

METANO EN EL NOROESTE DEL MAR DE WEDDELL, ANTÁRTIDA

R. A. del Valle¹ E. Yermolin¹ J. Chiarandini² A. Sánchez Granel³ y J. C. Lusky²

1) Instituto Antártico Argentino, 25 de Mayo 1143, San Martín, Provincia de Buenos Aires, Argentina

2) Dirección Nacional del Antártico, Balcarce 290, 2º Piso, C1064ABR Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

3) Universidad del Salvador, Av. Callao y Córdoba, C1023AAB Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

Nota: este es un resumen comentado en castellano del reciente artículo titulado “Methane at the NW of Weddell Sea, Antarctica”, publicado en idioma inglés por Hindawi Publishing Corporation, Journal of Geological Research, Volume 2017, Article ID 5952916, 8 pages. <https://doi.org/10.1155/2017/5952916>

Los números entre corchetes “[]” corresponden a las referencias bibliográficas del artículo original en inglés.

Las figuras citadas en el texto corresponden al trabajo original en idioma inglés y pueden consultarse en archivo adjunto (Figuras metano NW mar de Weddell.doc).

El metano (CH₄) es uno de los principales gases de efecto invernadero responsables del calentamiento atmosférico. Los autores del artículo refieren la presencia de hidrocarburos gaseosos, desde metano hasta pentano, en los sedimentos del fondo marino junto al copioso burbujeo de metano (<https://doi.org/10.1155/2017/5952916>), observados principalmente en los alrededores de la isla Marambio y sugieren la existencia de acumulaciones de ese gas en el sustrato marino de esta región de la Antártida Argentina.

La liberación de metano desde el sustrato oceánico congelado en adyacencias de la isla Marambio estaría vinculado a la inestabilidad climática verificada durante el Cenozoico Tardío, cuando vastas áreas de la plataforma continental de la Antártida fueron inundadas por el mar durante la transgresión marina que ocurrió hace unos 18.000 años, después del Último Máximo Glacial, cuando el clima comenzó a mejorar y los hielos comenzaron a derretirse, aportando grandes cantidades de agua al mar.

A medida que el hielo se derretía, el mar volvió a ocupar las regiones que había abandonado durante la glaciación. Como la invasión del mar fue relativamente rápida, el terreno congelado a muy baja temperatura, denominado “permafrost”, fue inundado y se conservó intacto durante cierto tiempo, hasta que el flujo de calor proveniente del mar comenzó a desestabilizarlo disparando el burbujeo de metano (<https://doi.org/10.1155/2017/5952916>).

Este proceso estaría afectando a las acumulaciones de gas congelado, formadas originalmente dentro del permafrost subaéreo durante el Último Máximo Glacial, de modo muy similar a lo que ocurre en el Ártico.

Introducción

Los gases que atrapan el calor en la atmósfera se denominan “gases de efecto invernadero” y el metano (CH₄) es uno de ellos. Las emisiones globales de metano causan cerca del 25% del calentamiento climático. Aunque el metano no persiste en la atmósfera tanto tiempo

como el dióxido de carbono (CO₂), es inicialmente mucho más devastador para el clima debido a la forma rápida y altamente efectiva en que absorbe y retiene el calor. Durante las dos primeras décadas después de su liberación a la atmósfera, el metano es 84 veces más potente que el dióxido de carbono como gas de invernadero.

Objetivo

El objetivo de la investigación es presentar y discutir brevemente la presencia de gas metano en la Antártida en virtud de dos hechos contundentes:

(1) las concentraciones de metano junto con otros hidrocarburos gaseosos, desde etano hasta pentano que se detectaron en los sedimentos de los fondos marinos frente a la costa norte de la isla Marambio y en otros sectores del extremo NO del Mar de Weddell (Figura 1), y

(2) el copioso burbujeo natural de metano detectado en adyacencias de la isla Marambio, dentro de la denominada “Zona Bouchard” (Figura 1): video suplementario disponible en Material Complementario, online en <https://doi.org/10.1155/2017/5952916>.

Área de trabajo

La investigación se realizó en dos ambientes marinos de la Antártida con diferentes características: 1) uno de aguas poco profundas, ubicada en el Estrecho Bouchard, frente a la costa norte de la isla Marambio, y 2) el otro caracterizado por aguas más profundas situadas a 70 km al NE de la isla (Figura 1).

El área denominada "Zona Bouchard" se extiende sobre unos 100 km² y la denominada "Zona Weddell" cubre unos 3.000 km². Las actividades de campo se desarrollaron durante los veranos australes de 1994, 1995, 1997, 1998, 2011 y 2015, cuando la región se mantuvo en gran parte cubierta por hielo marino y témpanos, lo que dificultó las tareas de muestreo en ambos sectores. Por este motivo, la distribución de las muestras de fondo marino resultó muy irregular (Figura 1).

Marco Geológico

El área de trabajo (Figura 1) se halla dentro de un sitio de acumulación sedimentaria denominado “Cuenca de James Ross”, donde la sedimentación se desarrolló durante parte de los períodos Mesozoico y Cenozoico. Dentro de esta cuenca se depositaron más de 6.000 metros de sedimentos, principalmente de origen volcánico, entre el Cretácico y el Paleógeno, los cuales pertenecen mayormente a dos entidades estratigráficas denominadas Grupo Marambio y Grupo Seymour, respectivamente. Formaciones sedimentarias de ambos grupos afloran en la isla Marambio.

Materiales y métodos

La morfología del lecho marino en la Zona Bouchard se reconoció mediante escáner lateral Sonar EdgeTech Discover 4150. Asimismo, perfiles del sustrato hasta 210 m de

profundidad bajo el lecho marino se obtuvieron con perfilador portátil EdgeTech Discover SB-3200-XS. Ambos instrumentos fueron operados desde botes neumáticos (Zodiac Mark III), mientras que en la Zona Weddell, donde el mar es más profundo (300-450 m), los estudios se realizaron a bordo del Rompehielos Irizar. Las muestras de sedimentos se obtuvieron con snapper y pistón corer Benthic de 10/20 kg y fueron empaquetadas en contenedores sellados, a los cuales se añadió cloruro de benzalconio al 2% para inhibir la acción bacteriana y se enviaron a laboratorio. Allí, las muestras de sedimentos fueron analizadas por sus contenidos en metano, etano, propano, butano y pentano.

Además, muestras de exhalaciones de gas (burbujeos) se obtuvieron en la Zona Bouchard con trampas de gases, los cuales fueron envasados en recipientes herméticos de 4 litros de capacidad y remitidos a laboratorio para analizar su contenido en CH₄, H₂S y CO₂.

Resultados

Las muestras de sedimentos del fondo marino obtenidas en el NE de la Península Antártica (Figura 1), contienen pequeñas cantidades de metano (CH₄), además de otros hidrocarburos alifáticos de enlace simple y cantidades variables de hielo. La mayoría de las muestras analizadas (Tabla I) son de grano fino y generalmente fango-arcillosas y exhiben color gris oscuro, excepto las obtenidas en áreas poco profundas próximas a la costa de la isla Marambio (Zona Bouchard, Figura 1), donde incluyen fracciones de arenosas y muestran tonos más claros.

Tabla I: Resumen de los análisis de C1 a C5 (ppm) de muestras de sedimentos del lecho marino

Zona Bouchard (Fig. 1)

88 muestras C1 C2 C3 C4 n-C4 C5 n-C5

Máximo 9.995,63 49,25 36,71 11 6,4 2,32 0,28

Mínimo 115,82 0,03 4,81 0,17 2,77 0,07 0,06

Promedio 423,31 21,14 10,49 4 2,77 0,66 0,25

1R Máximo = 41 Mínimo = 2 Promedio R = c. 23

2%C1 Máximo = 99,89 % Mínimo = 63,44 % Promedio %C1 = c. 89%

Zona Weddell (Fig. 1)

54 muestras C1 C2 C3 C4 n-C4 C5 n-C5

Máximo 1.753,87 86,65 64,06 22,75 19,28 14,06 4,91

Mínimo 65,27 4,72 5,28 1,70 0,37 0,15 0,03

Promedio 369,60 32,40 26,40 7,55 6,49 2,90 1,66

1R Máximo = 24 Mínimo = 2 Promedio R = c. 7

2%C1 Máximo = 95,15 % Mínimo = 70 % Promedio %C1 = c. 82%

$1R = C1/C2+C3$; $2\%C1 = C1 * 100 / C1+C2+C3+C4+C5$

2%C1 = porcentaje de metano con respecto a todos los hidrocarburos analizados.

C1: metano, C2: etano, C3: propano, C4: butano, n-C4: n-butano, C5: pentano, n-C5: n-Pentano.

Tabla II: Análisis de muestras de escapes de gases obtenidas en la Zona Bouchard (Fig. 1)

Zona Bouchard Gases analizados

Muestra Profundidad C1 (ppm) SH2 CO2

1 10-15 m 165.240 Trazas trazas

2 10-15 m 169.263 Trazas trazas

3 10-15 m 167.806 Trazas trazas

4 10-15 m 166.570 Trazas trazas

5 10-15 m 158.172 Trazas trazas

6 10-15 m 156.808 Trazas trazas

Además, muestras obtenidas en aguas más profundas (entre 300/450 m) en Zona Weddell (Figura 1) muestran alto contenido en gravas. Estas últimas consisten de fragmentos de basaltos del Grupo Volcánico de la Isla James Ross que aflora en la mayor parte de las islas vecinas y también de rocas plutónicas, principalmente granitos, todos ellos transportados por témpanos ("dropstones").

En la Zona Bouchard se analizaron 88 muestras de los fondos marinos, obtenidas a profundidades de entre 0,5 y 37 m (Tabla I, Figuras 2 y 11). El contenido de metano (CH₄) oscila entre 115 ppm y 9.995 ppm, con 423 ppm como promedio (Tabla I, Figura 2).

El metano es el hidrocarburo dominante en todas las muestras (Figura 3). Cuatro muestras exhiben altos valores de metano entre 513,89 ppm y 9.995,93 ppm y se consideran como anomalías fuertemente positivas (Figura 2). Además, en todas las muestras se detectaron pequeñas cantidades de hidrocarburos más complejos, desde etano hasta pentano (Tabla I).

La relación de hidrocarburos ($R = C1 / C2 + C3$) muestra valores entre 2 y 41, mientras que el porcentaje de C1 a hidrocarburos gaseosos totales ($\% C1 = C1 * 100 / C1 + C2 + C3 + C4 + C5$) fluctúa entre el 63,44% y el 99,89% (Tabla I, Figura 3).

Numerosas emanaciones (burbujeos) de gas se detectaron en la Zona Bouchard, donde los análisis de las muestras de gas dieron como promedio 160.000 ppm (partes por millón) de metano (CH₄), con trazas de H₂S y CO₂ (Tabla II). Las muestras de gases fueron recogidas en aguas poco profundas que oscilaron entre 10-15m de profundidad, principalmente durante las mareas bajas cuando las emanaciones de gas ocurren más frecuentemente. Esto sugiere que el gas podría provenir de reservorios submarinos poco profundos, acumulándose durante las altas mareas, para liberarse durante las mareas bajas cuando la presión del agua sobre los reservorios disminuye por debajo de cierto nivel.

El video suplementario (<https://doi.org/10.1155/2017/5952916>) muestra el entorno costero, durante la bajamar en las cercanías de la isla Marambio (Zona Bouchard, Figura 1). También se muestran algunos burbujeos naturales de metano. La profundidad del agua era aproximadamente 1,5 m y su temperatura de -1,6 °C. Las imágenes se obtuvieron durante el verano austral de 2012. La densidad de los escapes de metano se estimó en 1 escape cada 20 m².

En la Zona Weddell (Figura 1), se obtuvieron 54 muestras de sedimentos, provenientes de profundidades de entre 289-556 m (Tabla I, Figuras 4, 5 y 12). Contenidos de metano (C1) variables entre 65,27 y 1753,87 ppm, con 369,60 ppm como promedio, se detectaron (Tabla I, Figura 4), siendo el metano el hidrocarburo gaseoso dominante en todas las muestras (Figura 5). Las muestras con valores elevados de metano (por ejemplo, la Muestra 20: 1.753,87 ppm) se consideran como anomalías fuertemente positivas.

Pequeñas cantidades de otros hidrocarburos, desde el etano (C₂) hasta el pentano (C₅), también fueron detectados (Tabla I, Figura 5). Los valores de R varían entre 2 y 24, mientras que los valores de C1 (metano) son elevados, fluctuando entre 70% y 95% (Figura 5).

No fue posible observar venteos submarinos de gas ("flares" = "bengalas") en la Zona Weddell, principalmente por la falta de instrumental geofísico apropiado a bordo del Rompehielos Irizar.

En cambio, reflectores compatibles con lentes y bandas discontinuas, a escasa profundidad por debajo del fondo marino, fueron detectadas por métodos geofísicos (ver "Sección Materiales y Métodos") en el sustrato del estrecho Bouchard (Zona Bouchard) [Figuras 6, 7 (a), 7 (b) y 8]. Nuevamente, las limitaciones instrumentales, sólo permitieron reconocer los reflectores hasta un máximo de 210 m de profundidad por debajo del lecho marino (Figura 8), aunque se estima que la presencia de tales reflectores continúa por debajo de este intervalo. En esta zona se obtuvo el contenido máximo de metano (Muestra 7: 9,995.93 ppm, Tabla I, Figura 2) de todas las muestras analizadas en esta investigación.

La distribución de los reflectores detectados en el sustrato de la Zona Bouchard es heterogénea y aparentemente al azar (Figuras 6 y 8). La derrota (traza horizontal) de los relevamientos geofísicos marinos fue fragmentaria, muy irregular y discontinua debido al

obstáculo que presentaron el abundante hielo marino ("pack-ice") y los témpanos. Imágenes del lecho marino, obtenidas con sonar lateral muestran una densa maraña de trazas de arrastre causadas por el intenso tránsito de témpanos (Figura 9). La fuerte perturbación mecánica oblitera la mayoría de las estructuras formadas en el lecho marino por el venteo de gases ("pockmarks"). La Figura 10 muestra las imágenes obtenidas con sonar lateral de algunas estructuras bastante bien preservada en el fondo marino de la Zona Bouchard. En cambio, no se realizó ninguna investigación geofísica en la Zona Weddell.

Discusión

El metano (C1) predomina ampliamente en los sedimentos marinos Antárticos analizados en este trabajo. El contenido promedio de metano (C1) respecto de los hidrocarburos gaseosos totales (C1 + C2 + C3 + C4 + C5) detectados en las zonas Bouchard y Weddell es de 89% y 82%, respectivamente, lo cual indica cierta abundancia de hidrocarburos más complejos, predominantemente etano (C2) y propano (C3) en ambas zonas. Esto también se refleja en los valores relativamente bajos de R (relación de $[C1] / [C2] + [C3]$) que es 2-41 (valor medio 23) en la zona de Bouchard y 2-24 (valor medio 7) en la zona de Weddell (Tabla I).

Aunque no hay un diseño definido en la distribución de las concentraciones de metano, en la zona de Bouchard el contenido en metano aumenta hacia el norte desde la costa de la isla Marambio (Figura 2). En la zona de Bouchard, no existe relación entre el contenido de metano y la profundidad del mar (Figuras 11 y 12). El contenido en metano baja cerca de la costa de la isla Marambio, en sectores donde predominan los sedimentos arenosos, mientras que son más ricos en limo lejos de esta costa. Esta situación se refleja también en la Bahía Fósil (Figuras 1 y 2), donde predominan sedimentos fango-arcillosos y las concentraciones de metano son relativamente altas. En las proximidades de la isla

Marambio, los bajos contenidos en metano son probablemente debidos a la escasa retención del metano por parte de los sedimentos arenosos que allí prevalecen.

Este hecho contrasta con el contenido más alto de hidrocarburos en las facies fangosas, lejos de la isla. En la Zona Weddell (Figuras 1 y 4), la relación entre los elevados contenidos en hidrocarburos y las facies fango-arcillosas también se manifiesta, mientras que las facies de grano grueso (arenas y gravas) son más pobres en estos gases. En aguas poco profundas, el metano se transfiere a la columna de agua desde el lecho marino y se incorpora directamente a la atmósfera, tal como se viene produciendo en los alrededores de la isla Marambio. Estos escapes o venteos de gas y la significativa presencia de hidrocarburos en los sedimentos de los fondos marinos de la región son compatibles con la especulación de McDonald et al. [4] sobre la existencia de depósitos de gas en el sustrato de la denominada "Shallow Play Zone" de la Cuenca de James Ross.

Directamente relacionado con el presente estudio es la propuesta de Silva Busso et al. [12], sobre la existencia de un sustrato congelado con cantidades significativas de hielo en la zona costera y de intermareas de la bahía López de Bertodano, en la isla Marambio (Figura 1, Zona Bouchard). Allí, el sustrato está formado por arenas y limos con contenido alto a moderado de

hielo, hasta por lo menos -85 m de profundidad, detectado por métodos geoelectrónicos. El contenido máximo de hielo fue hallado entre -65 m y -85 m de profundidad.

La abundante presencia de hielo dentro del sustrato proporciona una herramienta para explicar el burbujeo natural de metano observado en el área (Figura 1, zona de Bouchard). Una explicación factible sería que el metano está contenido en reservorios congelados ubicados a profundidades relativamente bajas (c. 100-300 m). Estos reservorios permanecen estables mientras el sustrato se halla a muy bajas temperaturas, liberándose metano cuando ciertas condiciones varían, principalmente aumenta la temperatura.

Conclusiones

La presencia de hidrocarburos gaseosos (desde metano = C1 a pentano = C5) en sedimentos marinos (Tabla I) y el burbujeo de metano (Tabla II) sugieren la presencia de acumulaciones de gas en el sustrato de las áreas marinas investigadas en este estudio. Esto es compatible con las ideas de McDonald et al. [4], quienes dedujeron que en esta región habría reservorios de hidrocarburos poco profundos, los cuales contendrían potencialmente principalmente gas.

La liberación de metano desde el sustrato oceánico congelado, adyacente a la isla Marambio, estaría vinculada a la inestabilidad climática del Cenozoico Tardío, cuando vastas áreas de la plataforma continental antártica fueron inundadas durante una transgresión marina que ocurrió hace 18.000 años, después del Último Máximo Glacial (UMG). Así, el calor cedido desde mar hacia el sustrato marino, ahora inundado, sería responsable de la desestabilización de las acumulaciones congeladas de gas, las cuales se habrían formado originalmente dentro de permafrost subaéreo, durante el UMG. Es decir, en un proceso similar al ocurrido en el Ártico [13].

Abundante burbujeo de metano desde el lecho marino ocurre mayormente en la costa de las islas antárticas situadas en el extremo NW del mar de Weddell, por ejemplo, en la isla Marambio. Las emanaciones de metano (burbujas) suelen ser más fuertes, abundantes y frecuentes durante las mareas bajas. Esto sugiere que el gas podría acumularse en reservorios submarinos poco profundos durante las mareas altas, para ser liberado cuando la presión del agua disminuye por debajo de cierto nivel. Además, el rápido calentamiento del clima que está ocurriendo en el extremo norte de la península Antártica [14-18] habría contribuido a acelerar la desestabilización de los reservorios y la fusión del gas congelado contenido en el sustrato marino de la zona. Las consecuencias de este calentamiento se reflejan en la desintegración de las barreras de hielo a lo largo de la Antártida Occidental [19] [20]. Las temperaturas recientes son extremadamente altas, estableciendo un nuevo récord de +16.5 ° C, registrado en marzo de 2015, en la Estación Meteorológica de la Base Esperanza. Esto es un evento sin precedentes en el Holoceno [14].