

## DESCRIPCIÓN DEL YACIMIENTO PROA, RESERVORIOS VOLCÁNICOS DE LA FORMACIÓN PALMAR LARGO EN EL BLOQUE SURUBÍ, FORMOSA, ARGENTINA

Julio Hlebszevitsch<sup>1</sup>, Hermann Steinbuch<sup>1</sup>, Marta D'Angiola<sup>2</sup>

1: Madalena Energy Argentina S.R.L. juliohlebszevitsch@madalenaenergy.com,  
hermannsteinbuch@madalenaenergy.com

2: Weatherford Argentina. marta.dangiola@weatherford.com

**Palabras clave:** Reservorios Volcánicos, Formación Palmar Largo, Yacimiento Proa

### ABSTRACT

The Proa oil field located in Formosa province, Lomas de Olmedo sub-basin in the Cretaceous basin, has very prolific wells (with up to 700 m<sup>3</sup>/d to initial production test). The origin of this oil field is linked to volcanic processes in a subaqueous environment of the Upper Cretaceous, andesites/basandesites of Palmar Largo formation. These andesites/basandesites give rise to volcanic cones and have facies with vesicles that originate an excellent porosity of up to 35%. The trap is formed by the volcanic cone that is sealed by the fine sediments of Yacoraite formation (source rock).

### INTRODUCCIÓN

El magmatismo puede influir en el sistema petrolero en tres aspectos, 1- maduración de la roca madre, 2-origen de los reservorios y 3- formación de las trampas. Cuanto más joven es el magmatismo respecto del relleno sedimentario de la cuenca petrolífera, mayor es su influencia en el sistema petrolero. El magmatismo en el bloque de Surubí, así como en el vecino yacimiento Palmar Largo, originó unidades volcánicas y volcanoclásticas de composición andesítica olivínica y basandesítica que se incluyen en las Formaciones Palmar Largo y La Tigra (Disalvo *et al.* 2002). Este vulcanismo del Cretácico superior es contemporáneo con la sedimentación del Subgrupo Pirgúa y de la Formación Yacoraite, generando excelentes reservorios asociados al cono volcánico que se halla cubierto y sellado vertical y lateralmente por la roca madre que da lugar a la trampa. A su vez, los aparatos volcánicos originados formaron trampas en los niveles arenosos del Mb. Puesto Guardián, precedentes o contemporáneos a la sedimentación clástica y/o carbonática de la Fm. Yacoraite, ya sea por *pinch out* de los reservorios o por subsidencia diferencial sobre los conos volcánicos.

## UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El bloque Surubí se halla en la provincia de Formosa en el norte de Argentina. Ubicado al sudoeste del Yacimiento Palmar Largo, está en el flanco sur de la subcuenca de Lomas de Olmedo. El bloque presenta un área de 367.5 km<sup>2</sup>, con 6 pozos perforados de los cuales 3 constituyen el yacimiento Proa y uno el descubrimiento previo Surubí (Fig. 1).

## GEOLOGÍA

Sobre sedimentos del Paleozoico y en marcada discordancia angular, se desarrolla la sedimentación cretácica. El relleno se inicia con sedimentos de *synrift* del Subgrupo Pirgua y un vulcanismo contemporáneo asignado a la Formación La Tigra. Sedimentos asignables al Subgrupo Pirgua no han sido alcanzados por sondeos en este bloque. Le suceden el Subgrupo Balbuena, con las Formaciones Lecho, Yacoraite y en forma contemporánea se sucede la extrusión del vulcanismo de la Formación Palmar Largo. La Formación Lecho es difícil de distinguir en estos sondeos, en tanto que la Formación Yacoraite se halla constituida por el Mb.

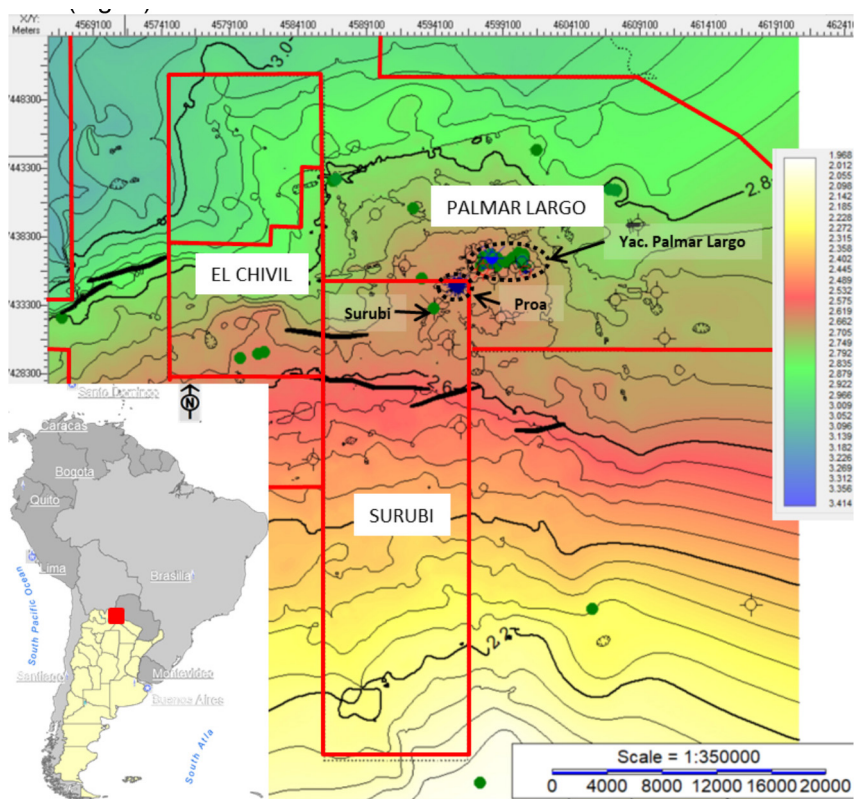


Figura 1. Mapa de ubicación del bloque Surubí, e isócrono al top de la Fm. Palmar Largo con los yacimientos Palmar Largo, Proa y el descubrimiento Surubí.

Puesto Guardián y el Mb. Las Avispas (Fig. 2). La unidad Mb. Puesto Guardián se compone de una sección superior limolítica con areniscas muy finas y una sección inferior constituida por arcilitas gris oscuro con capas de arenisca fina, y *mudstone* con escasa participación de *grainstone* en la base. Dentro de esta sección inferior, los términos basales tienen menor participación de *mudstone* y aumenta la cantidad areniscas finas porosas y permeables, que evidencian un aporte clástico proveniente del borde de la cuenca sin influencia de las vulcanitas. La litología del Mb. Las Avispas corresponde a arcilitas, limoarcilitas con trozos de yeso, *mudstone*, que hacia la base presenta *packstone*. Le sucede el Subgrupo Santa Bárbara con las Formaciones Olmedo (arcilitas y limoarcilitas, con intercalaciones de yeso y sales, que van predominando hacia la base del Mb. Salino), Mb. Mealla (arcilitas y limoarcilitas castaño rojizas con escasas inclusiones de yeso), Mb. Maíz Gordo (limoarcilitas y arcilitas gris verdosas escasamente calcáreas con delgadas intercalaciones de yeso) y Mb. Lumbreira (arcilitas y limoarcilitas castaño rojizas). En paraconcordanca se depositan los sedimentos neógenos de la cuenca de antepaís andino del Grupo Orán (Fig. 2).

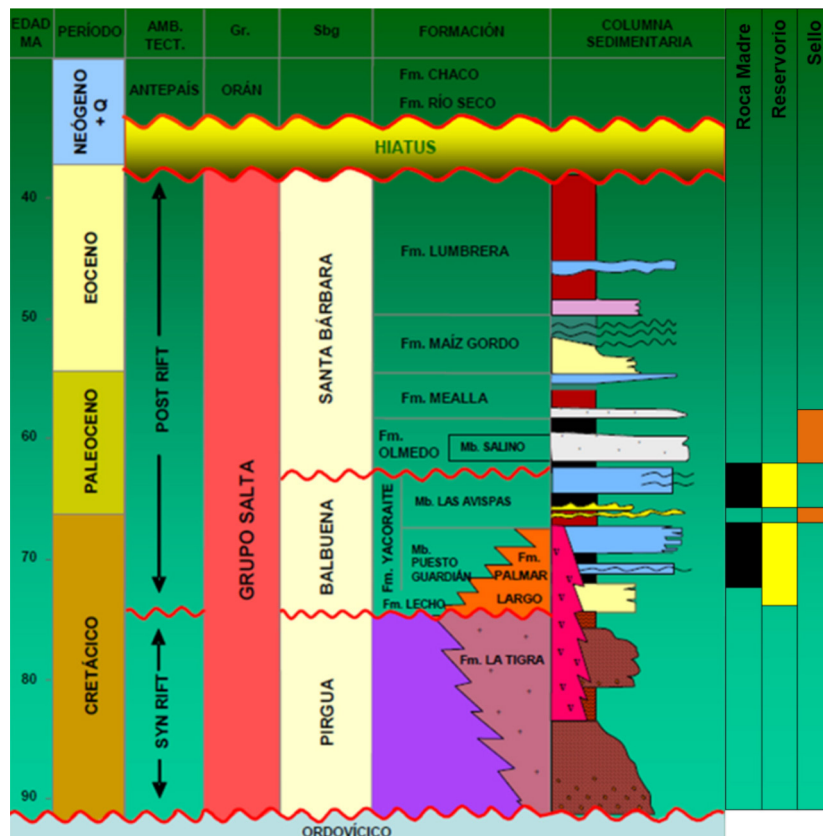


Figura 2. Columna estratigráfica del área Palmar Largo-Surubí (modificado de Disalvo *et al.* 2005)

## EL SISTEMA PETROLERO

Las pelitas y micritas de la Formación Yacoraite son la Roca Madre y la generación se produce en el Terciario superior-Neógeno, migrando lateralmente a posiciones estructurales más altas a través de facies adecuadas de amplia extensión areal de la Formación Yacoraite (Disalvo *et al.* 2005). El principal reservorio en el bloque Surubí lo constituye las rocas volcánicas y volcanoclásticas de la Formación Palmar Largo, y en forma secundaria las areniscas finas del Mb. Puesto Guardián. Los sellos de los reservorios volcánicos son los sedimentos finos del Mb. Puesto Guardián o del Mb. Las Avispas.

## LOS RESERVORIOS VOLCÁNICOS Y VOLCANICLÁSTICOS

### Caracterización litológica y petrológica de reservorios

A partir de estudios litológicos, petrográficos, diagenéticos y mineralógicos de recortes de perforación de los pozos Proa.x-1, 2 y 3 (LCV, 2009, 2012, 2014 respectivamente), se reconocieron 5 facies, las cuales fueron correlacionadas con las respuestas de los perfiles de pozos.

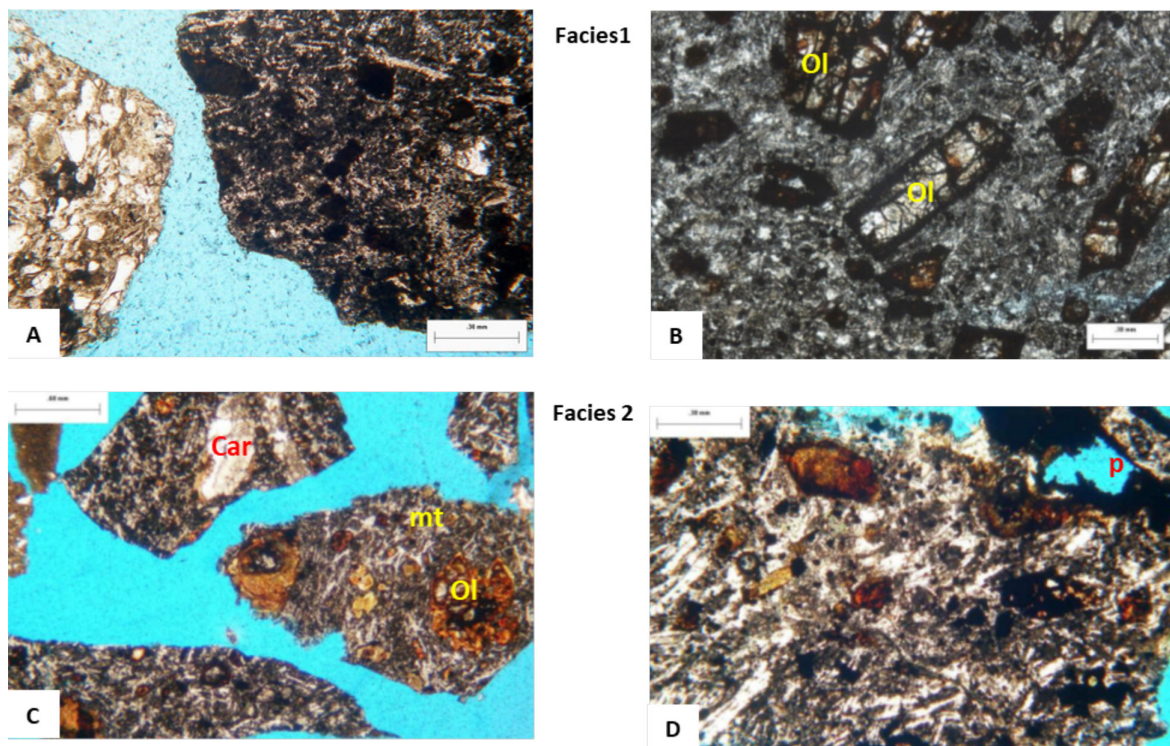


Figura 3. Cortes delgados de muestras de recortes. A y B: facies 1-Basandesita olivinica alterada, C y D: facies 2-Rocas volcánicas alteradas con textura porfirítica pobremente desarrollada. Ol: Olivinas, Car: carbonatos, mt: matriz, p: porosidad

**Facies 1:** Andesitas/Basandesitas alteradas, gris claro y castaño pálido, con textura micro-porfírica constituida por microfenocristales inmersos en una pasta pilotáxica a intergranular de grano fino. En partes presenta una alteración intensa, iddingsita y serpentinas como producto de alteración hidrotermal de olivinas, también es frecuente el reemplazo calcítico de la matriz y fenoristales. Estas facies no presentan porosidad (Fig. 3 A y B).

**Facies 2:** Andesitas/Basandesitas olivínicas alteradas de colores rosado y marrón rojizo pálidos, con escasas amígdalas rellenas de calcita y en menor proporción cuarzo. La masa volcánica presenta una textura pilotáxica dominante y una textura traquítica subordinada constituida por tablillas de plagioclasa y vidrio alterado. Se presentan también relictos de fenocristales de minerales máficos (olivinos y clinopiroxenos), a veces parcialmente alterados a arcillas, óxidos e hidróxidos de hierro, cloritas y ocasionalmente carbonatos. No se observa porosidad, pero es inferida por la presencia de pequeñas amígdalas rellenas parcialmente por cristales (Figura 3 C y D).

**Facies 3:** Basandesitas/Andesitas alteradas gris claro a gris amarillento claro con textura inequigranular y abundantes vesículas que generan porosidades excelentes. Presenta moldes subhedrales a euhedrales que corresponde a fenocristales lixiviados. La masa muestra principalmente una textura pilotáxica con tablillas de plagioclasa de tamaño variable. Se presentan

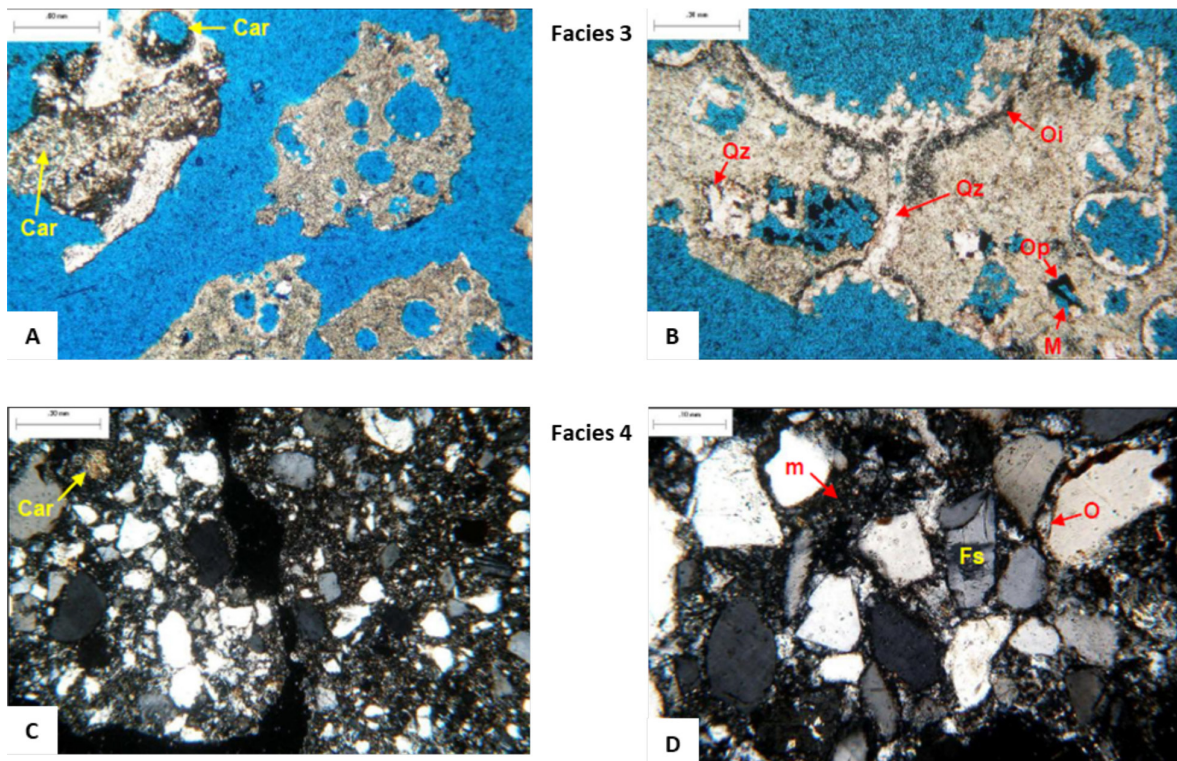


Figura 4. Cortes delgados de muestras de recortes. A y B: facies 3-Rocas volcánicas vesiculares y alteradas. (Ol: Olivinas, Car: carbonatos, M: fenocristales, Op: minerales opacos, Qz: cuarzo microcristalino en drusas). C y D: facies 4-Arenitas tobáceas (Car: carbonatos, Fs: feldespato potásico, m: arcillas por alteración de vidrio, O: clastos de cuarzo con crecimiento secundario).

óxidos diseminados que dan una tonalidad oscura a la roca. Las vesículas presentan una forma circular a elíptica y se hallan interconectadas o aisladas, estando rellenas parcialmente con cuarzo o revestidas de óxido e hidrocarburos. Algunos niveles presentan relleno de calcita. La porosidad en esta sección es excelente (25-30%), principalmente primaria y escasamente secundaria. La textura poral está constituida entre un 70 y 90.5% por vesículas de entre 0.05 y 0.7 mm, el 4-14% por porosidad móldica de fenocristales, 3-15 % intercrystalina, el 1 % está asociado a carbonatos y el 0.5 % a microfisuras. Más del 50% lo constituyen los mesoporos, entre el 9 y 39 % macroporos y entre 10-26% microporos (Fig. 4 A y B).

**Facies 4:** Arenita tobácea con clastos subangulosos de cuarzo, escasos feldespatos y aislados restos de trizas volcánicas en bloques. Se hallan como minerales accesorios escasa muscovita y turmalina. La matriz consiste de arcillas originadas por alteración de vidrio volcánico, presentando también zonas con carbonatos (Fig. 4 C y D).

**Facies 5:** Peperitas? constituidas por clastos de andesitas, con textura pilotáxica, con bordes ameboidales en una matriz carbonática hospedante (*mudstone* dolomitizados). Se presentan bioclastos (pelecípodos) y vesículas producidas por la interacción de la fase gaseosa. La porosidad es moderadamente baja, constituida por vesículas generalmente tapizadas por microcristales de cuarzo/feldespatos, fisuras circumgranulares en torno a fenocristales de mafitos reemplazados por calcita y dolomita, poros intracrystalinos e intergranulares y escasos poros móldicos. Se interpreta su origen a partir del contacto de lavas con sedimentos húmedos poco consolidados (Fig. 5 A y B).

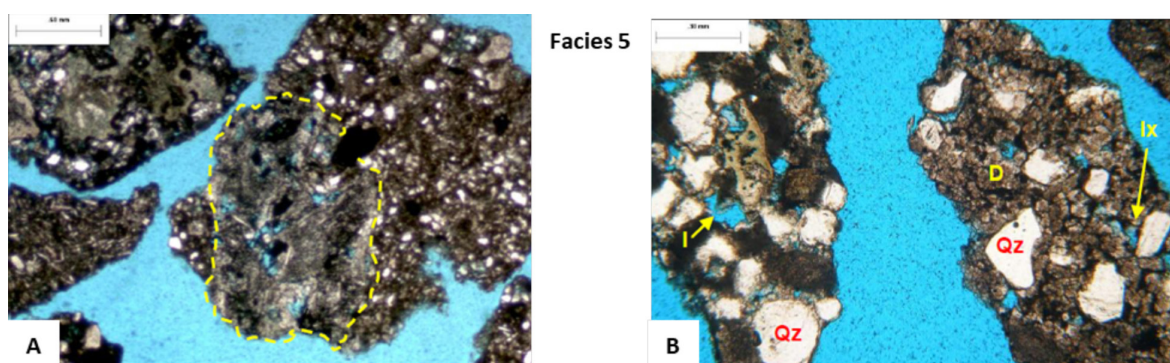


Figura 5. Cortes delgados de muestras de recortes. A y B: facies 5-Areniscas líticas muy finas. (D: arenisca dolomítica, Qz: cuarzo, Ix: poros intergranulares, la línea amarilla punteada define litoclasto volcánico de grano muy grueso).

Las 5 facies reconocidas, se interpretan como coladas volcánicas andesíticas a basandesíticas que presentan un ordenamiento interno de base a techo en sus flujos. Este ordenamiento está dado por coladas sin vesículas, coladas con vesículas rellenas y coladas con vesículas abiertas (Fig. 6). Hacia el techo de cada flujo volcánico pueden presentarse niveles piroclásticos o de mezcla con sedimentos carbonáticos y silicoclásticos o peperitas. La alteración hidrotermal o el

enfriamiento de los fluidos gaseosos contenidos en las coladas produce el relleno de las vesículas, que varía de abundante en el centro del cuerpo volcánico (Fig. 6, sondeo B), a moderada/baja hacia los flancos (Fig. 6 sondeos A y C). Verticalmente, la pérdida de porosidad por el relleno de las vesículas disminuye hacia los términos superiores de cada flujo y tomadas las coladas en conjunto es menor en las unidades más jóvenes. Otra característica en el yacimiento Proa es que no todos los flujos de coladas se hallan presentes en toda la periferia del cono volcánico o en sus posiciones más altas, tal como se observa para el flujo III en la Fig. 6.

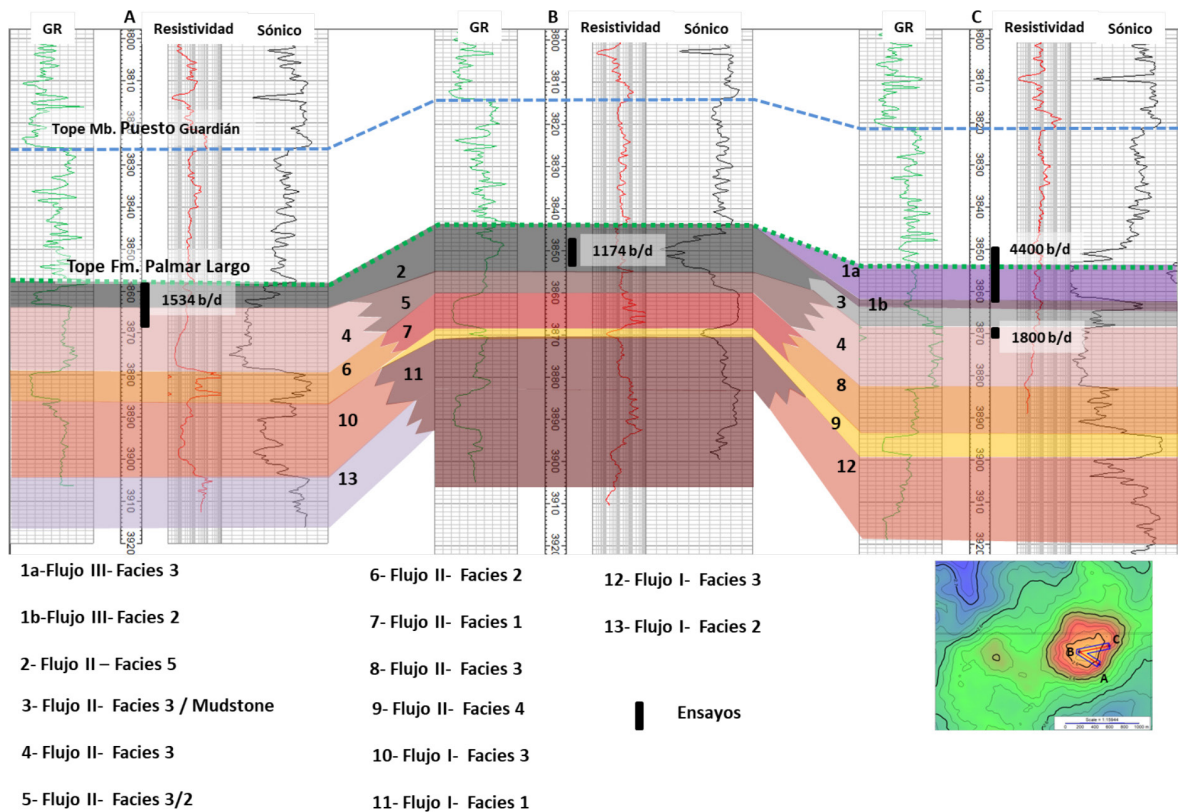


Figura 6. Corte estructural al tope de la Formación Yacoraite entre los pozos del yacimiento Proa mostrando la distribución de las coladas volcánicas y sus facies.

## Caracterización litológica y petrológica de reservorios

La presencia de imágenes acústicas en dos pozos del yacimiento Proa, permitió completar la caracterización de estos flujos lávicos comprendidos en la Fm. Palmar Largo. En la figura 7 se puede observar la integración de lo observado en la imagen, en conjunto con la litología y las porosidades obtenidas de la petrografía. De la observación de las tendencias de los planos interpretados como foliación volcánica (planaridad dentro del intervalo lávico III), sumado a las

texturas visuales observadas en las diferentes imágenes (Impedancia Acústica, Amplitud acústica y tiempo de tránsito), se pueden diferenciar dos coladas de 14 m de espesor cada una, ambos correspondientes a la facies 2 (Andesitas/Basandesitas olivínicas alteradas, Conjunto 1).

**Colada superior:** Presenta una dirección de dispersión netamente hacia el E, que se interpreta como dirección de fluidalidad y representativo de la pendiente, lo cual es coherente con la sísmica y correlación de pozos. El *Gamma* tiene un promedio de 150 a 200 °API, y en general altos valores de impedancia y amplitud acústica, que se evidencia por colores claros en las imágenes estáticas. Los valores de tiempo de tránsito parecen mostrarse bajos, similares a lo que se observa en la base de la Fm. Yacoraite, Miembro Puesto Guardián. Sin embargo, en la base de este intervalo volcánico donde la foliación parece ser bien conspicua, la unidad se presenta como una formación más rápida, según cómo defleca la curva de DT, en el intervalo basal de aproximadamente 5 m de espesor, coincidente con una porosidad petrográfica de 35%.

**Colada inferior:** Presenta una dirección de dispersión hacia el S; el *gamma ray* es muy alto y los valores de amplitud e impedancia acústicas son bajas, mostrando colores oscuros en ambas imágenes, así como también mayores valores de tiempo de tránsito. La foliación al S y de mayor ángulo, no se ve tan clara como en el intervalo superior. Parece más homogéneo, aunque se ve una gradación de las propiedades de base a techo del intervalo, que implicaría que las propiedades acústicas varían de base a techo, producto posiblemente del emplazamiento y el enfriamiento diferencia de la colada.

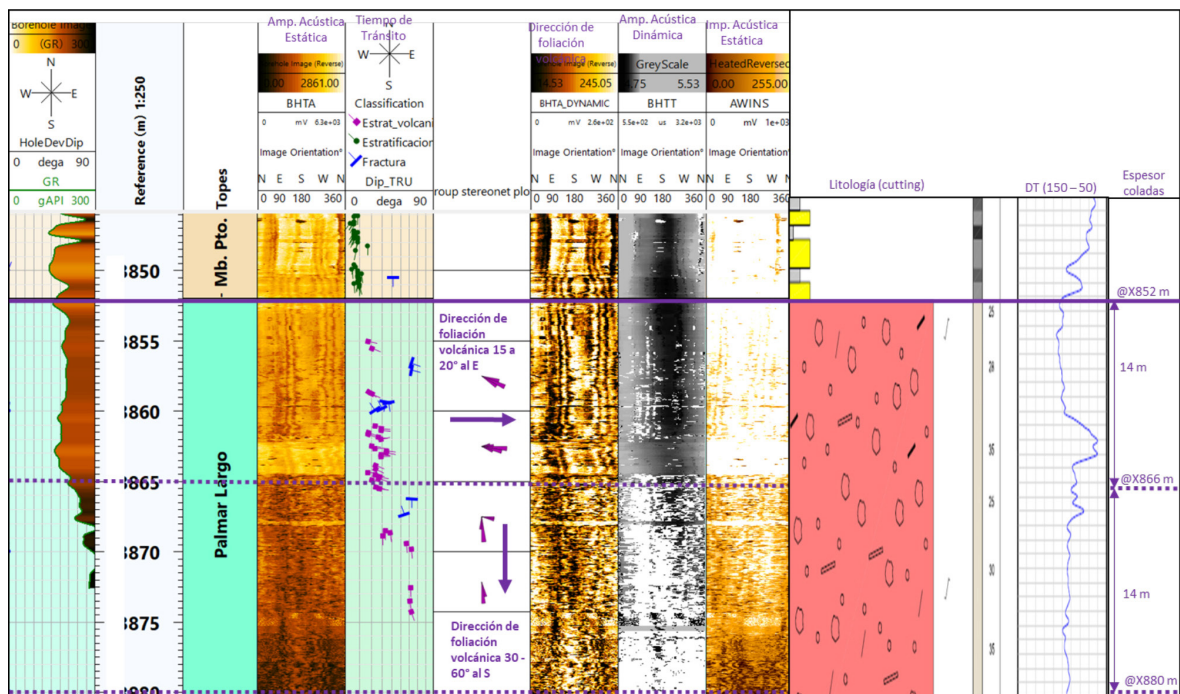


Figura 7. Caracterización geométrica de las coladas en el pozo Proa 2 a partir de imágenes acústicas

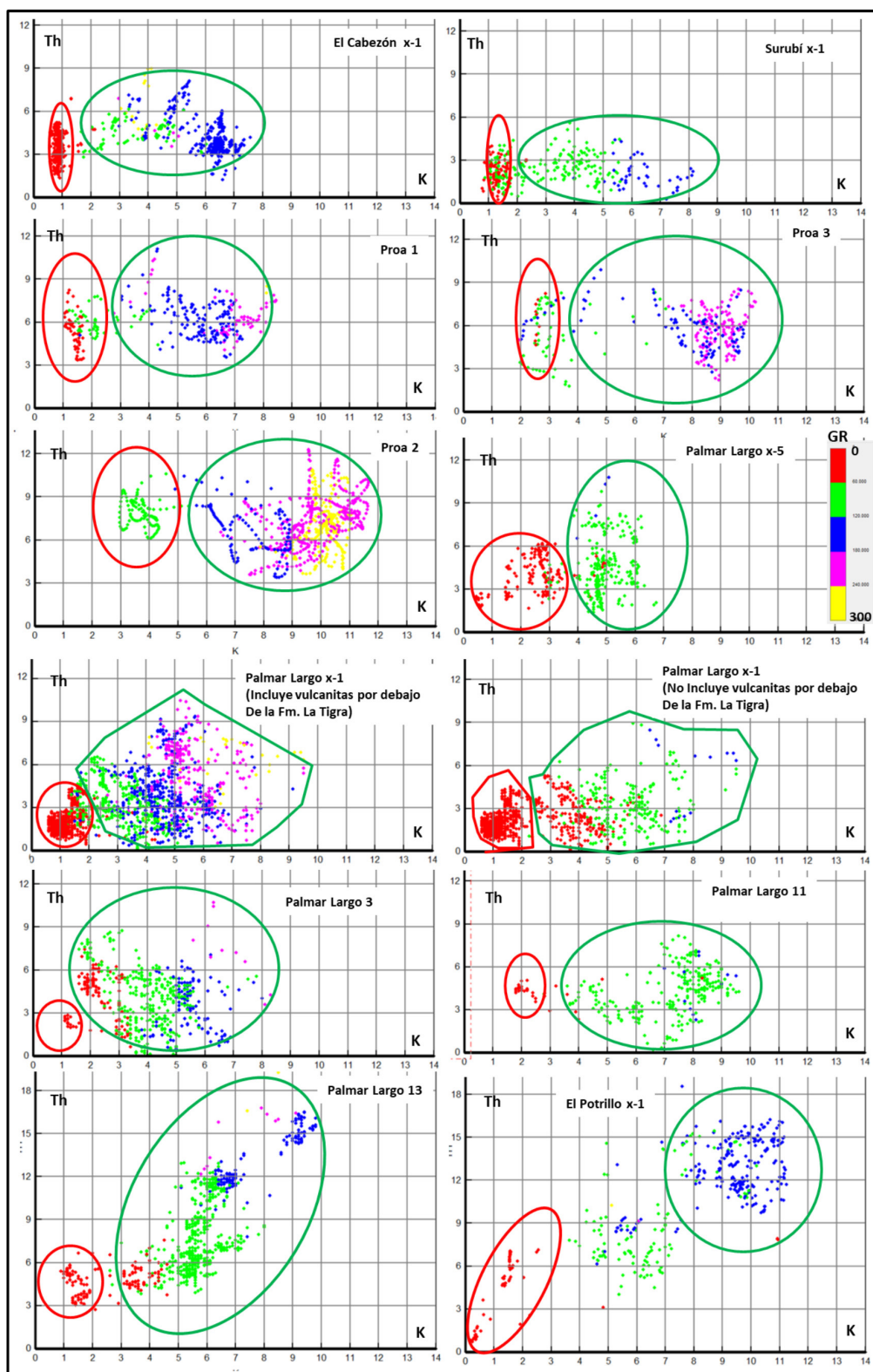


Figura 8. Diagramas Potasio-Torio-Rayos *Gamma* para sondeos en los bloques Surubí y Palmar Largo. Los círculos/polígonos rojos corresponden al conjunto 1 y los círculos/polígonos verdes corresponden al conjunto 2. En El Potrillo x-1, los datos no incluidos en los círculos corresponden a sedimentos de la Formación Yacoraite presentes entre las vulcanitas

## Caracterización composicional de los reservorios lávicos

Disalvo *et al.*, (2002) presentan un diagrama Potasio-Torio-rayos *Gamma* para discriminar litologías y formaciones en el pozo Potrillo x-1 y reconocen varios conjuntos para las unidades geológicas La Tigra, Palmar Largo y Yacoraite. En la Fig. 8 se observa los mismos gráficos para sondeos del bloque Surubí y Palmar Largo.

En general se observan dos poblaciones bien diferenciadas, conjunto 1 caracterizado por valores bajos de Potasio con poca dispersión de valores y variables Torio (círculos/polígonos rojos en la Fig. 8). El conjunto 2 presenta mayores valores de Potasio con amplia dispersión, y el Torio presenta mayor dispersión que el conjunto anterior (círculos/polígonos verdes en la Fig. 8). Estos dos conjuntos tal como se ve en el diagrama correspondiente al pozo El Potrillo x-1 de la Fig. 8, representan a la Formación La Tigra (conjunto 1) y Formación Palmar Largo (conjunto 2) respectivamente sensu Disalvo *et al.* (2002). Para simplificar el diagrama se ha graficado las unidades por debajo de la Formación Palmar Largo, quedando una población no incluida en los conjuntos que corresponde a areniscas de la Formación Yacoraite presente entre las vulcanitas (pozo El Potrillo x-1). En el corte de los pozos en sentido norte-sur de la Fig. 9, a través del complejo volcánico Palmar Largo, se observa que estos dos conjuntos no son exclusivos a un intervalo en los pozos Proa y Palmar Largo. Vulcanitas del conjunto 2 (característico de la Formación Palmar Largo) están presentes por debajo de la Formación La Tigra en Palmar Largo x-1 sin mediar falla (Figs. 8 y 9). Por otro lado, hay vulcanitas con respuesta de rayos *gamma* semejantes a la Formación La Tigra intercaladas en la Formación Palmar Largo. En el yacimiento Proa el conjunto 1 representan basaltos olivínicos/basandesitas masivos en tanto que el conjunto 2 a basaltos olivínicos/basandesitas vesiculadas y peperitas.

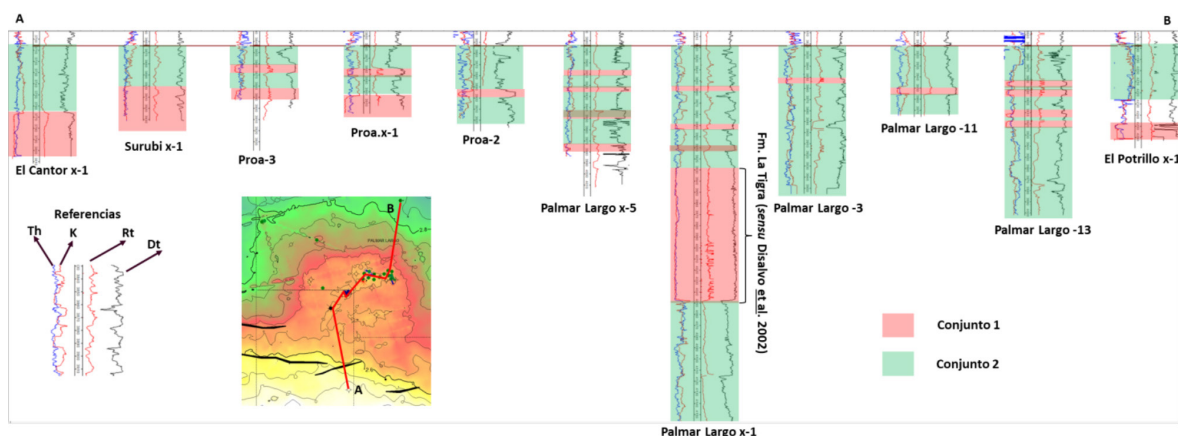


Figura 9. Corte entre los pozos del bloque Surubí y Palmar Largo mostrando la distribución de los conjuntos 1 y 2 definidos en base a la respuesta de los rayos gama, nivelados al tope de la Formación Palmar Largo.

En la Fig. 10 se muestran las curvas de espectrometría de rayos *gamma* junto a las porosidades observadas en cortes delgados en los pozos Proa. Cabe aclarar que, para esta interpretación, solamente fueron tomadas en consideración, las vulcanitas de las Formación Palmar Largo y Formación La Tigra en el yacimiento Proa, excluyendo las peperitas y rocas piroclásticas. En Proa, los niveles piroclásticos no presentan porosidad apreciable (5-6%), en tanto que las porosidades en las peperitas son del orden de 10-15%. En las vulcanitas reservorio se aprecia una relación cualitativa entre porosidades y valores de Potasio en donde a mayores porosidades se observa mayores valores de Potasio.

La respuesta de los rayos *gamma* no parece representar un cambio formacional con sentido cronológico, Formación La Tigra contemporánea al Subgrupo Pirgua y la Formación Palmar Largo contemporánea a la Formación Yacoraite (*sensu* Disalvo *et al.* 2002), sino diferentes coladas con variaciones verticales en el desarrollo de vesículas que son afectadas por procesos hidrotermales. Las diferentes coladas o flujos volcánicos presentan términos inferiores masivos empobrecidos en potasio y términos superiores vesiculados enriquecidos en potasio. Disalvo *et al.* (2002, 2005) interpreta en Palmar Largo los términos superiores enriquecidos en potasio como un vulcanismo más moderno afectado por segregación magmática o contaminación cortical asociado a hidrotermalismo. Sin embargo, esto no explica las coladas masivas que muestran muy bajo contenido de potasio a pesar de encontrarse intercaladas entre unidades enriquecidas en este elemento, ni tampoco la presencia de secuencias volcánicas enriquecidas en potasio por debajo de la Formación La Tigra reconocida en el pozo Palmar Largo x-1 (en Disalvo *et al.*

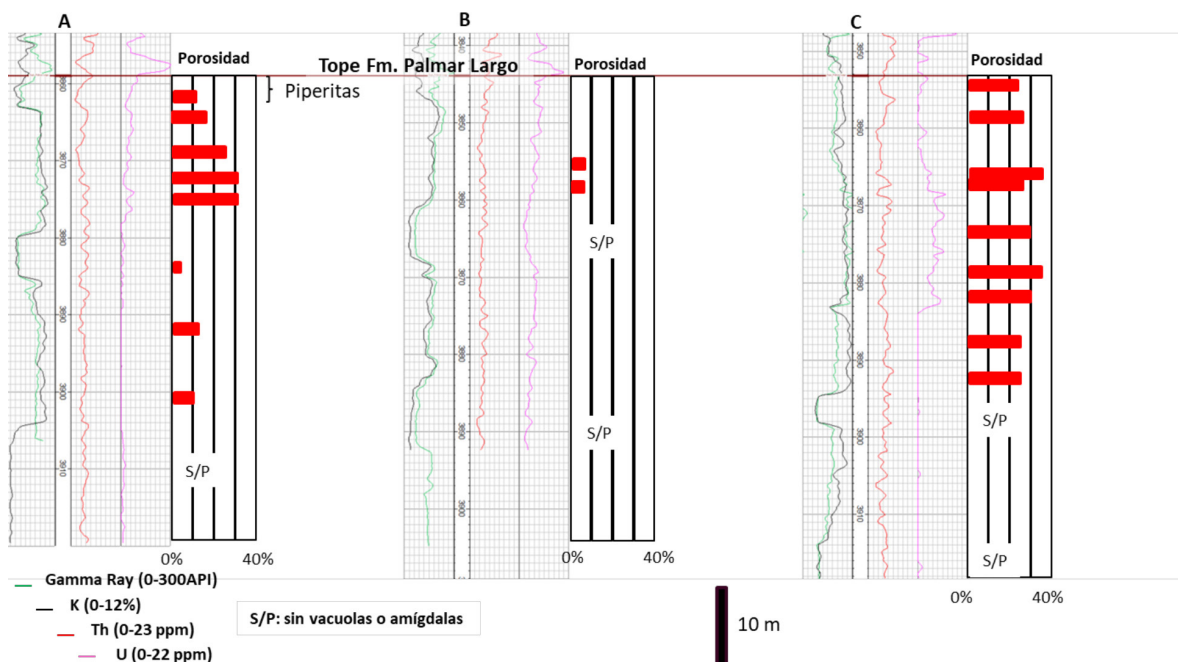


Figura 10. Corte entre los pozos Proa, nivelados al tope de la Formación Palmar Largo, mostrando las curvas de espectrometría de rayos *gamma* y porosidades interpretadas a partir de recortes (LCV 2009, 2012, 2014).

2002, Fig. 14). Una interpretación alternativa es que el enriquecimiento de Potasio es debido al hidrotermalismo principalmente y afectó las facies superiores de las coladas volcánicas, en donde la porosidad vesicular permite la migración de los fluidos a través de estas, independientemente de su edad y posición en el complejo volcánico. Por otro lado, sucesivos flujos hidrotermales afectan esta porosidad rellenando parcial o totalmente las vesículas, especialmente en las coladas más viejas, pero mostrando su porosidad vesicular inicial.

## LA TRAMPA

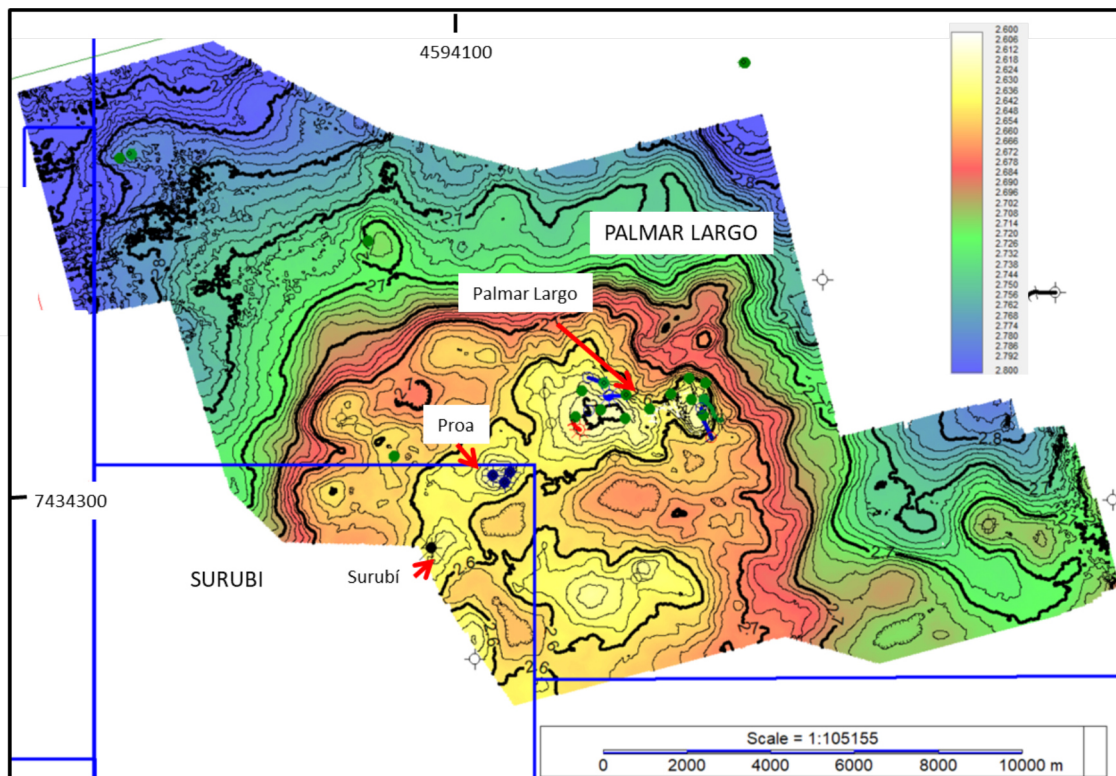


Figura 11. Mapa isócrono al tope de la Formación Palmar Largo.

El vulcanismo presentó un gran desarrollo areal en el flanco sur de la subcuenca Lomas de Olmedo en la provincia de Formosa. El yacimiento Proa (Figs. 11 y 12) es parte de un edificio volcánico mayor, junto con Palmar Largo, donde aparatos individuales generaron mayor relieve para conformar trampas de 4 cierres. Sedimentos depositados durante y con posterioridad a este vulcanismo sufren una compactación diferencial alrededor de estos aparatos volcánicos durante el Terciario, formando anticlinales que acompañan la morfología de los conos volcánicos.

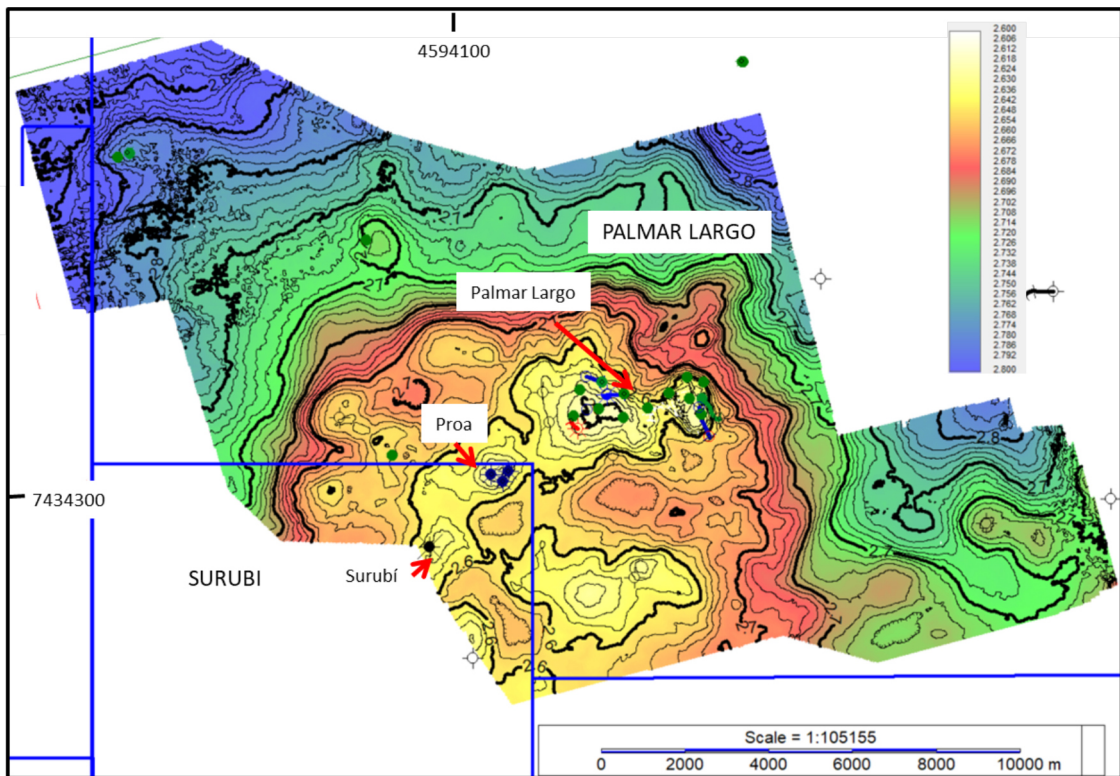


Figura 12. Sección sísmica a lo largo del descubrimiento Surubí y los yacimientos Proa y Palmar Largo, mostrando los diferentes cuerpos volcánicos.

Estos cuerpos volcánicos son contemporáneos con la sedimentación del Mb. Puesto Guardián y subgrupo Pirgua. En un corte estructural entre los bloques Surubí y Palmar Largo se observa el acunamiento del Mb. Puesto Guardián contra los cuerpos volcánicos, estando ausente en las posiciones estructuralmente más altas, como en el yacimiento Palmar Largo (Fig. 13). Las facies finas, pelitas y *mudstone*, del tramo superior del Mb. Puesto Guardián actúan como sellos de los reservorios volcánicos donde está presente o el Mb. Las Avispas, siendo la carga lateral desde posiciones más profundas de la cuenca o bien de la roca madre en contacto con los reservorios. En los cuerpos volcánicos con poco desarrollo en altura o en posiciones proximales de la cuenca, los reservorios volcánicos son cubiertos por facies arenosas de la base del Mb. Puesto Guardián, lo que no da lugar al entrapamiento de hidrocarburos en los reservorios volcánicos por la ausencia de un sello efectivo (por ejemplo, el pozo El Cantor x-1 en el bloque Surubí).

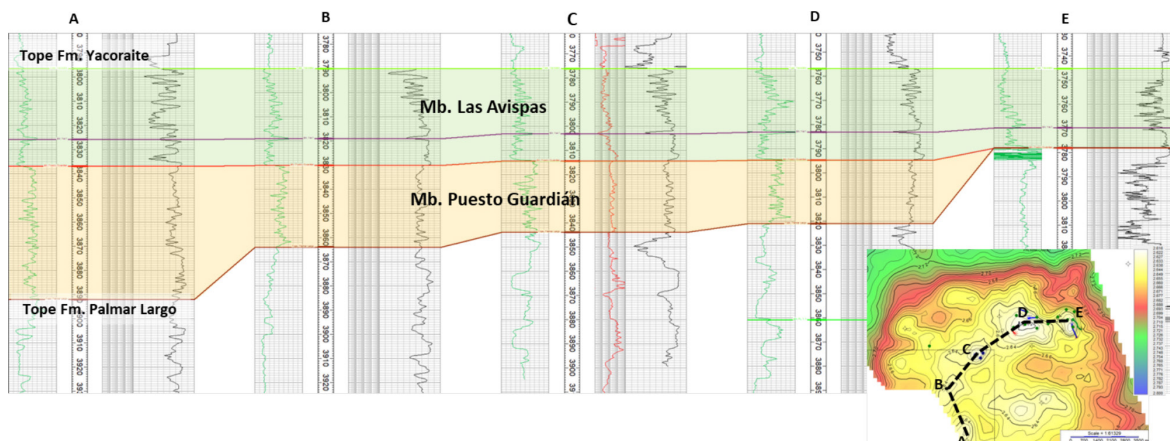


Figura 13. Corte estructural al tope de la Formación Yacoraite entre pozos del bloque Surubí y Palmar Largo, mostrando el acuñamiento del Mb. Puesto Guardián contra los cuerpos volcánicos.

Un segundo tipo de trampa se produce en los niveles arenosos o arenosos-tobáceos del Mb. Puesto Guardián como consecuencia de los aparatos volcánicos originados por el magmatismo. Por un lado, se originan pinchouts de arenas contra los cuerpos volcánicos que pueden estar mineralizadas (por ejemplo, pozo Palmar Largo x-5), y por otro lado se generan antiformes en la Formación Yacoraite debido a la subsidencia diferencial sobre los conos volcánicos. Este último proceso no sólo genera la estructuración de los reservorios, sino que también mejoran la porosidad de las arenas por fracturamiento durante la deformación (por ejemplo, pozo Puesto la Entrada x-1 en el bloque Palmar Largo).

|                        | Reservorios volcánicos                                                                                                |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Espesor neto (metros)  | 10-12                                                                                                                 |
| Porosidad (%)          | 16-35                                                                                                                 |
| Tipo                   | Vesículas 54-71%, Móldica 0-30%, Intracristalina: 0-2%, Intercristalina: 0-24%, intracemento 0-2%, microfisuras: 0-1% |
| Densidad petróleo API  | 43-48                                                                                                                 |
| Saturación de agua (%) | 10-40%                                                                                                                |
| Profundidad (mbbp)     | 3840-3900                                                                                                             |

Figura 14. Resumen de las propiedades petrofísicas de los reservorios volcánicos.

## PRODUCCIÓN

Las características petrofísicas de los reservorios volcánicos en el yacimiento Proa se muestran en la Fig. 14. El ensayo inicial de producción para la colada volcánica más joven (perforada solo en un pozo) es de 700 m<sup>3</sup>/d de petróleo sin agua, en tanto las otras coladas tienen un ensayo inicial promedio de 238 m<sup>3</sup>/d. Los ensayos de FMT arrojaron presiones del orden 5600 psi, y permeabilidades entre 10 y 125 mD para los reservorios volcánicos. En la Fig. 15 se muestra la historia de producción del yacimiento.

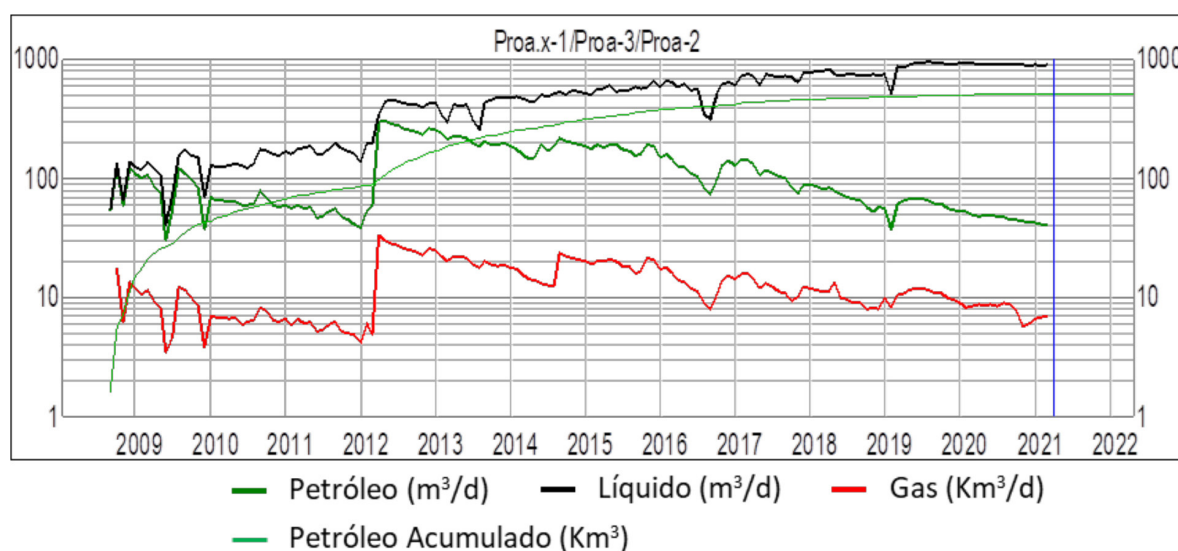


Figura 15. Historia de producción del yacimiento Proa.

## CONCLUSIONES

En el bloque Surubí, los reservorios en el yacimiento Proa corresponden principalmente a las vulcanitas vesiculares de la Formación Palmar Largo y secundariamente a las peperitas. La porosidad en las vulcanitas (que alcanzan el 35%) se debe principalmente a vesículas generadas por la fase gaseosa presente en las coladas volcánicas. Las facies volcánicas porosas pueden ser identificadas por mayores contenidos de potasio en la espectrometría de rayos gama. Se reconocen varias coladas volcánicas con una evolución vertical de facies caracterizada por vulcanitas masivas, vulcanitas vesiculares parcial o totalmente rellenas, vulcanitas vesiculares abiertas, peperitas y/o piroclásticos. Las coladas más jóvenes y los términos superiores de cada flujo constituyen los reservorios con más alta porosidad. El sello está dado por sedimentos finos del Mb. Puesto Guardián, siendo la trampa el mismo cuerpo volcánico cubierto vertical y lateralmente por el sello.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos a Gustavo Vergani e Iván Petrinovich por alentarnos a presentar este trabajo y la lectura crítica del manuscrito. También agradecemos a los árbitros por las sugerencias y a las empresas Weatherford Argentina y Madalena Energy Argentina S.R.L. por permitirnos publicar.

## REFERENCIAS CITADAS

- Baker Hughes, 2006. Análisis de imagen acústica (CBIL). GTE.FR.PROA.x-1. El Surubí. Formosa. Informe inédito.
- Baker Hughes, 2012. REPORTE. GTE.FR.PROA.x-2. El Surubí. Formosa. Informe inédito.
- Disalvo, A., Hofmann, C., Luquez J. y Rodriguez Schelotto M., 2002. Los reservorios de las Formaciones Palmar Largo y La Tigra. En Schiuma, M., Hinterwimmer, G. y Vergani, G. (eds.), Simposio de Rocas Reservorio. V Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, IAPG, pp. 739-752
- Disalvo, A., Muzzio, S.M., Hofmann C. y Arteaga M., 2005. Trampas de hidrocarburos en el oeste de la provincia de Formosa, Argentina. En: Kozlowski, E., Vergani G. y Boll A. (eds.), Las trampas de Hidrocarburos en las Cuencas Productivas de Argentina. VI Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, IAPG, pp: 73-88.
- LCV s.r.l., 2009. Sondeo GTEA.Fr.Proa.x-1 Recortes de perforación - Yacimiento El Surubí Formación Palmar Largo y Formación Yacoraite - Mb. Puesto Guardián. ESTUDIO LITOLÓGICO, PETROGRÁFICO, DIAGENÉTICO Y MINERALÓGICO. Informe Inédito.
- LCV s.r.l., 2012. GTEA.Fr.Proa-2 well Cuttings (Interval: 3846-3930 mbgl) Palmar Largo and Yacoraite Formación LITHOLOGIC AND PETROGRAPHIC STUDY. Informe inédito.
- LCV s.r.l., 2014. GTEA.Fr.Proa-3 well Cuttings (Interval: 3844-3920 mbgl) Palmar Largo and Yacoraite Formación LITHOLOGIC AND PETROGRAPHIC STUDY. Informe inédito.