

EL ROL MICROBIANO EN EL CAMBIO CLIMÁTICO



El metano es el componente principal del gas natural. Es el segundo gas de efecto invernadero más abundante y el mayor contribuyente al calentamiento global luego del dióxido de carbono.



70% de la producción de metano proviene de **microbios**. Esto significa que se cree que una larga porción del calentamiento global está controlado por microorganismos. Los humanos son responsables por muchas de estas emisiones por crear ambientes en donde estos microorganismos prosperan.

Marcadores de metano

Los organismos microbianos que producen metano se llaman **metanógenos**.

Estos producen metano como parte final en la descomposición de materia orgánica y existen en muchos ambientes diferentes a través del mundo.



Todos los metanógenos son organismos unicelulares pertenecientes del dominio **Arquea**, un grupo de formas de vida que difieren en su composición y estructura celular de las bacterias y eucariotas (que incluyen animales, plantas y hongos).



Todos los metanógenos son anaeróbicos - diferente a nosotros, ellos **no pueden sobrevivir con el oxígeno** y muchos prosperan en ambientes que están completamente libres de él.



El record actual de **crecimiento a temperaturas extremadamente** altas pertenece a un metanógeno. *Methanopyrus kandleri* crece en el fluido de las fumarolas hidrotermales 122°C/252°F.

Consumidores de metano

Los **metanotrofos** son microbios que consumen metano para energía.

Esta habilidad les ha brindado consideración especial en el esfuerzo de reducir emisiones de metano naturales y antropogénicas.

En comparación a los metanógenos, los metanotrofos están distribuidos dentro de los dominios **Arquea** y **Bacteria**.



Los metanotrofos pueden ser **aeróbicos** o **anaeróbicos**. Algunos **requieren oxígeno** para vivir y crecer, mientras que otros **no pueden vivir en presencia de oxígeno**.



Aunque, un anaerobio, *Methylospirillum oxyfera* produce oxígeno en su célula para convertirlo en metano. Esta bacteria cataliza una de las pocas reacciones conocidas que producen oxígeno.



DATO CURIOSO

Se estima que la metanogénesis tiene más de 3 billones de años de antigüedad, colocándola como un metabolismo antiguo.

Metanogénesis

El metano se forma como un producto secundario cuando los metanógenos metabolizan su alimento como fuente para producir energía. Este proceso microbiano de crear metano se llama **metanogénesis**.

La metanogénesis se puede lograr por reacciones diferentes. Dos de las más comunes incluyen:

Metanogénesis reductora de CO₂



Metanogénesis acetoclástica



*Estos son dos ejemplos de muchos otros tipos de reacciones metanogénicas que utilizan diferentes productos químicos de partida.

Metanotrofia

Los metanotrofos consumen metano para extraer energía en un proceso conocido como **metanotrofia**.

Diferente a la metanogénesis, la metanotrofia existe en ambientes libres de oxígeno y a su vez, en aquellos que contienen oxígeno. Se utiliza el oxígeno para convertirlo en metano, pero en ambientes libres de oxígeno se utilizan otros compuestos como sustituto.

Metanotrofia aeróbica



Metanotrofia anaeróbica (con sulfato)



*Estos son dos de los tipos de metanotrofia más importantes, pero muchas otras reacciones existen.

DATO CURIOSO

En un ejemplo de simbiosis microbiana, agregados de bacterias y arqueas metanotróficas convierten el metano a dióxido de carbono.

¿Dónde en el mundo se produce metano?



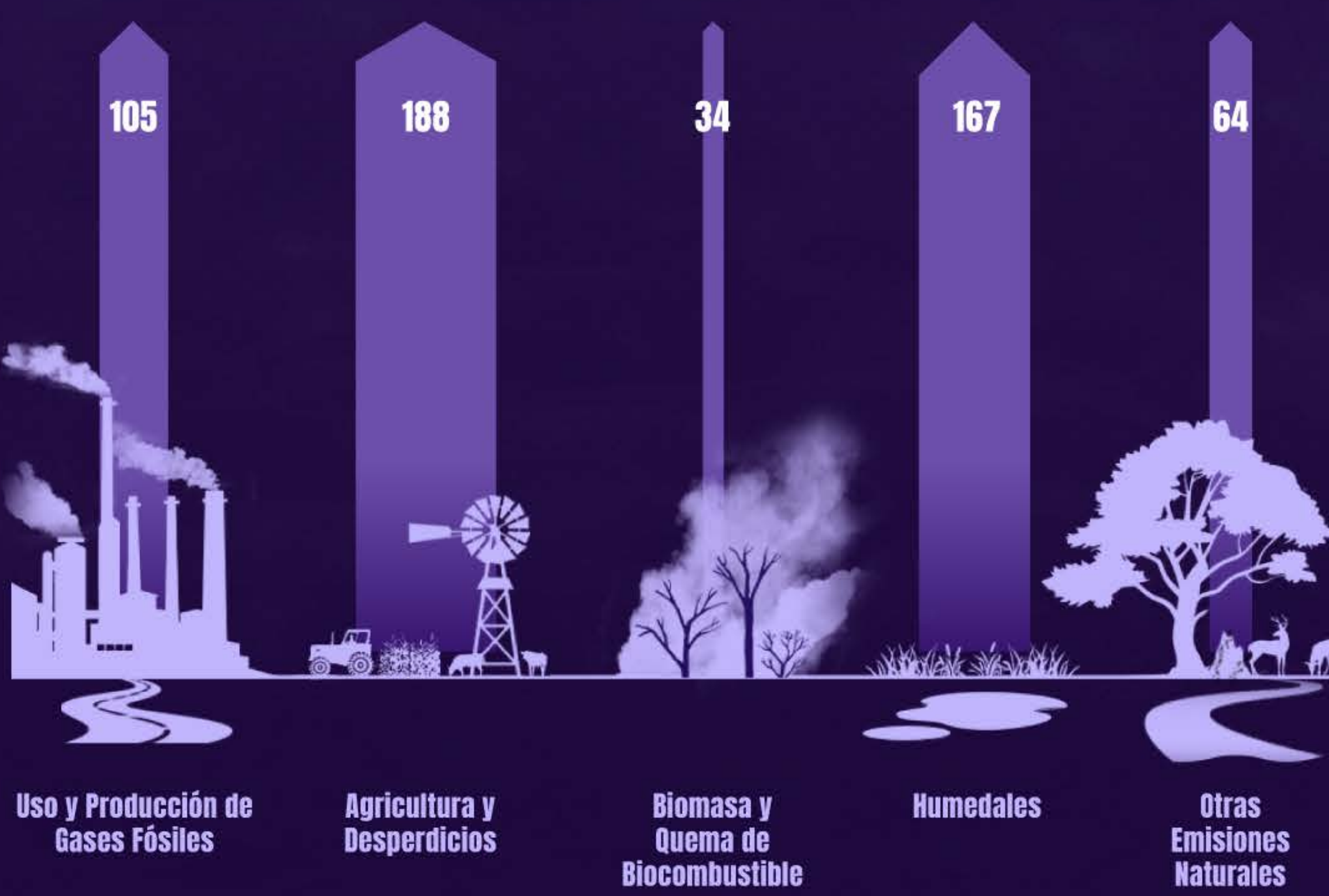
¿Dónde en el mundo se consume metano?



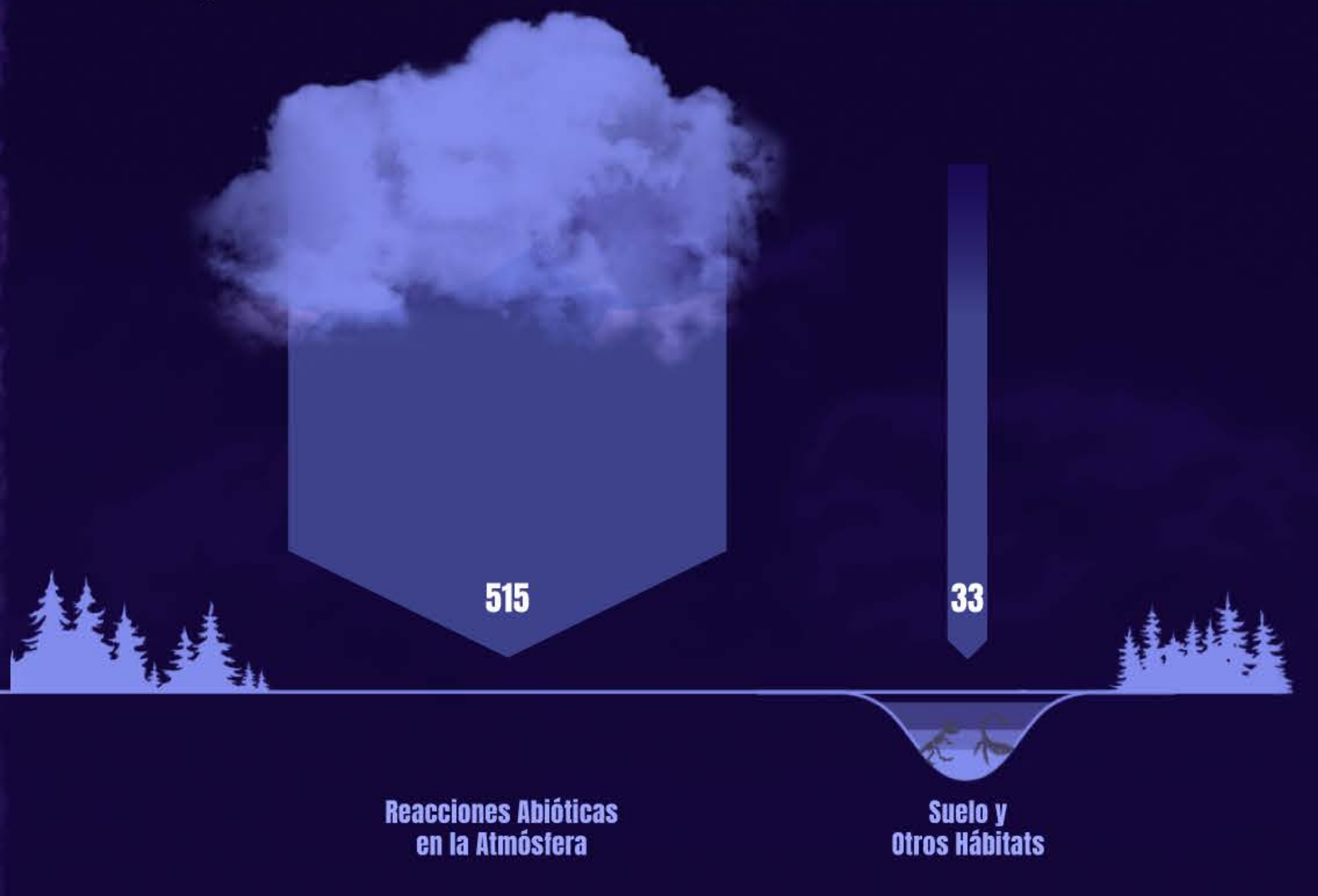
Presupuesto Global de Metano

El presupuesto global de metano representa el balance entre las emisiones y remoción del mismo en la atmósfera de la Tierra. Este diagrama muestra los ambientes más importantes en donde se emite metano (fuentes) y degrada (deposita). La mayor parte del metano es producido por microorganismos o liberado por hidratos de gas y luego, es inmediatamente consumido por microorganismos evitándole llegar a la atmósfera; se recicla. Estos diagramas muestran las emisiones netas de metano y su remoción de la atmósfera.

Emisiones totales **576-737** Millones de toneladas métricas/año



Depósitos totales **556-625** Millones de toneladas métricas/año

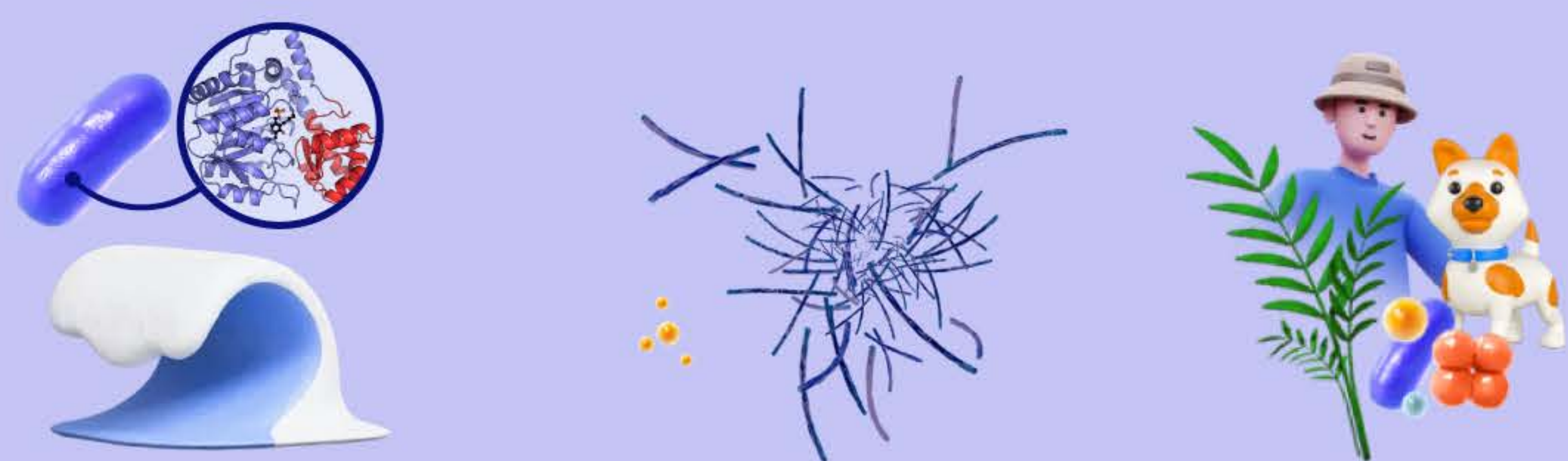


Los metanógenos producen aproximadamente 1 billón de toneladas métricas de metano anualmente. Los hidratos de gas en aguas profundas liberan otro billón de toneladas.



Aproximadamente tres cuartas partes del metano es reciclado por metanotrofos y no llega a la atmósfera. La mayoría del metano se convierte en dióxido de carbono, la cual es sustrada por otras formas de vida.

Nuevas Fuente de Metano y sus Marcadores

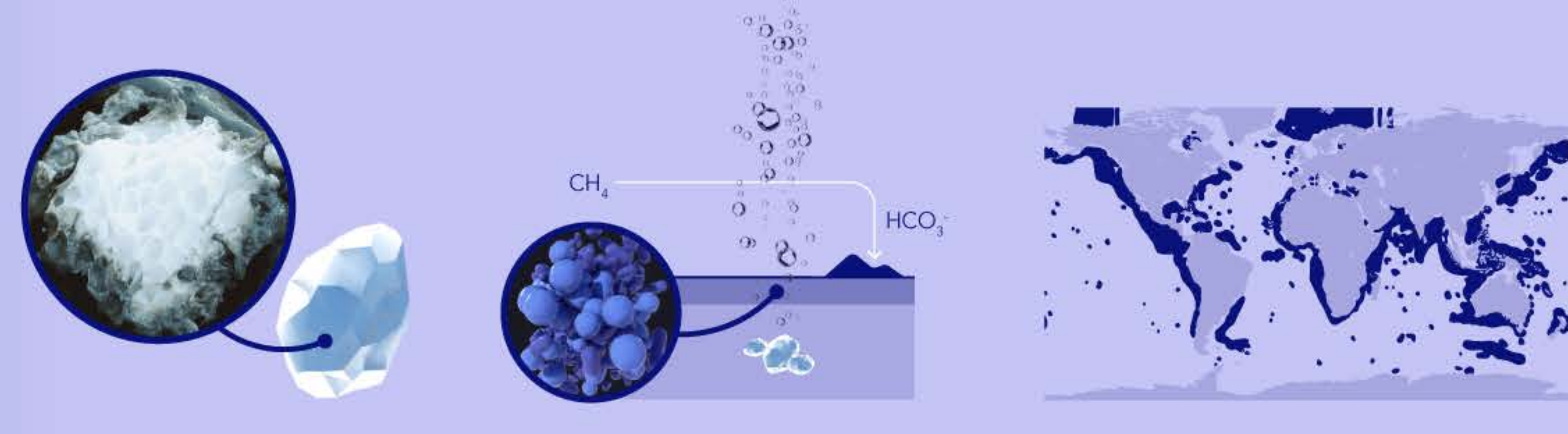


Encontrar metano en agua dulce y océanos ricos en oxígeno, donde los metanógenos no pueden sobrevivir, es un rompecabezas. Estudios recientes indican que enzimas llamadas **C-P liasas** y **aspartato aminotransferasas** son responsables de este metano.

Por más de 40 años se pensaba que la metanogénesis estaba restringida a un linaje singular de arqueas. Nuevas investigaciones sugieren que más de un linaje de arqueas pueden crecer por metanogénesis; creando importantes preguntas sobre cuál de estos microbios crea el metano en el ambiente.

En algunos tipos de células, reacciones abióticas producen concentraciones pequeñas de metano por estrés oxidativo en células y tejidos.

Metanotrofos como Mitigadores de Crisis



Los **hidratos de metano** son jaulas de hielo en donde el metano está atrapado. La energía almacenada en estos hidratos es mayor a la almacenada en carbón, gas y aceite combinados.

Los hidratos pueden filtrarse en la columna de agua y atmósfera a través de filtraciones frías en el fondo del océano, donde los metanotrofos anaeróbicos convierten aproximadamente 90% del metano filtrado en depósitos de carbonato que construyen arrecifes microbianos.

Los hidratos de metano están dispersos a través de todo el suelo oceánico. El metano filtrado por los hidratos probablemente resulto en eventos de extinción masiva en el pasado. Hoy, metanotrofos remueven ~90% de ese metano filtrado para que no llegue a la atmósfera.

FUENTES IMPORTANTES

¹Saunio et al. *The Global Methane Budget 2000-2017*. Earth Syst Sci Data (2020). ²Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2021. The Physical Science Basis. Summary for Policymakers*. (2021) ³García et al. *Diversity and Evolution of Methane-Related Pathways in Archaea*. Annu Rev Microbiol (2022). ⁴Thauer et al. *Methanogenic archaea: ecologically relevant differences in energy conservation*. Nat Rev Microbiol (2008) ⁵Knittel and Boetius. *Anaerobic oxidation of methane: progress with an unknown process*. Annu Rev Microbiol 63 (2009). ⁶Evans et al. *An evolving view of methane metabolism in the Archaea*. Nat Rev Microbiol (2019)