

¿PODRÁN AYUDARNOS LAS BACTERIAS QUE COMEN METANO A REDUCIR LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO?

Angela Lafuente^{1,2*}, Concha Cano-Díaz¹

¹Departamento de Biología y Geología, Física y Química Inorgánica, Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología, Universidad Rey Juan Carlos, Móstoles, Spain

²College of Forest Resources and Environmental Science, Michigan Technological University, Houghton, MI, United States, Singapore

YOUNG REVIEWER:



SEBASTIAN

EDAD: 10

¿Qué son las zonas secas? Quizás lo primero que nos venga a la cabeza sea algún tipo de desierto en el que nada viva ni crezca. Pero a pesar de la escasez de agua que caracteriza estos ecosistemas, son diversos y van a aumentar como consecuencia del cambio climático. El aumento de gases de efecto invernadero en nuestra atmósfera es la principal causa del calentamiento global. Para solucionar este problema, primero debemos reducir nuestras emisiones de gases de efecto invernadero, pero el estudio de los microorganismos que encontramos en la naturaleza también podría ser clave. Los microorganismos viven en todos los ambientes de la Tierra, y por suerte, ¡algunos se alimentan de gases de efecto invernadero! En este artículo, os contamos nuestra búsqueda de bacterias del suelo que pueden consumir metano (CH₄), uno de los gases con

efecto invernadero más potente. Para nuestra sorpresa, ¡encontramos a estas bacterias en suelos áridos de todo el mundo!

ZONAS SECAS: EL ECOSISTEMA MÁS GRANDE DEL MUNDO

La lluvia es muy escasa en las zonas secas y por eso no tienen una vegetación muy exuberante. Pero existe una gran variabilidad de ambientes dentro de los ecosistemas áridos que cubren desde el lugar más seco de la tierra, el desierto cálido de Atacama en Chile, a los frondosos bosques de eucaliptos en Australia donde viven los koalas (Figura 1.1). También contienen una gran cantidad de organismos, y muchos de ellos son plantas y animales que solo viven en estos ecosistemas áridos ya que se han adaptado a sus condiciones extremas. Las zonas secas son el ecosistema terrestre más grande del planeta, ya que ocupan casi la mitad de su superficie (45%) y más del 40% de la población mundial vive en ellas. Por todo esto, es extremadamente importante estudiar las tierras áridas del mundo.

Figura 1

Metodología para encontrar y estudiar los metanotrofos del suelo. Seleccionamos tierras secas a lo largo del mundo y tomamos muestras de suelo (1). Analizamos las propiedades de estos suelos, tales como la materia orgánica del suelo y su acidez: el pH (2). Extraemos la información genética (ADN) de las bacterias que viven en estos suelos (3). Estudiando su ADN, obtenemos información acerca de la abundancia, riqueza y estructura de la comunidad de los metanotrofos que hay en cada muestra de suelo (4, 5). Con nuestros datos, calculamos cuáles son las condiciones climáticas y del suelo más importantes para los metanotrofos (6).



Figura 1

FACTORES ABIÓTICO

Son los componentes no vivos de un ambiente, como la temperatura, el agua o la luz.

De la misma manera que están conectadas las plantas y el agua, en la naturaleza lo que está vivo y lo que no lo está se relaciona muy estrechamente a través de lo que llamamos ciclos. Llamamos **factores abióticos** a los elementos naturales

ARIDEZ

Relación matemática entre la precipitación (lluvia, niebla o nieve) y la evaporación del agua. Describe la falta de agua de un ecosistema.

que no están vivos. El agua es el elemento más importante para los procesos relacionados con la vida, desde el crecimiento de las plantas, al desarrollo de comunidades de microorganismos del suelo. Por esto, el factor abiótico más importante en un ecosistema es el agua. Medimos la disponibilidad de agua mediante la **aridez**, que es una relación matemática entre la cantidad de precipitaciones (lluvia, niebla o nieve) y la evaporación del agua en ese ecosistema. Un lugar será más árido cuanto menos agua disponible tenga (Figura 1.1).

Como en las tierras secas el agua no está siempre disponible, esto afecta enormemente a los ciclos naturales entre los seres vivos y los factores abióticos. Cuando no hay agua de lluvia y la humedad baja, esto afecta al ciclo del carbono (C) y del nitrógeno (N), y reduce su abundancia en el suelo, lo que afecta a plantas, animales y también a los microorganismos. Este es uno de los motivos por los cuales los ecosistemas áridos son tan vulnerables al cambio climático.

BACTERIAS DEL SUELO Y METANO

La atmósfera es una capa gaseosa que rodea nuestro planeta y nos protege de la radiación solar, además de ayudar a mantener la temperatura de la Tierra. Los principales componentes de la atmósfera son el nitrógeno (78%) y el oxígeno (21%), pero además de estos hay muchos otros elementos. Algunos gases atmosféricos como el dióxido de carbono (CO_2) y el vapor de agua son gases de efecto invernadero. Se llaman así porque atrapan el calor del sol y no lo dejan salir, tal y como ocurre con el cristal que rodea los invernaderos. Estos elementos, dejan que la luz del sol llegue a la superficie de la Tierra pero evitan que salga el calor a través de la atmósfera. Esta captura de calor contribuye al calentamiento del planeta.

Los humanos contribuimos en la producción de gases de efecto invernadero, y el CO_2 es, de entre todos, el más abundante generado en la quema de combustibles fósiles. Le sigue el metano (CH_4), que es una molécula formada por un átomo de carbono (C) y cuatro átomos de hidrógeno (H). El efecto invernadero provocado por una sola molécula de CH_4 es equivalente a 25 moléculas de CO_2 , convirtiendo al CH_4 en un gas de efecto invernadero muy potente. El metano lo producen los **metanógenos**, un grupo de microorganismos que no necesita el oxígeno para vivir, y de esta forma pueden habitar lugares sin oxígeno como arrozales, el sedimento de los lagos y los humedales. Pero los metanógenos también pueden vivir en el tracto digestivo de los animales, como por ejemplo en el estómago de rumiantes... ¡e incluso humanos! ¡Los metanógenos son los responsables de los eructos y las flatulencias! y también producen metano durante la descomposición de la materia orgánica, como con la hojarasca y la madera muerta. Además de la agricultura, otras actividades humanas como las refinerías y la extracción de gas natural liberan grandes cantidades de metano a la atmósfera [1] (Figura 2).

METANÓGENOS

Grupo de microorganismos que no necesitan oxígeno para sobrevivir y por ello pueden vivir en ambientes sin oxígeno. Producen metano mientras descomponen la materia orgánica como las hojas y fragmentos de madera.

Figura 2

Principales fuentes y sumideros de metano (CH₄).

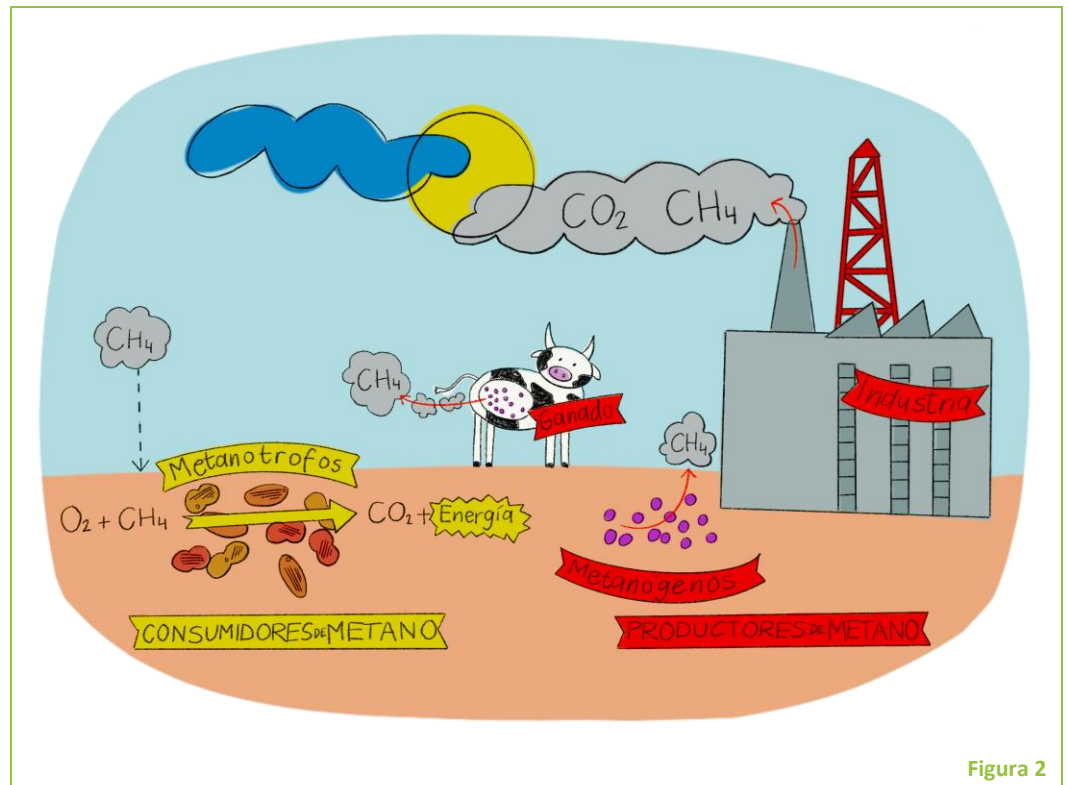


Figura 2

El CH₄ liberado a la atmósfera tiene un efecto muy importante en el cambio climático y solo hay un grupo de organismos capaces de consumirlo, los **metanotrofos**. Estos microorganismos son capaces de usar el CH₄ como su fuente de carbono y de energía. ¡Los metanotrofos básicamente comen metano! (Figura 2). La escasez de agua de las tierras secas hace que la producción de metano sea baja (recuerda que los metanógenos generalmente viven en suelos inundados y sin oxígeno). Sin embargo, debido a la gran extensión de las tierras secas y al aumento global de metano en la atmósfera, si hubiese metanotrofos y estos fueran abundantes en los suelos, las tierras secas podrían ser muy importantes.

METANOTROFOS

Grupo de microorganismos que son capaces de usar el metano como fuente de carbono y energía. Son comedores de metano.

CÓMO ENCONTRAR Y ESTUDIAR METANOTROFOS

En nuestra investigación, quisimos descubrir si los metanotrofos son comunes en las zonas secas a lo largo del planeta, y si son sensibles a las condiciones climáticas y propiedades edáficas, como la mayoría de microorganismos del suelo. Para ello, seleccionamos 80 sitios secos a lo largo del mundo (Figura 1.1). En cada sitio, recolectamos la información climática como la temperatura mínima anual, la precipitación anual y la aridez. También tomamos muestras del suelo y analizamos sus propiedades, como la cantidad de materia orgánica (con el carbono orgánico), su pH y el contenido en arenas (Figura 1.2). Una alta cantidad de materia orgánica indica que el suelo es fértil, y que contiene los nutrientes que las plantas, animales del suelo y microorganismos necesitan para crecer. El análisis del pH nos indica la acidez, uno de los factores esenciales en la regulación del crecimiento de las bacterias del suelo. Por ejemplo, cuando los suelos son ácidos como el vinagre, solo las bacterias tolerantes a la acidez sobreviven en estas condiciones. El suelo está estructurado de forma que los granos de tierra están muy próximos entre sí, pero también dejan espacio para que entre el aire y el agua. El tamaño de estos espacios se puede medir

conociendo la cantidad de arenas (las partículas del suelo más grandes). Cuanto más contenido hay de arenas, mayores son los espacios entre las partículas, por lo que el aire entra fácilmente. Sin embargo, el agua y los nutrientes también se pierden con facilidad.

Para estudiar a los metanotrofos de nuestras muestras, necesitamos conocer su información genética (ADN) [2]. Primero, obtenemos todo el ADN de nuestras muestras de suelo en un proceso que se denomina **extracción de ADN** (Figura 1.3). Este proceso se realiza en el laboratorio con enzimas muy potentes que rompen las paredes de las células sin dañar su información genética. Dentro del ADN que extraemos analizamos una porción específica que solo está presente en metanotrofos, un gen que se llama *pmoA*. El gen *pmoA* contiene información necesaria para la proteína que permite a los metanotrofos alimentarse de metano atmosférico. La cantidad encontrada del gen *pmoA* nos indica cuantos metanotrofos había en esa muestra (Figura 1.4). Hay muchos metanotrofos que están muy emparentados entre sí, es decir que comparten mucha información genética, pero aun así, cada especie tiene pequeñas diferencias genéticas que nos permiten identificarlas como una huella dactilar (Figure 1.5)

El estudio que hacemos del ADN nos proporciona información acerca de la **abundancia** (número total de bacterias presentes), **riqueza** (número de diferentes tipos de bacterias presentes), y **estructura de la comunidad** (abundancia de cada uno de los diferentes tipos de bacterias). Después utilizamos las matemáticas para averiguar qué condiciones edáficas o climáticas son las más importantes para los metanotrofos (Figura 1.6).

EXTRACCIÓN DE ADN

Procedimiento realizado en el laboratorio en el que se rompen las células de los microorganismos para liberar el material genético (ADN) que contienen en su interior, sin dañarlo.

ABUNDANCIA

El número de individuos de un tipo presentes en un ambiente.

RIQUEZA

Número de especies (distintos tipos) de organismos presentes en un ambiente.

Figura 3

Las comunidades microbianas se pueden describir usando tres propiedades. Abundancia es el número total de bacterias presentes de un tipo determinado. Riqueza es el número de distintos tipos de bacterias presentes en un ambiente. La estructura de la comunidad describe cuántos tipos distintos de bacterias hay y cuánto de abundante es cada tipo.

ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD

La combinación entre la riqueza y la abundancia de una comunidad.

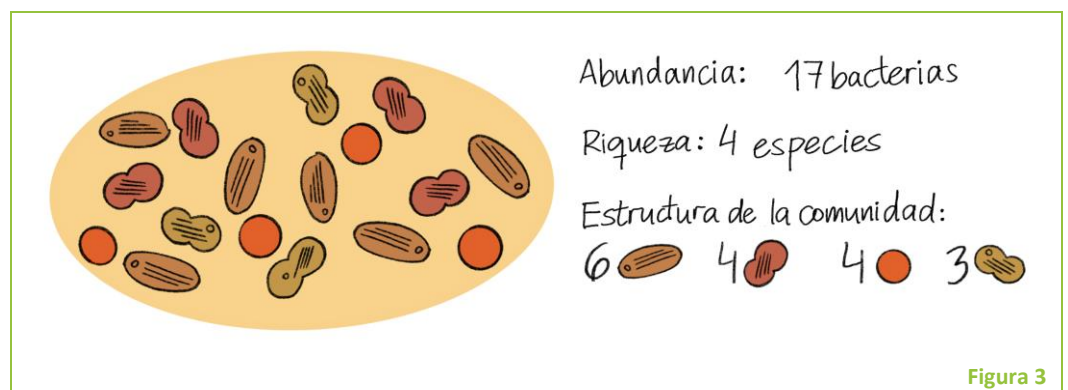


Figura 3

DONDE VIVEN LOS METANOTROFOS

No sabíamos si íbamos a encontrar metanotrofos en zonas secas, porque estos microorganismos necesitan el metano para vivir y las zonas secas no son el típico ecosistema en el que se produce metano. Por eso, encontrar metanotrofos en nuestras muestras de zonas secas fue un gran descubrimiento! Ahora podemos afirmar que los metanotrofos se encuentran ampliamente distribuidos en las zonas secas del mundo. Incluso encontramos algunos tipos de metanotrofos que suelen aparecer en zonas húmedas como Dinamarca, Escocia o Nueva Zelanda.

También descubrimos que en las zonas áridas la temperatura media anual y la aridez no son las condiciones más importantes para la abundancia y riqueza de los metanotrofos. Éstas podrían estar controladas por otros factores, como la lluvia. Sin embargo, las condiciones climáticas como la temperatura media anual, las precipitaciones, y las propiedades del suelo como la materia orgánica, el pH, y el contenido en arenas sí afectan más a la estructura de la comunidad de metanotrofos. Por ejemplo, la temperatura aumenta la abundancia de los metanotrofos más resistentes al calor, por lo que en las zonas secas con temperaturas más altas, las comunidades de metanotrofos probablemente contendrán metanotrofos termoresistentes. El clima también puede afectar a las propiedades del suelo, por ejemplo, favoreciendo la ruptura de las rocas, lo que aumenta el contenido en arenas, o modificando el pH del suelo y su materia orgánica. Estas propiedades del suelo influyen en factores como la cantidad de aire que entra en el suelo, lo que es muy importante para la estructura de la comunidad de metanotrofos.

¿QUÉ HEMOS APRENDIDO SOBRE LOS METANOTROFOS DE LAS TIERRAS ÁRIDAS?

Encontramos que los metanotrofos son abundantes y están ampliamente distribuidos en las zonas secas del mundo. Tanto el clima como el suelo afectan a las comunidades de metanotrofos. Además, encontramos que la estructura de la comunidad de las bacterias que se alimentan de metano es muy dependiente de las condiciones climáticas (como la cantidad de lluvia) y la temperatura y las características del suelo (como el contenido en carbono orgánico).

Como hemos observado que el clima influye a los metanotrofos, esperamos que el cambio climático modifique las comunidades de metanotrofos en el futuro, influyendo en el consumo de metano atmosférico. Hasta ahora, sabíamos que los metanotrofos vivían en zonas frías y húmedas, que es seguro que estarán muy afectadas por el cambio climático. La gran superficie de tierra que ocupan las zonas secas, y la gran cantidad de metanotrofos que contienen, pueden hacer que estas áreas sean extremadamente importantes para consumir el metano atmosférico en el futuro. El cuidado de las zonas secas y el estudio continuado de sus maravillas ocultas es importante para hacer frente a nuestro futuro en un planeta más cálido. ¡Las bacterias que se alimentan de metano de las zonas secas nos pueden ayudar!

ARTÍCULO ORIGINAL

Lafuente, A., Bowker, M. A., Delgado-Baquerizo, M., Durán, J., Singh, B. K., and Maestre, F. T. 2019. Global drivers of methane oxidation and denitrifying gene distribution in drylands. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 28:1230–43. doi: 10.1111/geb.12928

REFERENCIAS

[1] Cadena, S., Cervantes, F., Falcón, L., and García-Maldonado, J. 2019. The role of microorganisms in the methane cycle. *Front. Young Minds* 7:133. doi: 10.3389/frym.2019.00133

[2] Schallenberg, L., Wood, S., Pochon, X., and Pearman, J. 2020. What can DNA in the environment tell us about an ecosystem? *Front. Young Minds* 8:150. doi: 10.3389/frym.2019.00150

EDITED BY: Rémy Beugnon, German Centre for Integrative Biodiversity Research (iDiv), Germany

CITATION: Lafuente A and Cano-Díaz C (2021) Can Methane-Eating Bacteria in Drylands Help Us Reduce Greenhouse Gases?. *Front. Young Minds*. 9:556361. doi: 10.3389/frym.2021.556361

CONFLICTO DE INTERESES: Los autores declaran que este manuscrito ha sido escrito en ausencia de ninguna relación comercial, personal o financiera que pudiera constituir un conflicto de intereses potencial.

COPYRIGHT © 2021 Lafuente and Cano-Díaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

YOUNG REVIEWER

SEBASTIAN, EDAD: 10

I like sports, reading, math, and animals.



AUTORES

ANGELA LAFUENTE

I am currently a post-doc at Michigan Technological University, working on carbon cycling in tropical peatlands. I am an ecologist interested in understanding how global change affects soil microorganisms and greenhouse gas fluxes. In my free time, I enjoy the nature going on a hike, cycling, or skiing. *ellyon.diebrunnen@gmail.com



**CONCHA CANO-DÍAZ**

I am a biologist finishing my Ph.D. at Universidad Rey Juan Carlos (Spain). My research is focused on the distribution and ecological preferences of soil cyanobacteria. I am currently studying the effects of climate change and soil formation processes on cyanobacterial communities around the world. I love to make scientific illustrations and in my free time I enjoy playing music with the ukulele and singing in the choir.

TRADUCTOR

ANGELA LAFUENTE (Autor)

CONCHA CANO-DÍAZ (Autor)