

HIDRATOS DE GAS: ESTIMACIÓN DE SU POTENCIAL EN LA PLATAFORMA CONTINENTAL DEL URUGUAY A PARTIR DE INFORMACIÓN SÍSMICA DE REFLEXIÓN

GAS HYDRATES: ESTIMATION OF THE GAS POTENTIAL FROM REFLECTION SEISMIC DATA IN THE CONTINENTAL SHELF OF URUGUAY

de Santa Ana, H ^{1,2}; Ucha, N ¹; Gutiérrez, L ¹ & Veroslavsky, G ²

1 - ANCAP, División Investigación y Desarrollo. Av. Lib. Big. Gral. Lavalleja y Paysandú
CP 10900, Montevideo - Uruguay. *E-mail*: hdesantaana@ancap.com.uy

2 – UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA, Facultad de Ciencias - Departamento de Evolución de
Cuencas, Iguá 4225 - CP 11400, Montevideo - Uruguay.

RESUMEN

La plataforma continental uruguaya muestra rasgos geofísicos que evidencian la presencia de hidratos de gas en áreas correspondientes a los dominios de las cuencas Pelotas, Punta del Este y Oriental del Plata. A partir del análisis e interpretación de los datos relevados se identificaron patrones sísmicos que permitieron delimitar una zona anómala y estimar su potencial gasífero. El desarrollo en el subsuelo de las acumulaciones de hidratos de gas fueron determinadas usando las características de los reflectores (BSR) y la amplitud de las anomalías a lo largo de varias de las líneas sísmicas. En forma preliminar, se estima que el potencial gasífero asociado a la presencia de hidratos de gas en los sectores profundos de la plataforma uruguaya alcanzaría un volumen de gas expandido en condiciones de superficie de $246 \times 10^{10} \text{ m}^3$, lo que equivale a un volumen de gas de 86 TCF.

Palabras claves: hidratos de gas, sísmica de reflexión, plataforma continental, Uruguay

ABSTRACT

The uruguayan continental shelf shows geophysical indicators of gas hydrates in the Oriental del Plata, Pelotas and Punta del Este basins. The aim of this work is to present the potential presence of gas at the continental shelf in Uruguay and to evaluate the possibility of exploration of unconventional hydrocarbon plays. Analysis of the seismic surface based on regional and stratigraphic information that proceeded from previous hydrocarbon exploration in the area have been used to estimate resources of gas hydrates. Gas hydrates accumulation was mapped using characteristic reflectors and amplitude anomalies of seismic lines (BSR). Its quantity was estimated on this basis in about 86 TCF.

Keywords: gas hydrates, seismic reflection, continental shelf, Uruguay

INTRODUCCIÓN

El objetivo del trabajo es presentar las evidencias geofísicas sobre la presencia de hidratos de gas en la plataforma continental uruguaya así como una estimación del potencial gasífero de esta región. Las áreas estudiadas corresponden a los dominios de las cuencas Pelotas, Punta del Este y Oriental del Plata (Figura N° 1).

Los hidratos de gas (clatratos) son sólidos cristalinos constituidos por agua y gases (Sloan 1998). El gas que se encuentra en los hidratos se genera cuando bacterias anaeróbicas descomponen materia orgánica por debajo del fondo del mar produciendo principalmente metano pero también otras sustancias gaseosas como dióxido de carbono, etano, propano y sulfuro de hidrógeno (Collett et al. 2000). Más allá de su presencia en tierra firme, particularmente en áreas de *permafrost*, los hidratos de metano han sido ubicados también en los márgenes continentales activos y pasivos (Figura N° 2), relacionadas con áreas de alta tasa de sedimentación, donde en general las profundidades del agua superan los 300 a 400 metros.

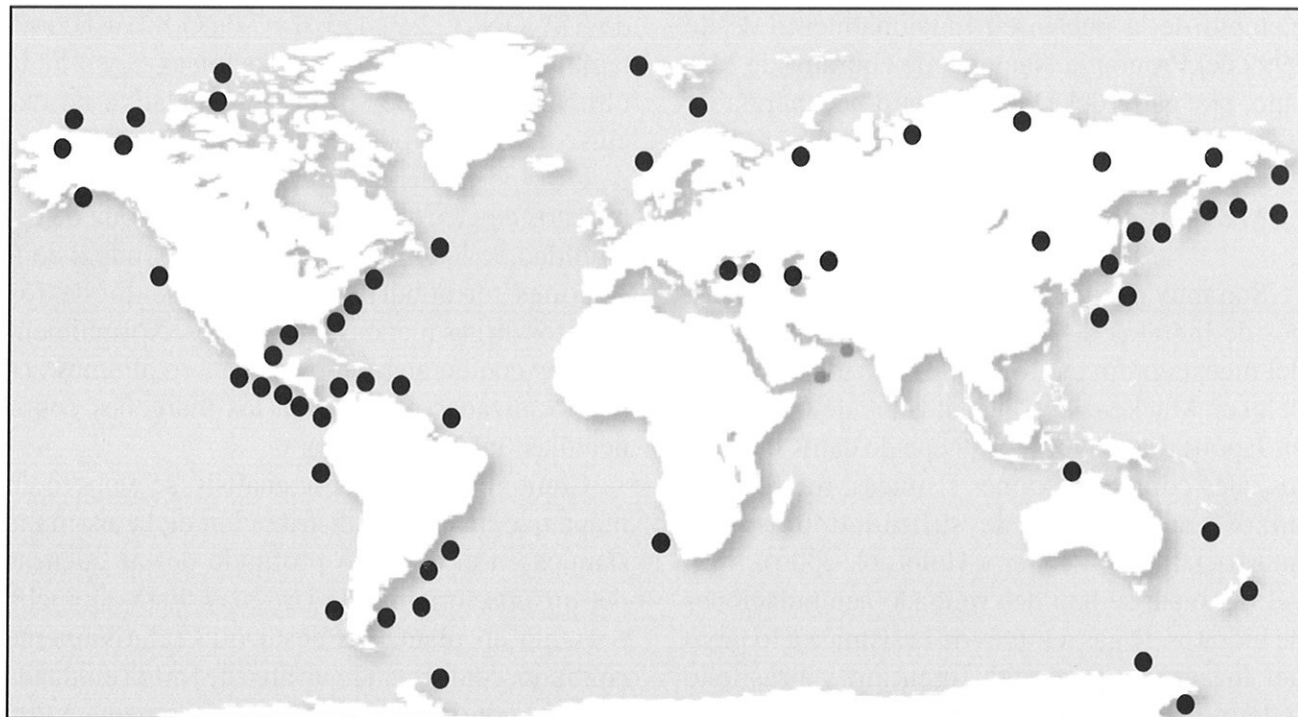


Figura 2 – Distribución de los indicios de hidratos de gas en el mundo (modificado de Collett et al. 2000)
Figure 2. Distribution of the gas hydrate's leads in the world (modified from Collett et al. 2000)

El metano constituyente de los hidratos es predominantemente de naturaleza biogénica, su génesis está relacionado a zonas con alta producción de residuos orgánicos y aguas ricas en nutrientes, donde la actividad bacteriana anaeróbica en condiciones de rápido soterramiento desencadenan las reacciones termoquímicas que forman el metano y otros gases resultantes.

En los últimos años, los hidratos de gas se han valorado como una de las principales fuentes de energía alternativa para el futuro (Sloan 1998). Si bien las estimaciones de las eventuales reservas mundiales de gas natural proveniente de los hidratos de gas son aún disímiles (10^5 a 10^6 TCF), éstas superan varias veces las reservas probadas de las fuentes convencionales de petróleo y gas (Collett et al. 2000).

Los actuales conocimientos determinan que la producción de metano a partir de hidratos de gas podría ser a corto plazo técnicamente posible y económicamente viable, siendo varios los países que han puesto en funcionamiento importantes programas destinados a generar el conocimiento científico necesario para desarrollar las tecnologías de exploración y explotación apropiadas (EEUU, Japón, Noruega, Rusia, India, Brasil, Canadá y Chile entre otros). Al respecto, vale el ejemplo de la puesta en funcionamiento desde 1999 del Programa Nacional de Hidratos de Metano, por parte del Departamento de Energía de Estados Unidos.

METODOLOGÍA

Son muy pocas las evidencias de acumulaciones de hidratos de gas que se registran a través del muestreo directo (delta de Amazonas, Brasil; delta de Mackenzie, Canadá; Cabo de Omaezaki en Japón). La mayoría proviene de datos indirectos tales como reflexiones sísmicas, registros de pozos, mediciones de salinidad del agua intersticial, etc. (Pecher y Holbrook 2000). A nivel regional, se han determinado acumulaciones de hidratos de gas a través de la sísmica a lo largo del margen continental argentino y brasileño (Clennell 2000, Marshall 2002, Kostadinoff 2002). Los indicios sobre la existencia de hidratos de gas en la plataforma uruguaya resultan del análisis e interpretación de casi 14.000 kilómetros de líneas sísmicas de reflexión relevadas por *Geophysical Service Incorporated* (GSI) la

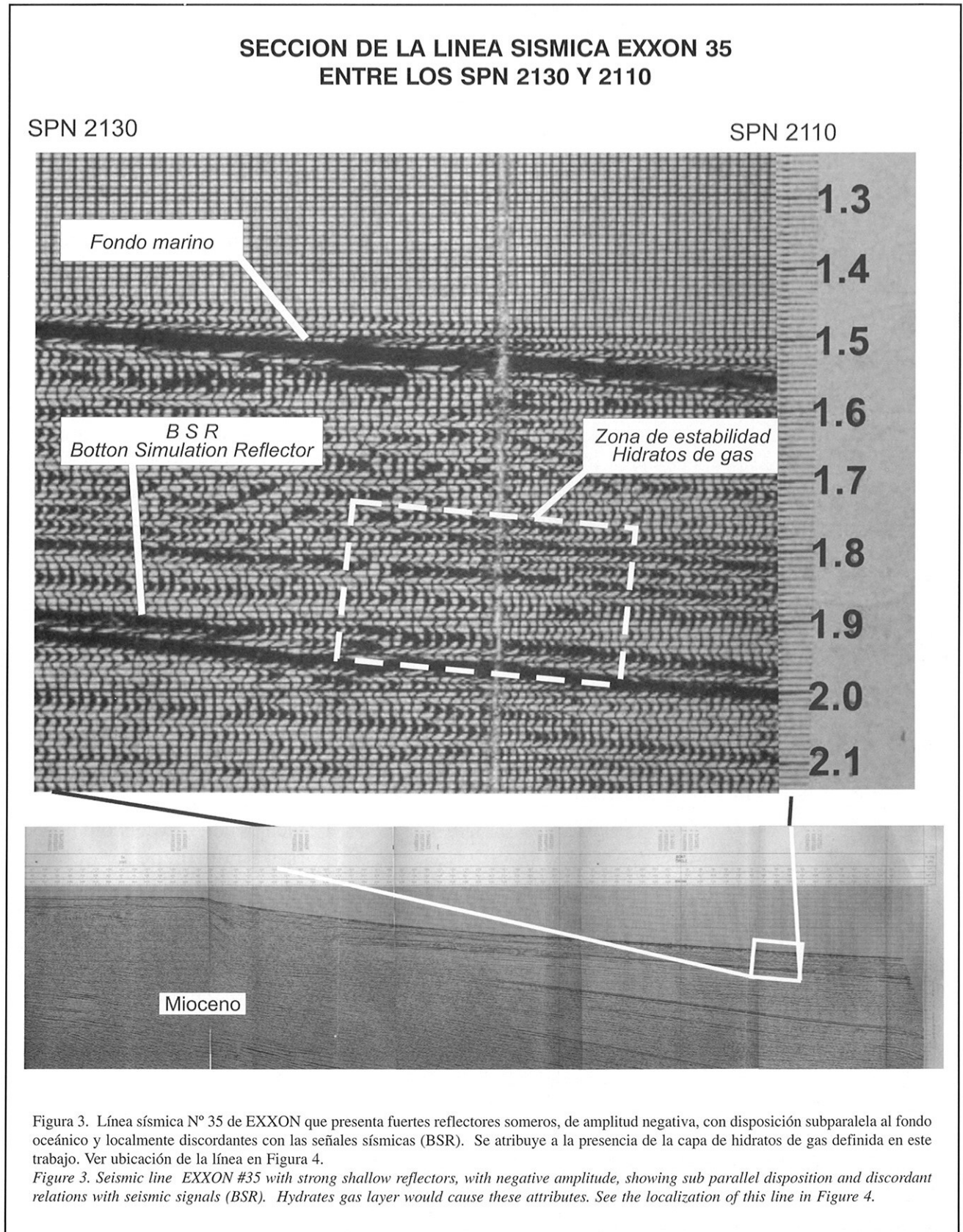
Compagnie Generale de Geophysique (CGG) y *Western Geophysical*, en diferentes campañas de exploración para hidrocarburos realizadas por ANCAP, EXXON Y CHEVRON. En varias de estas líneas sísmicas, asociado a secuencias postmiocénicas, fue identificada la presencia de fuertes reflectores someros, de amplitud negativa, con disposición subparalelos al fondo oceánico y localmente discordantes con las señales sísmicas atribuibles a los horizontes sismoestratigráficos más modernos del registro geológico de la cuenca (Figura N° 3).

Este reflector generado por sensibles cambios de impedancia acústica es interpretado como el resultado del pasaje entre un medio con velocidad intervalar alta (capas compactas con hidratos cementantes) y un medio con baja velocidad (depósitos de sedimentos con gas libre). Esta fuerte señal sísmica de disposición paralela al fondo oceánico, es comúnmente conocida como "Reflector Simulador de Fondo" (*Bottom Simulating Reflector*-BSR), habitualmente utilizado en el diagnóstico indirecto de acumulaciones de hidratos de gas (Sloan 1998; Pecher y Holbrook 2000). La identificación y caracterización de este horizonte, fue a partir del análisis de las líneas sísmicas 29, 31, 33, 35 (Figura N° 3), 37, 39 y 41 de EXXON, 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 de G.S.I, así como también de los registros de las líneas 2 y 4 de la última campaña de sísmica especulativa no exclusiva realizada por C.G.G.

La sección de ocurrencia y acumulación de hidratos de gas, que corresponde a la zona de estabilidad de los hidratos (HSZ), responde a condiciones termobáricas favorables, donde los hidratos de gas metano son estables. Normalmente estas condiciones se presentan en algunas zonas localizadas próximas a los márgenes continentales (talud y cuenca).

Como resultado de ese análisis, se elaboró un mapa que muestra la distribución de la anomalía sísmica en el dominio profundo de las cuencas del *offshore* oriental de Uruguay. Esta anomalía presenta en planta un desarrollo relativamente continuo, conformando un área de forma elongada de dirección SW-NE de aproximadamente 5.000 km² (Figura N° 4) y se desarrolla en batimetrías profundas (350 a 1200 m), presentándose entre los 1200 a 2200 ms.

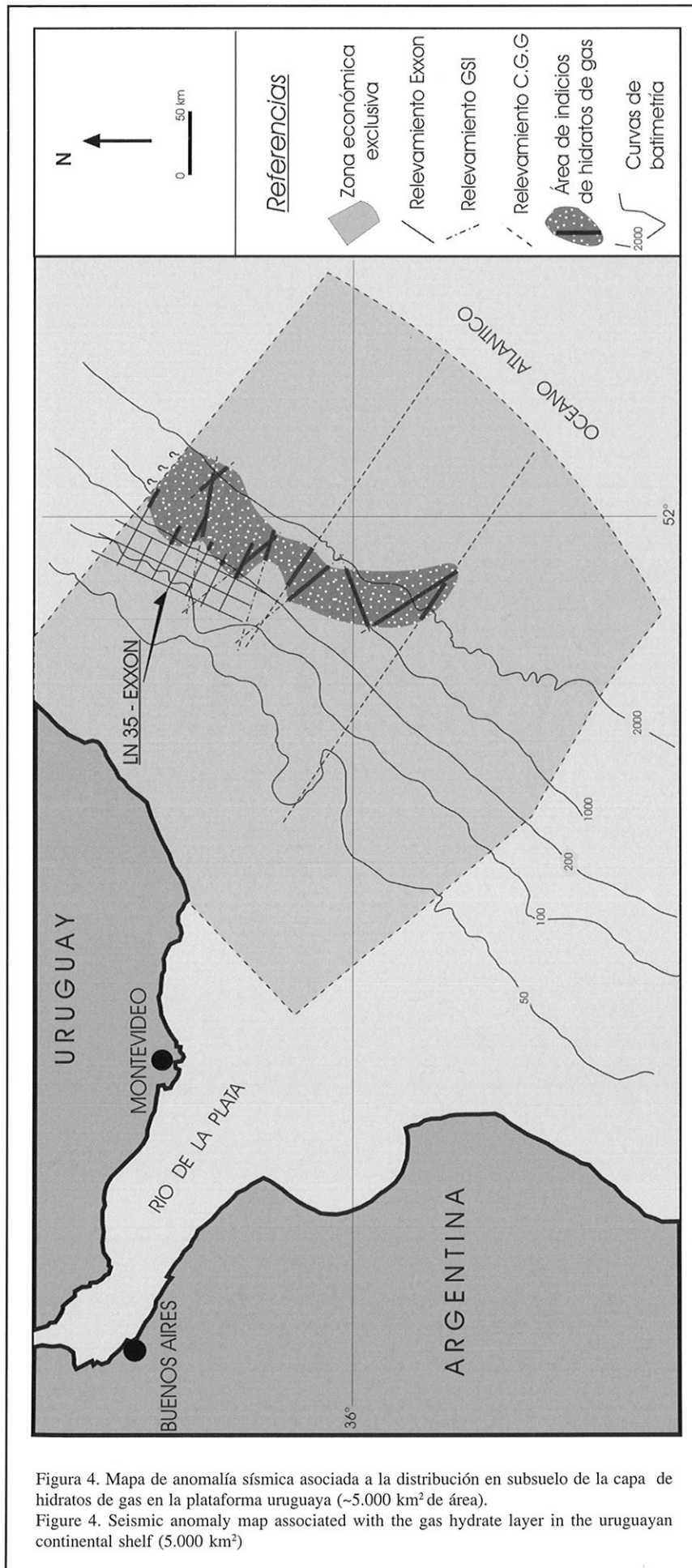
A partir de las dimensiones de la anomalía sísmica definida y utilizando los parámetros nor-



malmente considerados en la literatura sobre hidratos de gas para la evaluación de estos recursos (Pecher y Holbrook 2000), se estimaron los volúmenes *in situ* de hidratos de gas asociados a estos depósitos sedimentarios postmiocénicos.

DISCUSIÓN Y ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL GASÍFERO

La presencia de las acumulaciones de hidratos de gas en aguas oceánicas uruguayas está



geológicamente localizada en los dominios de la Cuenca Oriental del Plata y en los sectores profundos de las cuencas Pelotas y Punta del Este. Estos ámbitos se vinculan con zonas de importante aporte y generación de detritos orgánicos, de alta tasa de sedimentación y soterramiento, presumiblemente relacionados a nivel regional con importantes aportes y progradaciones del sistema Río de la Plata – Cono de Río Grande (Fontana y Mussuneci, 1994). Esta situación, aunada a la presencia de aguas frías de dominio Antártico, habrían generado las condiciones para la acumulación y preservación de hidratos de gas en el dominio oriental de las cuencas *offshore* de Uruguay, así como en el sector brasileño de la Cuenca Pelotas (Sad et al. 1997). Más localmente, es probable que las condiciones de soterramiento y preservación de la materia orgánica tengan relación con las progradaciones provenientes del Alto del Polonio y del talud continental del sector oriental del mar territorial uruguayo, aspecto que es sugerido a través de las líneas sísmicas EXXON 29, 32, 33 y 41 de las cuencas Pelotas y Oriental del Plata. Es posible además que parte del metano que compone la capa mineralizada de hidratos de gas que aquí es definida resulte de un aporte termogénico proveniente de la migración de capas generadoras más profundas de las cuencas *offshore* (vide Ucha et al. 2004). Bajo esa última hipótesis, existe inclusive la posibilidad que volúmenes de gas estén acumulados por debajo del reflector *BSR* en situaciones exploratorias donde las capas portadoras de hidratos fun-

cionarían como sello de trampas con fuerte componente estratigráfica.

A partir de los datos sísmicos es posible deducir que el indicio localizado en el sector oriental del margen profundo de la plataforma continental uruguaya presenta interesante desarrollo y potencialidad. En efecto, en consideración a que: i) el área del indicio cubre una superficie mínima de 5.000 km²; ii) el espesor de las secciones mineralizadas sería del orden de los 200 m, calculado en base a una velocidad intervalar mínima para la zona de Estabilidad de los Hidratos de 1.600 m/s, y un tiempo doble de 250 ms para la zonas de menor desarrollo y; iii) para una concentración media del hidrato de gas conservadoramente estimada en el 1,5% del total del volumen sedimentario; la valoración primaria del recurso *in situ* alcanzaría un volumen de hidratos de gas del orden de 15×10^9 m³.

Dado que el gas metano contenido en 1 m³ de hidratos de gas en condiciones de superficie es de 164 m³, el volumen teórico de gas equivalente en condiciones estándar estaría en el entorno de 246×10^{10} m³ (86 TCF). Vale la pena señalar que se desconoce el comportamiento de este tipo de mineralizaciones en una fase de explotación, por lo que no es posible establecer porcentajes de recuperación en operaciones de tipo comercial. Por otra parte, cabe señalar que en esta estimación no se consideraron las eventuales acumulaciones de gas libre que potencialmente puedan encontrarse entrampados en los reservorios localizados por debajo de los niveles sellos correspondientes a las capas mineralizadas con los hidratos de gas.

CONCLUSIONES

El desarrollo y acumulación de hidratos de gas en la Cuenca Oriental del Plata y los sectores profundos de la cuencas Punta del Este y Pelotas, tiene dimensiones muy importantes y su desarrollo puede extenderse inclusive aún más que el definido a partir de las señales sísmicas generadas por los reflectores simuladores de fondo (BSR).

Los indicios definidos a partir de los datos sísmicos son una importante guía de investigación de nuevos conceptos en torno a un posible sistema petrolero en donde los objetivos y reservorios someros, se ubicarían por debajo de las acumulaciones de hidratos. Esta situación, llevaría a considerar nuevos prospectos exploratorios de posibles acumulaciones de gas libre, de origen termogénico, asociados a trampas con fuerte componente estratigráfica.

Los hidratos de gas hacen parte de las acumulaciones de hidrocarburos no convencionales, y si bien aún este recurso no se encuentra en fase de explotación comercial, muchos son los esfuerzos que actualmente se están realizando para su desarrollo.

Los hidratos de gas localizados en la plataforma continental uruguaya, conjuntamente con los esquistos bituminosos presentes en la Cuenca Norte (de Santa Ana et al. 1982), constituyen los únicos recursos hidrocarburíferos no convencionales identificados hasta el momento en el país.

Los programas de investigación que actualmente se vienen desarrollando a nivel mundial con el objetivo de evaluar este recurso mineral, están orientados a generar nuevos conocimientos en las tecnologías necesarias para la producción comercial de metano a partir de hidratos de gas. Esta situación justificaría un seguimiento de los avances en el conocimiento tendiente a evaluar la factibilidad técnica y económica de exploración y explotación de este recurso energético en nuestro país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CLENNELL, M. B. 2000. Submarine gas hydrates: nature, occurrence and perspectives for exploration in the brazilian continental margin. *Revista Brasileira de Geofísica*, 18 (3): 397-409.
- COLLETT, T. S.; LEWIS, R. & UCHIDA, T. 2000. Growing interest in gas hydrates. *Oilfield Review*: 42-57.
- de SANTA ANA, H.; UCHA, N.; COUTO, H.; & TRIUNFO, G. (1982). Evaluación de yacimientos de lutitas pirobituminosas del Uruguay. 12 tomos. ANCAP, Montevideo (*inédito*).
- FONTANA, R.L. & MUSSUNECI, A. 1994. Hydrates offshore Brazil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NATURAL GAS HYDRATES. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 715:106-113.
- KOSTADINOFF, J. 2002. Hidratos de metano en el margen continental argentino. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 56(3): 392-395.
- MARSHALL, P.A. 2002. Hidratos de Metano: su caracterización y potencialidad como recurso en la Plataforma Continental Argentina. In: CONGRESO DE EXPLORACIÓN Y DESARROLLO DE HIDROCARBUROS, V. Mar del Plata, Argentina, *Actas*.
- PECHER, C. K. & HOLBROOK, W. S. 2000. *Seismic methods for detecting and quantifying gas hydrates*. In: MAX, M. D. (ed.), Natural gas hydrate in oceanic and permafrost environments. Kluwer – Dordrecht: 257-294.
- SAD, E. A. R.; SILVEIRA, D. P. & MACHADO, M. A. P. 1997. Hidratos de gás marinhos: a mega ocorrência da Bacia de Pelotas - Brasil. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE GEOFÍSICA, 5, Brasil, *Actas*, 1: 71-74.
- SLOAN, E.D. 1998. *Clathrate hydrates of natural gas*. New York, Dekker M. (ed.), 436pp.
- UCHA N., DE SANTA ANA H. & VEROSLAVSKY G. 2004. La Cuenca Punta del Este: geología y potencial hidrocarburífero. In: VEROSLAVSKY, G.; UBILLA, M. & MARTÍNEZ S. (eds.), *Cuencas sedimentarias de Uruguay: geología, paleontología y recursos naturales. Mesozoico*. Montevideo, DIRAC: 173-192.

Recibido: 30 de junio de 2004.

Aceptado: 14 de febrero de 2005.