

INTEGRACIÓN DE DATOS EN UN NUEVO MODELO GEOLÓGICO PARA EL YACIMIENTO LLANCANELO, MALARGÜE, MENDOZA

Daniel Astesiano¹, Mario Azcurra¹, Martín Barría¹, Rosina Barberis¹, Carolina Bernhardt¹,
 Daniel Boggetti², Alejandro D'odorico¹, Carlos Grasetti³, Claudio Larriestra⁴, Gabriela Lo Forte⁵,
 René Manceda³, Martín Noya³, Elizabeth Rodríguez³

1: YPF S.A., daniel.astesiano@ypf.com, mario.azcurra@ypf.com, martin.barria@ypf.com, rosina.barberis@ypf.com,
 carolina.bernhardt@ypf.com, alejandro.dodorico@ypf.com

2: PyT Consultora SRL, danielboggetti@pytconsultora.com.ar

3: Y-TEC S.A., carlos.g.grasetti@ypftecnologia.com, rene.e.manceda@set.ypf.com,
 martin.noya@ypftecnologia.com, elizabeth.rodriguez@ypftecnologia.com

4: Geoscience and Data Technology, claudio.larriestra@hotmail.com

5: U.N.L.P., gloforte@fcnym.unlp.edu.ar

Keywords: **outcrop, core data, petrophysics, geochemistry, integrated model**

ABSTRACT

conceptual geological model, outcrop analog, core data analysis, electro-facies, geochemical characterization, interdisciplinary work, integrated static modeling

The integration of sedimentological, petrophysical and geochemical data is presented in a new conceptual geological model for the Neuquén Group in the Llancanelo field, Malargüe Department, northern Neuquén basin in south Mendoza. The multi-disciplinary approach and the integration of work scales converge in a three-dimensional model of the reservoir that incorporates facies described in outcrop, their correlatives in the subsoil and diverse geochemical patterns. The studies of core data indicate the calcareous cement and clay content as the main quality controls of the reservoir. In addition, the study of FRX (X-ray fluorescence) on cores and *cuttings* reveals a correlation between the content of elements such as vanadium with the presence of biodegradable oils, molybdenum with higher mobility hydrocarbons, and strontium as a geochemical marker of sandy levels with shaly-siltstone matrix with sealant behavior between the main reservoirs; this is represented in a three-dimensional model of the field from Gaussian Sequential Simulation, obtaining a spatial distribution of chemical elements.

Through sonic and resistive well logs, an electro-facies model was made sensitive to variations in clay, cementation and saturation of hydrocarbons. A total of five electro-facies are discriminated that show a close relationship with the litho-facies defined in cores and with patterns of chemical elements obtained from FRX; they are used to condition the calculations of petrophysical properties of each of the reservoirs. In outcrops, cycles of conglomerate facies are observed that begin with burdensome sediments, interpreted as deposit debris flows with a silt-clay matrix of tabular geometry, which upwards interspersed with similar lithologies of flows in mantle with sandy matrix; the latter are dominant towards the top of the cycles and exhibit tabular and/or gritty lenticular geometries. Cycle caps generally have different degrees of cementation associated with paleosols and subaerial exposure; such successions are interpreted as stacks of alluvial fans that intersected in internal positions of the basin and gradation towards fluvial systems. The acquisition of FRX and multispectral gamma rays in outcrop allows to link these levels with their correlatives in the subsoil.

In addition to obtaining a geochemical characterization of each reservoir, the study proposes a model of differential charge of hydrocarbons controlled by the presence of fractures and diagenetic factors, such as carbonate cementation and clays. The combination of the described aspects conditions the distribution of petrophysical variables, achieving a model with better predictive capacity of the dynamic behavior of the field.

INTRODUCCIÓN

El estudio de integración de datos que se presenta está enfocado en el yacimiento Llanquanelo operado por YPF S.A., el cual se encuentra ubicado a unos 70 km en dirección SE de la ciudad de Malargüe, en el sector Nororiental de la cuenca neuquina sur-mendocina; el mismo produce petróleo de 12°API de los niveles superiores del Grupo Neuquén, denominados localmente Green y Olive, los cuales son desarrollados mediante pozos horizontales de 1000 m de extensión lateral. Estos reservorios están compuestos por areniscas conglomerádicas y conglomerados arenosos intercalados con niveles arenosos finos depositados en un ambiente de abanico aluvial.

En función de los resultados obtenidos por los pozos perforados, luego del reinicio de la actividad en el campo a partir de Julio de 2010, se plantea la necesidad de construir un modelo sedimentológico y petrofísico basado en la nueva información adquirida en el campo. Con la intención de disminuir los riesgos asociados a las variaciones laterales del reservorio (calidad petrofísica), que condicionan la movilidad del crudo pesado en frío, se plantea este proyecto el cual incluye una revisión integral de la información existente, tales como datos de coronas, perfiles eléctricos de pozo, sísmica 2D y datos geoquímicos. Además, se propone la caracterización de un análogo en afloramiento a fines de ajustar los modelos de distribución de facies y propiedades petrofísicas.

METODOLOGÍA

Durante el desarrollo del trabajo se propone establecer análogos de afloramiento para su estudio y mejor entendimiento a nivel regional y a escala de reservorio de las mejores facies para el entrapamiento de hidrocarburos.

Se enviaron al laboratorio de Y-TEC para su análisis, las coronas de 2 pozos verticales y el *cutting* de 5 pozos dirigidos para la elaboración de un modelo depositacional del yacimiento. Parte del trabajo consistió en la revisión y análisis de cortes delgados, DRX (Difracción de Rayos X) y MEB (Microscopía Electrónica de Barrido). Además, se escanearon con equipo de FRX tanto las coronas como el *cutting* para la elaboración de un modelo geológico y geoquímico.

Se revisaron todos los perfiles de pozo disponibles y se elaboró un modelo petrofísico ajustado

a las facies observadas en coronas.

Teniendo como marco los modelos geológicos conceptuales de afloramiento y de subsuelo se elabora un modelo geológico 3D, tomando como referencia las electrofacies definidas en el modelo petrofísico, con la superposición de la carga de hidrocarburos y la diagénesis.

Análogo de afloramientos

Se utilizaron los afloramientos del Grupo Neuquén ubicados en el Arroyo Las Aucas, afluente del río Diamante, como un posible análogo en facies de borde de cuenca para la misma unidad. Se describieron 109 m de perfil de base a techo obteniéndose además muestras para análisis geoquímico y perfil de rayos gamma multispectral (Figura 1). Los datos obtenidos muestran un arreglo vertical de la columna manifestado en por lo menos tres ciclos progradantes, que se caracterizan por la disminución del porcentaje de matriz hacia el tope.

La ciclicidad se repite a distintas escalas y se interpreta controlada por los procesos depositacionales dominantes en los abanicos aluviales y relacionados básicamente a la disponibilidad de material fino (matriz limoarcillosa) en el área de aporte. Se identificaron niveles de paleosuelos cementados y rastros de hidrocarburos en casi toda la columna, con un ciclo superior conglomerádico, interpretado como de origen fluvial, evidenciando hacia el final un posible cambio en las condiciones de deposición (pendientes) y área de aporte.

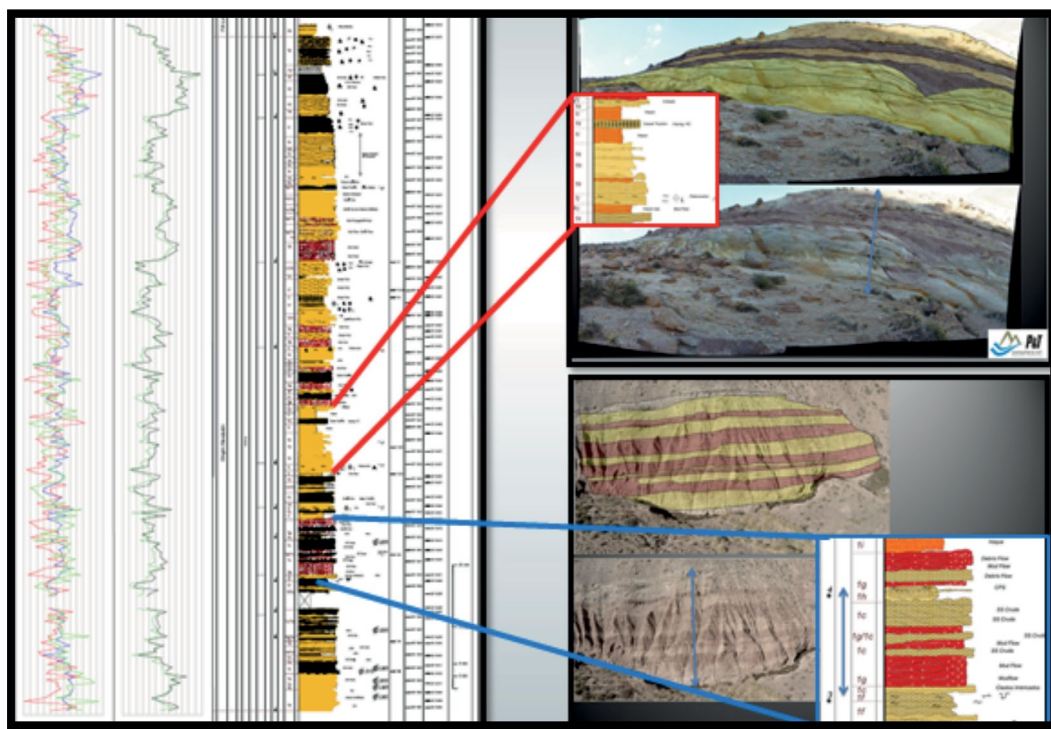


Figura 1. Perfil estratigráfico en Arroyo Las Aucas, con fotografías mostrando geometría de capas

Tareas de Laboratorio

El material de estudio, tanto de testigos corona como de *cutting*, fue procesado en el laboratorio de Y-TEC; la mayoría de las muestras son provenientes de dos pozos de la zona norte del yacimiento.

De uno de los pozos se recibieron testigos corona que representan más de 60 metros del reservorio, obtenidos de los principales niveles productores (Green y Olive) del Grupo Neuquén superior; el mismo contaba con 47 cortes delgados, 42 análisis de DRX y 5 muestras con estudios de MEB, junto con petrofísica standard (STD) y a condiciones de reservorio (NOBP). A este pozo se le agregaron, para complementar el análisis, 7 DRX y 19 MEB, sondeo que es tomado como referencia por ser el más completo en cuanto a cantidad de información disponible y representatividad de las muestras.

Los testigos coronas del segundo pozo contaban con material en mal estado de preservación, alrededor de 50 m, con dudosa puesta en profundidad y representando principalmente los niveles Olive, la parte superior del Blue y casi todo Sub-Blue (niveles inferiores del Grupo Neuquén); de este sondeo se realizaron 14 estudios de DRX.

Se analizaron muestras de *cutting* extraídas cada 2 metros de cinco pozos dirigidos de desarrollo en la zona norte del yacimiento. Por último, se procesaron 55 muestras de afloramientos obtenidas del perfil estratigráfico del Arroyo Las Aucas en un intervalo de aproximadamente 110 m de longitud.

Interpretación paleoambiental:

De la descripción de coronas existentes en el área se concluye la presencia de un sistema progradante para los niveles inferior Sub-blue y Blue, y un arreglo retrogradante para los niveles superiores Olive y Green, con mayor participación de areniscas en la base y predominio de gravas y conglomerados hacia el techo, los cuales son interpretados como flujos de detritos y corrientes tractivas en un ambiente de abanico aluvial de alta energía. (Figura 2). La ciclicidad no necesariamente coincide con la reconocida en los afloramientos, posiblemente debido a variaciones de volumen y tipo de aporte locales, tanto de pendiente y como de espacio de acomodación a lo largo del área de borde de cuenca del Grupo Neuquén.

No se observa un control exclusivamente granulométrico para la carga de hidrocarburos, sino que los controles están dados por el grado de cementación carbonático en primera instancia, el contenido de arcillas y la presencia de fisuras en segunda instancia, como vías de carga tanto dentro de la matriz como de los clastos (Figura 3).

Sobre la base de la descripción de las coronas, se definen cinco litofacies principales que engloban las características litológicas más conspicuas: conglomerados gruesos cementados sin

hidrocarburos, conglomerados medios parcialmente impregnados, areniscas conglomerádicas con impregnación parcial de hidrocarburos, areniscas medias a gruesas totalmente impregnadas y areniscas finas con matriz arcillosa sin hidrocarburos, luego utilizadas en el modelo petrofísico.

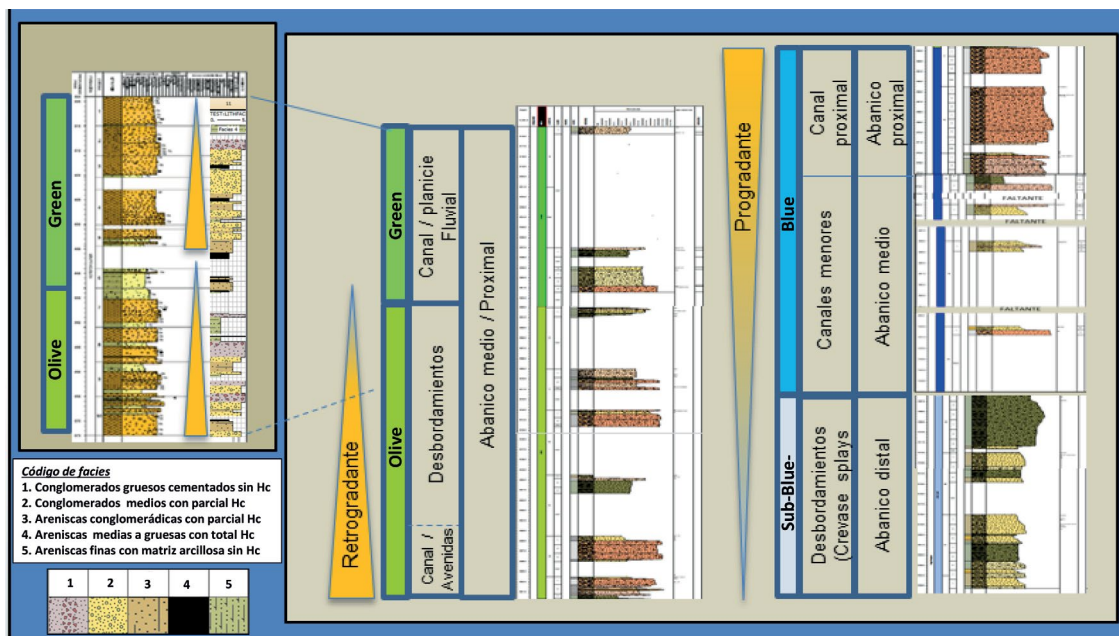


Figura 2. Interpretación integrada sobre muestras de testigos



Figura 3. Contenido de arcillas como control de impregnación de hidrocarburos (A) y cemento de calcita como control de la impregnación (B). Detalles de fotografía de corona

Análisis de datos de DRX, cortes delgados, petrofísica básica y NOBP.

Del análisis de DRX en conjunto con el análisis petrográfico, se determina el grado de cementación calcárea para el nivel Olive en general, fluctuando de acuerdo al tipo de facies

presente. Para el nivel Green se observa un aumento del cemento carbonático hacia el tope.

Se cotejaron además los datos de DRX con la permeabilidad y se observó una relación inversamente proporcional la abundancia de calcita con la permeabilidad, es decir que el cemento está condicionando negativamente la porosidad y permeabilidad tanto para el nivel Green como para Olive.

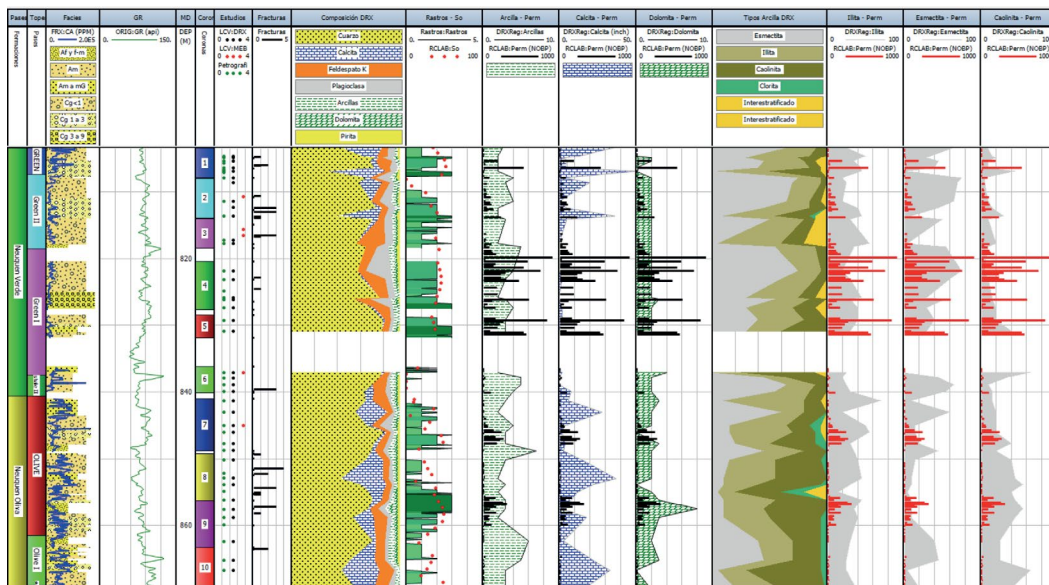


Figura 4. La secuencia Olive presenta alta coincidencia entre la zona impregnada y permeable con mayor contenido de dolomita.

Para las arcillas esta relación no es tan evidente, si bien se observa cierta correlación en el nivel Olive. Se observa un cambio en la relación esmectita/caolinita entre ambos niveles, preponderando la esmectita en el Green y la caolinita en el Olive, mientras que la illita se mantiene en las mismas proporciones (Figura 4). Grafico comparando datos de DRX y petrofísica básica.

En Green se observa mayor proporción de cuarzo, feldespatos potásicos y plagioclasas indicando mayor madurez mineralógica que el Olive. Este último, sin embargo, sugiere mayor madurez textural por mostrar intercalaciones de facies gravosas y arenosas correspondientes a niveles de flujos gravitacionales y encauzados, mientras que en el Green sólo se observan facies gravosas asociadas a flujos gravitacionales.

Comparación de DRX en estudios de una corona realizados en 2011 y realizados en 2015

En la Figura 5 se grafica la comparación entre ambos set de DRX que muestra lo siguiente:

- Aumento de los porcentajes en peso de arcilla (en mayor medida) y feldespatos potásicos (FK) y plagioclasas (PLG) en detrimento de los porcentajes en peso de cuarzo.
- La calcita se mantiene constante en ambos difractogramas (2011 y 2015).

- Se identifica yeso que no se había identificado en los difractogramas anteriores. No es muy claro en los DRX pero según datos de FRX se encontraría en mayor medida en el Green.
- Dentro de la fracción arcilla se observa un mayor porcentaje en peso de esmectita para el nivel Green y un aumento de la Caolinita en el nivel Olive.
- Dentro de la fracción arcilla se observa que de las 5 especies minerales identificadas en la primera etapa (esmectita, illita, caolinita, clorita e interestratificados) en la segunda etapa sólo se reconocen 3 (esmectita, interestratificado y caolinita). Existe la posibilidad que los porcentajes de illita hayan sido incluidos dentro del interestratificado y los porcentajes de clorita dentro de la caolinita por parecerse los picos característicos.
- Resta analizar los difractogramas originales. Los MEB informados no resuelven la incertidumbre en el tipo de arcilla.

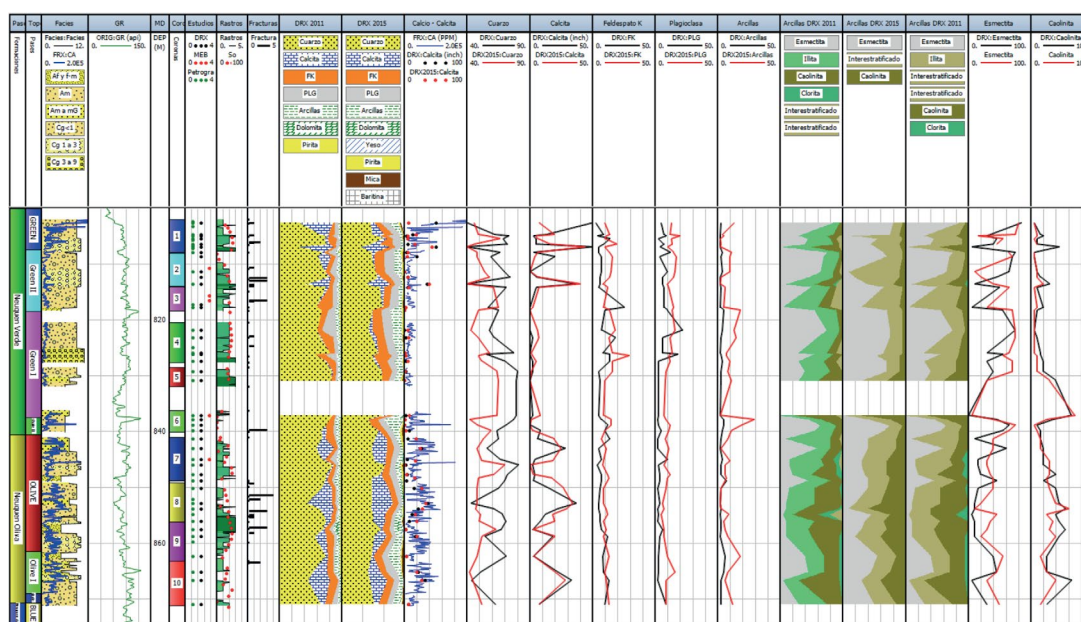


Figura 5. Gráfico comparando respuestas de DRX años 2011 y 2015.

Análisis de datos de FRX

Respecto del comportamiento geoquímico de las electro-facies definidas por perfiles de pozo, se observa la presencia de los elementos vanadio (V) y molibdeno (Mo), al igual que cromo (Cr), cobalto (Co) y cobre (Cu) en las facies impregnadas, lo que indica una relación de estos elementos con la presencia de hidrocarburos, con mayor concentración de potasio (K) en particular en el nivel Green posiblemente por presencia de líticos y arcillas tipo esmectita. Por su parte las facies no reservorio se caracterizan por mayor presencia de calcio (Ca), al igual que titanio (Ti), bario (Ba) y estroncio (Sr), siendo el Sr un elemento característico de las facies arenosas con matriz arcillosa

identificadas como sellos regionales a partir de correlación de perfiles de pozo. Del análisis de FRX de *cutting* y coronas se confirma la mayor presencia de carbonato de calcio en el nivel Olive. En una de las coronas se observó dentro de un gráfico de dispersión calcio (Ca) versus azufre (S) una tendencia en un sector de la dispersión. Se capturó la tendencia para ver a que profundidades de la corona pertenecía la tendencia y se observó una gran coincidencia con el nivel Green y en menor medida con algunos sectores impregnados del Olive (Figura 6).

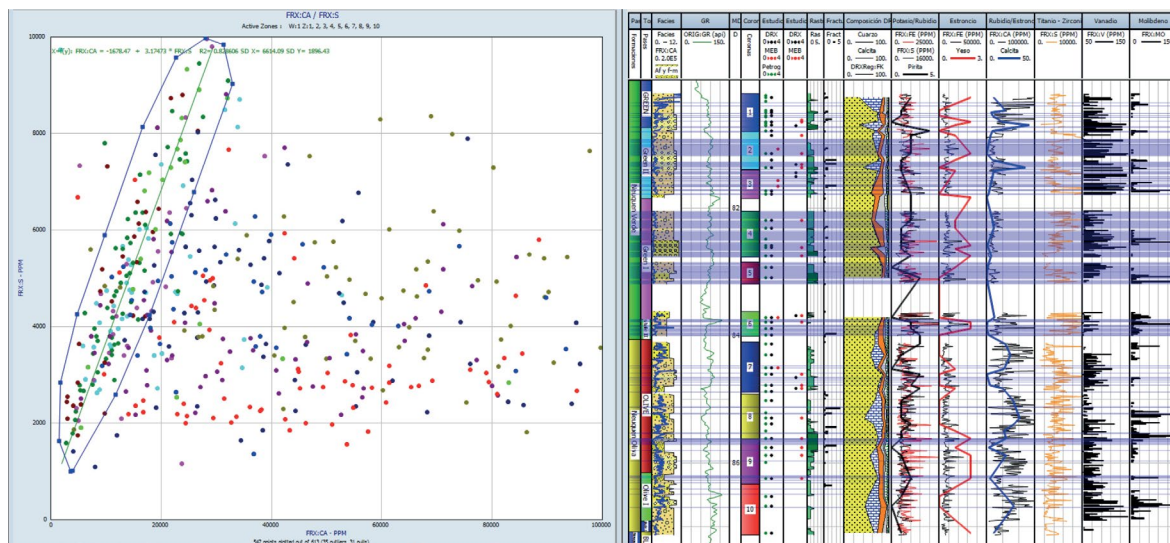


Figura 6. Gráfico de dispersión Ca-S y captura de tendencia.

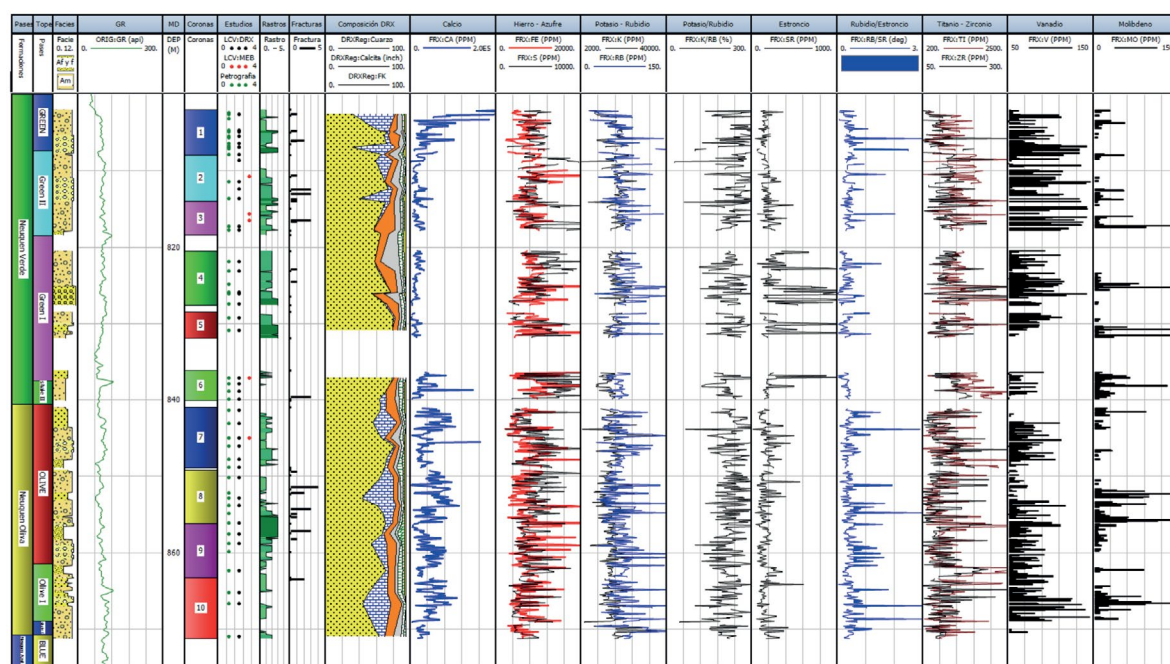


Figura 7. Elementos geoquímicos indicadores en pozo.

Esto motivó la idea de volver a realizar los DRX evitando lavar las muestras con agua y revisar exhaustivamente los cortes petrográficos. Los nuevos difractogramas confirmaron la presencia de CaSO_4 en valores entre 1 y 3% y la revisión de cortes a grandes aumentos (40x) principalmente dentro del nivel Green.

Todavía se encuentra en discusión si su origen es sedimentario-diagenético o asociado a alguna alteración debido a la presencia de hidrocarburos. Se observa presencia de V, Co y Cu en el reservorio superior, con posible presencia de pirita, y Mo, Zr y Th en el inferior, interpretando la presencia de V y Mo asociada a la presencia de hidrocarburos con distinto grado de biodegradación. Los elementos K y Rb son más frecuente en Green respecto de Olive, en particular en su sección basal, siendo el Sr un marcador geoquímico significativo para el nivel arenoso fino con matriz arcillosa que separa ambos reservorios (Figura 7).

Del análisis de FRX de muestras de afloramiento y perfil de rayos gama se define cierta correlación entre los datos levantados en el campo con lo adquirido de coronas y perfiles de pozo. En base a la correlación propuesta se identifica en afloramiento la sección media y superior del nivel Blue, el nivel Olive y el nivel Green, hasta base de Loncoche.

De acuerdo a quimioestratigrafía se identifica al igual que en subsuelo mayor concentración de Ca al tope de Green y en nivel Olive, con K más concentrado en la parte superior del perfil al igual que en las coronas; presencia de facies rojas definidas como flujos de fango divergen el perfil de afloramiento con lo observado en subsuelo, presentando altos valores de hierro (Fe) probablemente asociado a arcillas y no a pirita.

Los elementos V, Cu y Zn también se encuentran presentes en el perfil de campo, coincidente con lo observado en subsuelo con mayor concentración en Green, siendo el Sr el marcador geoquímico clave para la determinación del pase Green-Olive al igual que el pase Olive-Blue, el cual se determina además por la relación K/Rb, mayor Ca y menor Ti y Zr. Este último pase presenta mayor incertidumbre por estar sub-muestreado a escala de subsuelo (Figura 8).

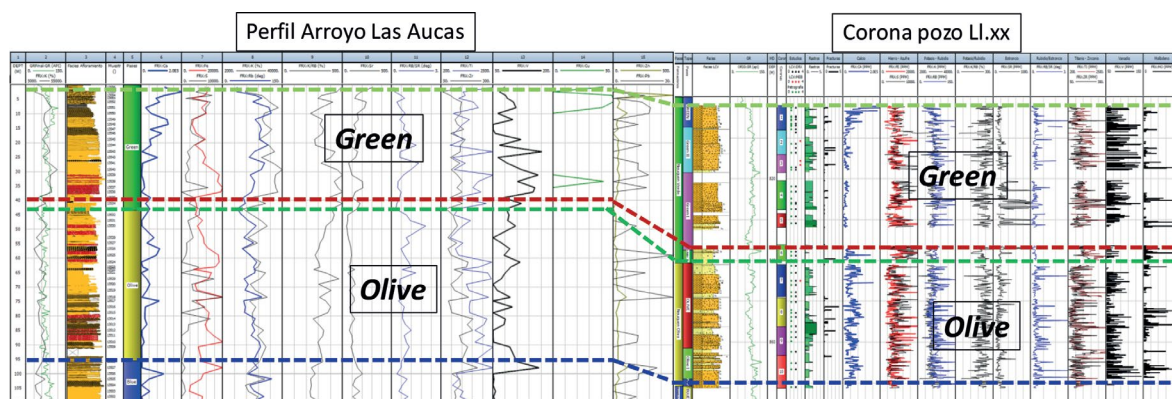


Figura 8. Correlación entre Perfil Arroyo Las Aucas y Corona de pozo.

Modelo Petrofísico

A partir de lo observado sobre testigos corona, se define un modelo de electrofacies en respuesta a tres vectores principales: arcillosidad, cementación y saturación de hidrocarburos. Se definen en corona cinco litofacies principales que engloban las características litológicas más conspicuas: conglomerados gruesos cementados sin hidrocarburos, conglomerados medios parcialmente impregnados, areniscas conglomerádicas con parcial impregnación de hidrocarburos, areniscas medias a gruesas totalmente impregnadas y areniscas finas con matriz arcillosa sin hidrocarburos que actúan como sello hidráulico entre los diferentes niveles reservorio (Figura 9).

La sensibilidad en la respuesta de los perfiles resistivo y acústico a los principales rasgos de este sistema roca-fluido y su disponibilidad en casi la totalidad de los pozos del campo, conlleva a la

	LitFac3	CONGLOMERADO: gris con clastos <u>conglomerádicos</u> entre 1-5 cm de pobre selección, matriz arenosa. Cementada. No impregnados. RESISTIVIDAD alta (> 6 ohm.m) SONICO con bajo tiempo de transito (< 80 us/ft)	
	LitFac2	CONGLOMERADO: gris, clastos <u>conglomerádicos</u> <3cm, pobre selección, matriz arenosa. Cementada. Parcialmente impregnada. RESISTIVIDAD media <6 ohm.m SONICO con tiempo de transito medio (< 120 us/ft >80 us/ft)	
	LitFac1b	ARENISCA CONGLOMERADICA gris, clastos <u>conglomerádicos</u> , abundante matriz arcillo-arenosa. Escaso cemento, friable. Parcialmente impregnada. RESISTIVIDAD media <6 ohm.m SONICO con tiempo de transito medio (< 120 us/ft >80 us/ft)	
	LitFac1	ARENISCA: granulometría media a gruesa con clastos aislados. Escaso cemento, friable. Impregnada. RESISTIVIDAD alta (> 6 ohm.m) SONICO con tiempo de transito medio (< 120 us/ft >80 us/ft)	
	LitFac4	ARENISCA: gris verdosa de granulometría fina con matriz arcillosa. No impregnada. RESISTIVIDAD baja <4 ohm.m SONICO con tiempo de transito bajo(>100 us/ft)	

Figura 9. Descripción de facies definidas en testigos corona

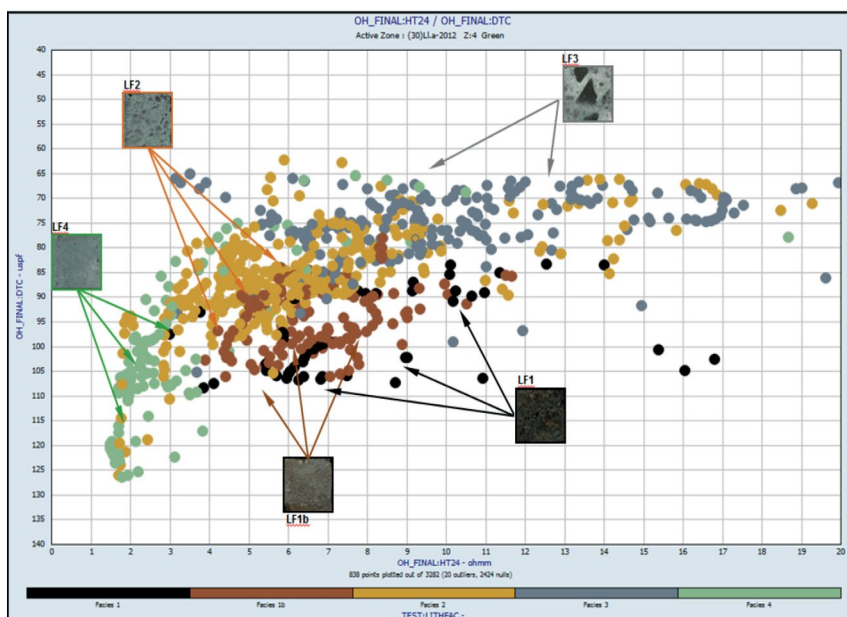


Figura 10. Análisis “cluster” de perfil sónico y resistivo y su correlación con facies de coronas

construcción de un modelo de electrofacies en base a estos dos registros (Figura 10). El modelo se basa en un análisis de tipo cluster de los perfiles señalados, al mismo tiempo que las electrofacies resultantes son calibradas en los pozos con testigos corona (Figura 11).

El modelo resultante permite una muy buena identificación de niveles cementados, arcillosos e impregnados de hidrocarburos, así como un condicionamiento sobre los parámetros petrofísicos utilizados en el cálculo de propiedades de reservorio (V_{sh} , Φ_e , S_w). Se observa además una fuerte correlación entre las electrofacies y patrones de elementos químicos establecidos durante el análisis por FRX sobre testigos corona.

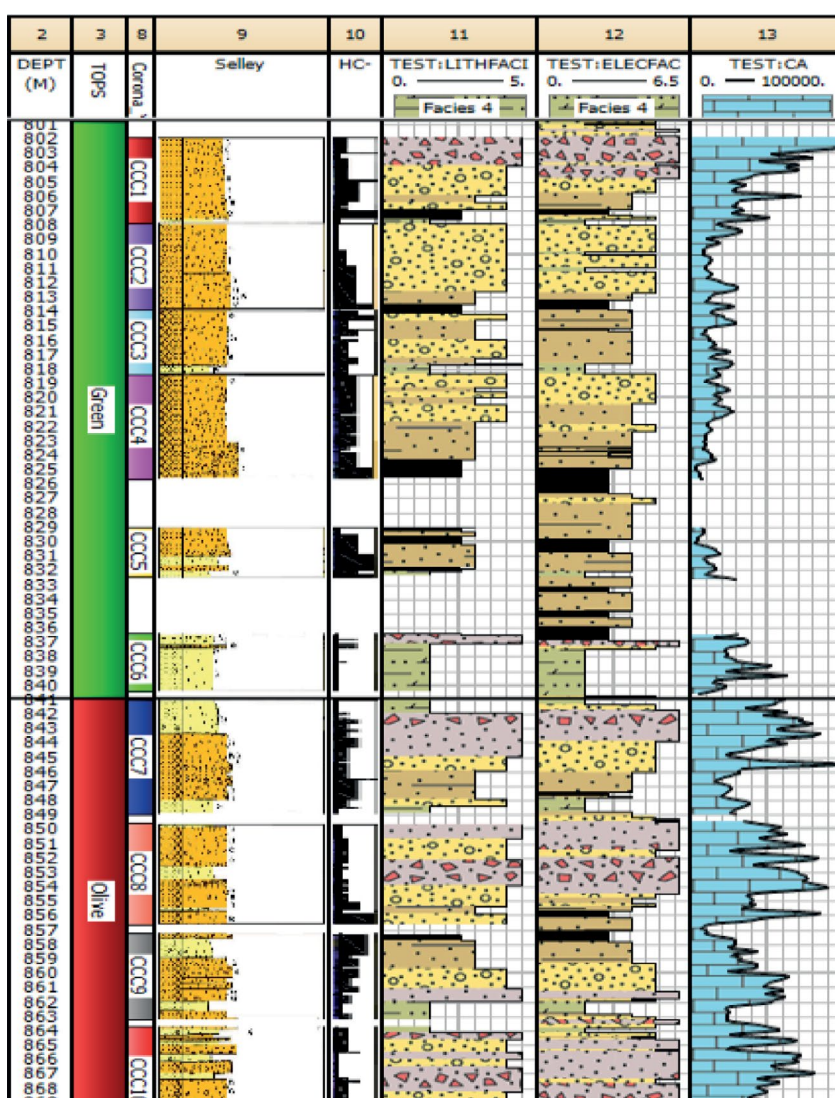


Figura 11. Comparación entre facies de corona y electrofacies a partir de perfiles sísmico y resistivo

Modelo Estático Tridimensional

Los datos disponibles consisten en información de perfiles, análisis sedimentológico-quimio-estratigráfico de *cutting* y coronas e información sísmica 2D. La característica de área protegida del humedal Llanquanelo es el impedimento ambiental que impide la adquisición de sísmica 3D. Es por esta razón, que la metodología empleada estuvo orientada a la utilización e integración exhaustiva de la información proveniente de pozos verticales, horizontales y de afloramientos.

La secuencia de la construcción del modelo estático se dividió en tres etapas a los efectos de representar el concepto geológico deducido de los estudios detallados más arriba. La primera etapa consistió en la representación de las formas sedimentarias ocasionadas por los abanicos aluviales.

La segunda etapa comprendió el modelado de la diagénesis primaria sobreimpuesta a los cuerpos resultantes, estimada a través de la petrofísica y la geoquímica y la tercera etapa involucró la evaluación del recurso *in situ*. En todos los casos se efectuaron 30 realizaciones y luego se calcularon las probabilidades en caso de las facies y promedios en el caso de propiedades continuas.

Construcción del modelo de abanicos

La construcción del modelo está basado en los conceptos de la Simulación Secuencial Multipunto (Strebelle 2002, Caers y Zhang 2004, Journel y Zhang 2006, Larriestra y Gómez 2008, 2009, entre otros) que consiste en el poblado de facies siguiendo un modelo geológico tridimensional utilizado como imagen de entrenamiento. El modelo geológico conceptual consistió en un sistema de abanicos aluviales amalgamados que progradan en dirección NE-SW hacia los sectores más profundos de la cuenca.

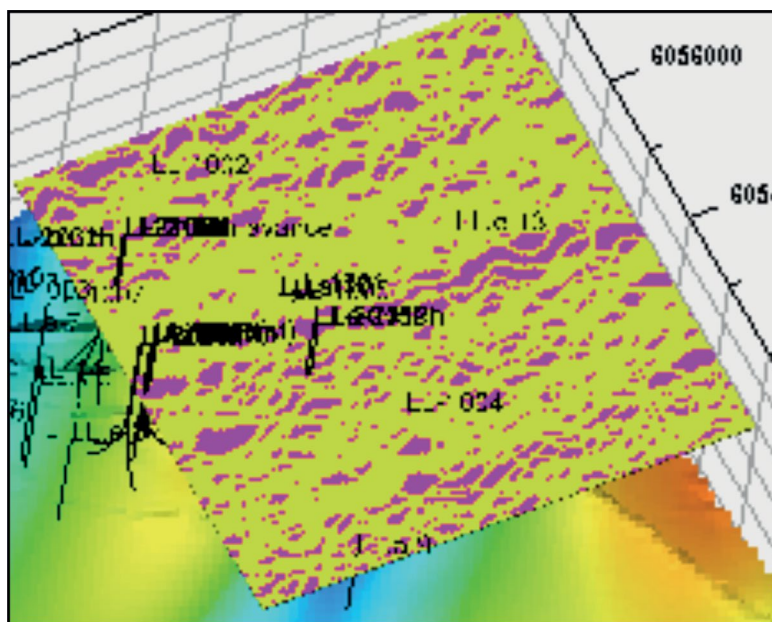


Figura 12. Imagen de entrenamiento de los cuerpos constituyentes de los abanicos.

El modelo de entrenamiento se combinó con un modelo tridimensional de direcciones azimutales para los cuerpos que componen los abanicos, que condicionarán las diferentes realizaciones que representan a los mismos (Figura 13).



IAPG • Instituto Argentino del Petróleo y el Gas



cuya anisotropía regional fue similar a la utilizada para simular las electro-facies, manteniendo la coherencia geológica del sistema. En la Figura 16 se pueden observar las realizaciones de la porosidad y la permeabilidad condicionadas al conjunto de facies determinado previamente.

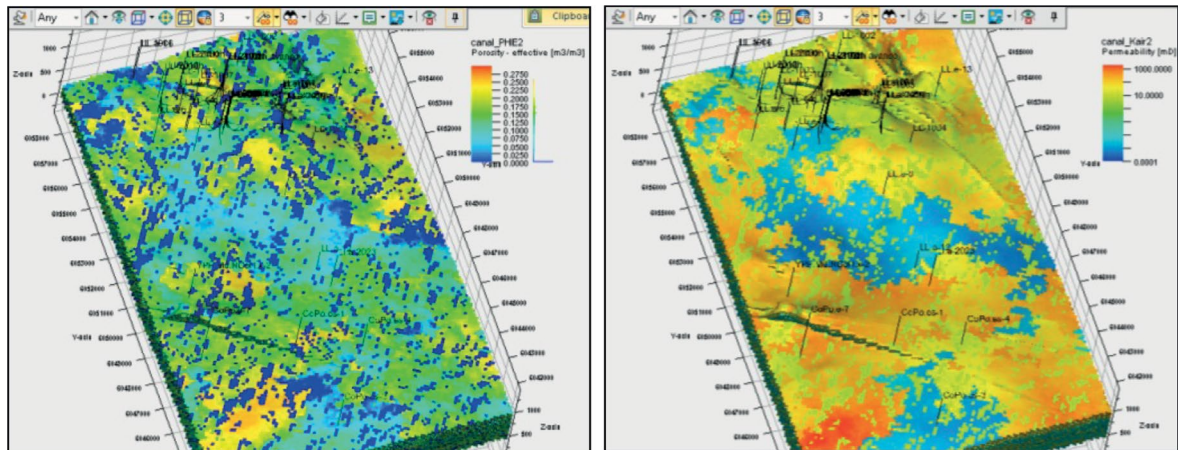


Figura 16. Realizaciones de la porosidad (izq.) y la permeabilidad (der.) condicionadas a electro-facies

CÁLCULO DE PETRÓLEO IN SITU

La definición de electrofacies tuvo en cuenta la caracterización sedimentaria de los niveles de interés con impregnaciones de hidrocarburos (Figura 10). Esta situación fue considerada en el cálculo petrofísico de la saturación de agua, razón por la cual también se modeló esta propiedad condicionada al modelo final de facies. Finalmente, y siguiendo el flujo de trabajo habitual, con la consideración de los contactos agua-petróleo para los distintos reservorios, se calculó el petróleo *in situ* para las distintas realizaciones, representando la incertidumbre general del proyecto (Figura 17)

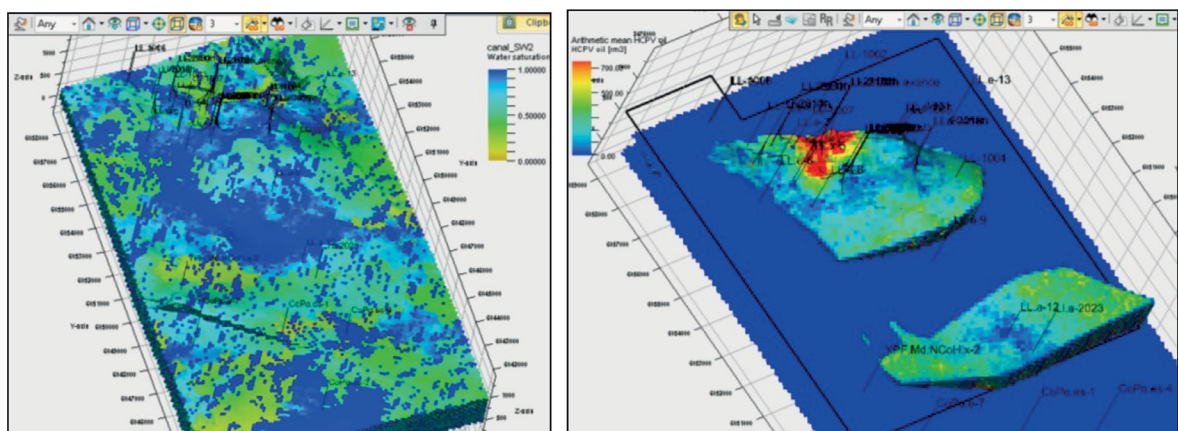


Figura 17. Realización de saturación de agua (izquierda) y grilla promedio de petróleo *in situ* para nivel Green.

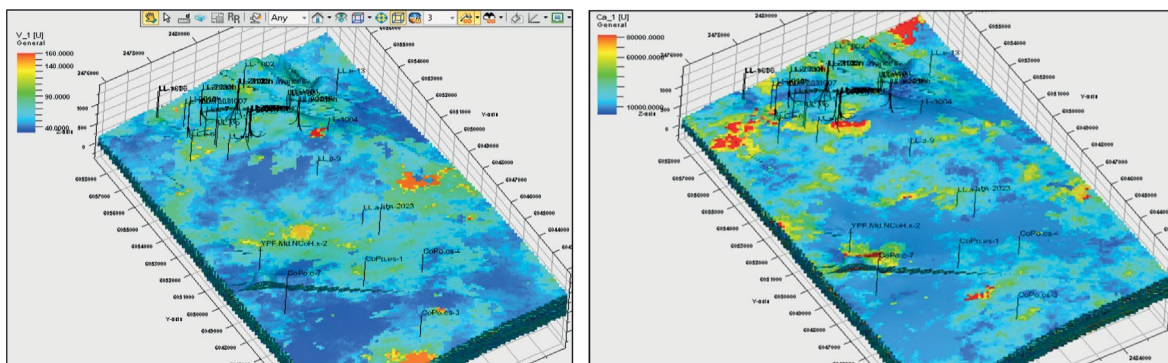


Figura 18. Realización del Vanadio (izquierda) y del Calcio (derecha) para el tope del nivel Green

CONCLUSIONES

De la integración de datos se obtiene una caracterización geoquímica de cada reservorio que permite identificar los mismos a escala de subsuelo y afloramiento, observando una buena correlación por elementos químicos y perfil de rayos gamma que permiten validar el análogo de superficie.

El estudio aproxima además a un modelo de carga diferencial del reservorio posiblemente controlado por factores diagenéticos como cementación carbonática y presencia de arcillas; se resalta la necesidad de avanzar en estudios especiales analizando estas variables como elementos que condicionan la calidad petrofísica del reservorio.

Se construyó un modelo geoestadístico tridimensional con el objeto de representar el modelo geológico conceptual, la diagénesis observada en los reservorios y la composición geoquímica de las diferentes unidades litológicas discriminadas, con el propósito de evaluar el recurso remanente y facilitar las futuras tareas de desarrollo. Se percibe la necesidad de incorporar más datos de coronas para ajustar el modelo geológico, a los fines de optimizar la caracterización del reservorio, en particular de los niveles inferiores del Grupo Neuquén los cuales se encuentran en general submuestreados.

Como tarea inmediata futura se plantea la correlación de facies descriptas a campo y electro-facies definidas a escala de perfiles para determinar a escala de afloramiento las dimensiones y relaciones arquitecturales de cada una de ellas, que permita la construcción de un modelo 3D de distribución de facies más realista, el cual condicione la distribución de las variables petrofísicas en un nuevo modelo estático con mayor capacidad predictiva del comportamiento dinámico del campo.

Por tratarse de un área protegido con imposibilidad en lo inmediato de adquirir sísmica 3D, la integración de datos de subsuelo y afloramiento resulta clave a los fines de elaborar un modelo de distribución de facies y propiedades petrofísicas realista. Se destaca la interacción de diferentes disciplinas y escalas de trabajo en la elaboración de un modelo tridimensional del reservorio con capacidad predictiva.

AGRADECIMIENTOS

A YPF S.A. e Y-TEC S.A por fomentar y permitir la realización del presente trabajo.

REFERENCIAS CITADAS

- Blair, Terence C. & McPherson, J.G., 2009. Aluvial Fan, Chapter 14 in *Geomorphology of Desert Environments*. Edited by Antony Parson, A.D. Abrahams. Springer.
- Caers, J. y Zhang, T., 2004, Multiple-point geostatistics: a quantitative vehicle for integrating geologic analogs into multiple reservoir models, in Grammer, G., Harris, P. and Eberli, G. eds., *Integration of outcrops and modern analogs in reservoir modeling*, AAPG, Mem. 80, p. 384-394
- Deutsch, C., 2002, *Geostatistical reservoir modeling*, Oxford Univ. Press, New York, 376 p.
- Journel, A. y Zhang, T., 2006, The necessity multiple-point prior model, *Math. Geol.*, v. 38, nro. 5, p. 591-610
- Larriestra, C. y Gómez, H., 2008, Simulación secuencial estocástica Multipunto aplicada al análisis de incertidumbre de sistemas fluviales de alta sinuosidad Fm. Mina El Carmen, Cuenca del Golfo San Jorge. VII Congr. Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, IAPG, AAGGP, Mar del Plata.
- Larriestra, C. y Gomez, H., 2009, Uncertainty Analysis of Reservoirs from Meandering Fluvial Systems using Multiple Point Stochastic Simulation. Mina El Carmen Formation, San Jorge Gulf Basin, Argentina, AAPG ICE, Río de Janeiro, Brasil, Search and Discovery Article #40515 (2010).
- Strebelle, S., 2002, Conditional simulation of complex geological structures using multiple-point statistics, *Math. Geol.*, v. 34, nro. 1, p.1-21



**10° CONGRESO DE
EXPLORACIÓN Y
DESARROLLO DE
HIDROCARBUROS**

Energía y Sociedad
aliados inseparables
Mendoza 2018