



LAS LOMBRICES DE TIERRA Y SU ROL EN LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Pierre Ganault^{1*}, Sacha Delmotte², Agnès Duhamet², Gaëlle Lextrait², Yvan Capowiez³

¹ CEFE, Univ. Montpellier, CNRS, EPHE, IRD, Univ. Paul-Valéry Montpellier, Montpellier, France

² Université de Montpellier, Montpellier, France

³ INRAE, UMR 1114 EMMAH, INRAE/Université d'Avignon, 84914 Avignon, France

JOVEN REVISORA



GWEN

Edad: 13

La masa de lombrices de tierra que viven en nuestro planeta es mayor que la de cualquier otra especie de animal terrestre. Hay más de 7000 especies de lombrices involucradas en muchos procesos que mantienen los suelos saludables y ayudan a las plantas a crecer, lo que las convierte en organismos muy importantes para estudiar. La actividad de las lombrices también estimula el crecimiento de las bacterias en el suelo y en sus propios intestinos. Algunos estudios sugieren que estas bacterias podrían aumentar las emisiones de gases de efecto invernadero, en particular, dióxido de carbono y óxido nitroso, que contribuyen al calentamiento global. Entonces, ¿las lombrices de tierra, son buenas o malas para el medio ambiente? Este artículo describe los experimentos que se pueden realizar para estudiar el vínculo entre las lombrices

de tierra y la producción de gases de efecto invernadero, y las limitaciones que estos experimentos tienen. Los efectos de las lombrices en los procesos del suelo son muy complejos y por eso son científicamente desafiantes, importantes y emocionantes.

LOMBRICES DE TIERRA, LAS INGENIERAS SUBTERRÁNEAS

Bajo nuestros pies, miles de animales viven en el suelo, incluyendo las famosas lombrices de tierra. El término “lombrices de tierra” en realidad hace referencia a muchas especies. Se han descrito alrededor de 7000 especies de lombrices de tierra en todo el mundo, aunque algunas áreas están poco estudiadas y se supone que hay más de 30 mil especies de lombrices aún por describir [1]. Las lombrices de tierra son invertebrados, no tienen huesos. A diferencia de los insectos, las lombrices de tierra carecen de esqueleto externo y no tienen ojos, pero tienen fuertes músculos. Las lombrices de tierra pueden moverse por el suelo, e incluso comerlo junto con algunas hojas muertas. A pesar de que muchas especies de lombrices de tierra se parecen bastante, tienen diferentes estilos de vida, y se dividen en 3 grandes **grupos ecológicos** (Figura 1A) [2].

El primer grupo son las lombrices **epigeas**, pequeñas (3-10 cm) de color rojo y que pueden usarse en el vermicompostaje. Las lombrices epigeas viven en hojas muertas, su color las protege de la radiación ultravioleta (UV) y las camufla de los predadores de la superficie. Sin excavar demasiado en el suelo, se alimentan de hojas muertas que transforman en pequeños pedazos de **materia orgánica**, en sus **excrementos**.

Las lombrices **endogeas** son más grandes (5-15 cm) y no son pigmentadas. Viven solo dentro de los suelos y crean numerosas galerías (Figura 1B). En un experimento en maceta, ¡4 lombrices endogeas cavaron 2,2 km de galerías de 3,5 mm de ancho por metro cúbico de suelo en tan solo 6 semanas [3]! Al excavar también comen muchos pedazos muy pequeños de hojas muertas que están en el suelo y mezclan la materia orgánica dentro del suelo (Figura 2).

El tercer grupo es el de las lombrices **anécicas**. Son las más grandes, pueden crecer tanto como 10 cm ¡y hasta 1 m! Cavan galerías verticales profundas (Figura 1) de hasta más de 1 metro de profundidad. Durante la noche, sacan sus cabezas para agarrar las hojas muertas en la superficie y las llevan hacia capas de suelo más profundas. Como solo sus cabezas salen del suelo, solo sus cabezas son pigmentadas.

Comer o enterrar hojas muertas y moverse a través del suelo creando galerías son las dos acciones más importantes de las lombrices de tierra. Estas acciones son buenas para el suelo, para los otros organismos del suelo y para el ecosistema entero, por lo que les ha valido a las lombrices de tierra el nombre de “**ingenieras del ecosistema**”.

GRUPO ECOLÓGICO

Las lombrices de tierra difieren en cuanto a donde viven en el suelo, que comen y de qué color es su piel. Existen 3 grupos principales: las **epigeas**, las **endogeas** y las **anécicas**.

MATERIA ORGÁNICA

Es la materia constituida de compuestos orgánicos que proviene de restos de organismos, como plantas y animales, y de sus productos de desecho.

EXCREMENTOS DE LOMBRICES DE TIERRA

Son las heces de las lombrices de tierra. Dependiendo del grupo ecológico al que pertenece la lombriz, sus excrementos pueden ser depositados en la superficie del suelo o dentro del suelo, en sus galerías.

INGENIERAS DEL ECOSISTEMA (O INGENIERAS ECOSISTÉMICAS)

Son organismos que modulan y afectan la disponibilidad de recursos para otras especies. Las termitas, las hormigas, y las lombrices de tierra son las mayores ingenieras ecosistémicas.

Figura 1

(A) Los tres principales grupos de lombrices de tierra, epigeas, anécicas, y endogeas. Créditos por la ilustración:

www.lesbullesdemo.fr

(B) reconstrucción tridimensional por rayos X de sistemas de galerías de una especie endogea llamada gusano gris (*Aporrectodea icterica*) y de la lombriz común, especie anécica llamada (*Lumbricus terrestris*). Créditos por la imagen de rayos X: Yvan Capowiez.

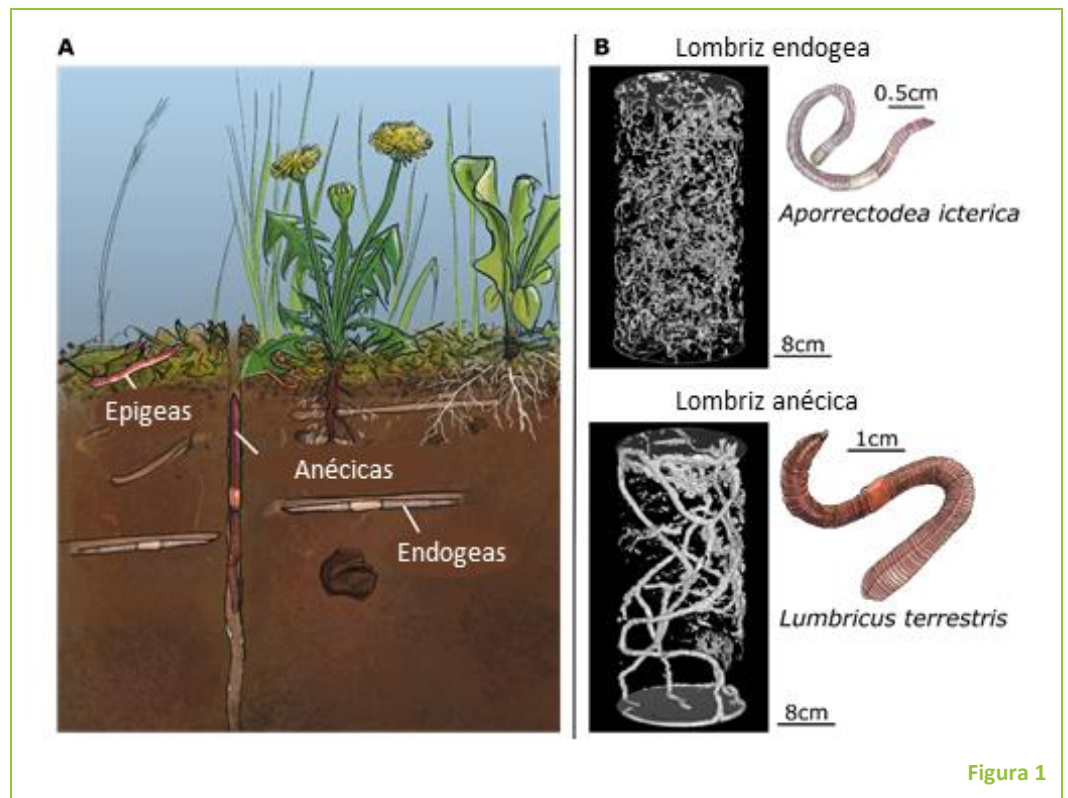


Figura 1

¿CÓMO ESTÁN CAMBIANDO LAS LOMBRICES DE TIERRA EL SUELO Y LAS BACTERIAS QUE ALLÍ CRECEN?

Las galerías de las lombrices de tierra cambian profundamente la estructura del suelo al crear grandes espacios en el suelo compacto. Las galerías son el hábitat de muchos organismos como invertebrados pequeños y bacterias, y el entorno para las raíces de las plantas. Las galerías también actúan como tuberías que incrementan el flujo de agua y oxígeno entre la superficie y las capas profundas del suelo. Las lombrices de tierra de los distintos grupos ecológicos construyen galerías que afectan los flujos de agua y gases de forma diferente. En el experimento de Capowiez y colaboradores [3], hecho en tubos de PVC (16 cm de diámetro y 30 cm de altura, Figura 1B), las galerías de las lombrices endogeas permitieron una tasa de infiltración de agua de 5,2 L por minuto, mientras que esta tasa alcanzó los 12,4 L por minuto en las galerías de lombrices anécicas por ser más grandes, más continuas y verticales.

En los ecosistemas donde las lombrices de tierra son abundantes, las hojas muertas desaparecen bastante rápido y no se acumulan en la superficie del suelo. Las lombrices epigeas transforman las hojas muertas en pequeños pedazos que se empaquetan en sus excrementos y las lombrices anécicas entierran las hojas muertas en las capas profundas del suelo. Las lombrices endogeas entonces comen las pequeñas hojas muertas o partículas de raíces junto al suelo y lo excretan donde sea que vayan. Estas acciones de las lombrices de tierra resultan en la redistribución de la materia orgánica por todo el suelo. En vez de acumularse en la superficie del suelo, la materia orgánica está más dispersa y disponible para las raíces de las plantas y los otros habitantes del suelo.

Figura 2

La materia orgánica pasa por el tracto digestivo de las lombrices de tierra, se rompe en pedazos más pequeños, es digerida y los remanentes salen por las heces o excrementos. Los excrementos ayudan a alimentar a las bacterias. Las bacterias también están presentes en el tracto digestivo de las lombrices de tierra. Las bacterias necesitan una correcta combinación de materia orgánica, agua y aire para estar activas. La imagen fue inspirada por Drake y Horn [4].

OXÍGENO

Es un gas que constituye el 21% del aire que respiramos. Las plantas producen oxígeno a partir de dióxido de carbono, agua y luz solar, mientras que los animales usan oxígeno y producen dióxido de carbono.

DIÓXIDO DE CARBONO

Es un gas incoloro compuesto por un átomo de carbono y dos de oxígeno. Su concentración en la atmósfera aumentó de 0,028 a 0,042% desde 1850 causando un incremento en la temperatura global de 1 grado (1°).

ÓXIDO NITROSO

Es un gas incoloro compuesto por dos átomos de nitrógeno y uno de oxígeno. Se encuentra a muy baja concentración, pero tan solo una molécula de óxido nitroso calienta la atmósfera como 270 moléculas de dióxido de carbono.

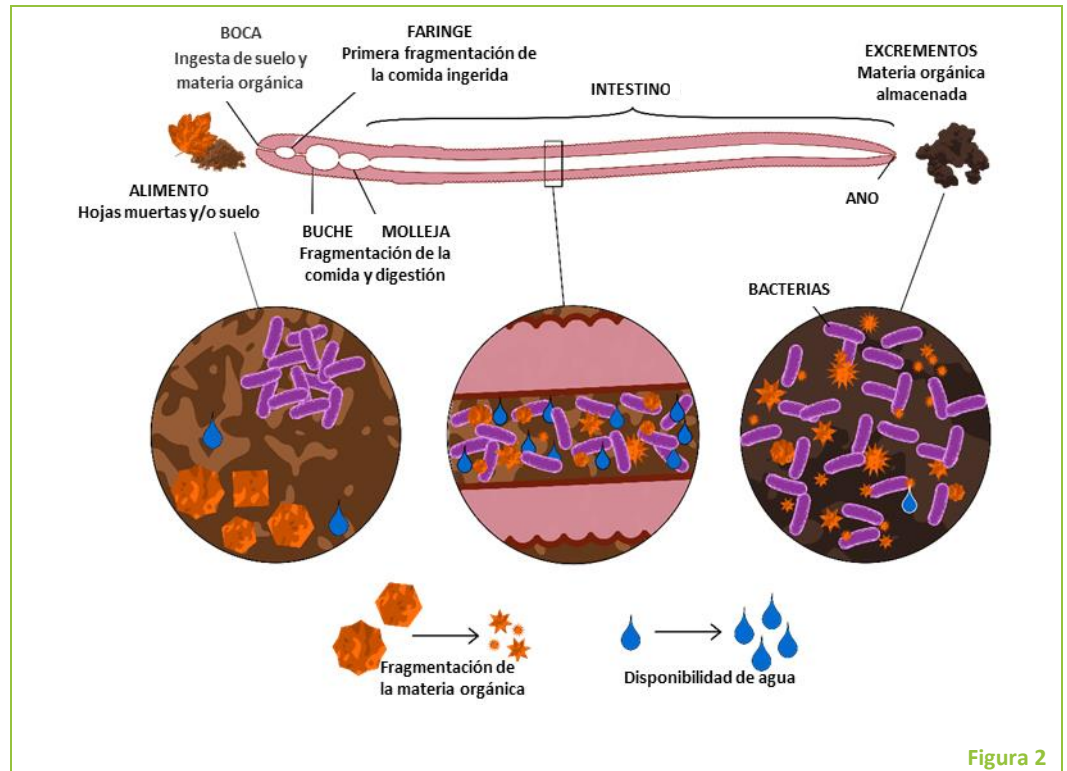


Figura 2

Los cambios que las lombrices de tierra realizan en el suelo afectan a otro grupo importante de organismos del suelo: las bacterias. Las bacterias necesitan un correcto balance de comida, aire y agua para vivir. Transforman los pequeños trozos de materia orgánica en partículas aún más pequeñas, descomponiéndolas hasta carbono y nitrógeno. Estas partículas son tan pequeñas que las raíces de las plantas pueden absorberlas fácilmente y utilizarlas para crecer. Para descomponer su alimento, las bacterias utilizan **oxígeno** (respiran, aunque no tengan pulmones) y producen **dióxido de carbono** como producto de desecho. Si hay mucha agua alrededor, como en una inundación o en campos de arroz, las bacterias producen en su lugar **óxido nitroso** como producto de desecho. El dióxido de carbono y el óxido nitroso son **gases de efecto invernadero** que aumentan la temperatura de la atmósfera, contribuyendo al cambio climático.

En algunos suelos, a las bacterias les puede faltar materia orgánica, aire o agua y son menos activas. Las lombrices de tierra pueden “despertar” a las bacterias al hacer que la materia orgánica, el agua y el aire estén más disponibles. Este efecto es incluso mayor para las bacterias que viven en los intestinos de las lombrices de tierra (Figura 2). En el intestino, la materia orgánica y el suelo se mezclan perfectamente en un ambiente saturado de agua. Esto es el paraíso para las bacterias que producen óxido nitroso [4]. Como las lombrices de tierra estimulan a las bacterias que producen dióxido de carbono y óxido nitroso, esto nos lleva a preguntarnos si las lombrices de tierra sirven para incrementar o disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero.

EVALUANDO EL IMPACTO DE LAS LOMBRICES DE TIERRA EN LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

GASES DE EFECTO INVERNADERO

Son gases que absorben y emiten energía solar causando el efecto invernadero, es decir, el calentamiento de la atmósfera.

pH

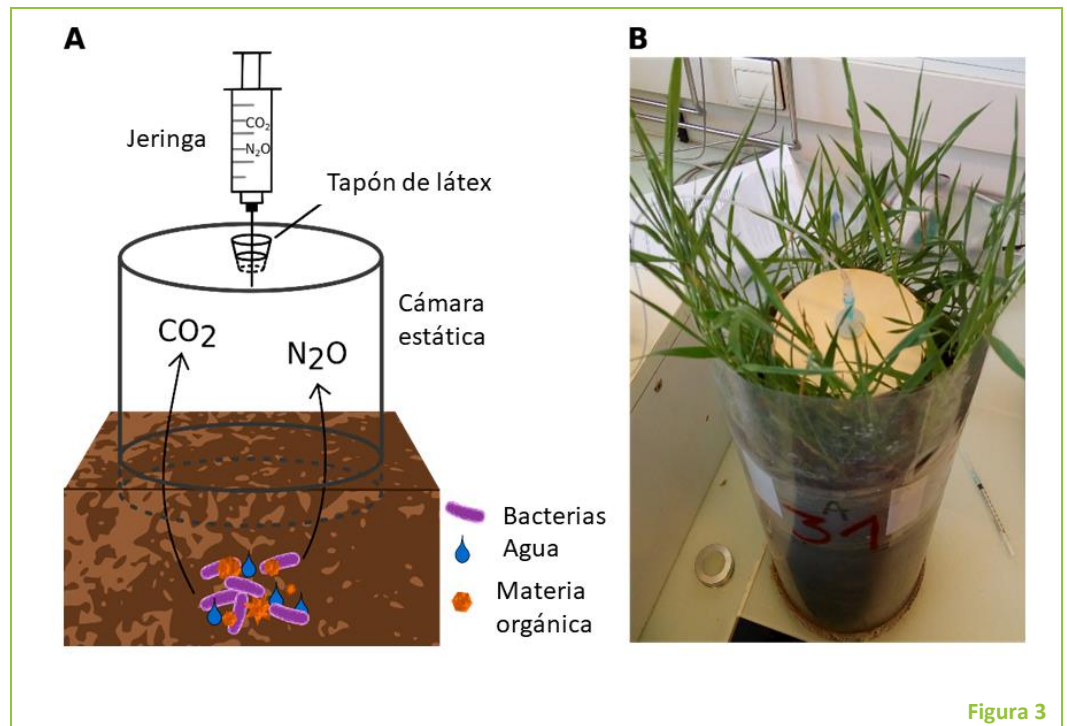
En química, el pH es una escala utilizada para especificar si una solución líquida es ácida o básica (alcalina). Las soluciones ácidas presentan valores de pH menores que las soluciones básicas o alcalinas.

Figura 3

(A) Cámara experimental que puede usarse para medir las emisiones de gases de efecto invernadero en entornos naturales. Los gases producidos por las bacterias se acumulan en la cámara sellada y luego se toman muestras con una jeringa a través de un tapón de látex para medir los niveles de dióxido de carbono (CO_2) y óxido nitroso (N_2O) **(B)** Ejemplo de una cámara colocada en la superficie del suelo de una maceta experimental con lombrices de tierra y plantas. Créditos por la figura: Pierre Ganault.

Para estudiar como las lombrices de tierra afectan a las bacterias y a los gases de efecto invernadero que las bacterias producen, los científicos y las científicas pueden llevar a cabo experimentos. En un tipo de experimento de laboratorio, se utilizan macetas llenas de suelo que se tamiza para sacar rocas, animales y raíces. Luego, se agregan las lombrices de tierra, generalmente unos pocos individuos de la misma especie, idealmente en cantidades cercanas a los que se podrían encontrar en la naturaleza. Algunas macetas se mantienen sin lombrices, para la comparación. Luego, se miden las emisiones de gases de efecto invernadero en la superficie del suelo y se estudian las bacterias en las macetas para evaluar si las emisiones de gases de efecto invernadero son mayores en presencia o ausencia de lombrices de tierra.

Otro método utilizado es medir los gases de efecto invernadero en la naturaleza. En este caso, se introducen cámaras cilíndricas en el suelo para medir gases como el dióxido de carbono y el óxido nitroso (Figura 3). También se estudian las lombrices en el suelo para relacionar las emisiones de gases de efecto invernadero con la abundancia y la cantidad de especies de lombrices de tierra presentes. Pueden medirse, además, otras características del suelo importantes para la actividad bacteriana, incluyendo el contenido de agua, la disponibilidad de materia orgánica y el pH.



Otra forma de conocer el efecto de las lombrices de tierra en las emisiones de gases de efecto invernadero es reunir o recabar la información de todos los estudios existentes. Entonces, se encontró que, en promedio, las lombrices de tierra aumentan las emisiones de dióxido de carbono en un 33% y las de óxido nítrico en 42% [5]. Esto parece indicar que, a pesar de ser beneficiosas para la salud del suelo, las lombrices de tierra podrían ser perjudiciales para el ambiente porque aumentan la actividad bacteriana y las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas.

ESTOS EXPERIMENTOS TIENEN LÍMITES

Este parece ser un verdadero dilema: las lombrices de tierra mejoran la salud del suelo, ¡pero al mismo tiempo parece que aumentan las emisiones de gases de efecto invernadero! Sin embargo, antes de llegar a esta conclusión es importante reconocer que todos los experimentos que hemos mencionado tienen desventajas que dificultan estar completamente seguros del rol que las lombrices de tierra juegan en las emisiones de gases de efecto invernadero. Las interacciones entre las lombrices de tierra, las bacterias, el suelo, las plantas y el agua que resultan en emisiones de gases de efecto invernadero son extremadamente complejas. Estos factores varían enormemente en el entorno natural y son muy difíciles de recrear con precisión en experimentos científicos.

El primer factor importante que limita nuestra completa comprensión del rol de las lombrices de tierra en las emisiones de gases de efecto invernadero es la gran diversidad de propiedades del suelo, por ejemplo, el contenido de arena. La mayoría de las lombrices de tierra generalmente prefieren suelos con bajo contenido de arena porque los suelos arenosos se secan más rápido, y las partículas de arena pueden ser abrasivas para su piel. El pH también puede afectar seriamente a las lombrices de tierra y puede que muchas no sobrevivan en suelos con pH por debajo de 4,5. Sería extremadamente difícil realizar macetas experimentales para los miles de tipos diferentes de suelo que existen en la naturaleza, entonces, nuestro conocimiento se limita a ciertos tipos de suelos comunes.

Una segunda limitante es que muy pocos estudios incluyen plantas en los experimentos. Las plantas absorben agua y nutrientes con sus raíces, reduciendo la disponibilidad de agua y nutrientes para las lombrices de tierra y las bacterias. Sin embargo, las plantas y las bacterias también se ayudan entre sí. Las raíces de las plantas producen azúcares que, en el suelo que las rodea, las bacterias pueden comer, a cambio de proveer minerales que las plantas necesitan. Desafortunadamente, es muy difícil de poner a punto un experimento que pueda testear todas las posibles interacciones negativas y positivas que ocurren al mismo tiempo en el suelo.

La tercera limitante es que la mayoría de los estudios mantienen el contenido de agua del suelo constante. Esto generalmente se hace para optimizar la actividad de las lombrices de tierra. En la naturaleza, los suelos están constantemente secándose y luego rehumedeciéndose por la lluvia. Las lombrices de tierra pueden estar completamente inactivas si el suelo se vuelve demasiado seco. Esto significa que los experimentos en los que los suelos

tienen un contenido de agua constante podrían sobreestimar los efectos negativos de las lombrices de tierra en las emisiones de gases de efecto invernadero. En un experimento de laboratorio en el que se utilizaron ciclos de secado y humedecimiento más realistas, la presencia de lombrices de tierra, de hecho, redujo las emisiones de óxido nitroso [6]. Las científicas y los científicos razonaron que las galerías excavadas por las lombrices incrementaron el flujo de agua hacia las capas más bajas del suelo y lo airearon, lo que aceleró el secado del suelo y redujo la actividad bacteriana. Es muy importante estudiar los efectos de los ciclos de secado y humedecimiento, especialmente porque se esperan que estos ciclos sean más frecuentes y extremos con el actual cambio climático.

CAMBIO CLIMÁTICO: NO CULPEN A LAS LOMBRICES DE TIERRA

Les mostramos lo complejo que es estudiar en el suelo las emisiones de gases de efecto invernadero. Las lombrices de tierra modifican la distribución de la materia orgánica y la disponibilidad de agua y aire en el suelo. Todo esto cambia la actividad de las bacterias del suelo. Sin embargo, las bacterias del suelo también dependen de las propiedades del suelo, de los ciclos de secado y humedecimiento, y de las plantas que viven allí. Estamos lejos de obtener suficientes estudios con experimentos realistas como para comprender el verdadero rol de las lombrices de tierra en las emisiones de gases de efecto invernadero. Por otro lado, las actividades humanas, en particular la agricultura, producen grandes cantidades de gases de efecto invernadero y necesitamos seguir pensando en formas innovadoras de mejorar la salud de nuestro planeta y de todos los seres vivos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la joven revisora por su minucioso trabajo, el cuál mejoró el manuscrito. Los autores agradecen al consorcio TEBIS y a las diferentes ONGs, como CARABES (<https://assocarabes.com>), con la que los autores trabajan para aumentar la conciencia ciudadana y fomentar la protección de los suelos y su biodiversidad. Los autores también agradecen a Morgane Arierra Ganault (www.lesbullesdemo.fr) por la calidad de los detallados dibujos.

REFERENCIAS

1. Orgiazzi A, Bardgett R D, Barrios E, Behan-Pelletier V, Briones MJJ, Chotte JL, De Beyn GB, Eggleton P, Fierer N, Fraser T, et al. *Global soil diversity atlas*. European Union. Luxembourg (2016). http://esdac.jrc.ec.europa.eu/public_path/JRC_global_soilbio_atlas_online.pdf
2. Bottinelli N, Hedde M, Jouquet P, Capowiez Y. An explicit definition of earthworm ecological categories – Marcel Bouché’s triangle revisited. *Geoderma* (2020) **372**:114361. doi:10.1016/j.geoderma.2020.114361

3. Capowiez Y, Bottinelli N, Sammartino S, Michel E, Jouquet P. Morphological and functional characterisation of the burrow systems of six earthworm species (Lumbricidae). *Biology and Fertility of Soils* (2015) **51**:869–877. doi:10.1007/s00374-015-1036-x
4. Drake HL, Horn MA. Earthworms as a transient heaven for terrestrial denitrifying microbes: a review. *Engineering in Life Sciences* (2006) **6**:261–265. doi:10.1002/elsc.200620126
5. Lubbers IM, van Groenigen KJ, Fonte SJ, Six J, Brussaard L, van Groenigen JW. Greenhouse-gas emissions from soils increased by earthworms. *Nature Clim Change* (2013) **3**:187–194. doi:10.1038/nclimate1692
6. Chen C, Whalen JK, Guo X. Earthworms reduce soil nitrous oxide emissions during drying and rewetting cycles. *Soil Biology and Biochemistry* (2014) **68**:117–124. doi:10.1016/j.soilbio.2013.09.020

EDITADO POR: Malte Jochum, German Centre for Integrative Biodiversity Research (iDiv), Germany

CITA ORIGINAL: Ganault P, Delmotte S, Duhamet A, Lextrait G and Capowiez Y (2021) Earthworms and Their Role in Greenhouse Gas Emissions. *Front. Young Minds* 9:562583. doi: 10.3389/frym.2021.562583

CITA EN ESPAÑOL: Ganault P, Delmotte S, Duhamet A, Lextrait G y Capowiez Y (2021) Las lombrices de tierra y su rol en las emisiones de gases de efecto invernadero. *Front. Young Minds* 9:562583. doi: 10.3389/frym.2021.562583

CONFLICTO DE INTERÉS: Los autores declaran que la investigación se realizó en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que se pudiera interpretar como un potencial conflicto de interés.

DERECHOS DE AUTOR/COPYRIGHT © 2021 Ganault, Delmotte, Duhamet, Lextrait y Capowiez. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de *Creative Commons Attribution License* (CC BY). Se permite el uso, la distribución o reproducción en otros foros, siempre que los autores originales y los propietarios de los derechos de autor sean acreditados y reconocidos, y que la publicación original en esta revista sea citada, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o reproducción que no cumplan con estos términos.

JOVEN REVISORA



GWEN, Edad: 13

Hola, mi nombre es Gwen, vivo en los EE. UU., toco el piano y juego al voleibol (*volleyball*). Acabo de finalizar mi séptimo grado y mis materias favoritas son ciencias, matemáticas, arte y español. Me encanta leer, en particular novelas y series de ciencia ficción (también soy muy fanática de Harry Potter). ¡Estoy muy emocionada de trabajar con Frontiers for Young Minds!

AUTORES

PIERRE GANAULT

En cada caminata por la naturaleza, no puedo evitar voltear troncos y rocas o de buscar en hojas muertas y descubrir qué maravilloso animal encontraré allí escondido. Esta curiosidad me llevó a estudiar la biodiversidad de los suelos y realizar un doctorado sobre el efecto de las mezclas de árboles de diferentes especies sobre los invertebrados del suelo, y el rol que estos animales tienen en los procesos del suelo. También trabajo con asociaciones para acortar la brecha entre la ciencia y la ciudadanía, para que podamos trabajar juntos y estudiar, comprender mejor y proteger a los seres vivos que habitan el suelo. *pierre.ganault@gmail.com



SACHA DELMOTTE

Mis pasiones por la naturaleza, los seres humanos, la ciencia y la transmisión del conocimiento me llevaron a dedicar 7 años de estudios universitarios en ecología, biología y geología. También soy animador de la naturaleza, para público de entre 3 y 18 años, para concientizarlos sobre las cosas que me apasionan.



AGNÈS DUHAMET

Agnès es una estudiante de doctorado en biología marina. Obtuvo su título de grado en biología en la Universidad de Avignon y su título de maestría en ecología y biología evolutiva en la Universidad de Montpellier. Es apasionada de la naturaleza y le gusta transmitir el conocimiento sobre las ciencias naturales.



GAËLLE LEXTRAIT

Siempre me han apasionado los microorganismos, tanto los patógenos como los mutualistas. Opté por las interacciones entre los animales pequeños (insectos) que habitan los suelos y sus simbioses. Actualmente, soy estudiante de doctorado en microbiología en el CNRS de Gif-sur-Yvette (Universidad Paris-Saclay), donde continúo mis observaciones sobre las interacciones simbióticas entre la chinche y sus bacterias simbioses.



**YVAN CAPOWIEZ**

Yvan Capowiez es un investigador científico senior en el Instituto Frances de Agronomía (INRAE), Avignon, France. Su investigación se centra en la ecología y el comportamiento de las lombrices de tierra. Tiene una amplia experiencia estudiando como las lombrices de tierra excavan en el suelo y como las galerías resultantes de esa excavación afectan a las funciones importantes del suelo, como el transporte de agua, y el enterramiento de la materia orgánica.

TRADUCTORA**MARÍA A. MOREL REVETRIA**

A María le han gustado las plantas desde que tiene memoria. Durante sus estudios de biología en la Universidad, descubrió su interés por la microbiología, y desde entonces, ha trabajado con plantas y bacterias sin parar. Sus principales intereses son las bacterias del suelo y su relación con la productividad vegetal y la salud del suelo. Además, le encanta la idea de llevar las ciencias al público no científico. Es miembro de ComicBacterias, un proyecto de divulgación de la Microbiología a través de caricaturas. El turismo en familia es una de sus aficiones favoritas. †orcid.org/0000-0002-9064-5675