

MODELADO GEOESTADÍSTICO DE LA SECCIÓN SUPERIOR DE LA FM. MINA DEL CARMEN EN EL YACIMIENTO DIADEMA ARGENTINA (FLANCO NORTE DE LA CUENCA DEL GOLFO SAN JORGE)

Fernando Serra¹, Ornella López Alvarado¹, Luciana Sassali¹

1: CAPSA-CAPEX, fernando.serra@grupocapsa.com.ar, ornella.lopez@grupocapsa.com.ar,
 luciana.sassali@grupocapsa.com.ar

Palabras clave: Cuenca del Golfo San Jorge, Yacimiento Diadema Argentina, Formación Mina del Carmen, modelado geoestadístico

ABSTRACT

Geostatistical modeling of the upper section of Mina del Carmen Fm. in Diadema Argentina field (northern flank of Golfo San Jorge Basin)

This study proposes the usage of geocellular modeling as an additional tool for the analysis of new areas development.

In the Diadema Argentina field, located at the northern flank of the Golfo San Jorge Basin, more than 300 wells go through the upper part of Mina El Carmen Fm. Their production results are mainly related to the thickness and petrophysic quality of the reservoirs developed in this interval. These reservoirs are associated to a high sinuosity and variable width fluvial environment, with a complex lithology due to the presence of volcanic ashes. The understanding of their geometry and their petrophysical properties is required to optimize the analysis of new locations and specific procedures during the well completion.

Starting from a time static model and the formation tops, a structural depth model was built for the Diadema Argentina field. Different zones were discriminated based on the sedimentary behaviour and in each of them a geocellular model of petrophysical properties was built. The heterogeneous distribution of the information (well logs) in the field supposed an additional difficulty when analysing geostatistical parameters and depositional trends.

A general NW-SE trend was identified in most areas, which is consistent with the regional trends in this part of the basin. Additionally, regions with higher reservoir thickness probability were obtained, which provided support for well proposals in each area.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El yacimiento Diadema Argentina se encuentra en el flanco Norte de la Cuenca del Golfo San Jorge, abarca un área de aproximadamente 90 km² (Fig. 1) y cuenta a la fecha con más de 1800 pozos perforados desde el año 1925. De esta población, más de 330 pozos alcanzan la Fm. Mina del Carmen.

Los resultados productivos asociados a dicha formación dependen mayoritariamente de los espesores acumulados y la calidad petrofísica de los reservorios, especialmente aquellos

desarrollados en su sección superior. Por este motivo, el presente estudio está centrado en el análisis de dicha sección.

Las características sedimentarias de estos reservorios depositados en ambientes fluviales de alta sinuosidad y anchos variables en combinación con una litología compleja por presencia de tobas, hacen necesario un mejor entendimiento tanto de su geometría como de sus propiedades petrofísicas a la hora de elegir nuevas ubicaciones o tratamientos particulares en la puesta en producción. Por este motivo se propone el modelado geoestadístico de valores petrofísicos como una herramienta adicional a fin de optimizar la explotación de hidrocarburos.

METODOLOGÍA

Los datos a utilizarse en la construcción de este modelo geoestadístico fueron perfiles de pozos e información sísmica. El área de estudio cuenta con 336 pozos perforados al intervalo de estudio. De este total, 226 pozos fueron seleccionados por no poseer omisión o repetición de la columna estratigráfica y contar con perfiles de potencial espontáneo, resistividad y/o gamma ray en el intervalo de interés.

Dada la gran cantidad de información disponible y su distribución a lo largo del yacimiento, el modelado fue realizado en 2 etapas de forma de evaluar con mayor detalle las poblaciones de

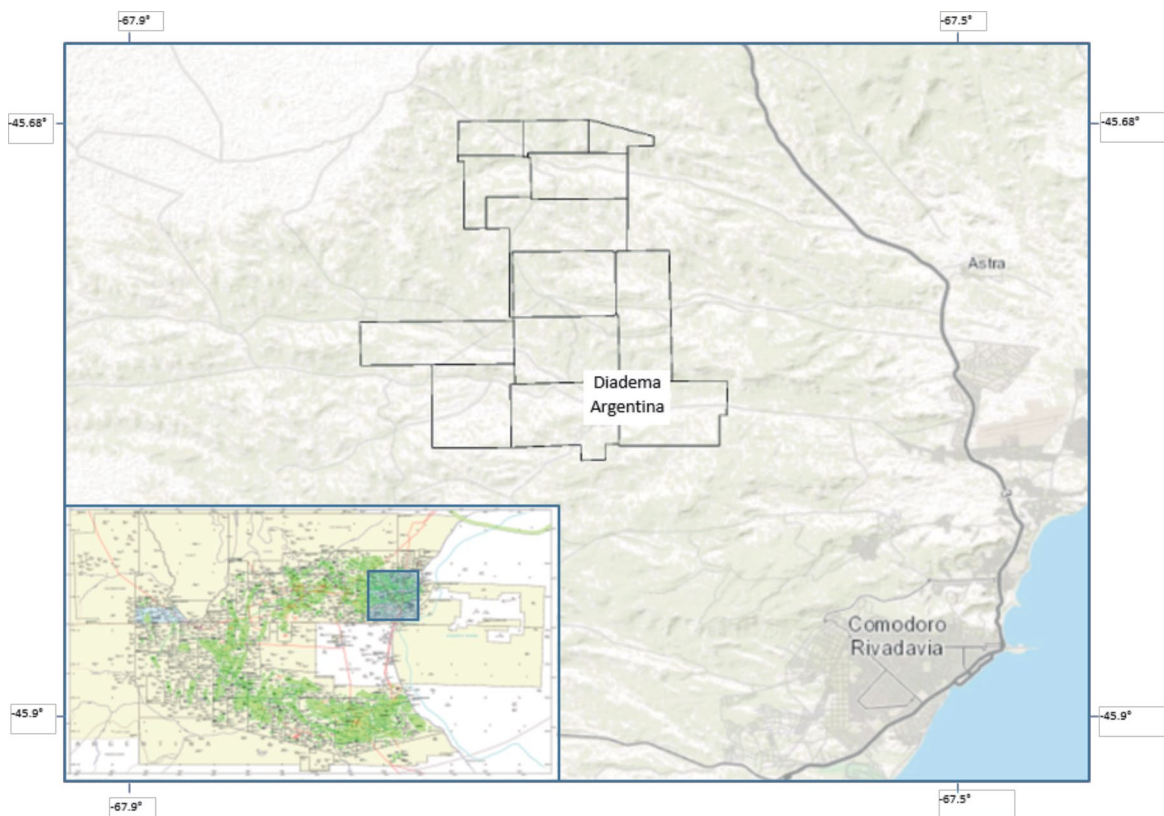


Figura 1. Ubicación del yacimiento Diadema Argentina en el marco de la Cuenca del Golfo San Jorge.

datos existentes y con una mayor eficiencia en sus tiempos de procesamiento. Se definieron dos sectores, uno al sur y otro al norte del yacimiento, delimitados por el lineamiento de fallas de Cañadón Perdido, de orientación aproximada oeste-este. En el sector norte, dada la heterogeneidad en la distribución de la información, a su vez se discriminaron 6 grupos o familias de pozos para ser evaluadas independientemente. Las zonas afectadas por el fallamiento Cañadón Perdido y por el fallamiento Cañadón Brooks fueron exceptuadas del modelado debido a su complejidad estructural y/o la baja densidad de pozos profundos en dichas zonas Fig. 2).

El flujo de trabajo para la construcción del modelo geoestadístico comenzó con la elaboración, a partir de datos de pozo, de superficies estructurales correspondientes a los límites superior e inferior del intervalo a modelar. Para ello se procedió a la fase de acondicionamiento de los datos. Esta etapa incluyó una correlación de máximo detalle con perfiles de pozos que satisfaga los objetivos del proyecto. Este proceso se fue haciendo en sucesivas etapas volviendo a la fase de acondicionamiento de los datos varias veces hasta que las superficies estructurales presentaban una calidad acorde con los objetivos del modelo.

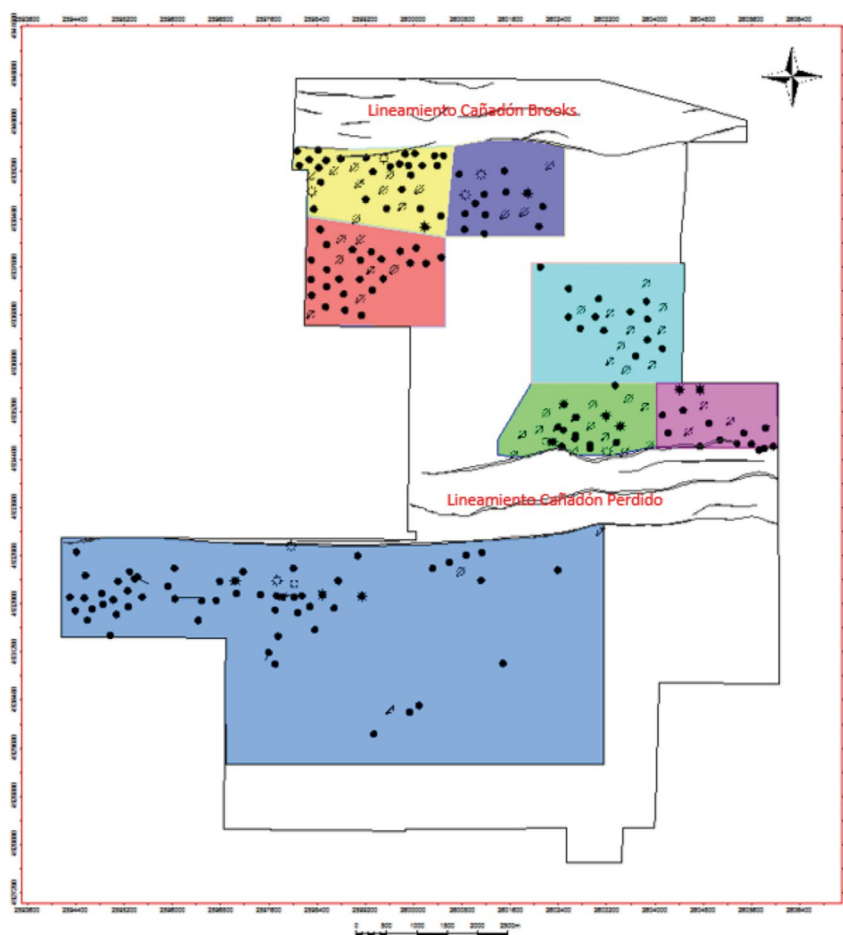


Figura 2. Mapa con límites de áreas modeladas, circunscriptos dentro del yacimiento Diadema Argentina.

Adicionalmente se crearon o ajustaron las leyes de velocidad de los pozos que contaban con perfiles sísmicos para poder vincular los pozos con el dato sísmico y se procedió a interpretar los horizontes sísmicos correspondientes a los límites del intervalo de estudio. Se validó además la interpretación de las fallas existentes en el área de estudio y se convirtieron desde el dominio del tiempo al dominio de la profundidad.

Una vez unificada toda la información en el dominio de profundidad, se procedió a la construcción del marco estructural. Como superficies limitantes se seleccionaron los horizontes previamente interpretados, grillados con control de datos de pozo, y se modelaron las fallas en profundidad (Figs. 3a y b). Finalmente, en este marco estructural se generó una grilla 3D con celdas de tamaño en x y en y de 50 mts. El espesor de cada celda fue fijado en 1 mt. para optimizar la evaluación de los reservorios de bajo espesor característicos de la Fm. Mina del Carmen en el yacimiento Diadema Argentina.

La elección de los perfiles a modelar debe realizarse en base al objetivo del modelado. En este caso, el objetivo principal del modelado fue la predicción de zonas con mayor probabilidad de acumulación de areniscas en el tope de la Fm. Mina del Carmen. Por ello, inicialmente se seleccionó al perfil de potencial espontáneo (SP) como el más indicado, dada su presencia en todos los pozos del estudio. Se analizó en detalle la respuesta de dicho perfil, comparándolo con perfiles de resistividad, *gamma ray* y control geológico donde fue posible. Se observó que en algunos casos el perfil SP no lograba registrar la presencia de reservorios visibles con los otros perfiles y/o control geológico, o no alcanzaba a representar el espesor de dicho reservorio en su totalidad. Es por esto que finalmente se decidió utilizar para el modelado geoestadístico el perfil interpretado de volumen de arcilla (VCL), calculado a partir de los perfiles SP y resistividad. Para el cálculo de dicho perfil, se ajustaron los parámetros petrofísicos al mayor contenido tobáceo de esta formación, por lo que la discriminación de litologías fue más eficiente. El perfil VCL fue escalado para asignar valores a las celdas atravesadas por los pozos. Este proceso consiste en transformar la resolución vertical de los perfiles de pozo, 15,24 cms., a la resolución vertical de la grilla de 1 mt. Para este caso, se realizó un promediado aritmético de la curva VCL para dicha transformación. Una vez escalada la propiedad a modelar, se procedió a la evaluación de los parámetros estadísticos a utilizar en el modelado.

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

El primer paso del análisis de los parámetros estadísticos a utilizar en el modelado geoestadístico consistió en la determinación de anisotropías sedimentarias, para la cual se realizaron mapas de variogramas horizontales en ambos sectores a modelar. Las anisotropías observadas en los mapas de variogramas mostraron una fuerte dependencia de la distribución de la población de los datos a lo largo del yacimiento. Dada la heterogeneidad que presenta dicha distribución de datos, se

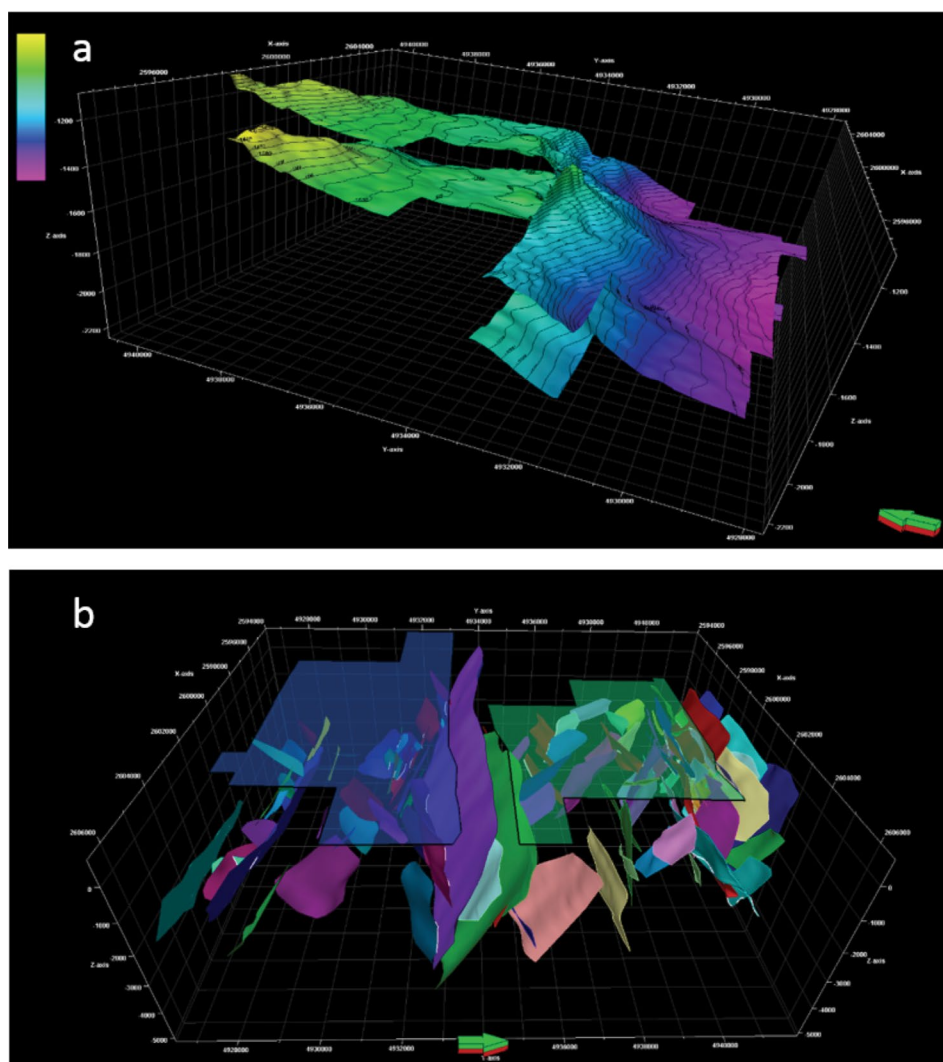


Figura 3. a) Mapas estructurales del tope y la base del área modelada en el yacimiento Diadema Argentina; b) Fallas modeladas en profundidad para el modelado geoestadístico.

procedió a agruparlos o discriminarlos de forma de obtener poblaciones con mayor densidad y homogeneidad de datos. Con este fin, en el sector sur la población de pozos fue restringida a la parte oeste, ya que en dicha zona el distanciamiento entre pozos es aproximadamente constante (entre 250 y 300 mts) y con similar distribución en sentido norte-sur y oeste-este. Por otro lado, en el sector norte los antecedentes históricos de los pozos han mostrado grandes variaciones en la densidad y orientación de los reservorios asociados a la parte superior de la Fm. Mina del Carmen. Esto se ve reflejado en la distribución de los pozos profundos en forma de grupos o “familias”, tal como se observa en la Figura 1. Para obtener mayor precisión en la determinación de anisotropías y otros parámetros estadísticos, cada grupo del sector norte fue evaluado individualmente.

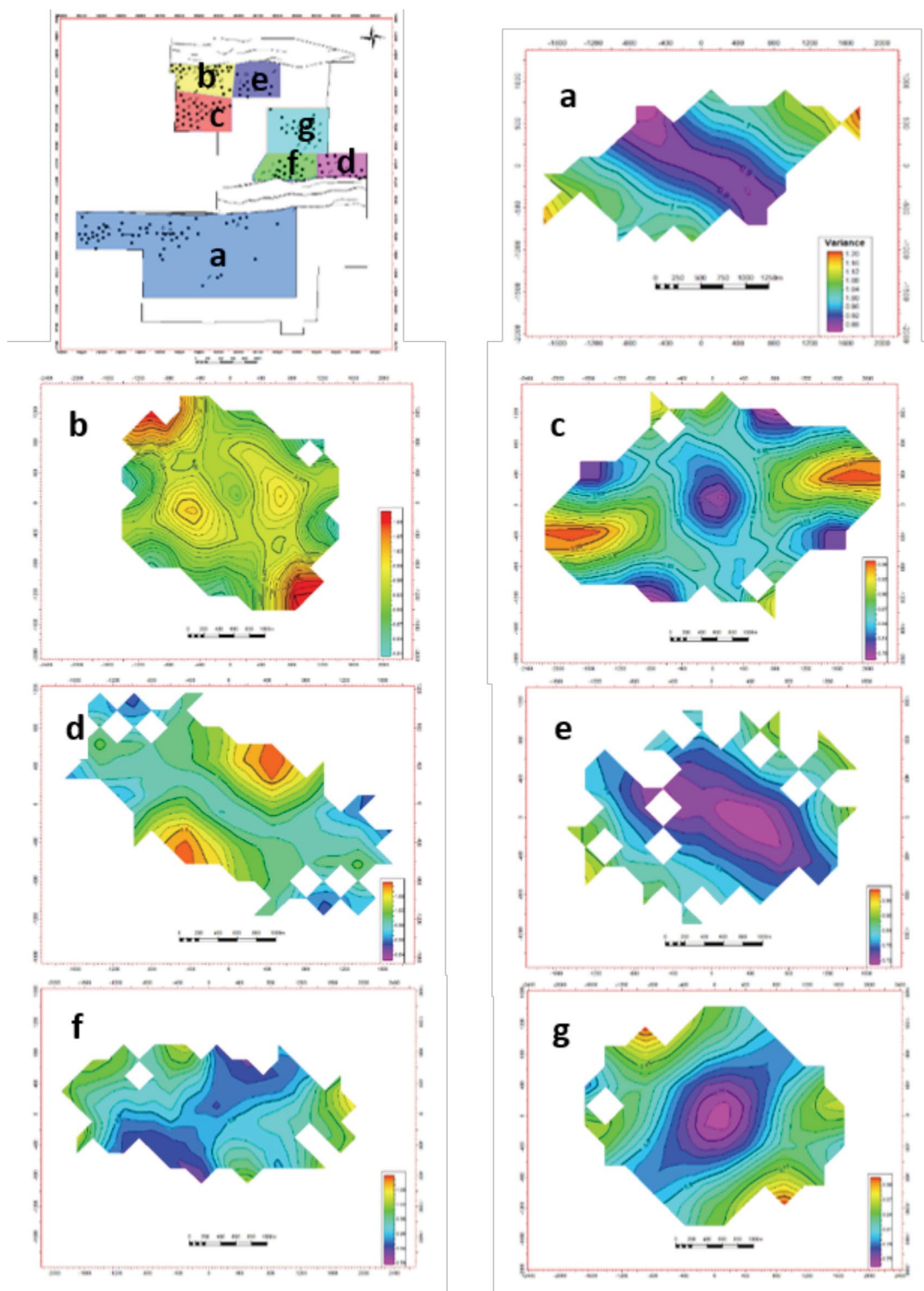


Figura 4. Mapas de variograma obtenidos en: a) sector sur del yacimiento Diadema Argentina; b) a g) sector norte del yacimiento Diadema Argentina.

RESULTADOS

El mapa de variogramas obtenido en el sector sur muestra una anisotropía con marcada orientación noroeste-sudeste (Fig. 4a). En el sector norte, se observaron dos población de pozos con orientaciones perpendiculares entre sí: 4 grupos muestran una orientación noroeste-sudeste (Figs. 4b a 4e) y 2 grupos de muestran una orientación aproximadamente noreste-sudoeste (Figs. 4f y 4g).

Los semivariogramas confeccionados tanto para el sector sur como para los grupos del sector norte mostraron una distribución de tipo exponencial de los datos. Los rangos verticales obtenidos fueron similares, con valores entre 7 y 8 mts., y los rangos horizontales varían entre 800 y 1200 mts. En base a estos resultados se procedió con el poblado de las celdas de las grillas 3D. Se realizaron modelados probabilísticos de la curva de VCL, que consistieron en propagar los datos de las celdas escaladas en base al algoritmo *Gaussian random function simulation* (GRFS) del software Petrely a los parámetros del variograma adoptado en cada área. Se efectuaron 30 realizaciones, todas ellas consideradas equiprobables, y se calculó el promedio armónico de las realizaciones, que fue utilizado para comprobar la correlación entre el perfil VCL calculado en cada pozo, el perfil escalado a las celdas y la propiedad modelada final.

Este primer control de calidad fue satisfactorio, por lo que se procedió a una segunda etapa, utilizando “pozos testigo”; es decir, se seleccionaron pozos para ser eliminados de los datos de entrada al modelado, y se compararon las predicciones con los perfiles reales de cada pozo. A modo de ejemplo, se muestra un pozo testigo para cada sector del yacimiento (Fig. 5). La evaluación

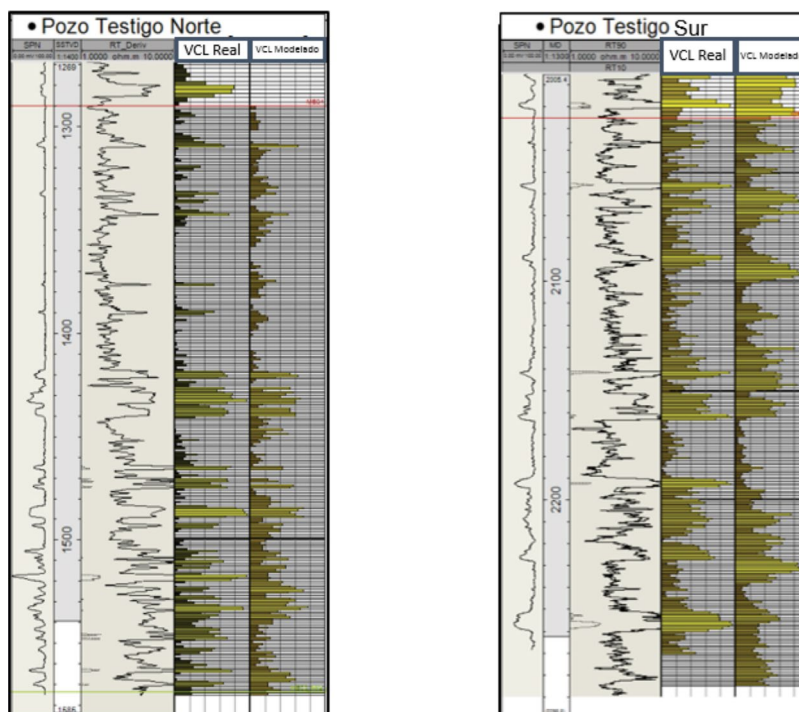


Figura 5. Perfiles de pozos testigo comparando, de izquierda a derecha, los perfiles de potencial espontáneo, resistividad profunda, VCL real y VCL obtenido a partir del modelado geoestadístico.

de los pozos “testigo” tuvo resultados muy satisfactorios, por lo que se consideró finalizado el modelado geoestadístico y se procedió a la etapa de evaluación y selección de áreas atractivas para el desarrollo.

Para cada sector del yacimiento, se realizaron mapas de espesores acumulados en todo el intervalo modelado. A partir del mapeo isopáquico, se analizaron zonas con mayor probabilidad de acumulación de reservorios en Fm. Mina del Carmen (Fig. 6), que fueron complementadas con mapas estructurales y antecedentes productivos históricos. El análisis de dicha información permitió definir 8 zonas con mayor atractivo de desarrollo en el yacimiento: 3 zonas en el sector sur y 5 en el sector norte. Se generaron 16 propuestas de pozos de desarrollo y 2 de pozos de avanzada, que fueron incorporadas al portfolio a evaluar para definir la futura campaña de perforación en el yacimiento.

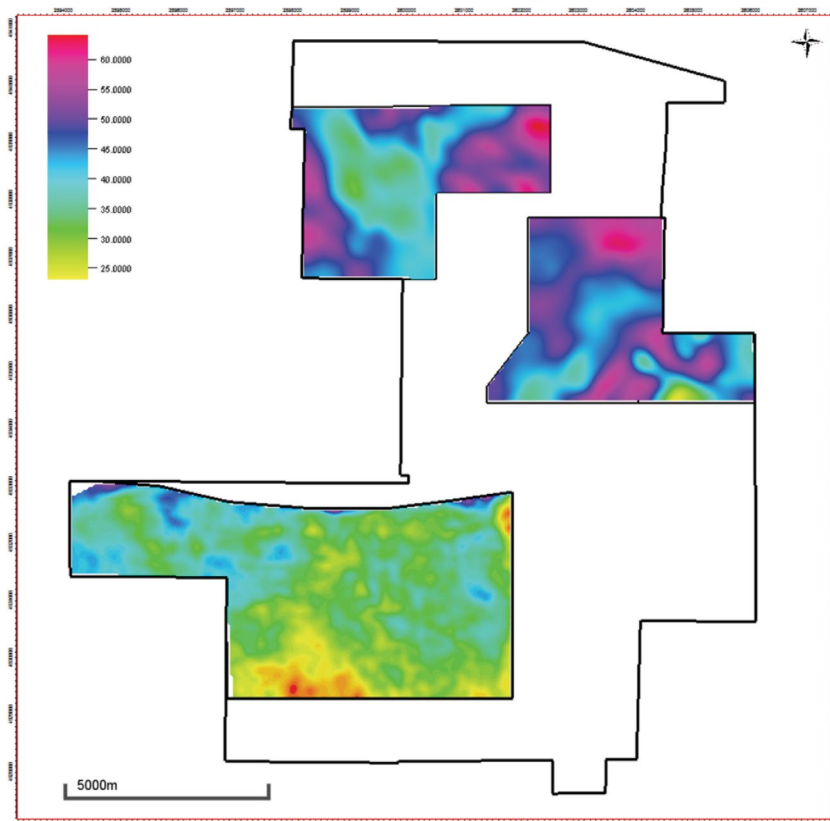


Figura 6. Mapa de espesores acumulados probables obtenidos a partir del modelado geoestadístico.

CONCLUSIONES

En la confección exitosa del modelo geoestadístico, han resultado factores críticos la elección de una propiedad representativa del objetivo de dicho modelado y la definición de un espesor de

celda que permita evaluar y modelar de manera eficiente los reservorios característicos de la Fm. Mina del Carmen.

Como en todo modelado estadístico, su alcance está limitado por la cantidad, calidad y distribución de los datos. En este caso, el modelo geocelular generado ha mostrado resultados muy satisfactorios al ser incluido en la propuesta de perforaciones *infill* y ha sido utilizado como complemento en la evaluación y delineación de áreas de mayor interés de avanzada y/o exploratorio.

Los datos obtenidos a partir de mapas de variogramas y semivariogramas han sido consistentes con los resultados históricos de producción en el yacimiento. Las distintas tendencias depositacionales observadas en cada población de pozos permitirán definir a futuro estrategias de desarrollo más eficientes para cada caso.

BIBLIOGRAFÍA

- Clavijo, R., 1986, "Consideraciones sobre la estratigrafía del Cretácico Inferior en el sector occidental de la cuenca del golfo San Jorge". Boletín de Informaciones Petroleras, 9: 15-32, Buenos Aires.
- Deustch, C., 2002, "Geostatistical reservoir modeling", Oxford Univ. Press, p. 376, New York.
- Figari, E. G., E. Strelkov, G., Laffitte, M. S., Cid de la Paz, S. F., Courtade, J., Celaya, A., Vottero, P., Lafourcade, R. Martínez y H. Villar, 1999, "Los Sistemas Petroleros de la Cuenca del Golfo San Jorge. Síntesis Estructural, Estratigráfica y Geoquímica", Actas IV Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, v. 1, p. 197-237, Mar del Plata.
- Larriestra C., 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 Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, IAPG: Modelado Geológico, p. 269-285, Mar del Plata.
- Montagna, A., Larriestra, C., 2008, "Flujos de trabajo en el modelado estático de reservorios: definición y análisis de posibles alternativas de acuerdo a necesidades e información disponible", VII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, IAPG: Modelado Geológico, p. 181-212, Mar del Plata.
- Montagna, A., Acosta, N., Pagliero P., Larriestra, C., 2013, "Algunas consideraciones sobre los modelos de facies en un modelado geocelular 3D", Resúmenes 1º Jornadas Geológicas de la Cuenca del Golfo San Jorge, p. 64-65, Comodoro Rivadavia, Chubut.



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

Energía y Sociedad
aliados inseparables
Mendoza 2018