preparado para presentación en el XIX Congreso Regional Colombiano de Petróleo, Gas y Energía organizado por ACIPET en Cartagena, Colombia.  
Este artículo fue seleccionado para presentación por el comité técnico de ACIPET, basado en información contenida en un resumen enviado por el autor(es).

### Resumen

Los bloques Loma Ancha y Loma Ranqueles se encuentran ubicados en el sector central de la Cuenca Neuquina, Argentina, en la ventana de generación de gas seco para la Formación Vaca Muerta, principal Reservorio No Convencional de la Cuenca.

En un trabajo anterior (Micucci, et al 2019 <sup>1</sup>) se mostró un flujo de trabajo integrado para la evaluación del potencial de estos bloques, con el fin de determinar las mejores locaciones posibles para la ejecución del primer pozo exploratorio No Convencional.

El propósito de este trabajo, que puede pensarse como una continuación del anterior, es doble:

- a) por un lado, mostrar los resultados de la perforación de ambos pozos exploratorios y revisar si se cumplieron las premisas planteadas antes de su realización
- b) mostrar el flujo de trabajo de trabajo realizado para la evaluación de los resultados de un pozo exploratorio No Convencional vertical y explicar la metodología para la selección del nivel de navegación horizontal. Este pozo horizontal será el que, finalmente, determine la productividad del play a partir de ensayos de producción de cierta duración.

### Introducción - Objetivos

Los bloques Loma Ancha y Loma Ranqueles se encuentran ubicados en el sector central de la Cuenca Neuquina (Figura 1A), en la República Argentina. La Cuenca Neuquina es una de las principales cuencas productoras de petróleo, gas y condensado del país, aportando cerca del 40% del petróleo y el 55 % del gas que se produce en el país. En los últimos años la producción de los reservorios No Convencionales de la Fm. Vaca Muerta: Shale oil, Shale gas y, en menor medida, el Tight gas aumentaron considerablemente y vinieron a compensar, parcialmente, el declino de los campos convencionales. En la actualidad, más de la mitad del gas y casi un tercio del petróleo de la cuenca neuquina provienen de reservorios no convencionales (Shale / Tight).

En los bloques Loma Ranqueles y Loma Ancha se perforaron dos pozos exploratorios piloto verticales respectivamente y, a partir de cada uno de ellos, una rama horizontal de 1500 m de largo con objetivo No Convencional para evaluar el potencial gasífero de la Formación Vaca Muerta en los bloques. El propósito del presente trabajo es, por un lado, mostrar los resultados de la perforación de ambos pozos exploratorios verticales y evaluar si se pudieron cumplir los objetivos planteados antes de su perforación planteados en Micucci et al (op. cit.); adicionalmente se muestra un análisis de la evaluación de la Fm. Vaca Muerta en los pozos piloto y la metodología llevada a cabo para la selección del nivel de navegación horizontal dentro de la Formación.

### Marco Geológico Regional

La Cuenca Neuquina es una cuenca ubicada en la República Argentina, que posee un relleno sedimentario que supera los 6.000 metros de espesor en las partes más profundas, y comprende rocas clásticas, volcanoclásticas evaporíticas y carbonáticas de ambientes marinos, continentales y de transición depositados a lo largo de más de 100 millones de años.

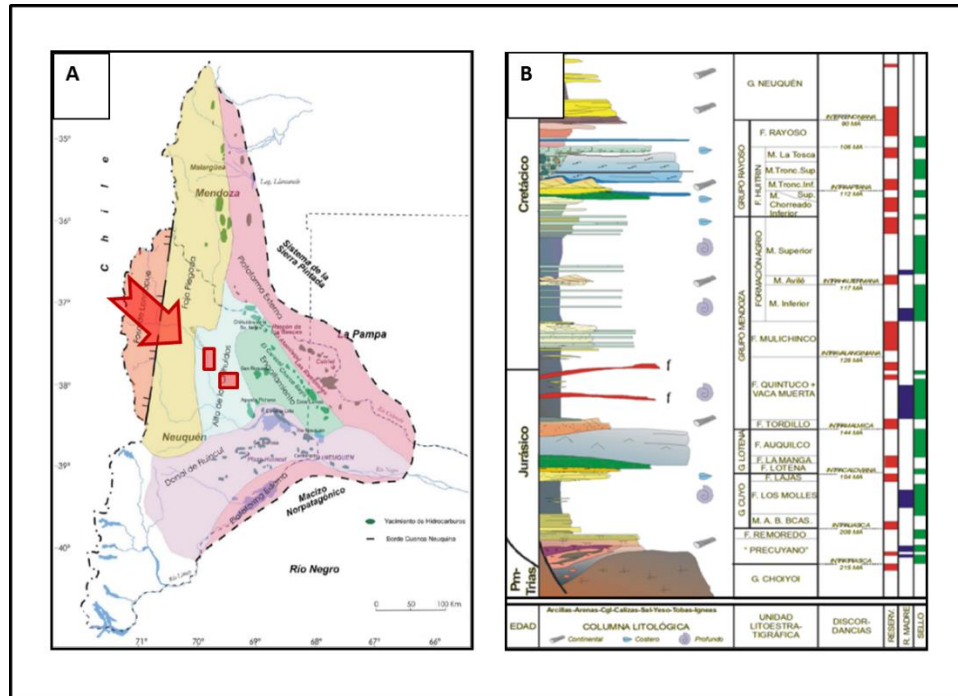


Figura 1A: Regiones Morfoestructurales de la Cuenca Neuquina. Tomado de Alonso *et al.*<sup>2</sup>. Figura 1B: columna estratigráfica generalizada de la Cuenca Neuquina tomado de Mendiberri y Carbone<sup>3</sup>.

Esta rica y compleja historia geológica también tiene su equivalente en la geología del petróleo: tres Roca Madres principales han sido reconocidas, junto con una decena de reservorios convencionales, que conforman trampas de muy variado tipo y tamaño. Con la aparición de los reservorios no convencionales, la Cuenca Neuquina posee al menos un reservorio “world class” que es el *shale* de la formación Vaca Muerta, importante productora de gas y petróleo. En un segundo orden de magnitud puede mencionarse el Tight Gas de la F Mulichinco productora en el sector central de la cuenca

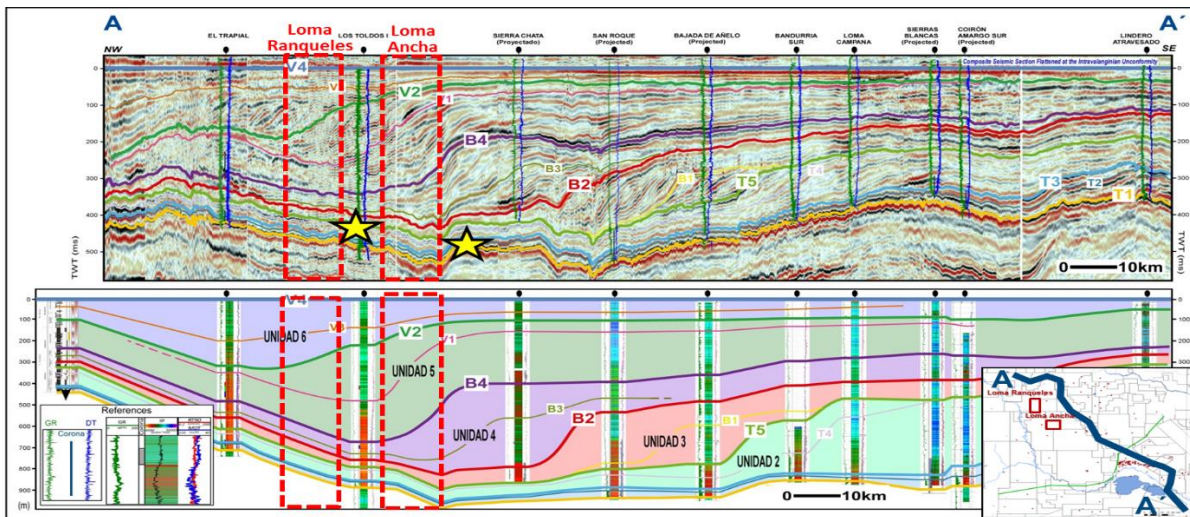


Figura 2: Transecta Regional de la Formación Vaca Muerta con ubicación de los bloques Loma Ancha y Loma Ranqueles y los niveles de interés No Convencional. Modificado de Sattler *et al.*<sup>4</sup>.

La Formación Vaca Muerta es una unidad de edad Jurásico superior- Cretácico inferior que integra el Grupo Mendoza (Figura 1 B). Constituye las facies distales (talud – fondo de cuenca) de un sistema desarrollado en la parte central de la Cuenca Neuquina, que abarca un periodo de aproximadamente 11 millones de años y está integrado por una serie de secuencias progradantes bien desarrolladas, correspondientes a un ciclo eustático relativo del nivel del mar de segundo orden, cuyas facies de plataforma son de naturaleza carbonática predominante y están constituidas estratigráficamente por la Formación Quintuco, y su equivalente lateral, la Formación Loma Montosa, en los bordes de la cuenca. El límite entre la Formación Vaca Muerta y las formaciones Quintuco / Loma Montosa es una superficie diacrónica, litológicamente transicional, dada por el aumento de la proporción de material carbonático en estas últimas.

Este sistema depositacional comienza, a fines del Jurásico, con una inundación abrupta y generalizada de la cuenca, la cual deposita lutitas negras con elevado contenido de materia orgánica correspondientes a la parte basal de la Formación Vaca Muerta. Los niveles más antiguos de esta unidad se depositaron durante el Tithoniano, transformándose en la principal roca generadora de hidrocarburos de la cuenca y constituyendo actualmente el principal Reservorio No Convencional. Este sistema progradante irá evolucionando en forma generalizada, con pequeñas variaciones internas del nivel mar, pero siempre dentro de un contexto de mar alto. Dentro de un esquema geométrico, la Formación Vaca Muerta corresponde mayoritariamente a las facies de “*bottomsets*”, y las formaciones Quintuco / Loma Montosa a las facies de “*foresets*” y “*topsets*”. (Figura 2).

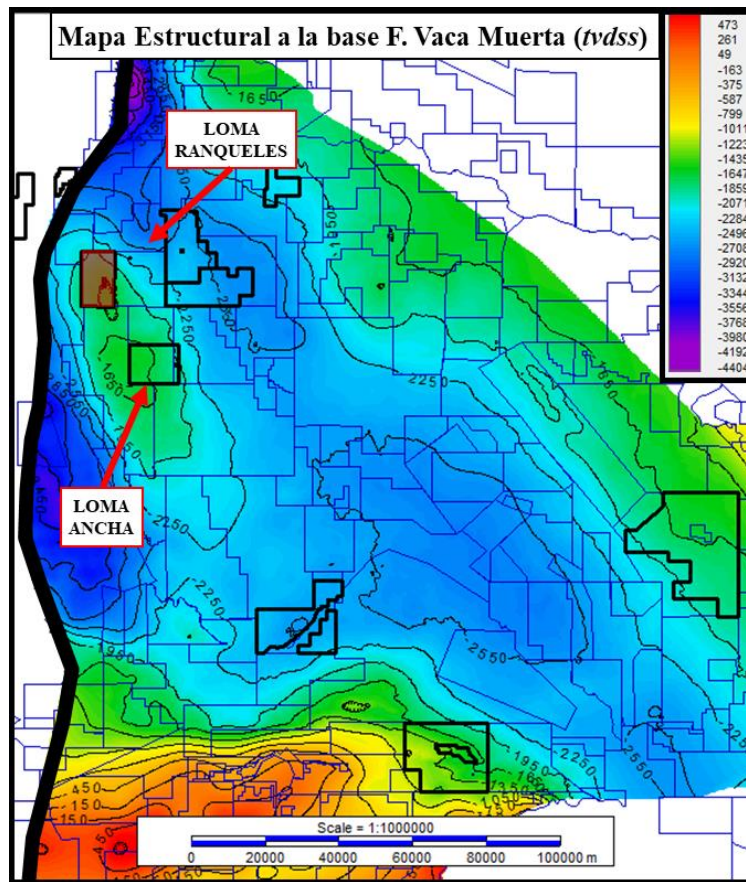


Figura3: Mapa Estructural de la F. Vaca Muerta mostrando como los bloques Loma Ancha y Loma Ranqueles se encuentran en un alto estructural denominado Dorso de los Chihuidos.

Los Bloques Loma Ancha y Loma Ranqueles se encuentran ubicado en una gran estructura braquianticlinal, levemente asimétrica, de orientación NE-SW, denominada “Dorso de los Chihuidos”, la cual está ubicada en el sector centro occidental de la Cuenca Neuquina en la denominada Región del Engolfamiento Neuquino. Esta estructura habría estado activa en tiempos de la depositacion de la F. Vaca Muerta, (Micucci et al 2018 <sup>5</sup>) lo cual provocó variaciones en el espesor de la misma. Estas variaciones son especialmente notables en el Bloque Loma Ancha

## Primera Parte

### Resultados de la selección de la locación de los pozos exploratorios

La selección de la locación para la perforación de los pozos exploratorios en los bloques se llevó a cabo teniendo en cuenta una serie de elementos que fueron descritos con detalle en Micucci et al (op.cit.).

Estos elementos pueden resumirse en:

a) un análisis geológico regional, que tenía en cuenta la ubicación de los bloques en la cuenca y en el contexto estratigráfico de la Formación Vaca Muerta. Para este punto se utilizó la información geológica, sísmica y de pozo disponible en toda la zona.

b) un análisis a escala local, de mayor detalle, donde se realizó un estudio estratigráfico y estructural de los bloques, con la confección de mapas estructurales e isopáquicos de cada una de las unidades de interés, inversión de traza sísmica post stack, determinación de zonas fracturadas, análisis de perfiles, integración de la información geoquímica, mineralógica y bioestratigráfica: determinación de Carbono Orgánico Total (TOC), análisis mineralógicos (DRX), Fluorescencia de Rayos X (FRX), análisis bioestratigráficos, etc.

A los puntos anteriores se le sumaron una serie de estudios “extra-geológicos” como ser la determinación de zonas topográficamente planas aptas para construir locaciones para pozos No Convencionales, la cercanía de caminos y/o infraestructura, la presencia de restricciones medioambientales.



Figura 4: Perforación del pozo Loma Ancha x-1

En líneas generales puede decirse que se alcanzaron plenamente los objetivos planteados:

- Se perforaron los pozos en sectores que poseían un menor espesor del Grupo Neuquén, donde varios pozos habían tenido pérdidas de circulación importantes que pueden poner en riesgo la continuidad de la perforación. En ninguno de los casos hubo pérdidas de lodo de perforación significativas ni presencia de Dióxido de Carbono, otro elemento negativo que suele aparecer en el sector superior de la columna estratigráfica. En el caso del pozo del bloque Loma Ranqueles, se decidió, como medida precautoria adicional, utilizar lodo aireado en la parte superior de la perforación para minimizar el riesgo de pérdidas.

- No hubo pérdidas de lodo de perforación ni problemas durante la perforación que pudieran asociarse a la presencia de fallas y/o zonas estructuralmente complejas. Para tratar de evitar las zonas fracturadas, se había analizado en detalle la información sísmica

existente, mediante el cálculo de diferentes atributos sísmicos de tipo geométrico que permitieron visualizar la presencia de discontinuidades de origen tectónico.

-Ambos sondeos estuvieron dentro del marco estratigráfico regional conocido para la F Vaca Muerta en este sector de la cuenca. Los niveles de interés reconocidos en los pozos se corresponden a los presentes regionalmente en los bloques aledaños.

- Ambos pozos investigaron la secuencia más espesa posible de la F Vaca Muerta dentro de cada Bloque. La profundidad del reservorio fue inferior a los 3000 m, se verificó la presencia de niveles continuos de alto TOC (> 2%) con espesores mínimos superiores a los 100 metros, y se encontraron condiciones de sobrepresión a lo largo de toda la unidad.

- El fluido era el esperado en este sector de la cuenca: gas seco.

- La registración de perfiles de pozo permitió un análisis petrofísico, geomecánico y de capacidad de almacenamiento (“Storage”) que permitió reconocer, y caracterizar los diversos tramos de interés visualizados.

- En el Bloque que se tenía una inversión sísmica Post –stack (Loma Ancha), la perforación del pozo permitió corroborar la existencia de una zona de alto TOC que estaba asociada a una zona de baja impedancia acústica visible en el cubo de inversión sísmica post-stack.

- En el Bloque Loma Ranqueles, la perforación del pozo exploratorio permitió la obtención de datos (perfiles sónico y densidad) que permitieron realizar una inversión sísmica para la búsqueda de niveles de alto TOC

## Segunda Parte

### Análisis e Interpretación de los resultados - pozos exploratorios verticales

Una vez perforados los pozos verticales y registrados los perfiles de pozo correspondientes comienza la etapa de análisis e interpretación de la información para determinar presencia y características de niveles de interés dentro de la F Vaca Muerta.

Es importante destacar que en ambos pozos se perforaron entre 250 – 300 m de rocas con un TOC>2% y es necesario definir el nivel donde navegar el pozo horizontal. En términos regionales existen diversos niveles que han sido navegados en la cuenca en diferentes bloques. La presencia de estos niveles varía según la posición en la cuenca en la que se encuentre cada bloque, lo cual está ligado a la estratigrafía regional (Figura 2). En general, en la zona de Loma Ancha y Loma Ranqueles se agregan algunas niveles adicionales a los que existen en el Bloque Fortín de Piedra (Figura 5).

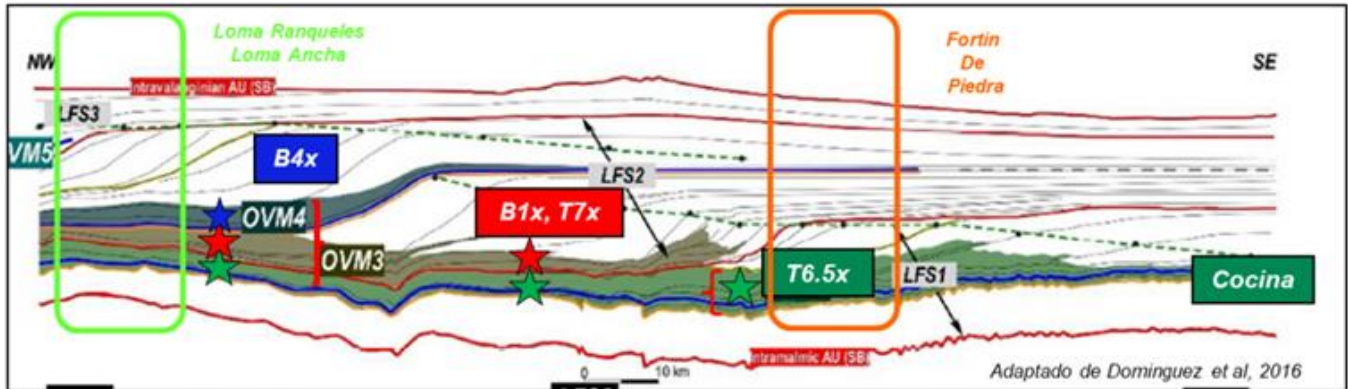


Figura 5: Diferentes niveles de interés para ser navegados en la F. Vaca Muerta.

#### a) Análisis de muestras de roca del pozo

Una importante cantidad de información se obtuvo del análisis de los recortes de perforación del pozo. Se realizaron estudios de determinación de TOC, pirólisis programada, fluorescencia de rayos X y difracción de rayos X.

A partir de los estudios de TOC se determinó que ambos pozos atravesaron una sección de interés (TOC>2%) de entre 250 y 300 m. Además, los estudios de TOC sirvieron para hacer una correlación empírica entre las curvas calculadas a partir de perfiles eléctricos y los datos de laboratorio (Figura 6). El perfil de Uranio y de perfiles mineralógicos permitió identificar la presencia de un intervalo de alto TOC al E del bloque Loma Ancha, ubicado entre unos 270-300 m por arriba de la base de la Formación Vaca Muerta, con un espesor de aproximadamente de 100 m y un COT de 3,8%. Este intervalo se lo conoce informalmente como Segunda Cocina (Figura 6).

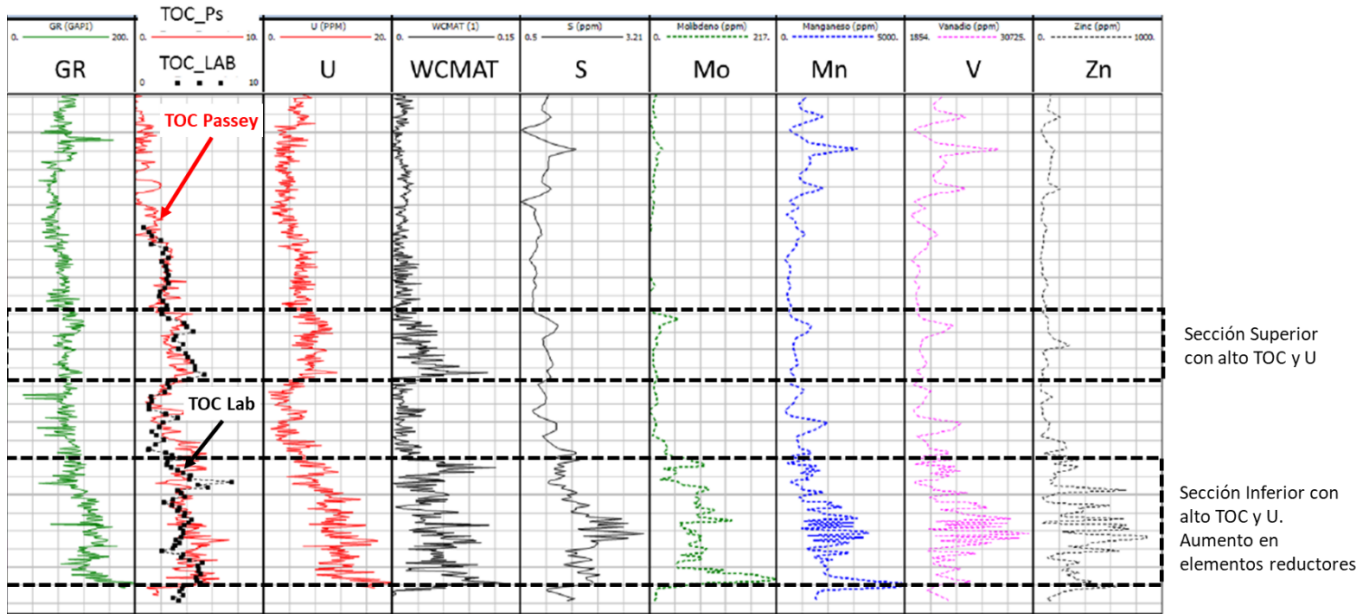


Figura 6: Correlación entre los intervalos de alto TOC, la presencia de U y otros elementos reductores (S, Mo, Mn, V y Zn). Notar la correspondencia entre la zona de alto TOC con una alta concentración de Uranio (U) y alto contenido de Materia Orgánica (WCMAT) obtenido a partir de perfiles mineralógicos. En este pozo 2 secciones de alto TOC y U.

Los estudios de fluorescencia de rayos x (FRX) muestran que las zonas de alto COT de la sección basal de la F. Vaca Muerta coinciden con un aumento en la presencia de S, Mo, Mn y V indicando fuerte condiciones reductoras y la depositación en aguas estratificadas anóxicas y con presencia de SH<sub>2</sub>. Estas condiciones disminuyen en posiciones estratigráficas más altas indicando una disminución en las condiciones de estratificación de las aguas (Figura 6).

## b) Análisis Geomecánico

La Geomecánica o Mecánica de rocas es la disciplina que estudia el comportamiento mecánico de las rocas y de los macizos rocosos y su respuesta frente a los diferentes campos de fuerza. Estos estudios comenzaron en la década del 60 y su uso en la industria petrolera se popularizó unos 10 años más tarde. Hacia los años '80, los estudios geomecánicos comenzaron a aplicarse para la optimización de las operaciones de perforación y el fracturamiento hidráulico de los reservorios convencionales.

Con la aparición de los reservorios No convencionales y la perforación de pozos horizontales, el análisis geomecánico se volvió una componente importante en la determinación del rumbo que tendrá el pozo horizontal no convencional. Por un lado se ha verificado que el régimen de esfuerzos al que está sometido la roca reservorio No Convencional está relacionado directamente con la producción del mismo: en general los regímenes inversos están asociados a menores producciones de hidrocarburo, mientras que los regímenes normales y de cizallas poseen mayores producciones. Adicionalmente al campo de esfuerzos presente, se ha comprobado que perforar los pozos horizontales paralelos a la dirección del esfuerzo horizontal mínimo (Sh<sub>mín</sub>) junto con un aterrizaje y diseño de fractura apropiados, es lo mas conveniente debido a la orientación que van a tener las fracturas producidas durante la fracturación hidráulica.

En estos caso, el análisis geomecánico se realizó indirectamente a partir de los perfiles de pozo. Con los perfiles sónico compresional (DTCO), sónico de onda de corte (DTS) y Densidad (RHOB) se calcularon las Propiedades Elásticas: Módulo de Young (esfuerzo por unidad de deformación), la Relación de Poisson (relación entre la deformación transversal y longitudinal); se determinaron los esfuerzos máximos y mínimos. Todos estos parámetros son importantes para intentar predecir el comportamiento de las fracturas hidráulicas que se realizan durante la estimulación del pozo, ya que estas tienden a crecer paralelas al esfuerzo máximo / Mínimo

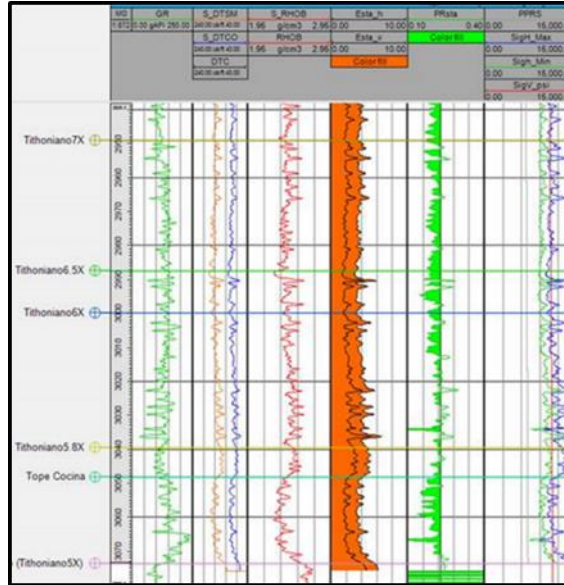


Figura 7: Análisis geomecánico de uno de los pozos exploratorios verticales perforados.

### c) Determinación de los niveles de Interés. Capacidad de Almacenamiento (“Storage”)

La perforación de los pozos piloto y la correspondiente obtención de perfiles permitió analizar toda la secuencia correspondiente a la F. Vaca Muerta en la búsqueda de los mejores intervalos para realizar la navegación horizontal.

Uno de los cálculos realizados fue la estimación de la Capacidad de Almacenamiento o “Storage” (STO) de la F. Vaca Muerta en cada pozo. Este parámetro se define como el producto entre la porosidad (PHIT) y la saturación de hidrocarburos (SHc) dividido por el factor de expansión del gas (Bg), o el factor volumétrico (Bo) en caso de que la roca esté en ventana de petróleo. Esta propiedad me da una idea de la “riqueza” de la formación. Para un detalle de la parte teórica ver Veiga et al 2018 <sup>6</sup>.

El flujo de trabajo para la determinación del STO consta de 5 pasos:

- Determinación del TOC: existen diversas formas de calcular el TOC a partir de perfiles de pozo. En este caso se ha utilizado la metodología de Passey et al 1990 <sup>7</sup> que calcula el TOC a partir de las curvas de densidad. Este TOC calculado analíticamente debe ser “calibrado” con algún pozo cercano que posea datos de TOC obtenidos en laboratorio.
- Estimación del Volumen de Arcilla: Para el cálculo del volumen de arcilla se utilizó el perfil de rayos gama (GR) por estar disponible en ambos pozos analizados. Previamente se efectuó una pequeña corrección de estas curvas ya que en secciones con alto contenido en U se obtiene valores de VCLAY mayores a los reales. Los estudios de difracción de rayos x (DRX) en la sección de alto contenido en COT, muestran que el porcentaje en peso de la fracción arcilla rara vez supera el 30%. (Veiga et al, 2018 op. cit.). Los resultados obtenidos en varios pozos ubicados en las cercanías muestran que para el intervalo rico en COT, la Formación Vaca Muerta presenta un VCLAY de 20% promedio.
- Cálculo de PHIT y Sw: para realizar estos cálculos se utilizaron los siguientes datos de entrada: perfil de porosidad neutrón (NPFI), densidad (RHOB), sónico (DT), resistividad profunda (Rt), resistividad somera (Rs), temperatura (Temp), volumen de arcilla (VCLAY), COT transformado a volumen (VCOT), volumen de minerales pesados (VHVY). El método de porosidad usado fue a partir del perfil de densidad (RHOB) y el método para el cálculo de Sw fue la ecuación de Archie. En términos generales, la Formación Vaca Muerta presenta una porosidad total del 11% (Media) con una distribución P90/P10 entre 6 y 16% (Veiga et al, 2018 op. cit.)
- Cálculo de la presión poral (PP): El valor de la presión poral, junto con la temperatura, permiten el valor del Factor de expansión del gas (Bg) a utilizar en el cálculo del Storage, ya que este factor tiene un fuerte impacto en estimación de los recursos de gas. Por una simplificación de los cálculos, en este caso se consideró solo la presencia de gas metano a los efectos de trabajar con un solo factor de compresibilidad.
- Obtención del STO: con los datos obtenidos en los puntos anteriores, se procedió al cálculo del STO a partir de la siguiente fórmula:  $STO = [PHIT * (1 - Sw) * 43.56] / Bg [Mcf/acre * ft]$

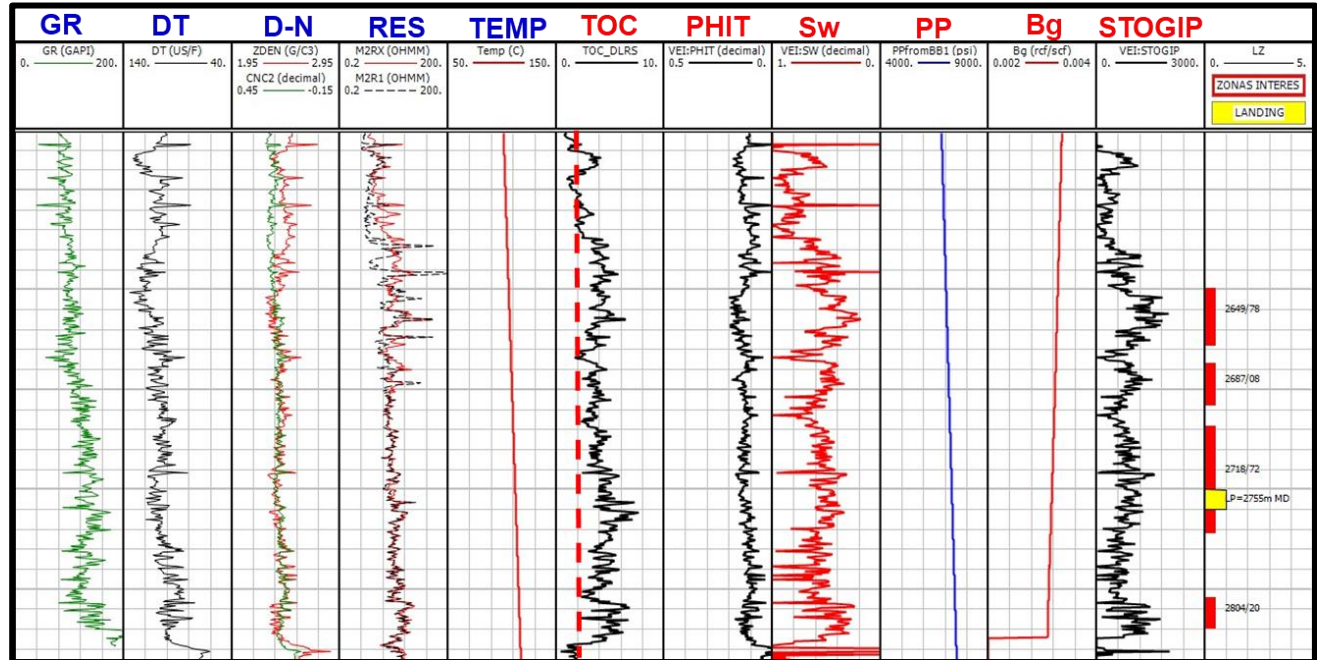
STO: Storage

PHIT: Porosidad Total

Sw: Saturación de Agua

Bg: Factor de expansión del gas

Con esta fórmula se calcula una curva de STO a lo largo de todo el intervalo de la F. Vaca Muerta, esto permite, por un lado visualizar sectores “mas ricos” dentro de la formación (Figura 8) y, por otro lado, la correlación entre niveles de interés de diferentes pozos de una misma área.



**Figura 8:** Perfiles de uno de los pozos piloto. En Azul, los perfiles registrados, en Rojo los parámetros calculados: Materia Orgánica (TOC), Porosidad Total (PHIT), Saturación de agua (Sw), Presión Poral (PP), Factor de Expansión del gas (Bg) y “Storage” (STOGIP). Las zonas con mejor “Storage” se marcan con una barra roja en la columna de la derecha. Tomado de Veiga et al 2018 op. cit.

#### d) Integración Pozo - Sísmica

La perforación de los sondeos exploratorios permitió integrar la información de obtenida de estos con la información sísmica y de pozos existente

En el bloque Loma Ancha, la existencia de información sísmica 3D y 1 pozo con perfil sísmico había permitido la realización de una inversión sísmica post stack en forma previa. (Figura 9). La perforación de un segundo pozo exploratorio en el sector opuesto del bloque permitió: a) observar variaciones en la propiedades de las rocas de un punto a otro que estarían vinculadas al sistema deposicional, y que podrían tener impacto en el caso de una explotación no convencional; b) o confirmar la correlación existente entre la zona de baja impedancia acústica visible en la inversión post stack con la zona de alto TOC determinada por perfiles c) subdividir el bloque en función de la integración entre la información estructural proporcionada por la sísmica y los diferentes niveles de navegación visualizados en cada uno de los pozos. (Figura 10).

A través de los datos obtenidos del pozo Loma Ancha se pudo confirmar las variaciones laterales y verticales de la Fm. Vaca Muerta. La zona occidental del bloque presenta un espesor disminuido de la sección rica en TOC. Esto se observa en los registros de pozo y en la inversión post-stack realizada (Figura 11). Además la inversión acústica muestra, para un mismo nivel, valores más bajos hacia la zona oriental que implican mayores valores de TOC (Figura 10). Esto se confirma con los datos medidos de TOC en los pozos y con los valores de densidad (RHOB) extraídos de perfiles eléctricos (Figura 11). Es posible que a tiempos de depositación de la Fm. Vaca Muerta, el Dorso de los Chihuidos haya actuado como un paleo-alto sumergido favoreciendo la degradación de la materia orgánica en las zonas cuspidales (Bande et al., 2019<sup>12</sup>).



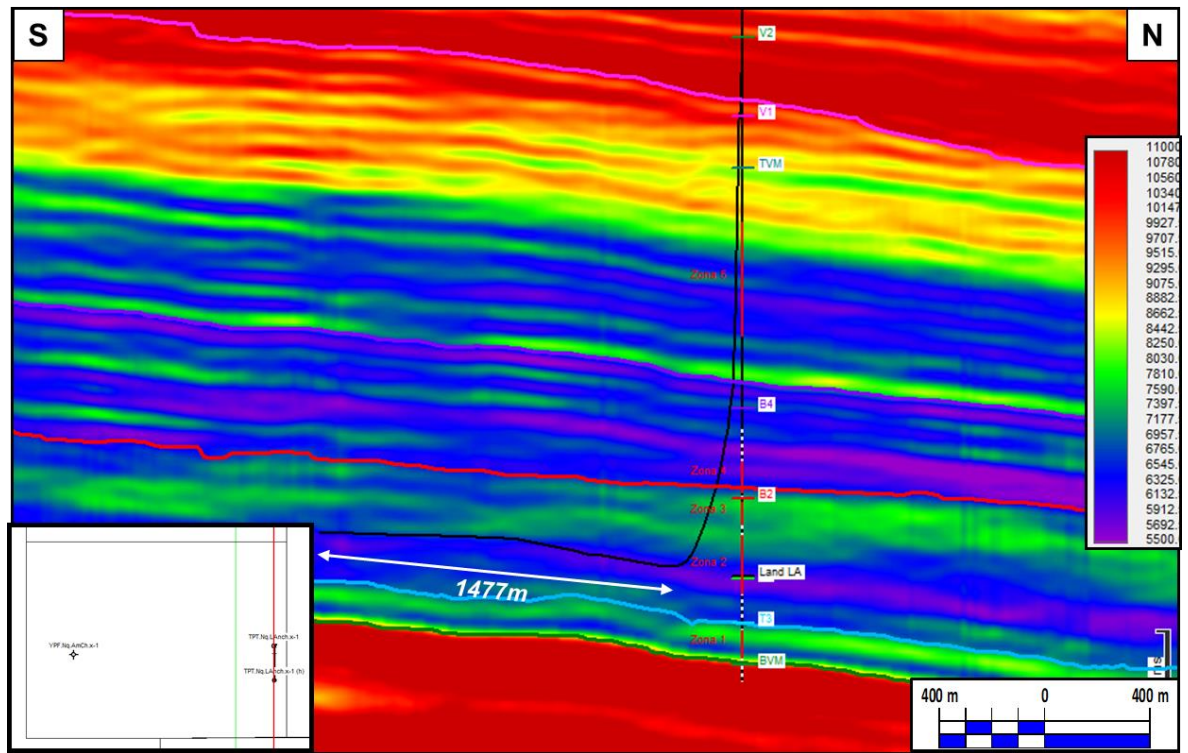


Figura 9: Inversión de traza post stack en el Bloque Loma Ancha mostrando el pozo piloto vertical y el pozo horizontal, ubicado cerca de la base de la F. Vaca Muerta.

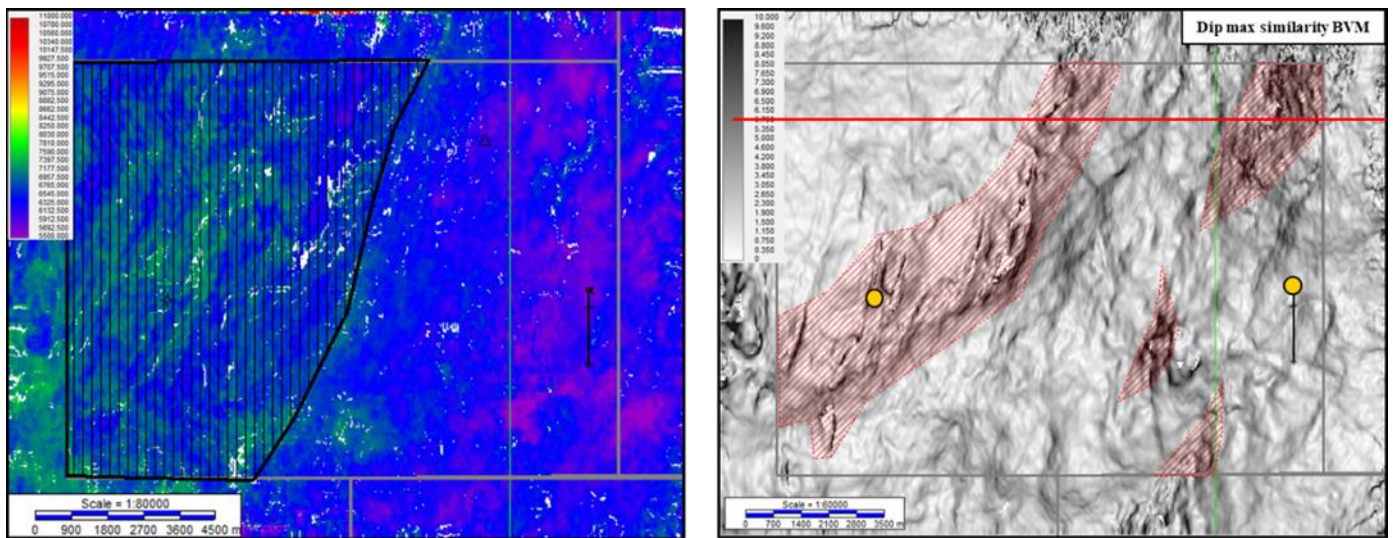


Figura 10: Izquierda Subdivisión del Bloque Loma Ancha en dos sectores de acuerdo a la cantidad de niveles de navegación: 2 niveles sector Oeste, 4 niveles sector Este. Derecha: Delimitación de las zonas estructuradas

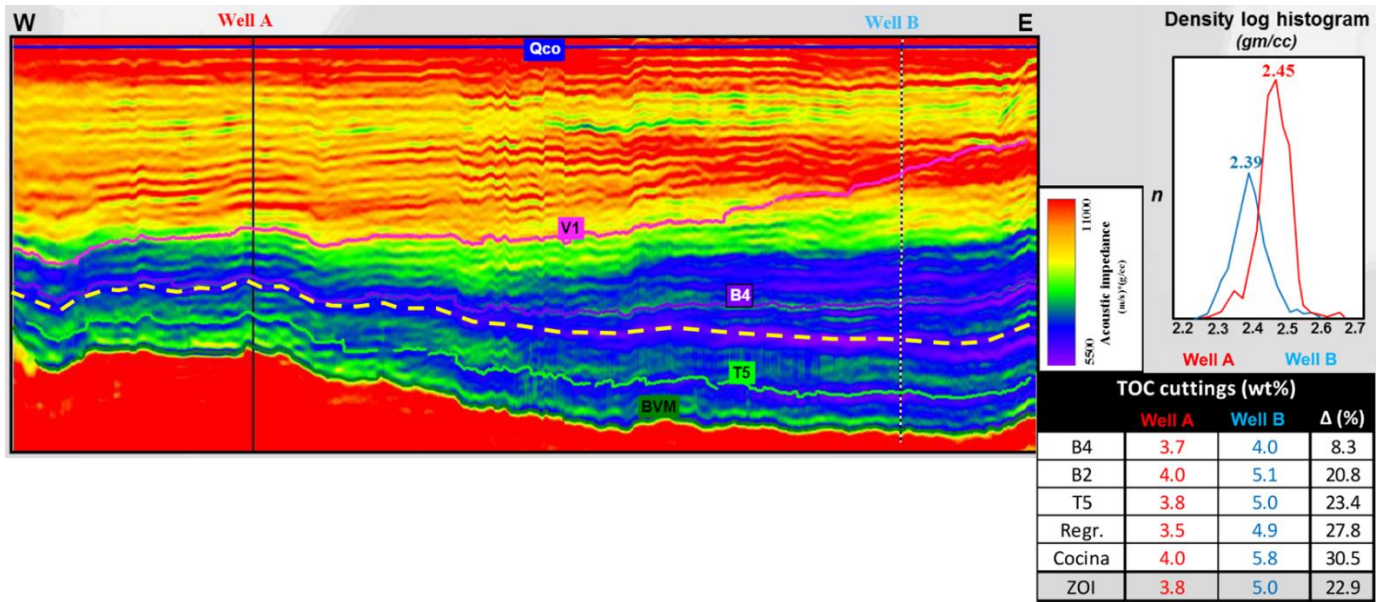


Figura 11: Corte E-W de inversion sísmica post stack en el Bloque Loma Ancha, mostrando las variaciones laterales de la Fm. Vaca Muerta. A la derecha se observan las variaciones de densidad de roca medida en los pozos y los valores de TOC medidos en muestras de roca.

En el Bloque Loma Ranqueles, al no existir un pozo exploratorio previo que hubiera perforado la F. Vaca Muerta, no se pudieron determinar diferencias internas dentro del bloque. En este caso, el pozo exploratorio brindó la información necesaria para la realización de una inversión sísmica post stack (Figura 12) que, al igual que en el caso anterior, permitió validar la correlacion entre zonas de baja impedancia con zonas de alto TOC y mayor Capacidad de Almacenamiento “Storage”. Esta inversión post stack también sirvió de guía para la navegación del pozo horizontal.

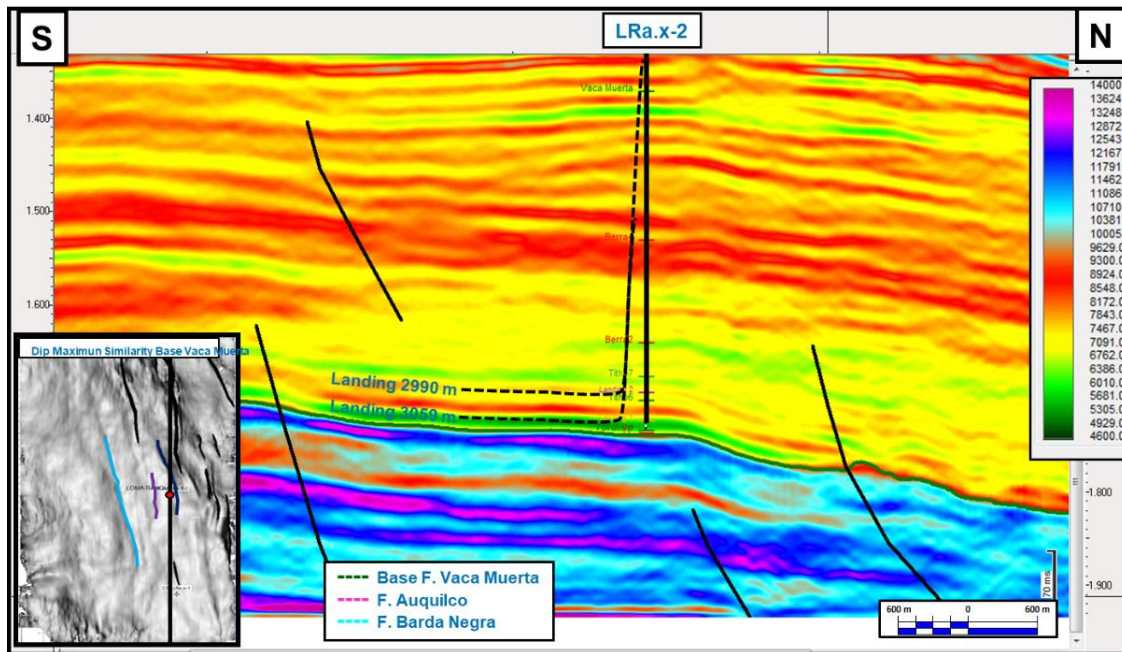


Figura 12: Inversión sísmica post stack en el Bloque Loma Ranqueles. En Punteado dos niveles de navegación posibles.

### Integración de la información – determinación de los niveles de navegación horizontal

La integración de la información sísmica, petrofísica geomecánica y de Capacidad de almacenamiento (“Storage”) permitió seleccionar una serie de potenciales niveles de interés en cada uno de los sondeos.

Estos niveles presentan altos valores de porosidad, bajos valores de saturación de agua, relación de Poisson y Módulo de Young y altos valores de capacidad de almacenamiento (“Storage”). Adicionalmente la información sísmica (presencia de fallas y fracturas, buzamiento de las capas) y el campo de esfuerzos regional sirven de guía para elegir el rumbo del pozo horizontal.

De los aproximadamente 500 m de la F Vaca Muerta atravesados en cada pozo se determinaron entre 5 y 6 niveles potenciales en cada uno, con espesores que van entre los 15 y los 60 m.

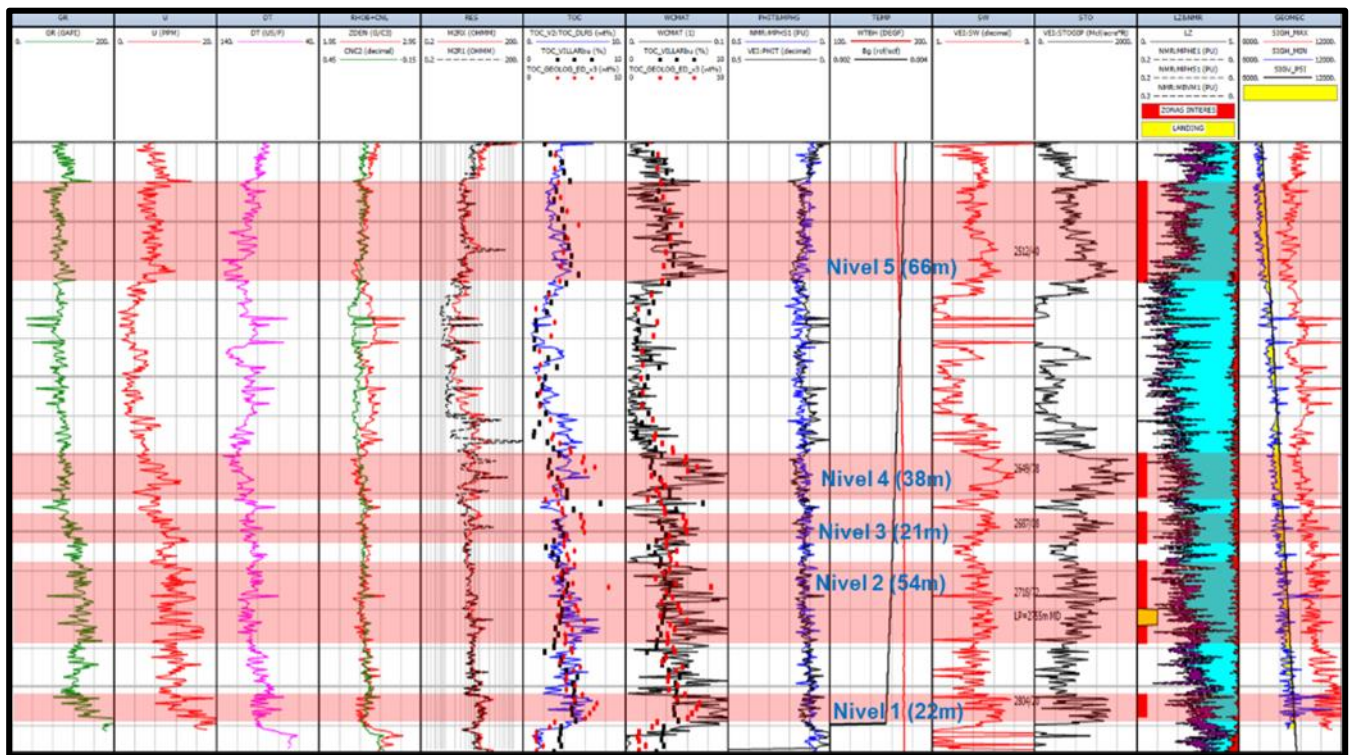


Figura 13: Integración de la información mostrando cinco posibles niveles de navegación para uno de los pozos piloto verticales. Tomado de Veiga et al op. cit.

### Conclusiones

La evaluación integrada de toda la información geológica y geofísica permitió la perforación exitosa de dos pozos exploratorios piloto verticales en los bloques Loma Ancha y Loma Ranqueles en la Cuenca Neuquina, Argentina.

El análisis de toda la información obtenida de los pilotos verticales junto la información sísmica existente en cada bloque permite elegir un nivel de navegación horizontal para ser perforado en una etapa posterior. Estos pozos horizontales van a ser fracturados y ensayados un tiempo suficiente como para poder estimar una acumulación promedio por pozo y evaluar la productividad del nivel investigado.

### Referencias

1. Micucci, E. Bande, A. Cuberes, M y Veiga, R. “Evaluación Integrada de Bloques de Shale Gas Cuenca Neuquina - Argentina: Los casos de Loma Ancha y Loma Ranqueles”. XVIII Congreso Colombiano del Petróleo. Bogotá. 2019.

2. Alonso, J. Giusiano, A. E., Chebli G. y Ibáñez G. 'Shale Gas en la Provincia de Neuquén.' Sec. de Hidrocarburos, Energía y Minería Neuquén & Phoenix Oil & Gas, S.A. 2011.
3. Mendiberri H. & Carbone, O. "Cuenca Neuquina: Marco geológico y reseña histórica de la actividad petrolera". En: Schiuma, M., Hinterwimer, G. & Vergani, G. (Eds.): "Rocas reservorio de las cuencas productivas argentinas". 5º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (IAPG). Mar del Plata. Argentina.2002
4. Sattler, F., Dominguez, R., Fantin, M., Desjardins, P., Reijenstein, H., Benoit, S., Gonzalez Tomassini, F., Vittore, F., Fenster, E., Kietzmann, D., Marchal, D. "Anexo F" en En González, G., Vallejo, M.D., Kietzmann, D., Marchal, D., Desjardins, P., González Tomassini, F., Gómez Rivarola, L y Domingues R.F., (eds) "Transecta Regional de la Formación Vaca Muerta". IAPG. Buenos Aires. Argentina.2016.
5. Micucci, E. M., Bande, A., Starck, D. y Veiga, D. "El Jurásico del Dorso de los Chihuidos, contribución a su conocimiento". Presentado en "X Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos", Mendoza, Argentina, 2018.
6. Veiga, R., Bande, A., Micucci, E., Mosquera, A. y Macellari, C. "Análisis en la capacidad de almacenamiento de gas a partir del uso de registros de pozo. Ejemplos en la Formación Vaca Muerta. Cuenca Neuquina. Argentina". Presentado en el X Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, (IAPG) Mendoza, Argentina,2018.
7. Passey Q., Creaney, J., Kulla, F., Moretti, F. and Stroud, J.(1990): A practical model for organic richness from porosity and resistivity logs, AAPG Bulletin., V. 74, and PP.1777-1794.