

PLAYS ESTRATIGRÁFICOS DEL PALEOCENO EN EL OFFSHORE DE URUGUAY

Morales, E⁽¹⁾, Soto, M⁽¹⁾, Ferro, S.⁽¹⁾; Tomasini, J.⁽¹⁾; de Santa Ana, H^(1,2), Conti, B⁽¹⁾, Veroslavsky, G⁽²⁾

¹Gerencia de Exploración y Producción. ANCAP. Montevideo. Uruguay. emorales@ancap.com.uy

²Facultad de Ciencias. Facultad de Ciencias, UdelaR. Montevideo. Uruguay.

RESUMEN

La evolución de las cuencas del margen continental uruguayo está representada por tres grandes megasecuencias: *prerift*, *rift* y *postrift* (transición y *drift*), las cuales son correlacionables con las megasecuencias de otras cuencas del Atlántico Sur. El incremento del conocimiento sobre la evolución tectónica y estratigráfica de las cuencas del margen continental uruguayo alcanzado durante el desarrollo de este trabajo permite obtener una mejor aproximación a su potencial hidrocarburífero. El mapeo sistemático de secuencias depositacionales en secciones sísmicas, cubriendo sectores profundos de las cuencas, permitió determinar la migración de depocentros ocurrida en el margen uruguayo e identificar un conjunto de *plays* estratigráficos. En particular se analiza un prospecto de la secuencia Paleoceno, aplicándose una metodología para estimar el volumen de hidrocarburos recuperables.

ANTECEDENTES

La Cuenca Punta del Este, la porción más austral de la Cuenca Pelotas y la Cuenca Oriental del Plata se desarrollan en la región costa afuera del Uruguay (Ucha *et al.*, 2004; Soto *et al.*, 2011). Estas cuencas, asociadas en su génesis a la ruptura del supercontinente Gondwana, presentan tres grandes megasecuencias en su evolución: *prerift* (Paleozoico), *sinrift* (Jurásico-Neocomiano/Barremiano) y *postrift* (Barremiano/Aptiano-Holoceno).

La sedimentación *postrift* en el margen continental uruguayo presenta unos 6.500 metros de potencia, de acuerdo a la información sísmica, estando representada por una fase de transición y una fase *drift*. La fase de transición presenta geometría de rampa y características transgresivas, siendo correlacionable con la fase de transición de la Cuenca de Orange. La fase *drift* de las cuencas del margen continental uruguayo puede ser dividida en un *drift* temprano (Cretácico Superior), de importante desarrollo en la Cuenca Punta del Este, en la cual se configura una morfología de tipo plataforma-talud, y un *drift* tardío (Paleoceno-Holoceno), en el que se destaca la influencia de las oscilaciones del nivel del mar en su arquitectura sedimentaria.

La dinámica tectosedimentaria durante la fase *postrift* determinó la migración, con dirección noreste, de los depocentros presentes en el margen continental uruguayo, estando el depocentro Cretácico localizado en la Cuenca Punta del Este y el depocentro Cenozoico en la Cuenca Pelotas (Morales *et al.*, 2010), lo cual constituye un factor relevante en la historia de soterramiento de estas cuencas.

OBJETIVOS

Describir las posibilidades que presenta la megasecuencia *postrift*, particularmente la secuencia Paleoceno, en relación a *plays* estratigráficos, aplicando una metodología de evaluación de prospectos a un prospecto seleccionado.

MÉTODOS

Para este trabajo se han analizado secciones sísmicas multicanal 2D (propiedad de ANCAP y de Spectrum Geophysical), que fueron interpretadas de acuerdo a la metodología clásica establecida por la Estratigrafía de Secuencias (e.g. Catuneanu, 2006).

La metodología utilizada para el cálculo de los volúmenes de hidrocarburos recuperables se basó en la estimación de los siguientes parámetros en base a datos sísmicos, de los pozos disponibles y bibliografía: área, espesor bruto, factor de corrección geométrica, relación neto/bruto, porosidad, saturación de hidrocarburos, factor volumétrico de formación y factor de recuperación. De esta manera se llegó a calcular parámetros intermedios como: espesor neto mineralizado promedio y rendimiento de recuperación de hidrocarburos

Debido a la incertidumbre inherente a todos los parámetros de entrada, los cálculos fueron realizados estocásticamente por medio de 10.000 iteraciones Monte Carlo (Bailey, 2001), con distribuciones de probabilidad para cada variable de entrada. Es así que el análisis es enteramente realizado de manera probabilística trabajando con mínimos (P90) y máximos (P10). Asimismo se realizaron chequeos de los valores extremos como P01 y P99 iterando cuando fue necesario y se truncaron las distribuciones según la naturaleza de la variable específica. El software utilizado fue @Risk de PALISADE.

El cálculo de los volúmenes recuperables (EUR por su siglas en inglés: Estimated Ultimate Recovery) se realizó según la siguiente fórmula:

$$\text{EUR} = \text{Área} \times \text{Espesor Neto Mineralizado Promedio} \times \text{Rendimiento de Recuperación}$$

Se realizaron chequeos de realidad para los volúmenes recuperables resultantes comparando los valores medios con datos de otras cuencas productoras además de corroborar el cociente de los valores P90/P10 (Alexander, 1998).

RESULTADOS

La base de la secuencia Paleoceno está representada por una discordancia de carácter regional, vinculada a un importante descenso del nivel del mar, también identificada en las cuencas del *offshore* de Brasil (Assine *et al.* 2006) y en la Cuenca de Orange en el *offshore* de Namibia y Sudáfrica (van der Spuy, 2003), siendo posible observar el desarrollo de valles incisos en áreas de plataforma.

En los sectores distales de las cuencas se identifican abanicos de fondo de cuenca (*basin floor fans*; Figs. 1-2), en trectos de sistemas de regresión forzada, con terminación de los reflectores en doble *downlap*. Estos abanicos de fondo son recubiertos en un arreglo netamente transgresivo, en relación de *onlap*, en las áreas de talud y plataforma, constituyendo un sello de características regionales (Fig. 2).

El *play* estratigráfico constituido por el conjunto de abanicos de fondo de cuenca conforma un tren de dirección general noreste en batimetrías superiores a los 400 metros y profundidad sedimentaria de 1500 a 4500 metros, desarrollándose en todos los sectores distales de las cuencas del margen continental uruguayo.

Uno de los más conspicuos de los abanicos de fondo de cuenca, con un área media de 132 km², se localiza a una batimetría media de 1300 m y una profundidad media de sedimentos de 4350 m. Posee forma sigmoidal, estando confinado en su extremo SE debido a la reactivación de la secuencia de SDRs o *seaward-dipping reflectors* (cuñas de reflectores que buzan mar adentro, integradas por rocas basálticas y sedimentarias intercaladas; Fig. 2).

Las potenciales rocas generadoras, que infrayacen a la secuencia Paleoceno, son tres: lutitas lacustres (Jurásico-Neocomiense) del sinrift y lutitas marinas del Cretácico postrift (Aptiense y Turoniense). Estas rocas generadoras se registran en cuencas vecinas de Sudamérica y en cuencas conjugadas africanas; la primera se encuentra, aunque con edad algo más joven, en la Cuenca Santa Lucía (Formación Castellanos).

El sello está representado por pelitas marinas del postrift Cenozoico (Paleoceno y Eoceno) que recubren completamente al abanico. Las vías de migración están representadas por fallas que conectan las rocas generadoras infrayacentes con el reservorio. No obstante, existen incertidumbres en la edad de formación/reactivación de estas fallas.

El prospecto exhibe anomalías de amplitud, que puede explicarse o bien por un factor litológico o bien por contenido de hidrocarburos, debiendo efectuarse estudios adicionales, como relevamientos electromagnéticos, para procurar determinar el tipo de fluido contenido en la trampa.

Globalmente, el riesgo geológico de este prospecto se estima en 12,1% (Ferro *et al.*, 2012). Dichos autores realizaron una reciente evaluación económica del mismo (así como para otros prospectos) considerando tres diferentes escenarios de fluido, que arrojó valores P50 de 629 millones de barriles de petróleo equivalente (MMBOE) para el escenario de petróleo, 2.771 MMBOE para gas y condensado, y 1.680 MMBOE para el caso de gas seco. El volumen recuperable final para el prospecto está dado por una distribución de probabilidad tal como se muestra en la Fig. 3.

CONCLUSIONES

La megasecuencia postrift presenta un alto potencial exploratorio asociado a su importante espesor y su dinámica sedimentaria, reflejo de las oscilaciones del nivel del mar, el aporte sedimentario y la subsidencia regional. La migración de depocentros y el importante espesor sedimentario registrado en el *postrift* de las cuencas del margen uruguayo presenta implicancias importantes para los potenciales sistemas petrolíferos presentes en las mismas.

Se identifican diversos *plays* estratigráficos localizados en batimetrías variables, desde someras a ultraprofundas. Un caso interesante es el de abanicos de fondo de cuenca de edad Paleoceno. Se requieren estudios adicionales para evaluar su verdadero potencial, pero los primeros resultados son promisorios.

Es interesante destacar que se han descubierto en cuencas *offshore* del Atlántico importantes yacimientos hidrocarbúferos en prospectos estratigráficos del Cretácico y Paleógeno: a las turbiditas conocidas desde hace décadas en el *offshore* de Brasil, en las

cuencas de Campos (e.g. campos de Marlim y Albacora) y Santos (e.g. campo Merluza), se le han sumado recientemente abanicos productores al norte de Malvinas (Sea Lion), Guyana (sistemas Cingulata y Pilosa) y Ghana (Jubilee, Odum, Tweneboa).

Agradecimientos

Los autores agradecen a Spectrum por permitir la reproducción de imágenes de líneas sísmicas. El trabajo realizado está en relación con el Proyecto del Fondo Sectorial de Energía ANII-FSE-2009-53.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, J.A., LOHR, J.R., 1998. Risk Analysis: Lessons Learned, SPE paper 49030, 10 pp.
- ASSINE, M, SANTOS CORRÊA, F, CHANG, H, K., 2008. Migração de depocentros na Bacia de Santos: importância na exploração de hidrocarbonetos. *Revista Brasileira de Geociências* 38 (2 - suplemento): 111-127.
- BAILEY, W., COUETT, B., LAMB, F. E., SIMPSON, G.S., ROSE, P.R., 2001. Taking a Calculated Risk. *Schlumberger Oilfield Review*, October, 20-35.
- CATUNEANU, O., 2006. Principles of Sequence Stratigraphy. Elsevier, Amsterdam, 375 pp.
- FERRO, S., TOMASINI, J. SOTO, M., MORALES, E., RODRÍGUEZ, P., CONTI, B., DE SANTA ANA, H. 2012. Risk Analysis and Economic Evaluation of Oil and Gas Prospects Offshore Uruguay. SPE Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference, Ciudad de México, 16-18 de abril de 2012, 14 pp.
- MORALES, E., DE SANTA ANA, H., CHANG, H.-K., CORRÊA, F.S., VEROSLAVSKY, G.. 2010. Migración de depocentros en las cuencas Punta del Este y Pelotas (offshore de Uruguay). VI Congreso Uruguayo de Geología, 125 [CD-ROM].
- SOTO, M., MORALES, E., VEROSLAVSKY, G., DE SANTA ANA, H., UCHA, N., RODRÍGUEZ, P. 2011. The continental margin of Uruguay: crustal architecture and segmentation. *Marine and Petroleum Geology* 28:1676-1689.
- UCHA, N.; DE SANTA ANA, H. & VEROSLAVSKY, G. 2004. La Cuenca Punta del Este: geología y potencial hidrocarburífero. Pp. 175-194 in VEROSLAVSKY, G.; UBILLA, M. & MARTÍNEZ, S. (eds.), *Cuencas Sedimentarias de Uruguay: Geología, Paleontología y recursos naturales – Mesozoico*. DIRAC, Montevideo.
- VAN DER SPUIY, D. 2003. Aptian source rocks in some South African Cretaceous basins. Pp. 185-202 in ARTHUR, T. J., MACGREGOR, D. S., CAMERON, N. R. (eds), *Petroleum Geology of Africa: new themes and developing technologies*. Geological Society of London Special Publications, 207.
- VEROSLAVSKY, G.; DANERS, G. & DE SANTA ANA, H. 2003. Rocas sedimentarias pérmicas en la plataforma continental uruguaya: el prerift de la Cuenca Punta del Este. *Geogaceta* 34:203-206.

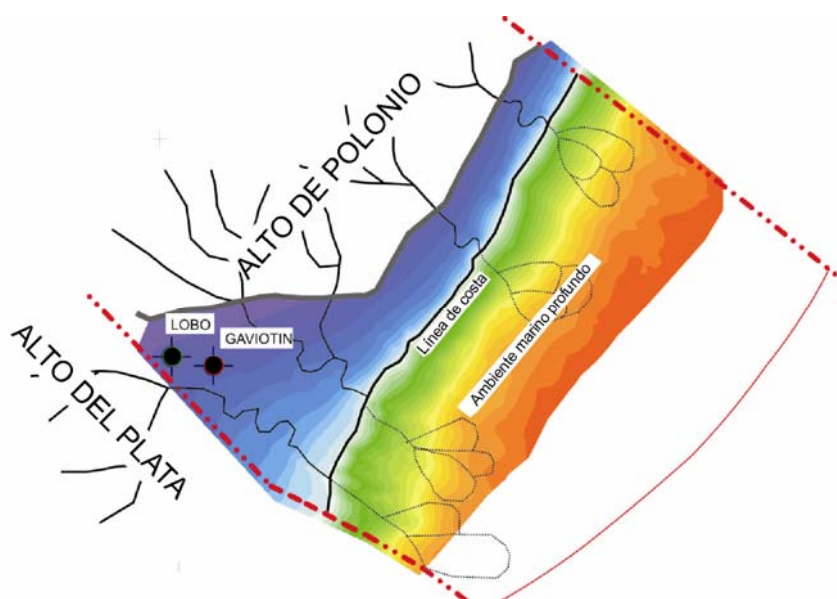


Figura 1. Reconstrucción paleogeográfica de la secuencia Paleoceno.

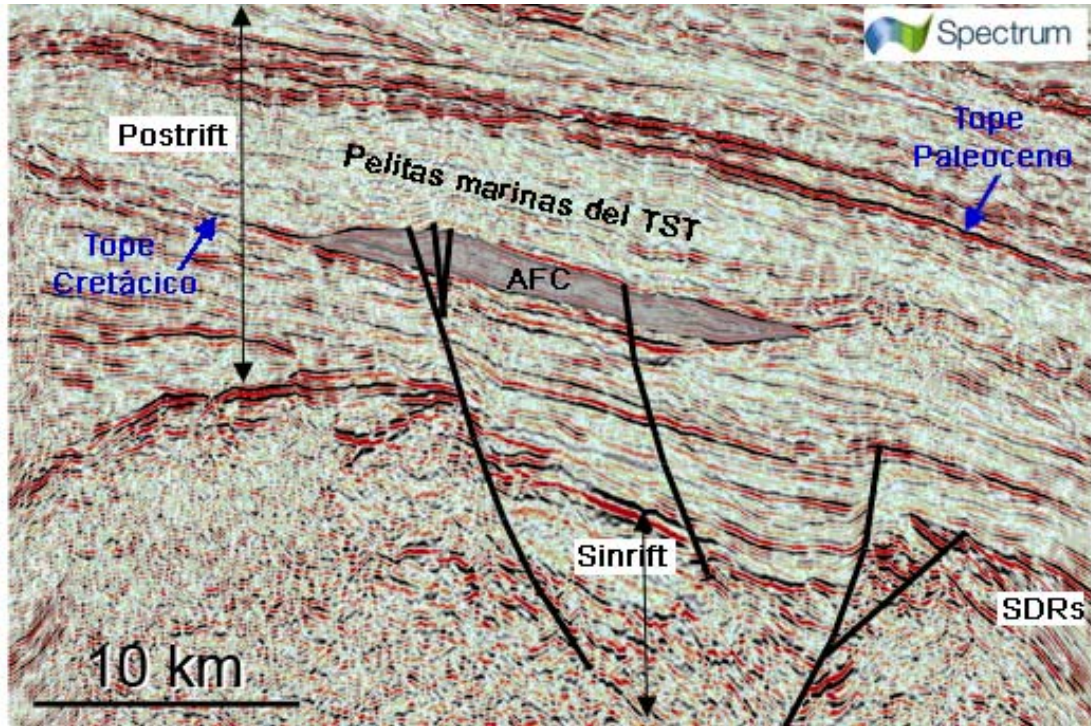


Figura 2. Línea sísmica *dip* (NW-SE) de la Cuenca Punta del Este, ejemplificando un prospecto de la secuencia Paleoceno. AFC, abanico de fondo de cuenca. SDRs, *seaward-dipping reflectors*.

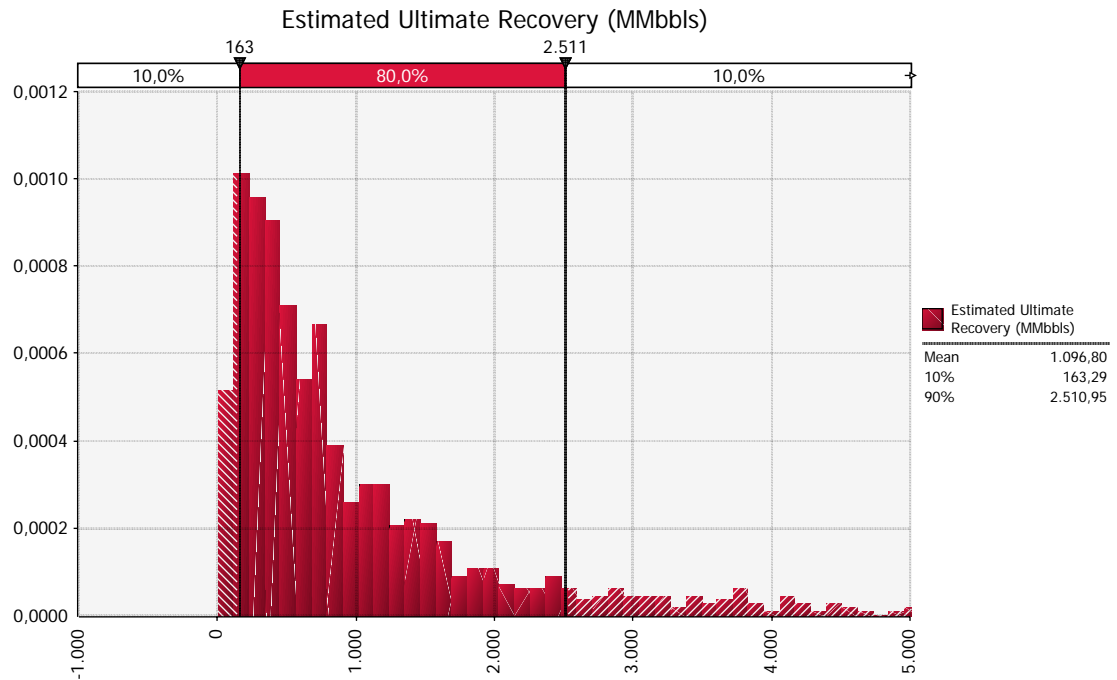


Figura 3. Distribución de probabilidad de EUR para el escenario de petróleo