

El acceso libre a la autopista de la Internet, ha permitido que países en vías de desarrollo como Colombia, puedan conocer el “norte” de la ciencia y la tecnología en temas relacionados con la aplicación de la metrología para beneficio de la sociedad.

En el CDT de GAS seguimos atentos a los movimientos internacionales, mediante la vigilancia tecnológica y la inteligencia competitiva; continuamos en esta sección compartiendo dicha información para que los lectores conozcan hacia donde se dirige la investigación, y como valor agregado en cada entrega, haremos un análisis particular del por qué y para qué estos esfuerzos están siendo realizados.

Ciencia básica de los **Efectos del Metano** sobre el cambio climático.

Estado del arte y escenario de reducción.

Víctor Manrique (vmanrique@cdtdegas.com)

Corporación CDT de GAS
Piedecuesta - Santander - Colombia

Resumen:

Dada la preocupación mundial sobre el Cambio Climático, científicos e ingenieros de todo el planeta trabajan permanentemente por encontrar soluciones que permitan reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente las emisiones antropogénicas de metano, por su mayor potencial de calentamiento global, y por su valor como recurso energético. El Panel Intergubernamental de Cambio Climático -IPCC, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos -EPA y la Iniciativa Global del Metano -GMI, la Agencia Internacional de la Energía -IEA, la Organización Environmental Defense Found -EDF, y consultores especializados como ICF International, son algunas de las entidades privadas o gubernamentales que en los últimos tres años han contribuido a mejorar significativamente el conocimiento sobre el papel que las emisiones antropogénicas de metano juegan dentro de la química atmosférica, y a proponer los escenarios para el desarrollo y despliegue de las alternativas tecnológicas para su reducción costo-efectiva, que se resumen en este artículo.

Fotografía: Burbujas de metano congeladas

Cuando los suelos cubiertos de hielo (permafrost) se derriten, las antiguas tundras y bosques se convierten en humedales y lagos (thermokarst). El carbono almacenado en la tierra congelada y la nieve es consumida por microorganismos, los cuales liberan gas metano al ambiente. Cuando los lagos de hielo se congelan en invierno, las burbujas de metano quedan atrapadas en el hielo.

Ubicación: Alaska
Creditos: Miriam Jones, USGS

1. INTRODUCCIÓN.

El metano es un gas hidrocarburo de la familia de los alcanos, de fórmula química CH_4 , que se forma principalmente por la descomposición de materia orgánica. Es un gas incoloro, inodoro, insoluble en agua y de menor densidad que el aire. El metano está presente en la naturaleza, pues se produce por la descomposición de materia orgánica. También es el principal componente del gas natural, y por lo tanto, un valioso recurso energético.

El metano en la atmósfera es considerado como un gas de efecto invernadero -GEI- relativamente potente, y por lo tanto uno de los forzadores del fenómeno de Calentamiento Global. A pesar de que su vida media en la atmósfera es relativamente corta ($12,4 \pm 3$ años), el metano tiene un efecto 28 a 32 veces mayor que el dióxido de carbono (en un horizonte de tiempo de 100 años).

El más reciente Informe **Climate Change 2013: The Physical Science Basis** del “Quinto Reporte de Evaluación” (Fifth Assessment Report - AR5) del Panel Intergubernamental de Cambio Climático -IPCC-, reúne los recientes descubrimientos, resultados de investigaciones y escenarios del rol del metano frente al cambio climático. Este Informe -del cual se basa el presente Artículo- da cuenta de un impacto relativamente mayor que el previsto en los anteriores Informes, y señala que cerca del 16%

de las emisiones antropogénicas de GEI corresponden a metano, que para el año 2010, alcanzaron las $7.8 \pm 1.6 \text{ GtCO}_2\text{e/año}$ (50-65% de las emisiones totales de metano). Por estas razones, y sumado a su importancia como recurso energético, dentro de los escenarios de políticas energéticas y climáticas se considera que la reducción de las emisiones de metano antropogénicas es crucial para alcanzar los objetivos de mitigación del Calentamiento Global.

2. PRINCIPALES FUENTES DE EMISIONES DE METANO

Dentro del ciclo biogeoquímico del metano, existen tres tipos de orígenes de las emisiones de metano a la atmósfera: biogénico, pirogénico y termogénico, que además pueden darse como resultado de actividades humanas o de procesos naturales (Ver Figura 1).

- **Fuentes biogénicas.** Las fuentes biogénicas están relacionadas con la degradación de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas (humedales, fermentación entérica, cultivos de arroz, rellenos sanitarios y termitas). Se estima que las emisiones de metano de origen biogénico durante la década 2000-2009 fueron de 177 a 284 $\text{TgCH}_4/\text{año}$ debidas a humedales y de 187 a 224 $\text{TgCH}_4/\text{año}$ para emisiones originadas por actividades agropecuarias y por residuos.

Dentro del término “humedales” se incluye una amplia variedad de ecosistemas, como pantanos, ciénagas y tierras inundadas. Debido a que las emisiones de los humedales varían sensiblemente con los cambios estacionales de temperatura y precipitación, se ha determinado con alta confiabilidad que estas emisiones son el principal promotor de las variaciones interanuales de las emisiones globales de metano.

Por otra parte, las emisiones de metano por cultivos de arroz alcanzan las 33-40 $\text{TgCH}_4/\text{año}$ de las cuales el 90% se emiten en la zona tropical de Asia, especialmente China e India, y las emisiones por ganadería (fermentación entérica y manejo de estiércol) se estiman entre 87-94 $\text{TgCH}_4/\text{año}$, con la mayor contribución proveniente de China, India, Brasil y EEUU.

- **Fuentes pirogénicas.** Estas fuentes están relacionadas con la combustión incompleta de biomasa o de biocombustibles, y se estiman entre 32-39 $\text{TgCH}_4/\text{año}$ durante la década 2000-2009. La quema de biomasa de bosques tropicales y boreales ($17-21 \text{ TgCH}_4/\text{año}$) tiene un impacto menor que las emisiones por

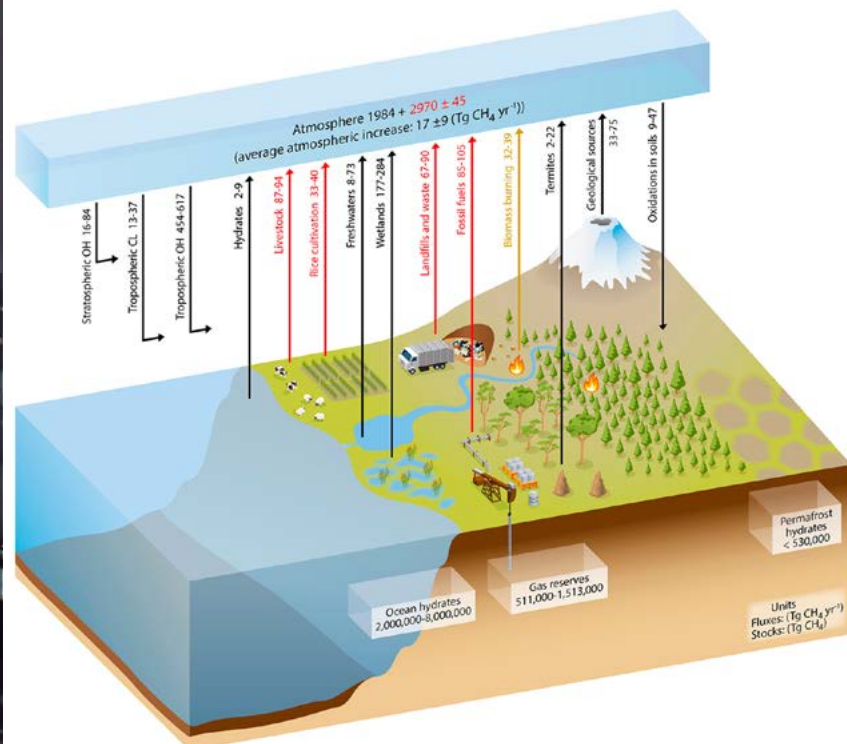


Figura 1. Ciclo biogeoquímico del metano (Fuente IPCC)

humedales sobre las variaciones interanuales de emisiones, excepto en los años con Fenómeno del Niño, donde se pueden presentar incendios más intensos y prolongados.

- **Fuentes termogénicas.** Se refiere al metano contenido en los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural), formados a partir de la transformación de materia orgánica por procesos geológicos.

La producción de gas natural (compuesto por un 80-98% de metano) ha estado asociada a la producción de petróleo desde sus comienzos. Sin embargo, debido a la falta de infraestructura e incipientes mercados, durante mucho tiempo se consideró el gas natural como un subproducto sin valor económico que se venteara directamente a la atmósfera, se re-inyectaba a los pozos, o se quemaba sin propósitos energéticos. Actualmente esta situación ha cambiado, pero a pesar de que el gas natural se aprovecha en la mayoría de regiones productoras, se producen emisiones de metano debidas principalmente a fugas y venteos de gas natural. Solamente en los Estados Unidos estas emisiones alcanzan los 85-105 TgCH₄/año, cerca de un 3% de la producción anual. ((EPA, 2006; Olivier and Janssens-Maenhout, 2012).

Por otra parte, también es importante considerar las emisiones geológicas de metano que incluyen filtraciones marinas y terrestres de metano, emisiones de volcanes, y emisiones de hidratos de metano, que todas juntas ascienden a 42-64 TgCH₄/año. De esta forma, el componente de emisiones termogénicas se estima cercano al 30% de las emisiones totales de metano.

En la tabla 1 resume los inventarios de emisiones globales de metano, para las tres últimas décadas. Estos Inventarios fueron estimados por el IPCC en su Quinto Reporte de Evaluación (2013) a partir de un enfoque *Bottom-up* (de abajo hacia arriba) es decir, a partir de la disgregación de las fuentes principales y el uso de información disponible como estudios e inventarios de emisiones particulares para cada tipo de fuente puntual. (IPCC,2013)

3. CARACTERÍSTICAS DEL METANO COMO GAS DE EFECTO INVERNADERO

A continuación se presentan tres aspectos relevantes relacionados con las observaciones y mediciones del metano y su interacción en la química atmosférica: (1) sus niveles de concentración en la atmósfera, (2) su forzamiento radiativo y (3) su potencial de calentamiento global, que son las métricas utilizada para evaluar y comparar cuantitativamente el impacto del metano respecto a otros gases de efecto invernadero.

3.1 Niveles de concentración.

De acuerdo con el IPCC, las concentraciones actuales de CH₄ exceden las concentraciones más altas registradas en núcleos de hielo durante los últimos 800.000 años. Así, la concentración de metano en la atmósfera se ha incrementado notablemente desde 722±25 ppb en 1750, hasta alcanzar 1803±4 ppb¹ en 2011, la cual es un 150% mayor respecto a los niveles de la era pre-industrial.

Sin embargo, como se observa en la Figura 2, entre 1999 y 2006 la tasa de crecimiento se redujo hasta prácticamente cero, y la concentración de metano en la atmósfera se mantuvo relativamente estable. Esto sugiere un equilibrio aparente entre

FUENTE	1980 - 1989	1990 - 1999	2000 - 2009
Fuentes Naturales	355 [244-466]	336 [230-465]	347 [238-484]
Humedales naturales	225 [183-266]	206 [169-265]	217 [177-284]
Otras fuentes	130 [61-200]	130 [61-200]	130 [61-200]
Fuentes Antropogénicas	308 [292-323]	313 [281-347]	331 [304-368]
Agricultura y residuos	185 [172-197]	187 [177-196]	200 [187-224]
Quema de biomasa y biocombustibles	34 [31-37]	187 [177-196]	200 [187-224]
Combustibles fósiles	89 [89-89]	84 [66-96]	96 [85-105]
TOTAL	663 [536-789]	649 [511-812]	678 [542-852]

Nota: Valores en TgCH₄/año. Los valores entre corchetes indican los límites superior e inferior alrededor del valor central representativo.

Tabla 1. Inventario de emisiones de metano de las tres últimas décadas.

¹ ppb: part per billion (1/1000 millones)

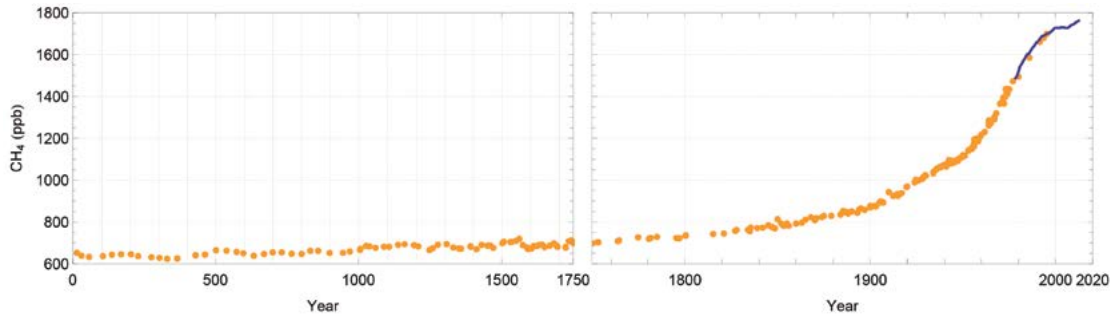


Figura 2. Aumento de la concentración de metano en la atmósfera desde la era pre-industrial (Fuente IPCC).

las fuentes y sumideros, cuyas razones no han sido totalmente establecidas. Sin embargo, a partir de 2007 la concentración de metano en la atmósfera ha vuelto a incrementar, con tasas de crecimiento anómalas, de 21TgCH₄/año y 18 TgCH₄/año para los años 2007 y 2008. La razón de estos incrementos se asocia al aumento de humedales por causa del Fenómeno del Niña ocurrido durante estos años, sin embargo aún no se ha podido establecer si este aumento corresponde a la variabilidad interanual, o a una tendencia de crecimiento sostenida.

3.2 Forzamiento Radiativo.

El concepto de Forzamiento Radiativo - FR se utiliza para evaluar y comparar la potencia de los mecanismos que afectan el balance de radiación de la Tierra y que causan el Cambio Climático. El FR se define como el cambio neto en el balance de energía de la Tierra, debida a las perturbaciones dadas, y se expresa en unidades de watts por metro cuadrado (W/m₂) con referencia a un período de tiempo.

El FR total entre 1750 y 2011 debido a causas antropogénicas es de +2,29 [1,13-3,33] W/m₂ y se ha incrementado más rápido desde 1970 que durante las décadas anteriores. El FR de las emisiones de gases de efecto invernadero bien mezcladas (CO₂, CH₄, N₂O, y halocarbonos) para 2011 con respecto a 1750 es de 3,00 [2,22-3,78] W/m².

Las emisiones de CH₄ han causado un FR de 0,97 [0,74-1,20] W/m², lo cual es significativamente mayor que la anterior estimación de 0,48 [0,38-0,58] W/m² reportada por el IPCC en su Informe

AR4 (2007), y se debe a los cambios en la concentración de ozono y vapor de agua estratosférico promovidos por las emisiones de CH₄.

3.2 Potencial de calentamiento Global -GWP

El GWP es un indicador de la energía total añadida a un sistema por un determinado componente, tomando como referencia la energía añadida por el CO₂. Es una de las métricas más importantes y comúnmente utilizadas para cuantificar las contribuciones de diferentes sustancias al Calentamiento Global, comparar las emisiones de diferentes regiones, sectores y fuentes y establecer políticas de mitigación.

El GWP se utiliza como un parámetro para comparar las emisiones de diferentes gases en una misma escala, llamada “emisiones de CO₂ equivalente”, sobre diferentes escalas de tiempo (convencionalmente 20, 100, y 500 años). La Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático -CMNUCM ha adoptado el GWP en un horizonte de 100 años, como la métrica utilizada para establecer los objetivos de reducción de emisiones de GEI con un enfoque reducción de múltiples gases, implementado en el Protocolo de Kyoto de 1997.

En la tabla 2 resume los cambios en la estimación del GWP del metano, publicados en diferentes reportes del IPCC desde 2001.

Diferentes factores contribuyen a la incertidumbre del GWP del CH₄, incluyendo su tiempo de vida en la atmósfera y la eficiencia radiativa. En general, para el GWP con horizonte a 100 años se ha estima-

Informe IPCC	Tiempo de vida (años)	GWP (20 años)	GWP (100 años)	GWP (500 años)
Fifth Assessment Report AR5 (2013)	12,4	84-86	28-34	
Fourth Assessment Report AR4 (2007)	12	72	25	7,6
Third Assessment Report TAR (2001)	12	62	23	7

Tabla 2. Potencial de Calentamiento Global del Metano.

do una incertidumbre de -30%/+40% (90% de cobertura) (Reisinger, 2011) y mediante simulaciones de Monte Carlo, del orden de ±20% (90% de cobertura) (Boucher, 2012).

4. OPORTUNIDADES DE MITIGACIÓN - ESCENARIO “4 PARA 2 °C”

La Agencia Internacional de la Energía - IEA ha publicado recientemente un informe llamado “Redrawing the Energy-Climate Map” (2013) que propone un escenario que permitiría reducir hasta 3,1GtCO₂e de emisiones para el año 2020, es decir, el 80% de la reducción de emisiones necesaria para mantener abierta la puerta, hasta 2020, al objetivo de limitar el calentamiento global a 2 °C sin coste económico neto.

El escenario -llamado 4 para °2C - incluye cuatro políticas que podrían contribuir a reducir significativamente las emisiones del sector energético hasta 2020, mientras avanzan las negociaciones internacionales sobre el Clima en la Conferencia de las Partes en París en 2015 que conduzcan a la implementación de nuevas políticas a partir de 2020, como parte de un Acuerdo Internacional. Además, estas políticas se basan en tecnologías existentes, y probadas, y en general su implementación no perjudicaría ni limitaría el crecimiento económico de ningún país. (IEA, 2013)

Estas cuatro políticas propuestas por la IEA son:

- Adoptar medidas concretas en materia de eficiencia energética (contribuiría al 49% de la reducción de emisiones).
- Limitar la construcción y el uso de las centrales de carbón menos eficientes (21%).
- Minimizar las emisiones de metano (CH₄) derivadas de la producción de petróleo y gas natural (18%).
- Acelerar la eliminación progresiva (aunque parcial) de las subvenciones al consumo de combustibles fósiles (12%)

En particular, la Política de reducción de emisiones de metano derivadas de la producción de petróleo y gas natural, propone reducir a un 50% estas emisiones, respecto al escenario *business as usual* (sin la implementación de medidas de reducción) que se alcanzaría en 2020. Esta reducción contribuirá a lograr un 18% del objetivo total de las 3,1GtCO₂e, y se alcanzaría mediante la implementación de tecnologías disponibles y de mejores prácticas operativas, que ya están siendo utilizadas, y que además permitirían a las empresas del Sector Oil&Gas obtener beneficios operativos y económicos adicionales, como lo señala la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA) a través de su programa Natural Gas STAR.

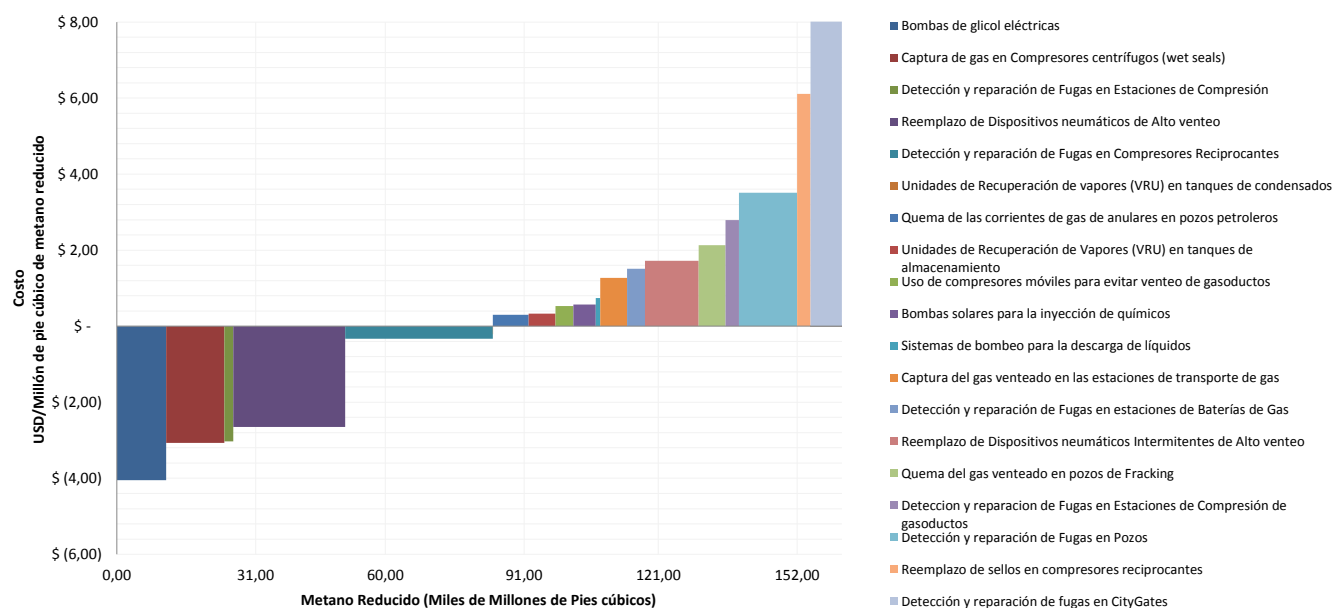


Figura 3. Curvas de abatimiento de costo marginal para la reducción de emisiones de metano. (fuente EDF)

En este sentido, en abril de 2014, el presidente Obama anunció un ambicioso Plan Multisectorial de Reducción de Emisiones de Metano para Estados Unidos, - que involucra al sector Oil&Gas - y que busca reducir hasta 90 millones de tonCO₂e y así contribuir al objetivo de lograr en 2020 una reducción total del 17% por debajo de los niveles de emisiones de 2005. (U.S White House, 2014)

De acuerdo con un estudio de Environmental Defense Found (EDF) e ICF International, ya están disponibles las tecnologías y mejores prácticas que permitirán reducir, entre 2011-2018, hasta 163 billones de pies cúbicos (Bscf) de metano emitidos en los sistemas Oil&Gas de Estados Unidos, Esto corresponde a una reducción del 40% de las emisiones *business as usual* que se alcanzarían en 2018, con un costo neto de USD108 millones por año o USD0,66 por millon de pie cubico de gas (Mscf) dejado de emitir.

La Figura 3, presenta la curva de costo de abatimiento de emisiones de metano para el sector petróleo y gas, con las tecnologías y medidas aplicables actualmente. Como se observa, existen medidas de abatimiento con costo negativo (que generarán ahorros anuales de hasta \$164 millones de dólares por año, por el aprovechamiento del gas recuperado), y medidas de costo positivo (costo de USD 272 millones de dólares anuales). (EDF, 2014)

Por ejemplo: el reemplazo de las bombas neumáticas Kimray (impulsadas por gas) por bombas de glycol eléctricas en las plantas de deshidratación de gas natural, tienen un costo negativo de USD 4/Mscf de metano reducido, mientras que la implementación de programas de detección y reparación de fugas (LDAR) en las compañías de distribución de gas natural, tiene un costo positivo de USD19,75Mscf de metano reducido (con un precio de referencia de USD4/Mscf del gas natural.)

5. REFERENCIAS:

[1] Ciais, P., et al. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

[2] Myhre, G., et al. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution

of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

[4] United States Environmental Protection Agency. Global Mitigation of Non-CO₂ Greenhouse Gases: 2010-2030. Informe: EPA-430-R-13-011. Washington, 2013

[5] United States Environmental Protection Agency. Global Anthropogenic Non-CO₂ Greenhouse Gas Emissions: 1990 - 2030. Informe EPA 430-S-12-002. Washington, 2012

[6] Global Methane Initiative. Emisiones Mundiales de Metano y Oportunidades de Atenuación. 2011.

[7] International Energy Agency. Redrawing the Energy-Climate Map. World Energy Outlook Special Report. Francia, 2013.

[8] Dlugokencky, E. J., et al., 2009: Observational constraints on recent increases in the atmospheric CH₄ burden. Geophys. Res. Lett., 36, L18803.

[9] Reisinger, A., M. Meinshausen, and M. Manning, 2011: Future changes in global warming potentials under representative concentration pathways. Environ. Res. Lett., 6, 024020.

[10] Reisinger, A., M. Meinshausen, M. Manning, and G. Bodeker, 2010: Uncertainties of global warming metrics: CO₂ and CH₄. Geophys. Res. Lett., 37, L14707.

[11] Boucher, O., 2012: Comparison of physically- and economically-based CO₂-equivalences for methane. Earth Syst. Dyn., 3, 49-61.

[12] US White House. Climate Action Plan - Strategy to reduce methane emissions. 2014 Disponible en http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/strategy_to_reduce_methane_emissions_2014-03-28_final.pdf

[13] Environmental Defense Fund & ICF International. Economic Analysis of Methane Emission Reduction Opportunities in the U.S. Onshore Oil and Natural Gas Industries. 2014