

QUIMIOESTRATIGRAFÍA TRIDIMENSIONAL APLICADA AL MODELADO DE RESERVORIOS EN LA CUENCA CUYANA, ARGENTINA. PRUEBA CIEGA BASADA EN LA INTEGRACIÓN GEOESTADÍSTICA DE DATOS DE CUTTING

Claudio Larriestra¹, Lorena Zabala², Licia Manacorda²

1: Larriestra Geotecnologías S.A., Buenos Aires, Argentina. clarriestra@larriestra.com

2: YPF S.A. Gerencia de Exploración, Buenos Aires, Argentina. lorena.zabala@ypf.com, licia.manacorda@ypf.com

Palabras clave: Geoestadística, quimioestratigrafía, modelado tridimensional, cuenca cuyana

ABSTRACT

3D Chemostratigraphy applied to reservoir modeling, Cuyana Basin, Argentina

The aim of this study was to analyze the response of the chemostratigraphy and geostatistics applied to geological modeling of bedrock, reservoirs and seal in a petroleum system by means of a blind test, considering only chemical information derived from hand held X Ray Fluorescence analysis of cutting samples. The analysis was performed in 16 wells on 100m interval with cutting, but ignoring the geologic formation provenance. The geological correlation, the geochemical characterization of the geological formations, facies composition and the paleoenvironmental variations were deduced using this methodology.

The analyzed interval corresponds approximately to the Punta de las Bardas, Papagayos and Divisadero Largo formations, drilled by exploratory and development wells in the Vizcacheras area, in the Cuyana Basin. Chemical elements analyzed were Fe, Mn, Ca, K, S, Zr, Sr, Rb, Ti, Ba, Mo, U, Th, Pb, As, Hg, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, V, Sc, Cs, Te, Sb, Sn and Cd. These chemical elements and their most significant geochemical relationships were modeled in three dimensions using Sequential Gaussian Simulation. There is an important geochemical contrast between the involved geological formations to allow formation top estimation without any kind of prior knowledge. Moreover, we could establish the stratigraphic relationships between formations and characterize the different paleoenvironments involved. Therefore it is considered that the blind test was successful.

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es analizar el aporte de la Quimioestratigrafía y la Geoestadística al modelado de formaciones geológicas y reservorios mediante una prueba ciega, es decir contando solamente con las coordenadas de pozo e información química de *cutting* correspondiente a tramos cuya exacta pertenencia formacional se ignora. La metodología debería ser capaz de determinar el modelo de correlación geológica, la definición de las formaciones por su patrón geoquímico, sus características paleoambientales y las variaciones faciales de las mismas. El estu-

dio quimioestratigráfico se efectuó sobre un intervalo aproximado de 100 m correspondiente a las formaciones Punta de las Bardas, Papagayos y Divisadero Largo (Scolari *et al.* 2002).

Los tramos analizados corresponden a 15 pozos de desarrollo y exploratorios perforados en el área de Vizcacheras en la cuenca Cuyana.

Este tipo de investigación se incluye en el campo de estudio conocido como Quimioestratigrafía, donde el comportamiento geoquímico de las rocas se analiza en la dimensión temporoespacial subdividiendo el comportamiento en sentido vertical (variación temporal) y horizontal (Quimiofacies).

El dato duro es la determinación química por fluorescencia de rayos X, pero este incluye no solamente elementos pertenecientes a la roca (señal), sino también en grados variables, información química proveniente del lodo, derrumbes y de la herramienta de perforación (ruido estadístico). Es por esta razón, que los datos provenientes del *cutting* deben ser analizados con un criterio geoestadístico, a los efectos de considerar la incertidumbre asociada al sistema.

Se procesaron 16 pozos donde solo se disponía de sus coordenadas y cota, más el registro no destructivo de fluorescencia de rayos X (FRX) sobre muestras de *cutting* que involucraron intervalos de entre 100 y 120 metros en la mayoría de los casos.

METODOLOGÍA

Registro de Elementos Químicos mediante Fluorescencia de Rayos X

El registro de elementos mayoritarios, minoritarios y traza sobre muestras de *cutting* fue realizada mediante un equipo portátil de Fluorescencia de Rayos X (Figura 1). El análisis se efectuó sin necesidad de destrucción o cualquier tipo de modificación de las muestras almacenadas por la compañía. El analizador es capaz de detectar la mayoría de los elementos, pero está programado para analizar un máximo de 32 elementos, siendo estos los más significativos en las rocas sedimentarias y volcánicas (Matheos, 2010).

De esta forma se puede efectuar un registro completo en profundidad a la resolución del intervalo de extracción de los recortes, con la detección de 32 elementos. Los elementos detectados son Fe, Mn, Ca, K, S, Zr, Sr, Rb, Ti, Ba, Mo, U, Th, Pb, Se, As, Hg, Zn, W, Cu, Ni, Co, Cr, V, Sc, Cs, Te, Sb, Sn, Cd, Ag y Pd.

El aparato tiene una exactitud menor (capacidad de reproducir un patrón) que los equipos de fluorescencia de mayor porte, pero posee una muy buena precisión (baja variabilidad de las medidas sobre una misma muestra), por lo que es perfectamente apto para medir diferencias entre muestras. De esta manera se puede investigar la heterogeneidad de la formación con un método

no destructivo, sencillo y rápido.

Posteriormente se confecciona un archivo en formato LAS con todos los elementos para la posterior interpretación geoquímica. En las coronas esta operación también puede efectuarse con el nivel de resolución que se desee (Figura 1).

Integración Espacial de Datos Geoquímicos de Cutting mediante Geoestadística

La geoestadística es la estadística de las variables regionalizadas, es decir todas aquellas series de datos (espaciales o temporales) cuyos valores individuales están relacionados entre sí por la distancia que los separa. Por ejemplo, el espesor o la porosidad de un reservorio de petróleo es una variable regionalizada y se encuentra espacialmente autocorrelacionada, de manera que si existen dos puntos cercanos serán probablemente más parecidos entre sí que si estuvieran más separados. Es decir, la similitud de los mismos varía con la distancia y a veces también con la dirección. Esta hipótesis de autocorrelación se verifica también en los registros de pozos o en los análisis químicos del *cutting*, donde la similitud de los valores está relacionada a la distancia existente entre los puntos de muestreo.

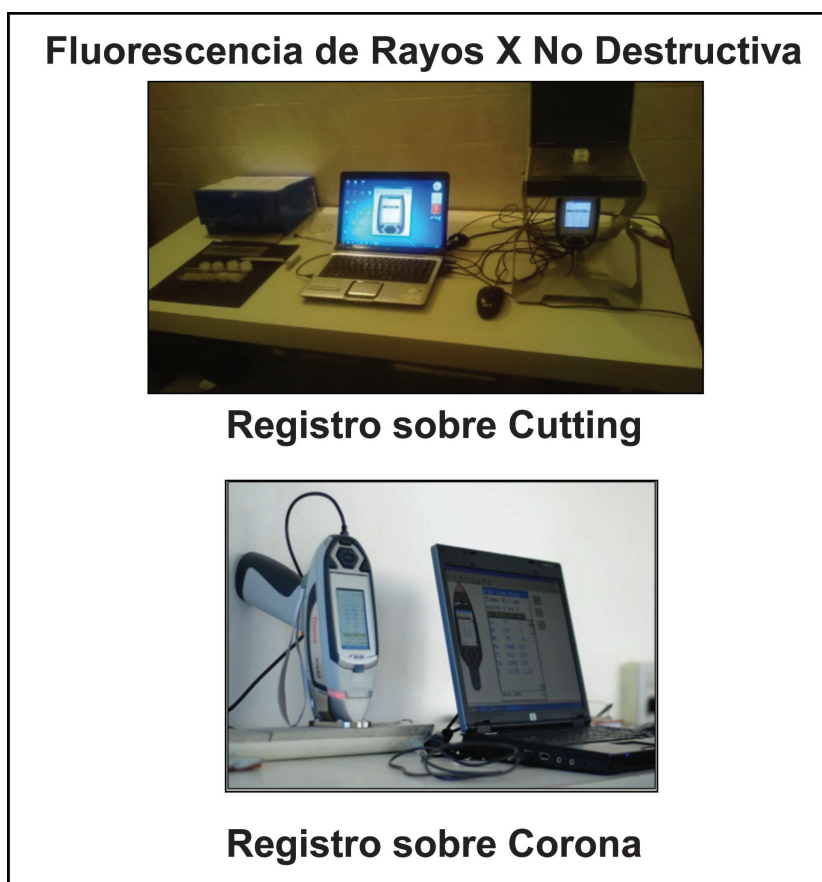


Figura 1. Equipo portátil de Fluorescencia de Rayos X

En este caso, los datos a utilizar son las curvas geoquímicas inorgánicas derivadas del análisis no destructivo del *cutting*. La aplicación de la metodología geoestadística al tipo de datos motivo de este estudio, se puede dividir en cinco pasos:

- Captura de Datos (Registro FRX y Registros en formato LAS)
- Descripción y Normalización Estadística
- Análisis Variográfico de los Datos (Modelado Geoestadístico)
- Modelado espacial de los datos químicos de *cutting* mediante Simulación Estocástica
- Análisis de Agrupamiento
- Análisis de los Resultados

Captura de Datos

La toma de datos de fluorescencia se efectúa durante dos minutos para cada muestra, generándose un conjunto de lecturas de concentración para cada elemento usando distintos ángulos de incidencia. Esto permite conocer la varianza de la detección asociada a cada muestra. La varianza de las muestras son comparadas con la varianza entre muestras mediante análisis de varianza para establecer si las diferencias son significativas. De esta manera se puede certificar que la variabilidad geoquímica de la formación es mayor que la detectada en el conjunto de lecturas para cada muestra.

Posteriormente se emplean histogramas o gráficos de probabilidad para observar la distribución de los datos y procurar que no se alejen de la normal (campana de Gauss). Si este fuese el caso se deberá realizar una transformación (aplicar logaritmos, transformación normal, etc) de modo de obtener una distribución lo más parecida a la normal, porque los métodos geoestadísticos tienen esta hipótesis como subyacente.

Análisis estructural de los datos (Análisis Variográfico)

El análisis estructural o modelado variográfico de los datos consiste en la definición del modelo de semivariograma que se utilizará en la estimación de las distribuciones locales de las variables para su posterior uso en simulación secuencial gaussiana (Deutsch y Journel 1998; entre otros). El semivariograma es un gráfico que permite modelar la variabilidad espacial de los datos. Si por ejemplo, se define $z(x)$ como el valor del registro de Porosidad en la profundidad x y $z(x+h)$ como la misma propiedad en el punto situado a h unidades de x , el semivariograma para una distancia h se define como:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n} \sum_S [z_{(x)} - z_{(x+h)}]^2$$

donde S es el soporte de definición, es decir todos los n pares de datos separados por una distancia h . Si los puntos de control están equiespaciados el semivariograma se puede calcular directamente, como es el caso de los perfiles, pero en el *cutting* esta condición no siempre se cumple y los puntos pueden tener una distribución irregular a lo largo del pozo. En estos casos para calcular el semivariograma es necesario definir el soporte con una tolerancia sobre h .

En la Figura (2) se muestran tres semivariogramas experimentales (puntos) de los registros de calcio, bario y molibdeno en todos los pozos, con sus correspondientes variogramas teóricos (línea llena) que mejor se ajustan a los datos y que serán utilizados en la Simulación Estocástica Secuencial.

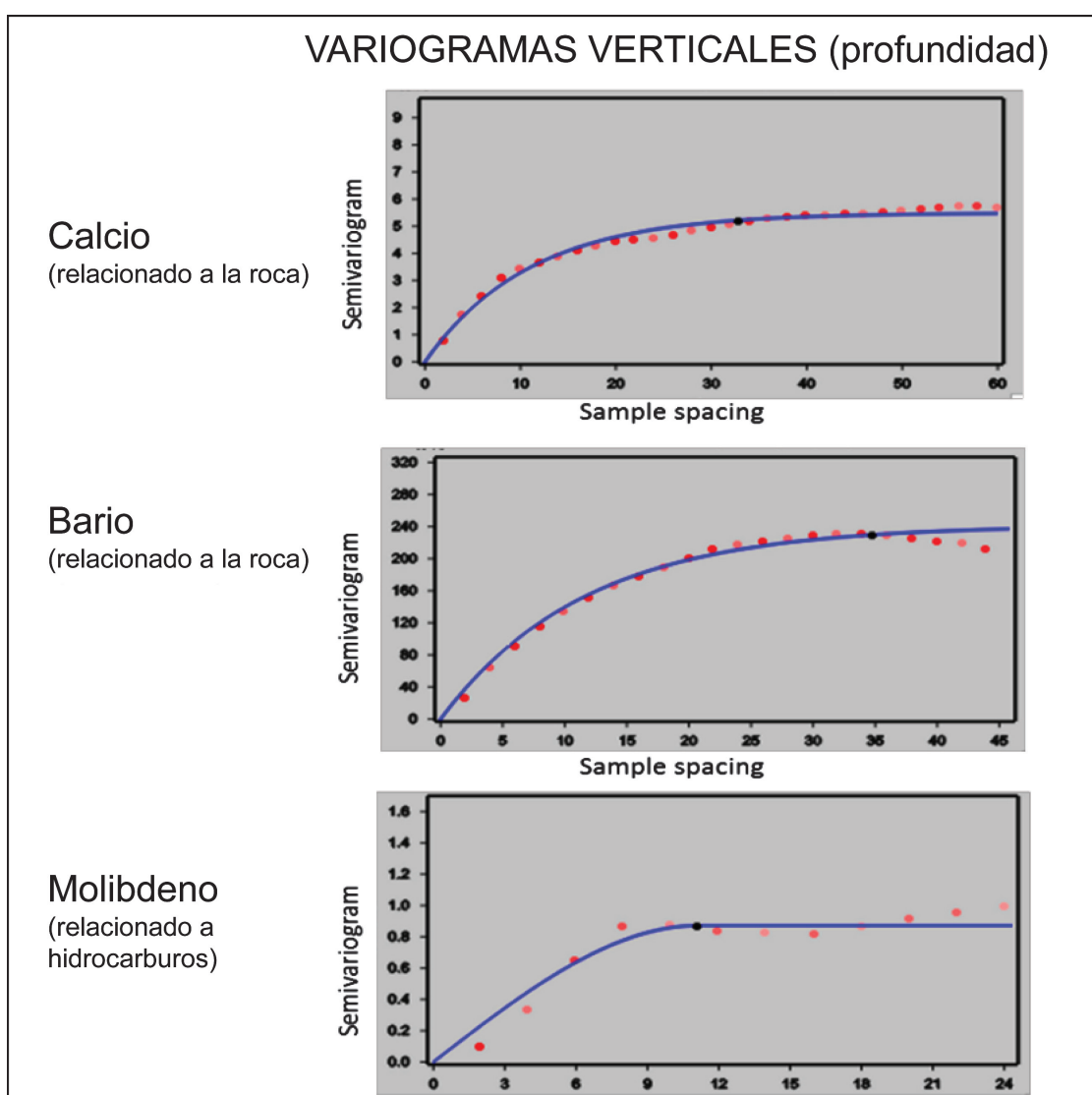


Figura 2. Semivariogramas verticales de las concentraciones de Calcio, Bario y Molibdeno

En términos generales el procedimiento de ajustar un modelo de semivariograma es de prueba y error, en el ejemplo de la Figura (2) el calcio y el bario se ajustan a modelos exponenciales con rangos verticales de 35 m y 25 m respectivamente, mientras que el molibdeno se ajusta a un modelo esférico con un rango vertical de 12 m. Los mayores rangos indican mayor continuidad espacial y por ende mayor frecuencia de ocurrencia en las rocas. Elementos traza como el molibdeno son menos frecuentes y espacialmente más discontinuos, asociándose su presencia a la existencia de hidrocarburos en el sistema (Deutsch y Journel 1998; Larriestra 2011; Larriestra 2013; entre otros).

Simulación Estocástica Condicional: La Simulación Secuencial Gaussiana

Esta técnica se aplica en los puntos de la columna estratigráfica donde no se tienen datos geoquímicos y cuya variabilidad espacial será representada mediante la simulación estocástica. Opcionalmente se puede utilizar un perfil de pozo para guiar la simulación en la zona sin datos químicos (Larriestra 2011; Larriestra 2013). Para simular se necesita estimar la distribución estadística en cada posición del espacio a partir de los puntos datos, tarea que se efectúa mediante *cokriging* colocado en su versión de modelo de Markov tipo II (Deutsch y Journel 1998). Conociendo las distribuciones estadísticas de todos los puntos del espacio (nodos de la grilla del modelo a construir) se pueden generar n realizaciones estocásticas representando la incertidumbre espacial de cada elemento químico investigado. Cada realización, expresada como un registro continuo del elemento químico, tiene varias propiedades:

- a) es equiprobable (todas tienen la misma probabilidad de ser realizadas)
- b) respeta los puntos dato (la varianza es cero si el nodo a simular coincide con el punto dato)
- c) respeta la variabilidad espacial representada por el variograma (éste fue utilizado previamente en la estimación de las distribuciones en cada punto)

El promediado de n simulaciones dará resultados medios similares al cokriging pero con más heterogeneidad, además de disponer de la varianza que representa la incertidumbre en la distribución espacial del elemento químico.

Una vez finalizado el cálculo se puede construir una curva para cada elemento, con el promedio de n realizaciones, que tendrá una resolución intermedia entre el espaciamiento del *cutting* y los registros de pozo.

De esta manera, la metodología global empleada se ilustra en la Figura (3), comenzando desde el registro mediante FRX, las construcciones de los perfiles geoquímicos, el análisis variográfico, el modelado tridimensional y el análisis de los modelos resultantes, constituidos en este caso, mediante el promedio de 30 realizaciones.

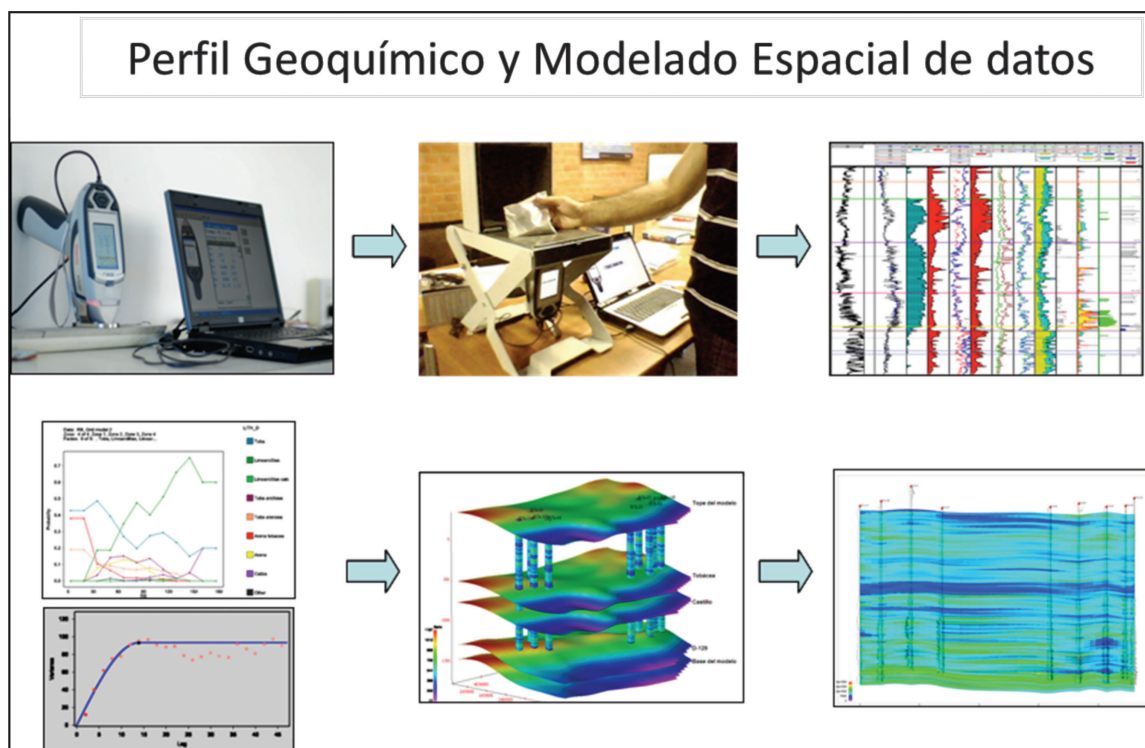


Figura 3. Esquema de la metodología empleada

RESULTADOS

El área modelada se ilustra en la Figura (4) y como ya se mencionara, el intervalo comprendido abarca aproximadamente las formaciones Punta de la Bardas, Papagayos y Divisadero largo.

El intervalo modelado está compuesto por un horizonte basal cercano al tope de la formación Barrancas (Figura 5) y el límite superior está compuesto por un horizonte paralelo a la base y a 150 metros de este. La base del modelo (tope de la Formación Barrancas) fue deducida a partir del cambio quimioestratigráfico acaecido entre esta formación (sedimentaria clástica) y la Formación Punta de las Bardas constituida mayormente por basaltos. En la Figura (6) se ilustra el perfil geoquímico de un pozo donde las relaciones Rb/Sr y Cr/Zr (Potter *et al.* 2005; Ishiga *et al.* 1999; Schiuma y Larriestra 2011; entre otros) mostradas a la quinta pista, indican claramente el pase entre estas formaciones en 1110 metros (SSTVD). Estas mismas relaciones muestran el pase entre las formaciones Punta de las Bardas (Basaltos) y Papagayos (reservorios) en 1060 metros.

El modelo tridimensional construido para la estimación del modelo geológico posee una estructura de nodos separados por 200 x 200 mts en la horizontal y capas separadas por 1 m paralelas al techo del intervalo.

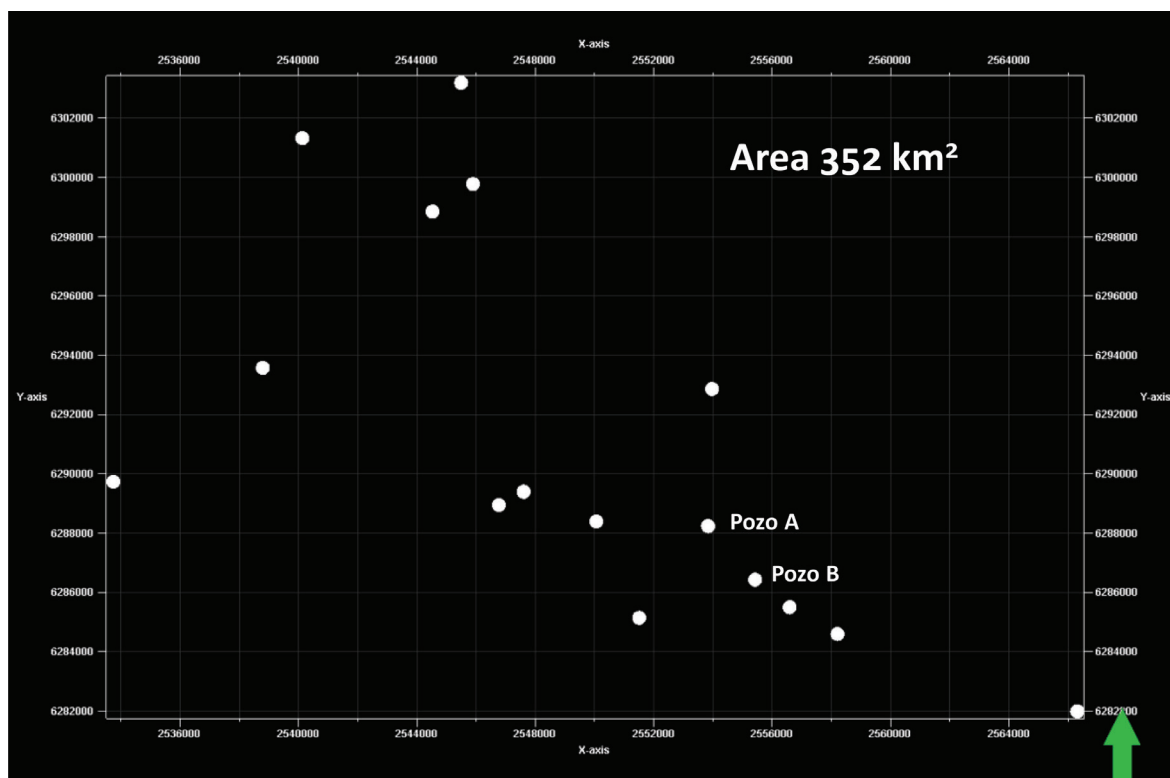


Figura 4. Área investigada.

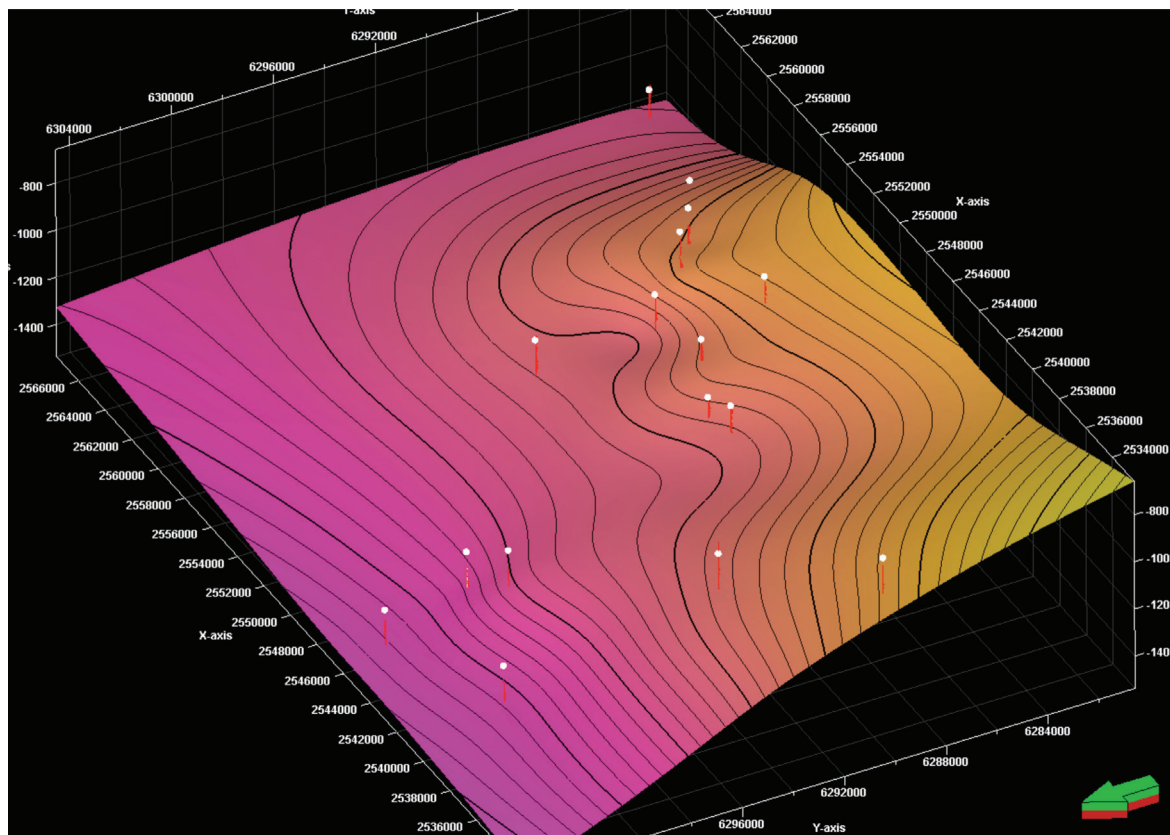


Figura 5. Horizonte estructural próximo al tope de Barrancas.

Perfil Geoquímico de pozo

El orden y despliegue de los datos FRX están orientados a su utilización como elemento de correlación y análisis de facies. Los datos se despliegan a resolución del *cutting* mostrando los elementos químicos más significativos y sus relaciones a los efectos de facilitar la interpretación. Los perfiles de SP y GR van en la primera pista, los de resistividad y densidad en la segunda, los elementos Potasio, Torio y Zirconio en la tercera, Cromo, Vanadio y Azufre en la cuarta, las relaciones Cr/Zr y Rb/Sr en la quinta y por último en la sexta la columna, las quimiofacies derivadas del análisis de agrupamiento de los elementos químicos.

El perfil geoquímico del pozo A que se ilustra en la Figura (6), permite apreciar los pases formacionales a partir de las relaciones Cr/Zr y Rb/Sr. Como se mencionara más arriba, estas relaciones marcan un límite abrupto en 1060 mbnm donde también hay picos de Zirconio y Potasio.

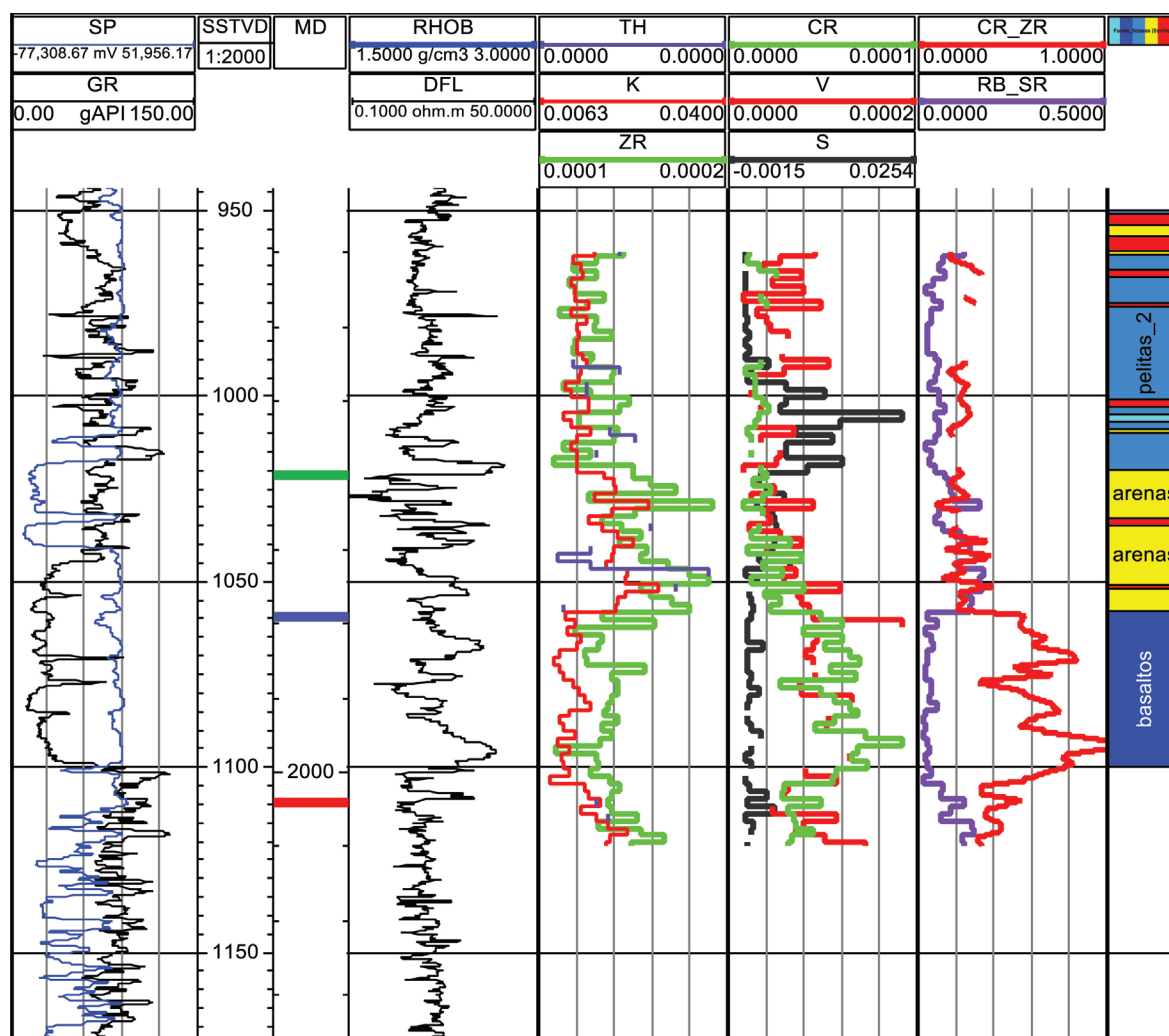


Figura 6. Perfil Geoquímico del pozo A con los pases de las formaciones Barrancas (pista de profundidad, línea roja), Papagayos (línea azul) y Divisadero Largo (línea verde). Elementos químicos y relaciones geoquímicas.

Estos picos indicarían la reactivación de los procesos erosivo-sedimentarios con aportes mixtos de substrato básico por la presencia de Vanadio-Cromo y ácido por los elementos mencionados (Zirconio y Potasio). La curva de Azufre (color negro, cuarta pista) indicaría el comienzo de los términos sedimentarios de la Formación Divisadero Largo caracterizado por sedimentos clásticos y químicos (sulfatos) de ambientes áridos. Es de destacar lo acertado de la clasificación de quimio-facies en la columna de la derecha.

En el perfil geoquímico del pozo B (Figura 7) se observa nuevamente el pase formacional entre las formaciones Barrancas, Punta de las Bardas y Papagayos mostrado claramente por el entrecruzamiento de las relaciones Cr/Zr (rojo) y Rb/Sr (azul). En efecto, dichas curvas indican un repentino aumento de Cromo y Estroncio dado por la presencia de rocas básicas (Formación

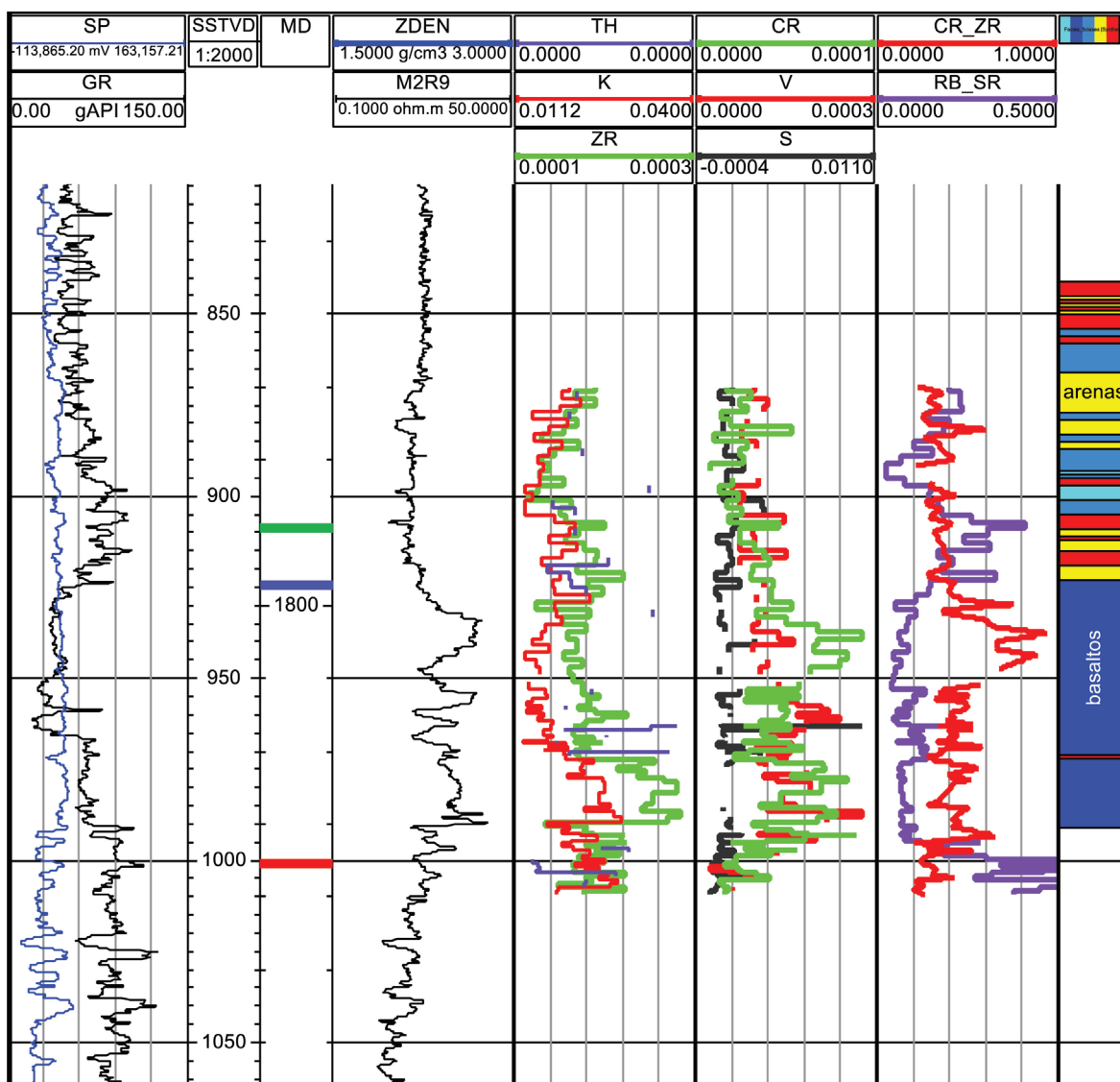


Figura 7. Perfil Geoquímico de pozo B con los pases de las formaciones Barrancas (pista de profundidad, línea roja), Papagayos (línea azul) y Divisadero Largo (línea verde). Elementos químicos y relaciones geoquímicas.

Punta de las Bardas) en contraposición con la composición más ácida de las rocas clásticas de la formación Barrancas y Papagayos (mayor Zirconio y Rubidio). Por otra parte, en la Formación Punta de las Bardas, las curvas de Potasio, Zirconio y la relación Cr/Zr muestran picos contrapuestos señalando la posible presencia de episodios clásticos intercalados entre los eventos volcánicos.

El límite superior de Punta de las Bardas estaría en 925 metros, dado por las curvas Cr/Zr y Rb/Sr. La formación Papagayos, si bien tiene una procedencia relacionada a sustrato básico principalmente, muestra picos de Zirconio y Torio indicando el aporte de zonas ácidas. El análisis de agrupamiento indica un cambio de quimiofacies en esa posición.

Modelos tridimensionales de elementos y relaciones geoquímicas

Para cada elemento químico mayoritario se efectuaron 30 realizaciones tridimensionales mediante Simulación Secuencial Gaussiana.

A manera de ejemplo se ilustran los modelos 3D de los elementos químicos y sus relaciones más significativas, aunque la simulación se efectuó sobre la totalidad de los elementos. A los efectos de una mejor visualización los modelos se muestran por medio de cortes N-S equidistanciados 2000 m.

El modelo de Rubidio (Figura 8) representa la sedimentación clástica con procedencia de zonas ácidas o mesosilícicas, estando los resultados expresados en partes por millón. Se aprecia

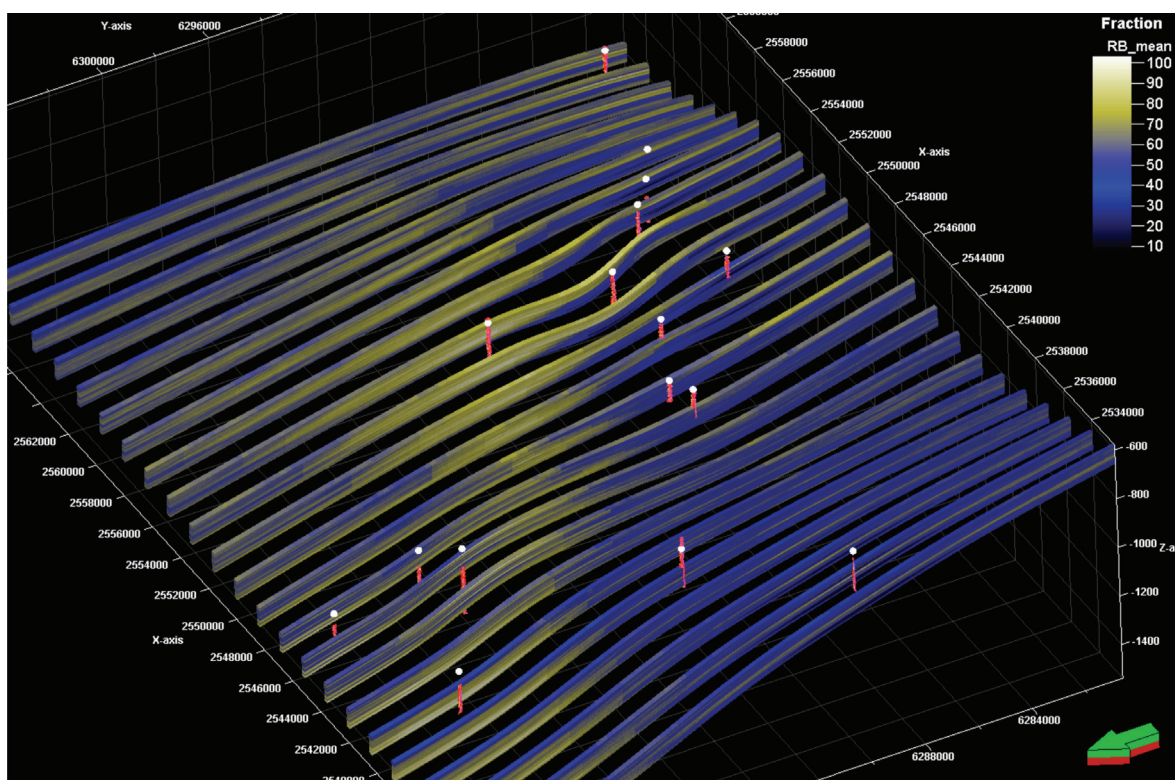


Figura 8. Modelo de Rubidio producto de 30 realizaciones con simulación sec. gaussiana

que los valores mayores muestran un acúñamiento hacia la parte alta de la estructura y mientras que la disminución a la base del modelo se debe a los basaltos de Punta de Las Bardas que casi no poseen Rubidio.

El modelo de Azufre (Figura 9) con las mayores concentraciones ilustradas en amarillo pertenecen a los términos iniciales de la formación Divisadero Largo que actúa como sello del sistema, siendo su mayor ocurrencia en la zona de los pozos Vizcacheras, ya que hacia el NW se observa una disminución de este elemento.

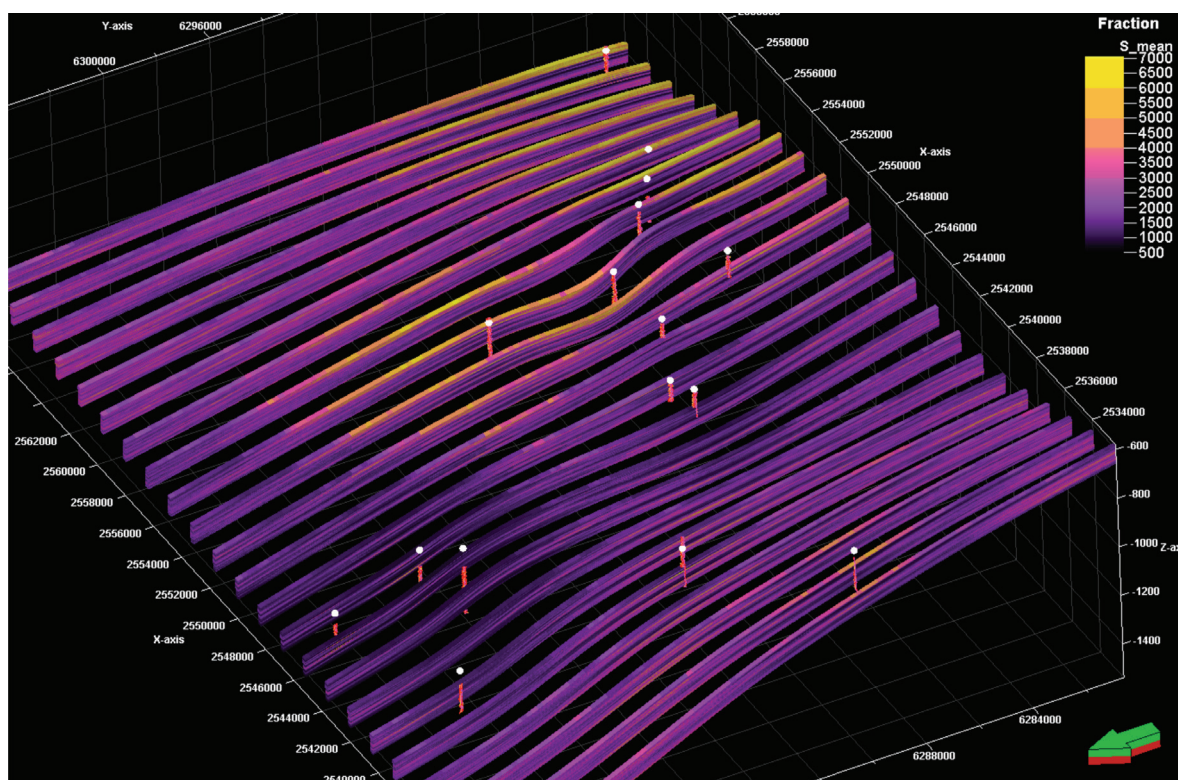


Figura 9. Modelo de Azufre producto de 30 realizaciones con simulación sec. gaussiana

En la Figura (10) se ilustra el modelo de la relación Cr/Zr. La formación Punta de las Bardas en la base del modelo presenta valores más altos de esta relación (color amarillo) y mostraría el alcance geográfico de la misma, desapareciendo hacia los pozos que se encuentran hacia el NW, a medida que se desciende en la estructura. Las formaciones suprayacentes están caracterizadas por valores bajos de esta relación (color azul).

La relación Rb/Sr (Figura 11) marca también la presencia de Punta de las Bardas en la parte inferior de modelo, dados por valores bajos ocasionados por el mayor contenido Sr (geoquímicamente afín al calcio de las plagioclasas). En las formaciones suprayacentes el aumento de la relación se debe al aporte clástico procedente de zonas ácidas a mesosilíceas.

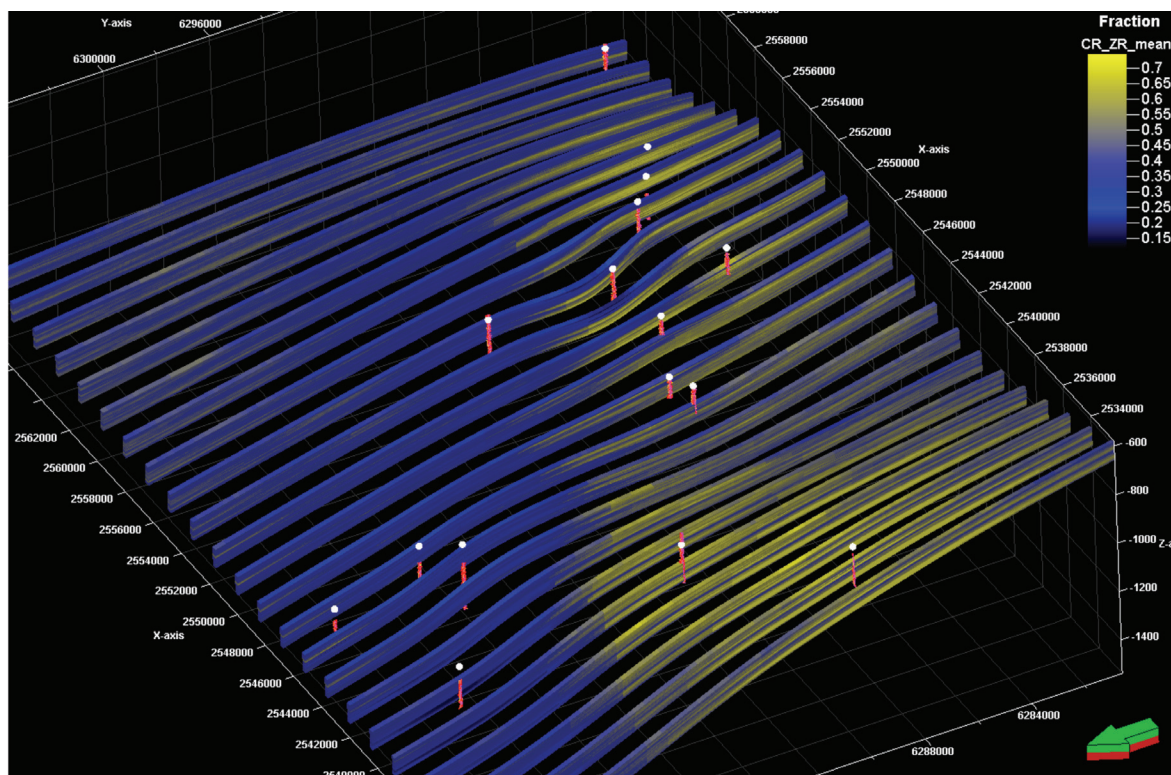


Figura 10. Modelo de la relación Cr/Zr

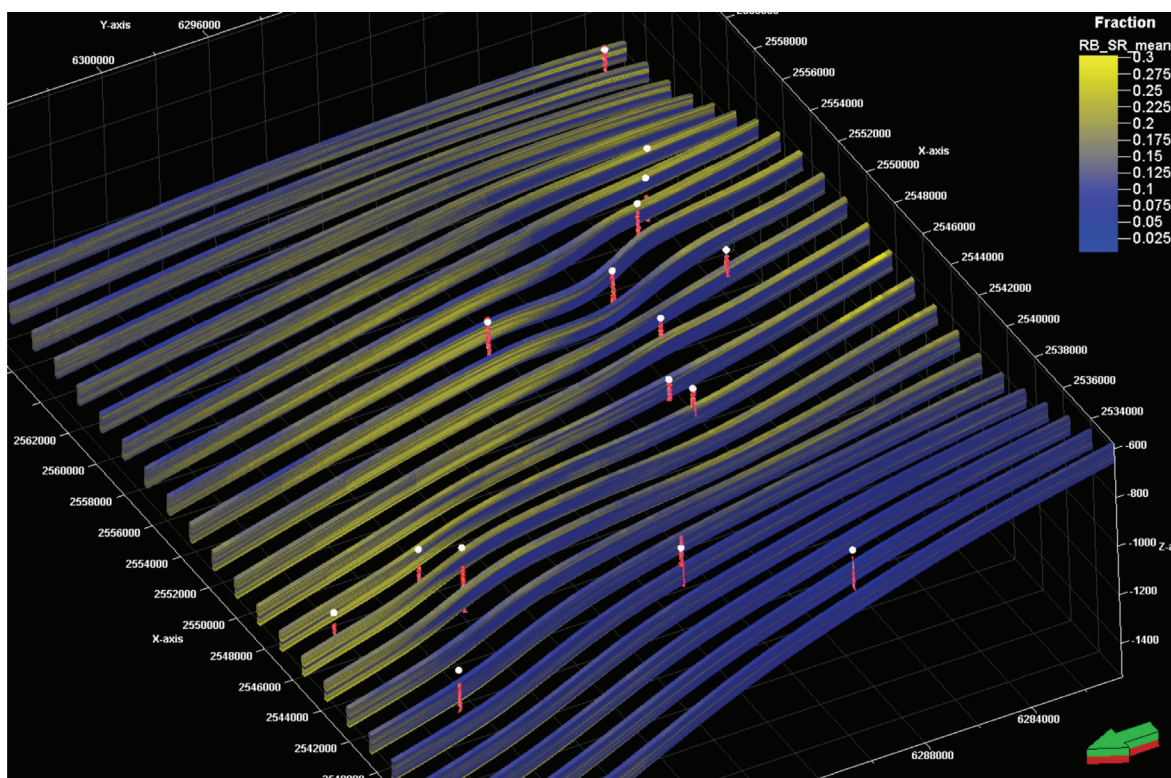


Figura 11. Modelo de la relación Rb/Sr

Análisis de Quimiofacies mediante técnicas estadísticas de agrupamiento

El objetivo de la aplicación de esta técnica fue agrupar en clases o quimiofacies, todos los nodos del modelo que posean valores numéricos similares correspondientes a las concentraciones estimadas para los elementos químicos.

Utilizando un esquema de agrupamiento no lineal se efectuó un análisis no supervisado de 5 clases (Davis 2002), estimándose que sería un número mínimo de facies químicas presentes en el área.

Como resultado se obtiene un modelo espacial de quimiofacies cuyo perfil discreto ubicado en la última pista de la derecha, ya se mostró en las figuras anteriores referidas al perfil geoquímico de pozo.

En la Figura (12) se ilustra el resultado para un pozo tipo y a la derecha del gráfico se muestra de variación vertical de las proporciones para las diferentes quimiofacies. Este gráfico permite apreciar entre los *layers* 150 y 100 del modelo 3D, la influencia de los basaltos de la Formación Punta de las Bardas (color azul) y los cuerpos clásticos que se intercalan en el medio de los niveles volcánicos con el aumento de las quimiofacies amarilla (*layer* 130). La influencia de la quimiofa-

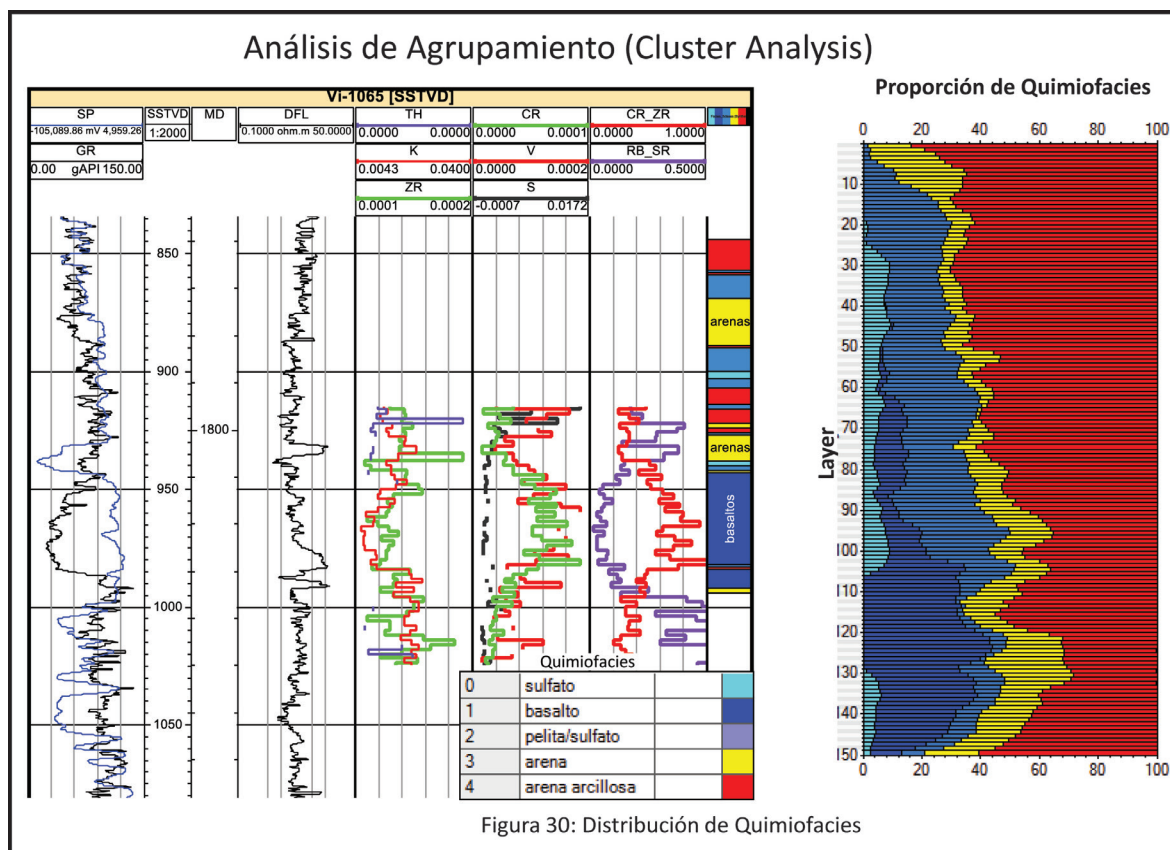


Figura 12. Proporción vertical de quimiofacies

cies azul decae a partir de la Formación Papagayos (*layers* 100 a 80) hasta desaparecer en la parte media de la Formación Divisadero Largo que se ubicaría desde el *layer* 81 hasta el tope del modelo. Las quimiofacies relacionadas a los reservorios estarían compuestas por depósitos clásticos gruesos a finos (quimiofacies amarilla) y quizás con componentes arcillosos (quimiofacies roja). Divisadero largo presenta las quimiofacies celeste oscuro que posiblemente incluya las pelitas y los sulfatos de un ambiente condicionado por clima árido.

En la Figura (13) se puede observar el modelo de facies seccionado al tope de la formación Papagayos (desde el *layer* 80 m a 150 m) donde se aprecia claramente el *pinchout* hacia el tope de la estructura y apoyado sobre el basamento representado por Punta de Las Bardas.

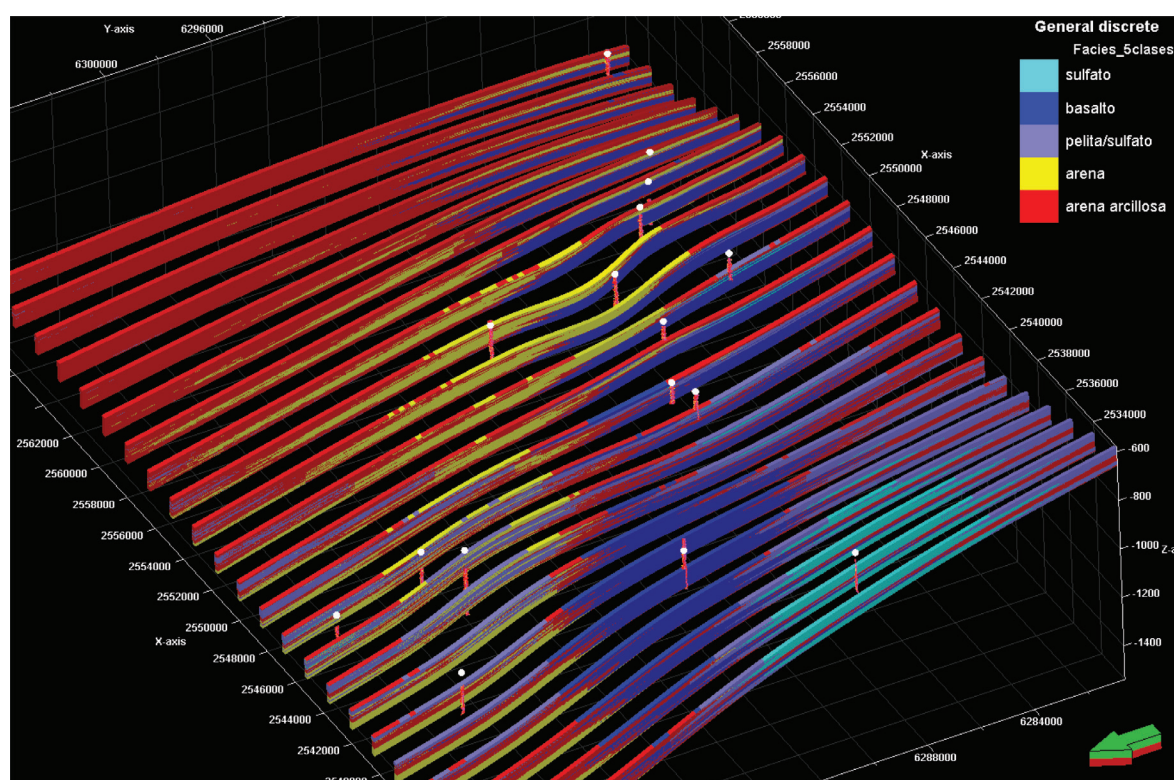


Figura 13. Modelo de quimiofacies: Amarillo (facies clásticas de Papagayos) azul (basaltos de Punta de las Bardas)

La Figura (14) muestra una imagen más completa de la aplicación de esta metodología quimio-geoestadística entre los *layers* 50 m a 150 m, incluyendo además de las formaciones mencionadas, a los términos iniciales de la Formación Divisadero Largo. Con esta vista se puede apreciar la distribución regional de los basaltos de la Formación Punta de las Bardas (azul) que no alcanzan a los pozos del NO. La distribución de la Formación Papagayos, como se mencionara más arriba, está caracterizada por el *pinchout* hacia el sur mostrado por las facies amarilla y roja asociadas estratigráficamente (conglomerados, arenas y arenas arcillosas). Los comienzos de Divisadero Largo

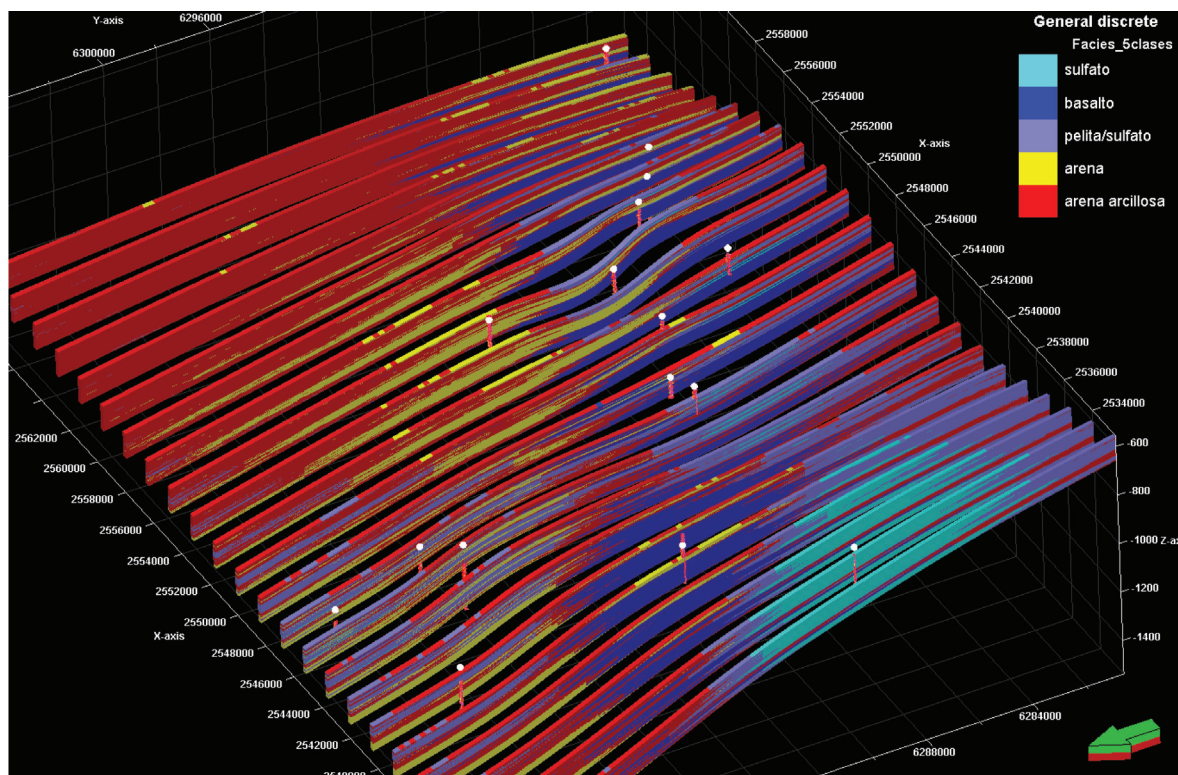


Figura 14. Modelo de quimiofacies: Amarillo (facies reservorios) azul (base del sistema), celeste (sello, pelita y anidrita de Divisadero Largo)

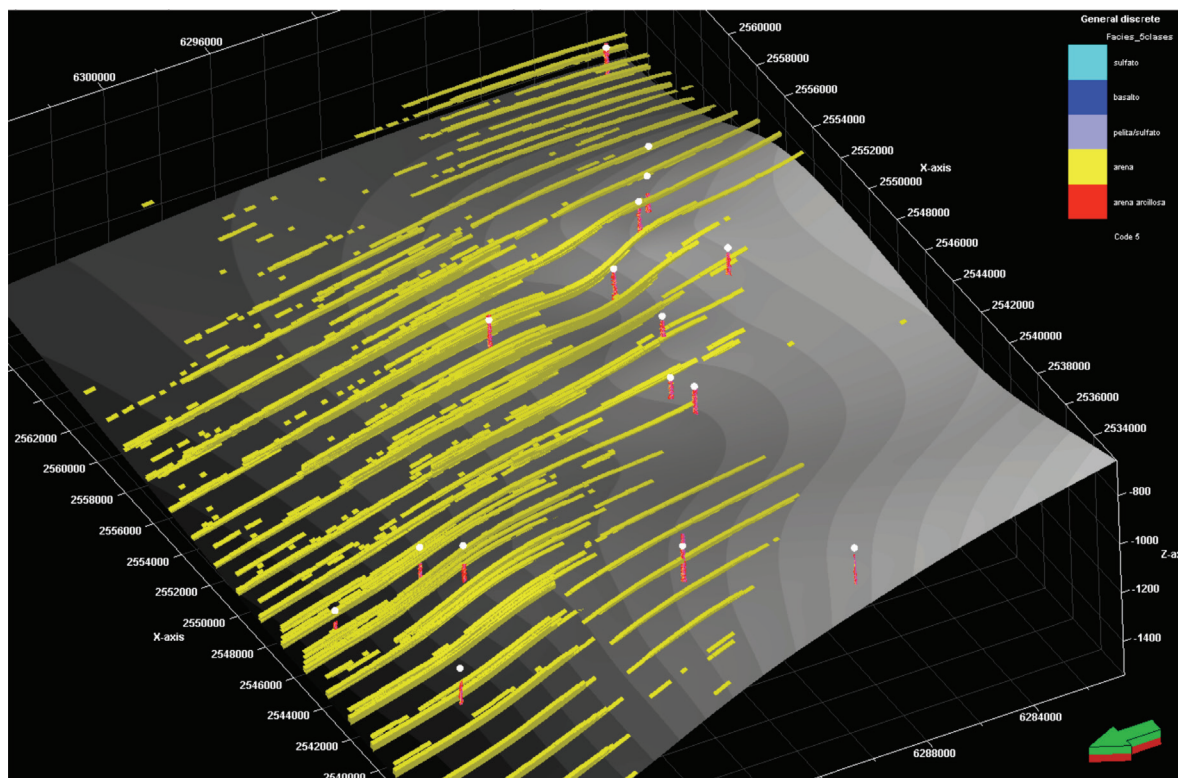


Figura 15. Quimiofacies reservorios de la formación Papagayos.

(el resto de la formación se oculta para permitir la visualización de las formaciones subyacentes) estarían representados por los niveles celestes caracterizados por la presencia de azufre, que se interpreta como el sello de los reservorios y que se disponen sobre el *pinchout* de la quimiofacies amarilla.

Otro detalle del modelo 3D se ilustra en la Figura (15) que permite observar la geometría en forma de abanico de los reservorios clásticos de Papagayos que progradan hacia el norte, intercalándose con términos pelíticos.

Por último la Figura (16) muestra un corte SO-NE al modelo donde se puede apreciar las relaciones estratigráficas entre las distintas formaciones. En efecto, Punta de las Bardas desaparece hacia el NE y Papagayos pasa a apoyarse directamente sobre Barrancas, a su vez Papagayos presenta cambios de facies de proximales (amarillas) a distales (rojas). Por último los términos mixtos de Divisadero Largo con sulfatos (celeste) y pelitas (rojo).

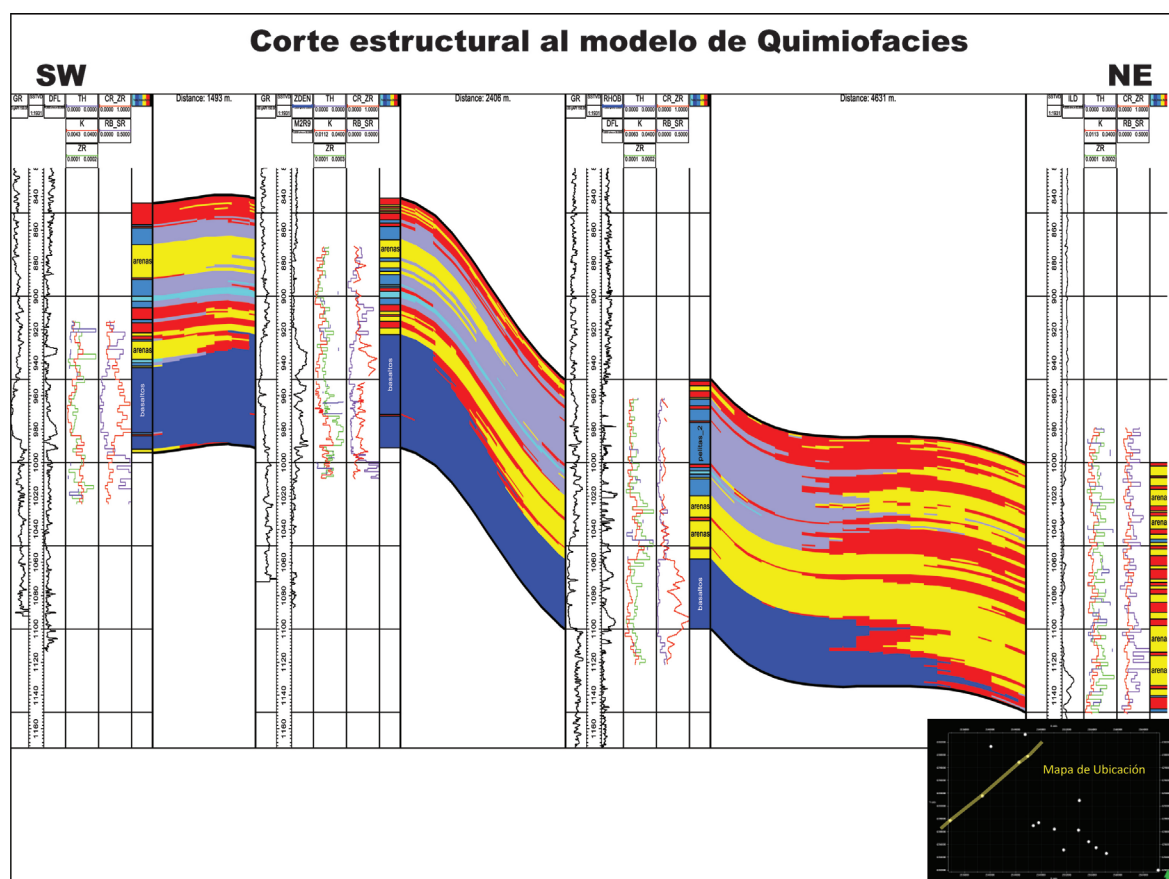


Figura 16. Corte estructural al modelo de quimiofacies mostrando las relaciones estratigráficas entre las tres formaciones involucradas.

CONCLUSIONES

Queda demostrado que las propiedades quimioestratigráficas de las formaciones investigadas son lo suficientemente contrastantes como para haber podido reproducir el modelo de correlación sin conocer los pases formacionales. Por lo tanto se considera que la prueba ciega es exitosa.

La combinación de fluorescencia de rayos X no destructiva y modelado geoestadístico tridimensional son las herramientas óptimas para investigar reservorios de alta heterogeneidad (Larriestra, 2013).

La formación Punta de las Bardas responde a fenómenos extrusivos básicos con intercalaciones de eventos erosivo-sedimentarios clásticos en su parte media y basal. Esta formación tiende a desaparecer hacia la parte baja de la estructura.

La formación Papagayos presenta formas de abanico y una heterogeneidad interna que tiende a incrementarse hacia las partes distales. Los abanicos de la parte septentrional del área investigada serían más variados composicionalmente que los del área Vizcacheras propiamente dicha.

Divisadero Largo presenta indicios químicos que sugieren una modificación de la zona de aporte con predominancia de zonas ácidas a mesosilícicas en un paleoambiente dominado por clima árido.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su reconocimiento a las autoridades de YPF S.A. por el apoyo brindado para esta investigación y al Lic. Alejandro Cangini por la lectura crítica del manuscrito.

REFERENCIAS CITADAS

- | | |
|---|--|
| Davis, J., 2003, Statistics and data analysis in geology. Wiley, NY. | an example from the Lower Miocene shales in the Hoda section, Shimane peninsula, SW Japan, J. Asian Earth Sc 17_443-457 |
| Deutsch, C. y Journel, A., 1998, GSLIB: Geostatistical software library and user's guide, 2nd ed., Oxford Univ. Press, New York, 368 p. | Larriestra, C., 2011, Geochemical Well Logging by Geostatistical Integration of <i>Cutting</i> and Well Log Data, Int. Ass. Math. Geosc., Annual Meeting 5-9 Set, Salzburg, Austria. |
| Ishiga H., Dozen K., Sampei Y., 1999, Geochemical constraints on marine invasión and provenance change related to the opening of the Japan sea: | Larriestra, C., 2013, Soft Inorganic Geochemistry: A |

- New Concept for Unconventional Resources Modeling, AAPG 2013 Annual Convention and Exhibition, Pittsburgh, Penn., May 19-22, 2013.
- Matheos, S., 2010, actualización de base de datos geoquímica de elementos traza y ree en rocas sedimentarias e ígneas, informe preparado para Larriestra Geotecnologías S.A., C.I.G., Univ., Nac. La Plata, CONICET, Abril 2010.
- Nawratil, A., Gómez, H. y Larriestra, C., 2012, Key Tools for Black Shale Evaluation: Geostatistics and Inorganic Geochemistry Applied to Vaca Muerta Formation, Neuquén Basin, Argentina, AAPG ICE, September 15th – 19th 2012, Singapore.
- Potter, P. Maynard B. y Depetris P., 2005, Mud and mudstones. Introduction and overview. Springer Verlag 297 p.
- Schiuma, M. y Larriestra, C., 2011 Cuenca del Golfo de San Jorge Log geoquímico de pozo: una nueva visión de viejos problemas, VIII Congreso Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, 8-12 Nov., Mar del Plata, Argentina.
- Scolari, C., Ayala, M., Regazzoni, C, Anzulovich, L., y Boggetti, D., 2002, Los reservorios de la Formación Papagayos, en Rocas Reservorio de las Cuencas Productivas de la Argentina, Schiuma, Hinterwimmer y Vergani, Eds., IAPG, Bs. As.