

Integración de datos en un nuevo modelo geológico para el yacimiento Llancanelo, Malargüe, Mendoza

Mario Azcurra¹, Daniel Boggetti², Alejandro D'Odorico³; Claudio Larriestra⁴; Martin Noya⁵

¹YPF S.A. Yacimiento Barrancas, Maipú, Mendoza, Argentina mario.azcurra@ypf.com

²PyT Consultora SRL; Alvear 315, G. Cruz, Mza, Argentina danielboggetti@pytconsultora.com.ar

³YPF S.A. Macacha Güemes 315, Ciudad de Buenos Aires, Argentina alejandrododorico@ypf.com

⁴Y-TEC S.A. Baradero 777, Ensenada, Pcia de BsAs, Argentina claudio.larriestra@ypf.com

⁵Y-TEC S.A. Baradero 777, Ensenada, Pcia de BsAs, Argentina martin.noya@ypftecnologia.com

Sinopsis

Se presenta la integración de datos sedimentológicos, petrofísicos y geoquímicos en un nuevo modelo geológico conceptual para el Grupo Neuquén en el yacimiento Llancanelo, Departamento Malargüe, cuenca neuquina sur mendocina. El enfoque multi-disciplinario y la integración de escalas de trabajo convergen en un modelo tridimensional del reservorio que incorpora facies descritas en afloramiento, sus correlativas en subsuelo y diversos patrones geoquímicos.

Los estudios de coronas señalan al cemento calcáreo y contenido de arcillas como principales controles de calidad del reservorio. Además, el estudio de FRX (Fluorescencia de Rayos X) sobre coronas y *cuttings* pone en evidencia una correlación entre el contenido de elementos como vanadio con presencia de petróleos biodegradados, de molibdeno con hidrocarburos de mayor movilidad, y de estroncio como marcador geoquímico de niveles arenosos con matriz limoarcillosa con comportamiento sellante entre los principales reservorios; esto es representado en un modelo tridimensional del campo a partir de simulación secuencial gaussiana, obteniendo una distribución espacial de elementos químicos.

.Mediante los perfiles de pozo sónico y resistivo fue realizado un modelo de electrofacies sensible a variaciones en arcillosidad, cementación y saturación de hidrocarburos. Se discriminan un total de cinco electrofacies que muestran estrecha relación con las litofacies definidas en coronas y con patrones de elementos químicos obtenidos a partir de FRX; se utilizan las mismas para condicionar los cálculos de propiedades petrofísicas de cada uno de los reservorios.

En afloramientos se observan ciclos de facies conglomerádicas que comienzan con sedimentos gravosos, interpretados como depósitos de flujos de detritos con matriz limoarcillosa de geometría mantiforme, los que hacia arriba intercalan con litologías similares de flujos en manto con matriz arenosa; estas últimas son dominantes hacia el tope de los ciclos y exhiben geometrías mantiformes y/o lenticulares más arenosas. Los topes de ciclos presentan generalmente diversos grados de cementación asociada a paleosuelos y exposición subaérea; tales sucesiones se interpretan como apilamientos de abanicos aluviales que hacia posiciones internas de la cuenca intercalan y gradan hacia sistemas fluviales. La adquisición de FRX y rayos gamma multiespectral en afloramiento permite vincular estos niveles con sus correlativos en subsuelo.

Además de obtener una caracterización geoquímica de cada reservorio, el estudio postula un modelo de carga diferencial de hidrocarburos controlado por presencia de fracturas y factores diagenéticos, tales como cementación carbonática y arcillosidad. La combinación de los aspectos descriptos condiciona la distribución de variables petrofísicas, logrando un modelo con mejor capacidad predictiva del comportamiento dinámico del campo.

Introducción

El estudio de integración de datos que se presenta está enfocado en el yacimiento Llancanelo operado por YPF S.A., el cual se encuentra ubicado a unos 70 km 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. 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.

Desarrollo

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 para el subsuelo del yacimiento. Parte del trabajo consiste 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 sobreimposición 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 multiespectral (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 arriba. 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.

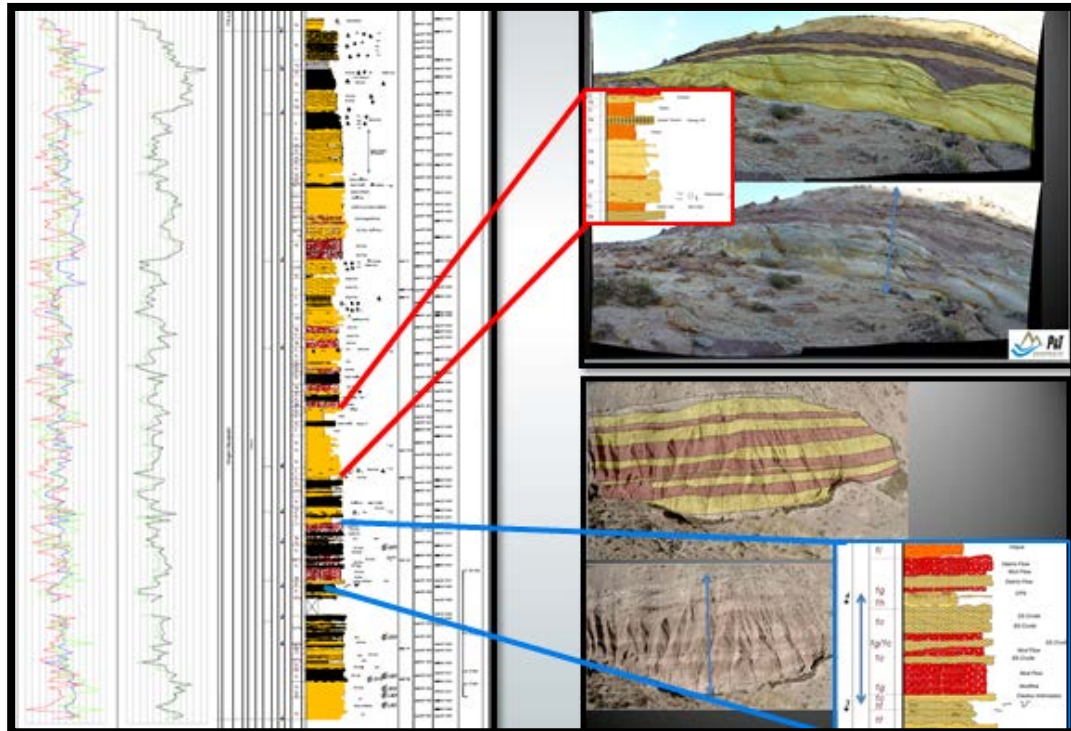


Figura 1. Perfil estratigráfico en Arroyo Las Aucas, con fotografías mostrando geometría de capas

➤ 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 muestra 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 inferiores *Blue* y *Sub-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).

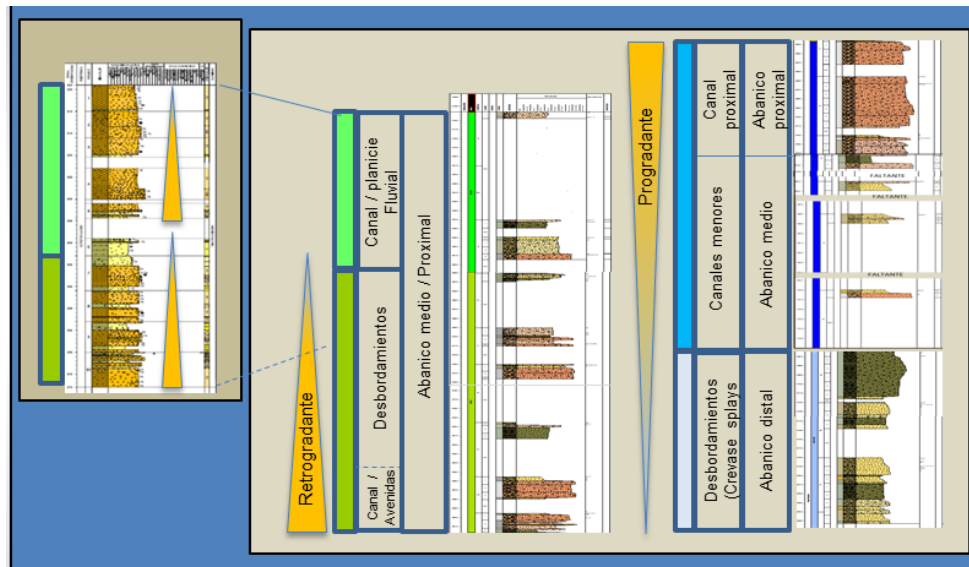


Figura 2. Interpretación integrada sobre muestras de testigos corona

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)



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 corona con luz natural.

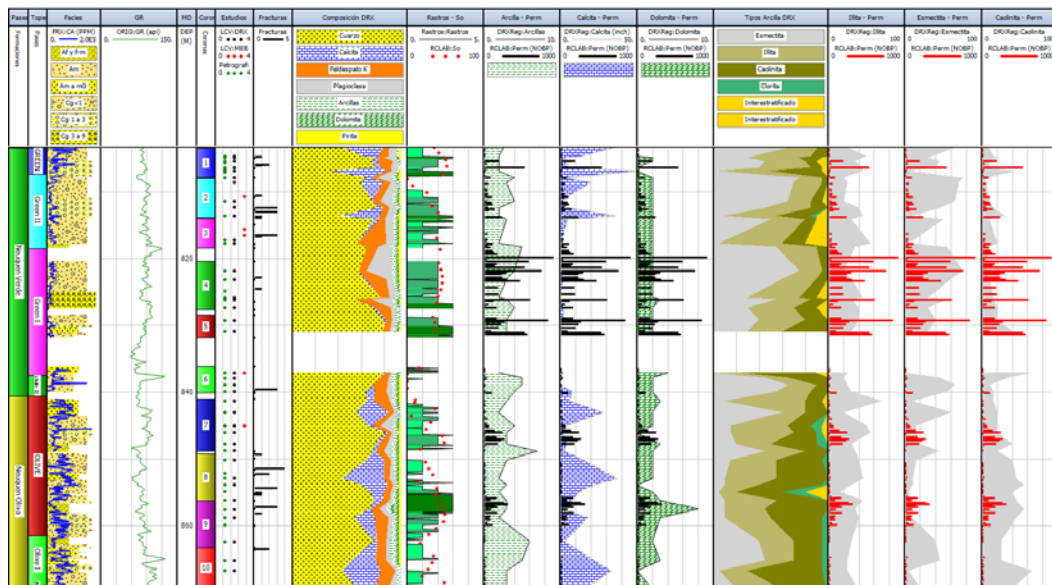
Sobre la base de la descripción de las coronas, se definen cinco litofacies principales que engloban los características litológicas más conspicuas: conglomerados gruesos cementados sin hidrocarburos, conglomerados medios parcialmente impregnados, areniscas conglomerádicas con parcial impregnación de hidrocarburos, areniscas medias a gruesas totalmente impregnadas y areniscas finas con matriz arcillosa sin hidrocarburos. Estas facies serán luego utilizadas en el modelo petrofísico.

Análisis de datos de DRX, cortes delgados y 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 permeabilidad tanto para el nivel *Green* como para el *Olive*. Se observa para el *Olive* una alta coincidencia entre la zona más impregnada y permeable con un nivel con altos contenidos de dolomita. (Figura 4)

Para las arcillas está 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 el nivel *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 *Green* y un aumento de la Caolinita en el *Olive*.

- Dentro de la fracción arcilla se observa que de las 5 especies minerales identificadas en la primera etapa (esmedtita, illita, caolinita, clorita e interestratificados) en la segunda etapa solo se reconocen 3 (esmedtita, 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.

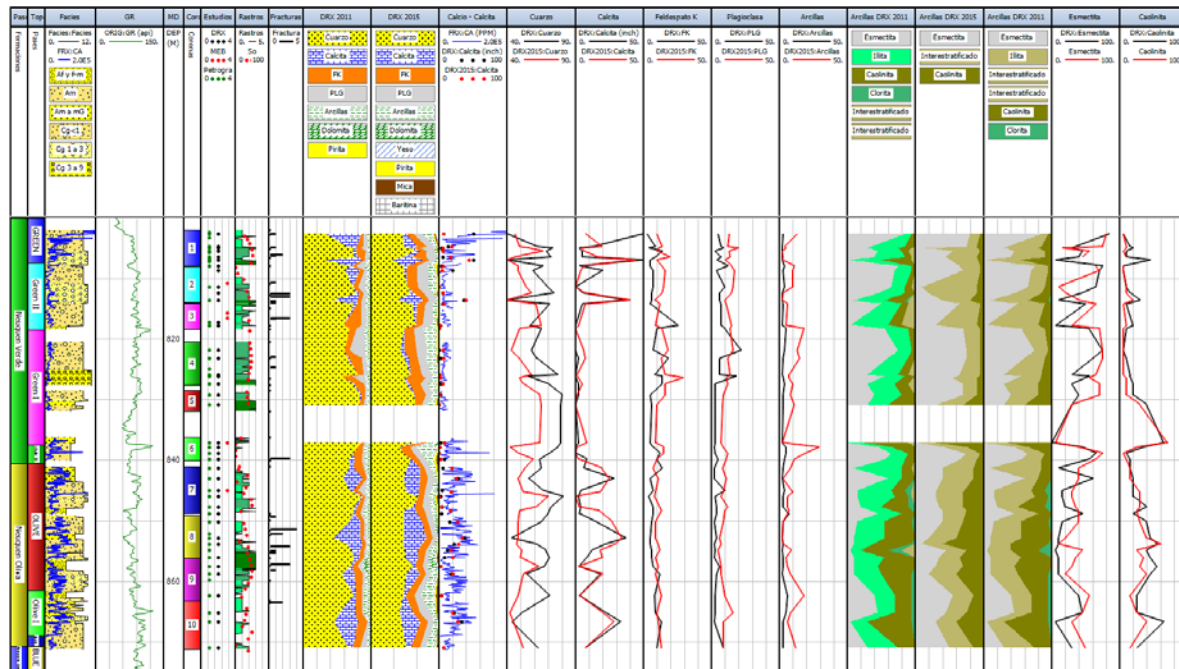


Figura 5. Grafico comparando respuestas de DRX años 2011 y 2015.

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 líticas y arcillas tipo esmedtita. 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)

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 piritita. 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).

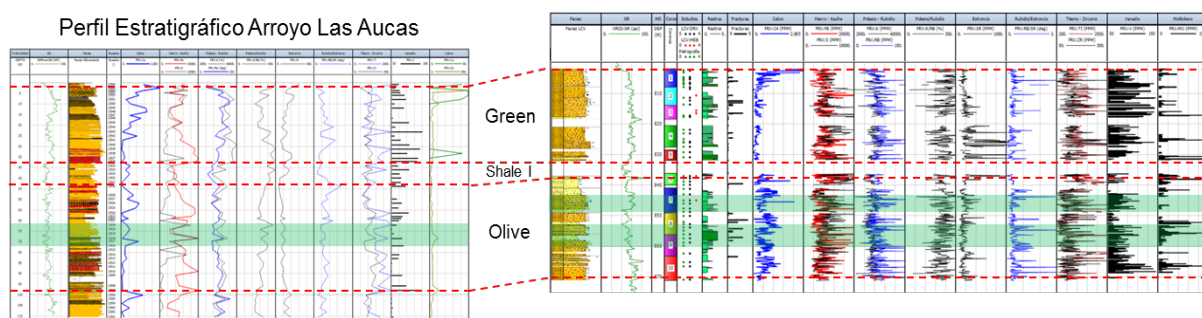


Figura 8. Correlación entre Perfil Arroyo Las Aucas y Corona de pozo.

➤ 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 (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 construcción de un modelo de electrofacies en base a estos dos registros. 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 10).

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.

	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

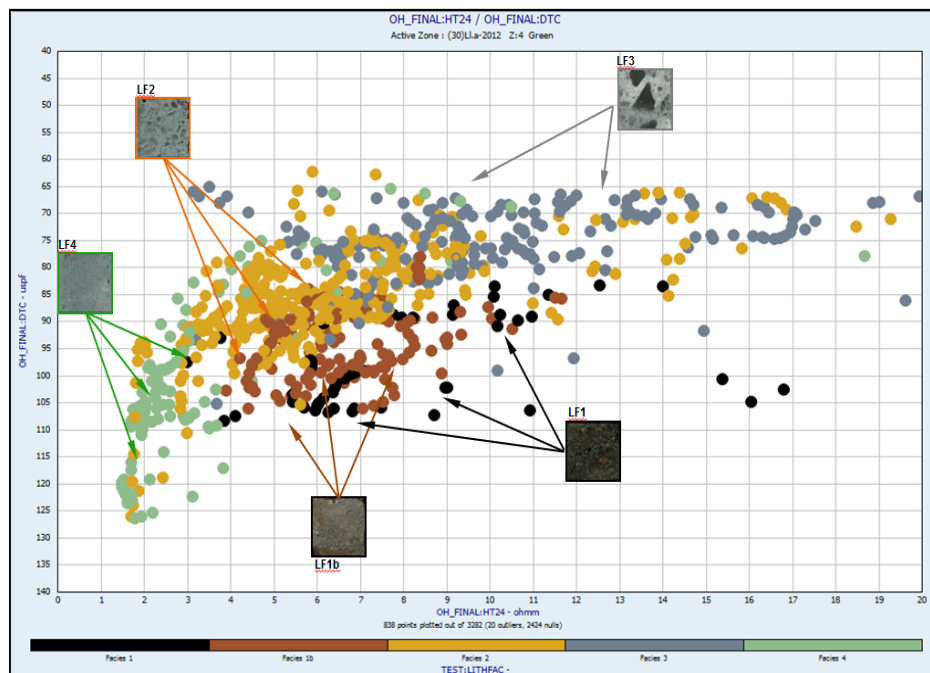


Figura 10. Análisis “cluster” de perfil sónico y resistivo y su correlación con facies de coronas

➤ Modelo Estático Tridimensional

Los datos disponibles consisten en información de perfiles, análisis sedimentológico-quimioestratigráfico de cutting y coronas e información sísmica 2D. La característica de área protegida del humedal Llançanelo 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 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 Gomez 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.

A tal efecto se diseñó un modelo de entrenamiento compuesto mayormente de cuerpos amalgamados que representarían las facies flujos de detritos y facies canalizadas que en general representarían las facies tractivas. Las facies finas de relleno en una proporción cercana al 20%, estarían asociadas a los episodios de menor energía (Figura 11).

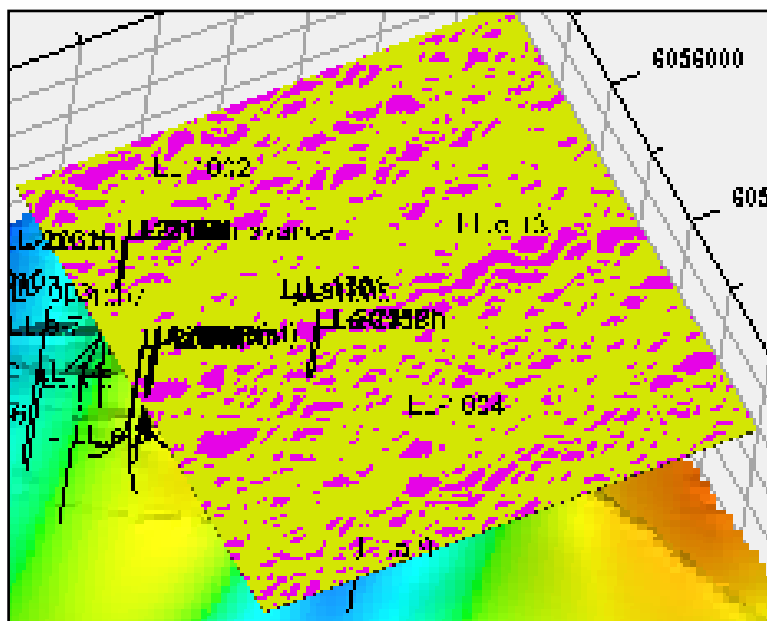


Figura 11. Imagen de entrenamiento de los cuerpos constituyentes de los abanicos.

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 12).

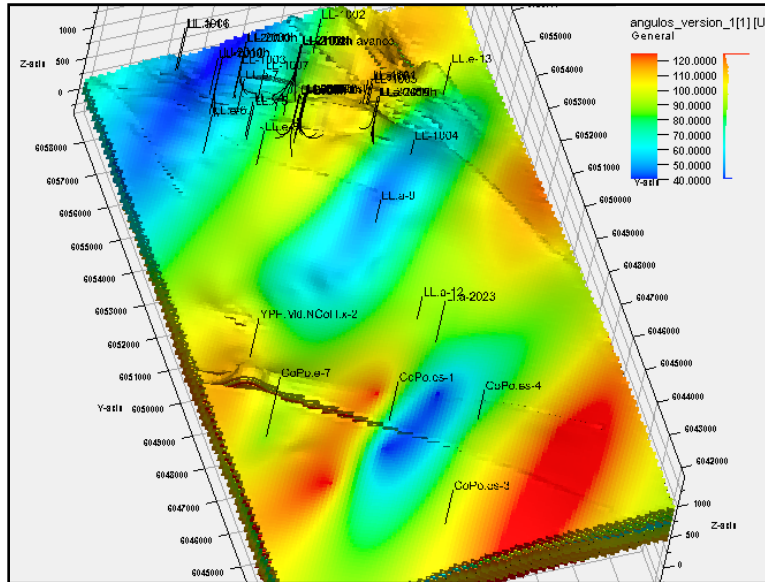


Figura 12. Modelo azimuthal de los cuerpos (relativo a la estructura de la grilla)

De esta manera el algoritmo Snesim (Strebelle 2002) aplicado en las diferentes realizaciones configura el aspecto global de formas de abanico como se muestra en la Figura 13. Cabe recordar que, como en todos los métodos de simulación estocástica secuencial, la simulación multipunto respeta estrictamente los datos duros. Además, para facilitar la interpretación, los gráficos tridimensionales que se muestran corresponden a la misma realización para las distintas propiedades analizadas.

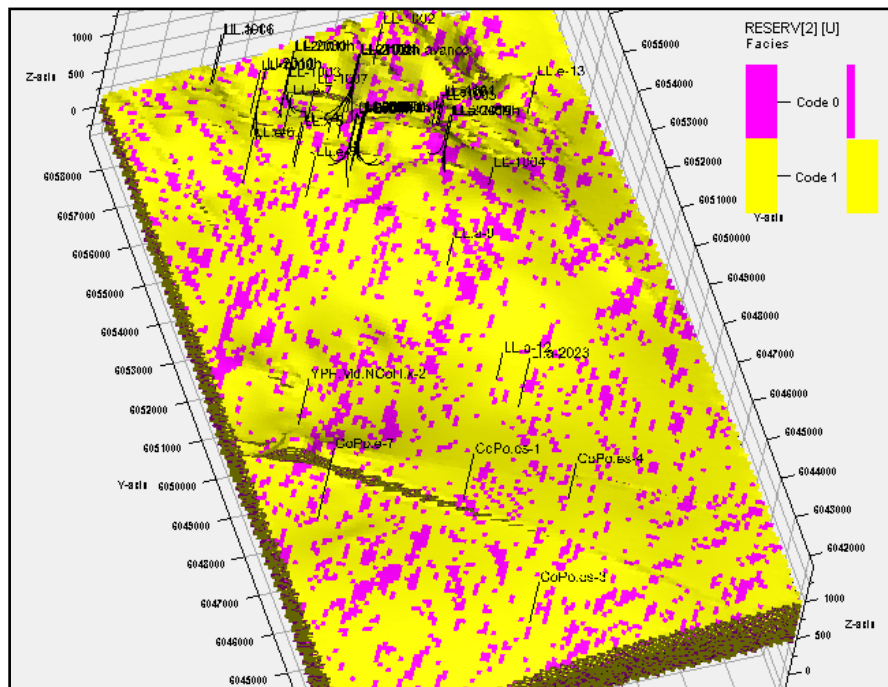
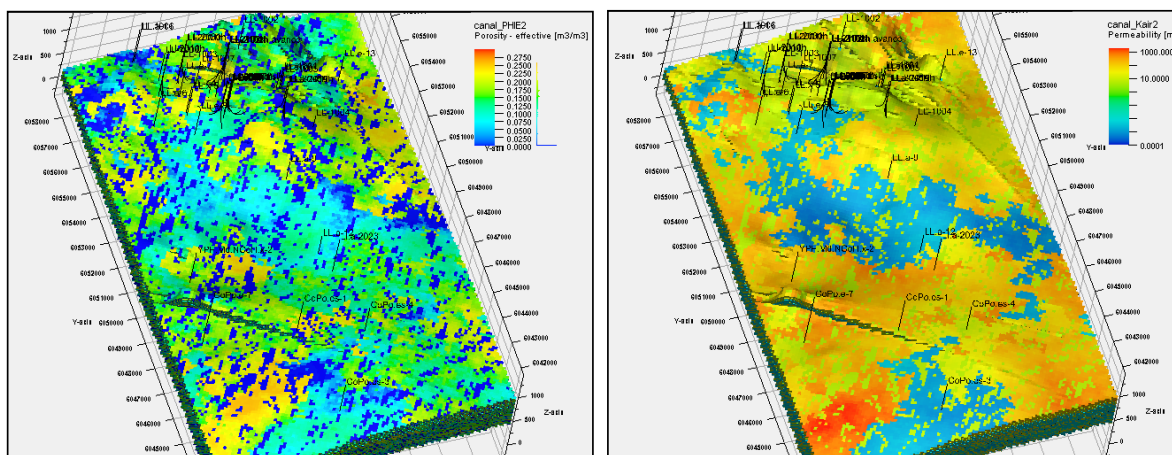
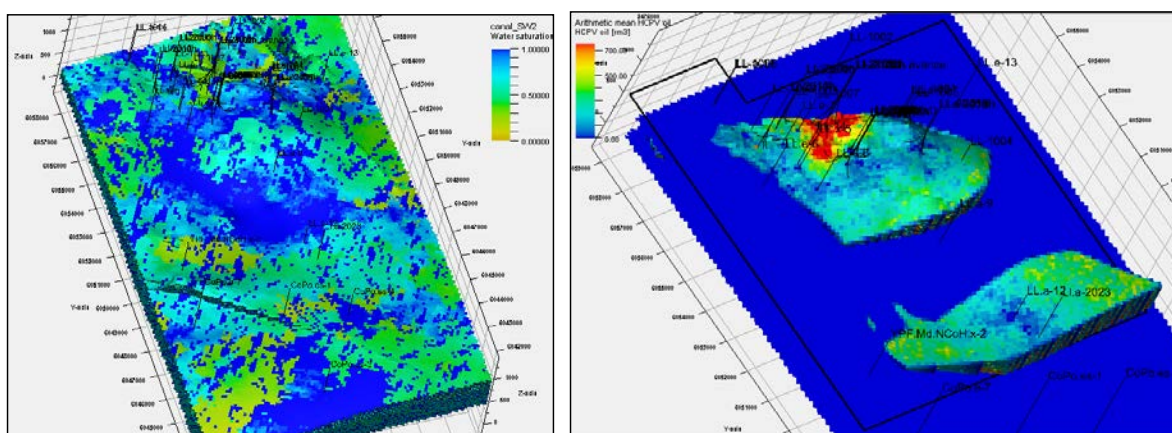


Figura 13. Realización del sistema de abanicos con facies tractivas y de relleno.



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 en petróleo in situ para las distintas realizaciones, representando la incertidumbre general del proyecto (Figura 16)



Los datos geoquímicos inorgánicos producto del análisis FRX, fueron modelados mediante simulación secuencial gaussiana condicionadas al esquema final de facies. Las realizaciones respetan los comportamientos observados de los distintos en las diferentes facies y en los niveles analizados. La configuración tridimensional permite reafirmar el origen de la heterogeneidad de los reservorios originados en la sedimentación, diagénesis y carga de los mismos. La detección de elementos como calcio, vanadio y molibdeno en el *cutting* permitiría analizar el cambio de facies inclusive durante la perforación horizontal (Figura 17).

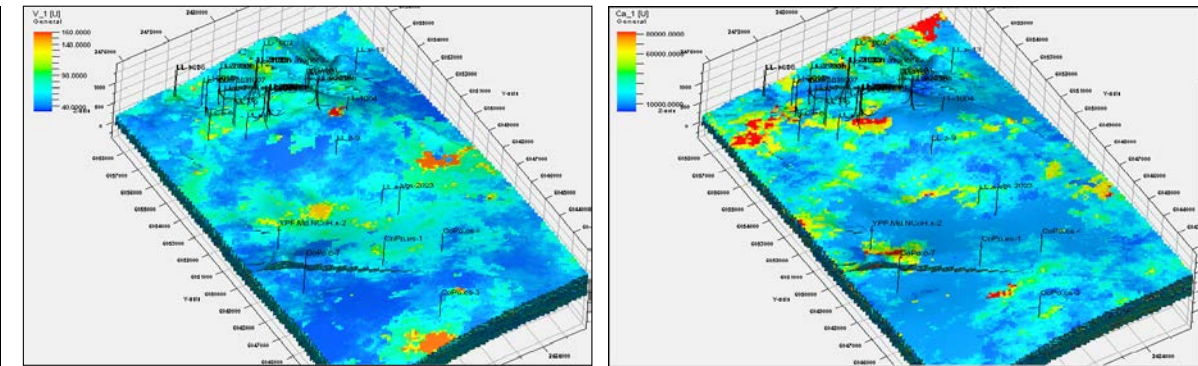


Figura 17. Realización del Vanadio (izquierda) y del Calcio (derecha) para el tope del nivel *Green*

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 permite validar el análogo de superficie. El estudio aproxima además a un modelo de carga diferencial del reservorio controlado por fracturas y 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 sub-muestreados.

Como tarea inmediata futura se plantea la correlación de facies descritas 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 los demás colaboradores de YPF S.A* e Y-TEC** S.A en la realización del presente trabajo:

Daniel Astesiano*, Rosina Barberis*, Carolina Bernhardt*, Gabriel Grasetti**, Gabriela Lo Forte**, René Manceda*, Elizabeth Rodriguez**, Marilyn Vargas*, Natalia Villa**.

Bibliografía consultada

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.

Journal, A. y Zhang, T., 2006, The necessity multiple-point prior model, Math. Geol., v. 38, nro. 5, p. 591-610

Larriestra, C. y Gomez, 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

CVs

Mario Orlando Azcurra

Licenciado en Geología – Universidad Nacional de Río Cuarto
CNEA – CONICET – Larriestra Geotecnologías S.A. – YPF S.A.
Geólogo de Desarrollo – Gerencia Regional Mendoza

Daniel Alberto Boggetti

Geólogo – Universidad Nacional de Córdoba
YPF. – PyT Consultora SRL
Geólogo Senior

Alejandro D´odorico

Licenciado en Ciencias Geológicas – Universidad de Buenos Aires
Graciela Rial - OXY – Sinopec – YPF S.A.
Petrofísico de Desarrollo– Gerencia de Estudios de Subsuelo

Claudio Larriestra

Geólogo – Universidad Nacional de Córdoba
Capsa S.A. - Larriestra Geotecnologías S.A. – Y-TEC S.A.
Geologo de Modelado – Y-TEC S.A.

Martín Noya

Geólogo – Universidad Nacional de La Plata
CONICET – LCV SRL – VyP Consultores - Chevron S.A. - Y-TEC S.A.
Geologo Sedimentologo – Y-TEC S.A.