



## LA TIERRA NO ESTÁ MUERTA: USO Y VIDA DEL SUELO

Jes Hines<sup>1,2\*</sup>, Franciska de Vries<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro Alemán para la Investigación en Biodiversidad Integrativa (iDiv), Alemania

<sup>2</sup>Universidad de Leipzig, Alemania

<sup>3</sup>Universidad de Ámsterdam, Países Bajos

### REVISORES JÓVENES:



**KONSTANTIN**

AGE: 14

Los seres humanos utilizamos el suelo para cultivar alimentos y los métodos agrícolas que empleamos pueden influir sobre los organismos que viven en el suelo. Estos organismos realizan diferentes labores de gran importancia, entre las que destacan la descomposición de la materia orgánica y la liberación de nutrientes para el crecimiento de las plantas. Al aumentar la intensidad de las prácticas agrícolas (añadiendo más pesticidas y fertilizantes) podemos producir más alimentos en un espacio más reducido. Pero esos métodos también pueden perjudicar a los organismos del suelo y, por ende, al trabajo que ellos realizan. Por otra parte, podemos utilizar métodos menos intensivos para cultivar que son mejores para los animales del suelo, pero que requieren superficies mayores. Los habitantes de todos los países necesitamos alimentos procedentes de los cultivos para llevar una vida sana. Es importante tener presente que todos compartimos la misma superficie en el planeta cuando decidimos cómo utilizarla. Por tal motivo, también es fundamental recordar cómo influyen las decisiones que tomamos en agricultura sobre los animales del suelo.

## Figura 1

La red alimenticia del suelo está compuesta por muchos tipos de organismos del suelo: (1) bacterias, (2) hongos, (3) hongos micorrícicos arbusculares, (4) protozoos, (5) nemátodos que se alimentan de bacterias, (6) nemátodos que se alimentan de hongos, (7) nemátodos que se alimentan de raíces, (8) colémbolos, (9) nemátodos depredadores, y (10) ácaros depredadores. Las flechas indican los organismos que se comen hasta los organismos que los consumen. Las vías de interacción forman tres canales principales de energía: canal basado en bacterias (flechas naranjas), canal basado en los hongos (flechas amarillas) y el canal basado en las raíces (flechas verdes). La lupa muestra que los nutrientes y la energía fluyen a través de cada organismo del suelo cuando come y respira.

## ORGANISMOS DEL SUELO

Todos los tipos de formas de vida que viven en el suelo. Esto incluye a los organismos unicelulares como las bacterias, y organismos multicelulares como las lombrices de tierra, los protozoos, los nematodos y los ácaros.

## SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS

Las cosas importantes que el medio ambiente hace por las personas. En los ecosistemas del suelo, algunos ejemplos son el reciclaje de nutrientes, la retención y el drenaje del agua, y la mezcla de materia orgánica.

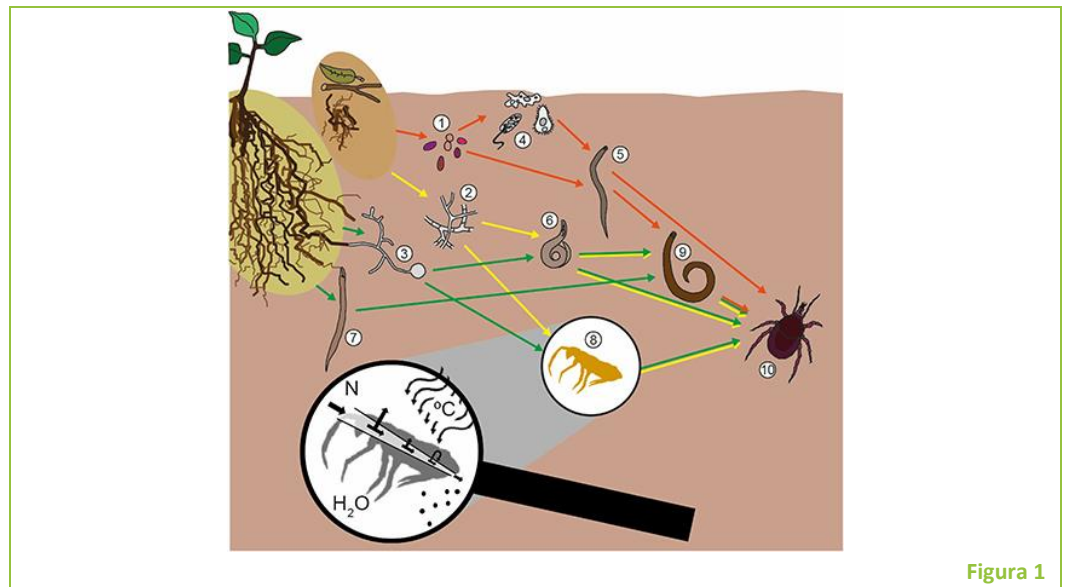


Figura 1

## 7.800 MILLONES DE PERSONAS, Y CONTANDO, COMEMOS ALIMENTOS QUE CRECEN EN EL SUELO

Somos 7.800 millones de personas y todos necesitamos alimentos saludables. Las verduras y otros cultivos forman parte de una dieta saludable. Sin embargo, producir alimentos para tanta gente tiene un costo para el medio ambiente. En primer lugar, necesitamos suficiente terreno para cultivar, así como también prácticas agrícolas que mantengan saludable el medio ambiente. Los organismos que viven en el suelo pueden decirnos si nuestras prácticas agrícolas son buenas o malas para el medio ambiente.

En el suelo hay miles de millones de organismos como bacterias, hongos, nemátodos e isópodos que viven en él (Figura 1). Todos ellos comen, crecen, utilizan oxígeno y liberan dióxido de carbono, tal como nosotros lo hacemos. Cuando **los organismos del suelo** llevan a cabo estos procesos vitales, liberan nutrientes que son útiles para el crecimiento de las plantas (Figura 1, recuadro). Por otra parte, también mezclan la materia orgánica (es decir, plantas y organismos muertos) en el suelo, mejorando su estructura. Esta increíble actividad aumenta la disponibilidad de agua para las plantas. De esta manera, los organismos del suelo suministran los recursos que ayudan a las plantas a producir los alimentos que el ser humano desea consumir. Los suelos proporcionan importantes **servicios ecosistémicos** tales como la filtración del agua y el reciclaje de nutrientes, que ayudan a mantenernos vivos y sanos.

## LOS ORGANISMOS DEL SUELO FORMAN UNA RED ALIMENTICIA BAJO TUS PIES

Los organismos del suelo no trabajan solos, están conectados entre sí en una red de interacciones llamada la **red alimenticia del suelo**. Los cambios en la abundancia de una especie pueden afectar la abundancia de sus depredadores y presas, en una cadena de interacciones llamada canal energético (Figura 1). Las redes alimenticias del suelo tienen tres canales principales de energía: uno alimentado por bacterias, otro alimentado por los hongos, y un tercero

## RED ALIMENTICIA DEL SUELO

La red de interacciones alimenticias entre los organismos del suelo. Las interacciones parten de tres recursos principales (raíces, hongos, bacterias) que forman canales de energía.

## USO DEL SUELO

Cómo se gestiona y modifica el entorno natural. Los ejemplos en el texto incluyen *Uso intensivo del suelo*, *uso extensivo del suelo* y *áreas naturales*.


### Figura 2

Tres formas habituales de utilizar los entornos naturales. El uso extensivo del suelo no implica muchas actividades de labranza y cosecha, o de añadir muchos fertilizantes y pesticidas, y produce diversos servicios ecosistémicos. El uso del suelo de intensidad media necesita algo de labranza y cosecha y produce rendimientos de cultivo intermedios. El uso del suelo de alta intensidad requiere mucho trabajo de labranza y cosecha, así como el uso de muchos productos químicos, para producir una gran cantidad de cultivos a partir en un área más pequeña. En un uso del suelo de alta intensidad, algunos servicios de los ecosistemas se reducen en favor de un alto rendimiento en la producción de cultivos.

alimentado por las raíces de las plantas. Las bacterias y los hongos toman la materia orgánica (como raíces y hojas muertas) para vivir, pero luego, cumpliendo con el ciclo natural, son comidos por otros organismos. También hay organismos que se alimentan directamente de las raíces vivas de las plantas, como los nemátodos comedores de raíces (gusanos diminutos), que también son comidos por otros animales. Cuando los seres humanos utilizamos el suelo de una manera que perturba estos canales de energía (como por ejemplo labrando el suelo o añadiendo fertilizantes), podemos alterar la capacidad de las redes alimenticias de proporcionar sus servicios ecosistémicos habituales. Pero, ¿cuántas especies se ven afectadas por nosotros, y que tan fuerte es nuestro efecto en los procesos que normalmente realizan los organismos del suelo?

## UN EXPERIMENTO PARA COMPROBAR LOS EFECTOS DEL USO DEL SUELO EN SUS REDES ALIMENTICIAS

Los científicos plantearon la hipótesis de que los diferentes tipos de **uso del suelo** afectarían su estructura de redes alimenticias (Figura 2) (de Vries et al. 2013). Ellos pensaron que el uso intensivo del suelo, como la **labranza**, reduciría el número de organismos del suelo y limitaría los servicios proporcionados al ecosistema (de Vries et al. 2013). Los científicos también pensaron que los organismos del suelo serían más abundantes cuando los agricultores aplicaran prácticas de uso extensivo del suelo (como prados de heno y pastos). En el uso extensivo del suelo se realiza menos arado y se añade menos fertilizante, pero se requiere una mayor superficie para producir la misma cantidad de alimentos. Los científicos pensaron que los organismos del suelo vivirían mejor en los pastizales naturales, donde los agricultores no utilizan los terrenos para cultivar (de Vries et al. 2013).



Prácticas de uso del suelo	Uso del suelo extensivo	Uso del suelo de intensidad media	Uso del suelo intensivo
Fertilizantes	(-)	(+)	(++)
Pesticidas	(-)	(+)	(++)
Labranza	(-)	(+)	(++)
Cosecha	Pastoreo o segado a mano	Maquinaria ligera	Maquinaria pesada
Plantas producidas	Mezcla de especies que ocurren naturalmente	Rotación de especies plantadas por los humanos	Una sola especie plantada por los humanos (es decir, monocultivo)

Figura 2

Con el objetivo de utilizar lugares expuestos a diferentes condiciones ambientales (temperatura, precipitación, textura del suelo, etc.), un equipo de científicos se desplazó a cuatro países de Europa: Suecia, República Checa, Reino Unido y Grecia. En cada país buscaron sitios que experimentan (o experimentaron) tres tipos diferentes de uso del suelo: agricultura de alta intensidad, agricultura de media intensidad y pastizales (de Vries et al. 2013)

## LABRANZA

Preparación del suelo para la agricultura mediante el arado o la excavación. La labranza entierra las malas hierbas y facilita la entrada de las raíces de los cultivos en el suelo.

(Figura 2). En cada sitio midieron una variedad de organismos del suelo, incluyendo hongos, bacterias, protozoos, nemátodos, lombrices de tierra, enquistados, ácaros, y colémbolos. Para averiguar cómo difieren los servicios ecosistémicos entre los diferentes usos del suelo, midieron también algunos de los procesos importantes realizados por los organismos que allí habitan.

## LA AGRICULTURA INTENSIVA REDUCE LA BIODIVERSIDAD DEL SUELO

Los científicos descubrieron que el tipo de uso del suelo es importante para la abundancia y los diferentes tipos de organismos que encontraron en él. Descubrieron que un uso más intensivo del suelo reducía la biodiversidad de su red alimenticia. Encontraron menos grupos de organismos presentes, y dentro de estos grupos, también hallaron menos especies (Tsiafouli et al. 2015). Por otra parte, descubrieron que el peso total de la mayoría de los grupos de organismos fue menor en los lugares de alta y media intensidad. Detectaron que los organismos que se alimentan de las raíces de las plantas fueron los que sufrieron una mayor reducción, mientras que los organismos que se alimentan de bacterias y hongos se vieron menos afectados. Esto se debe probablemente a que la labranza del suelo tiene un impacto mayor sobre las raíces de las plantas en prácticas de media y alta intensidad, extendiendo sus efectos sobre los organismos que se alimentan de las raíces. Pero, ¿qué parte del cambio se debe a los efectos directos de la labranza del suelo y cuánto se debe a los cambios en la red alimenticia del suelo?

## PROCESOS REALIZADOS POR LOS ORGANISMOS DEL SUELO

Para evaluar la pregunta anterior, los científicos examinaron las relaciones entre los grupos de organismos de suelo y los procesos que éstos llevan a cabo. Los científicos se centraron en dos procesos: la respiración y el ciclo del nitrógeno. Cuando hablamos de organismos diminutos, la respiración es el nombre del proceso en el que utilizan oxígeno y liberan dióxido de carbono para producir la energía que necesitan para crecer y realizar sus funciones. En el caso del nitrógeno, el cual es un elemento esencial para todas las formas de vida, incluidas las plantas, su ciclo en el medio ambiente se desarrolla en varias etapas. La primera etapa o mineralización es el proceso por el cual el nitrógeno se libera de los organismos al suelo (Figura 3), normalmente cuando se descomponen. En una segunda etapa, el nitrógeno del suelo se puede perder por lixiviación, gracias a la acción del agua, o por desnitrificación, donde las bacterias producen el nitrógeno en forma de un gas llamado óxido nitroso ( $\text{NO}_2$ ), el cual se escapa del suelo a la atmósfera.

## LAS PRADERAS NATURALES MEJORAN LA RESPIRACIÓN DEL SUELO

En primer lugar, los científicos descubrieron que la respiración de los organismos del suelo era mayor en las praderas naturales y en sitios donde había más lombrices. Las lombrices de tierra mezclan el suelo, y al hacerlo,

estimulan la actividad de otros organismos que habitan allí. Al igual que nosotros, cuando los organismos del suelo se hacen más activos, necesitan comer más y respirar más. Donde hay más materia orgánica disponible como alimento se encuentra también un mayor número de organismos activos en el suelo. Se detectó que las praderas naturales tienen una mayor tasa de respiración que los campos utilizados para la agricultura de intensidad media y alta y se concluyó que esto era posible gracias a que dichas praderas tienen una mayor cantidad de materia orgánica.

### Figura 3

El nitrógeno es transformado por las redes alimenticias del suelo para que pueda circular por las plantas, el agua, o el aire. La materia orgánica del suelo (plantas y animales muertos) es mineralizada en nitrógeno inorgánico debido a la actividad alimenticia de los organismos del suelo. El nitrógeno inorgánico del suelo puede ser asimilado por las plantas y los hongos, o puede eliminarse del suelo por lixiviación en aguas subterráneas o por conversión en gas  $N_2O$  por bacterias, en un proceso llamado desnitrificación.

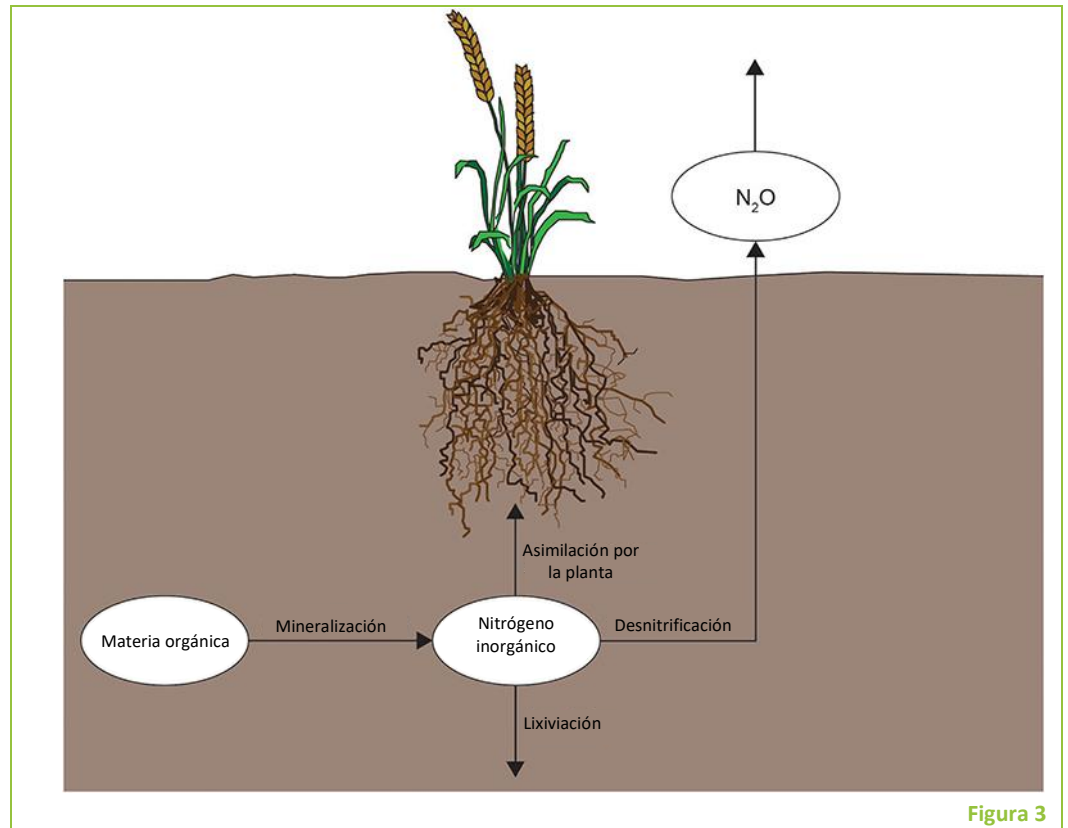


Figura 3

## MÁS FLUJOS DE NITRÓGENO HACIA Y DESDE LAS GRANJAS DE MANEJO INTENSIVO

Cuando los científicos examinaron el ciclo del nitrógeno descubrieron que la mineralización del nitrógeno era más alta en las redes alimenticias con un canal energético bacteriano más fuerte (véase la red alimenticia del suelo en el glosario). Las bacterias suelen ser muy abundantes en zonas de uso intensivo del suelo, donde crecen y mueren rápidamente, liberando el nitrógeno de sus tejidos en el suelo.

Después de medir el nitrógeno mineralizado que se liberó en el suelo, los científicos buscaron saber cómo el uso del suelo afectaba al destino del nitrógeno. Descubrieron que, en las zonas con un uso menos intensivo del suelo donde había muchos hongos micorrízicos arbusculares, había menos lixiviación de nitrógeno al agua, lo que significa que más nitrógeno permaneció en el suelo donde las plantas podían utilizarlo. Los agricultores quieren limitar la cantidad de lixiviación de nitrógeno, de modo que la mayor parte del nitrógeno pueda ser utilizado por las plantas de cultivo en lugar de escapar fuera de los campos.

Los hongos micorrícicos arbusculares son un grupo especial de hongos que se adhieren a las raíces de las plantas y las ayudan a absorber los nutrientes, incluyendo el nitrógeno. Estos hongos podrían tomar el nitrógeno del suelo y evitar que se pierda por lixiviación. Así, la presencia de hongos micorrícicos arbusculares podría ser un buen indicador de reducción de la lixiviación en los diferentes tipos de uso del suelo.

Para evaluar la cantidad de desnitrificación, los científicos midieron la concentración de gas de óxido nitroso ( $N_2O$ ). Encontraron menores concentraciones de  $N_2O$  donde había un mayor número de flagelados: criaturas diminutas que utilizan una cola para impulsarse en el agua que está dentro del suelo y que se alimentan de bacterias. Es importante destacar que la desnitrificación no la realizan realmente los flagelados, sino un grupo específico de bacterias. Debido a que los flagelados aumentaron en zonas donde las bacterias desnitrificantes no eran abundantes, podemos utilizar la abundancia de flagelados como un importante indicador de otros procesos (por ejemplo, la desnitrificación) y de los organismos del suelo (por ejemplo, las bacterias desnitrificantes). Comprender lo que ocurre en las redes alimenticias del suelo con bajas concentraciones de bacterias desnitrificantes es importante, porque cuando el nitrógeno sale del suelo como  $N_2O$  puede empeorar las condiciones que producen el cambio climático. ¡El  $N_2O$  es un gas de efecto invernadero 314 veces más potente que el  $CO_2$ !

## AUMENTAR LA BIODIVERSIDAD DEL SUELO PARA MINIMIZAR EL IMPACTO DE LA AGRICULTURA INTENSIVA

La cuestión de la forma "correcta" de utilizar el suelo para cultivar hortalizas y otros cultivos es un debate científico y social. ¿Cómo puede el ser humano producir alimentos sanos y suficientes para miles de millones de personas con el mínimo impacto para el planeta? Los científicos están aprendiendo que los organismos del suelo son sensibles a los cambios que el ser humano provoca en el medio ambiente. Las prácticas agrícolas no sólo influyen en los organismos como individuos, sino también en una compleja red de interacciones entre especies. Los cambios en esta red de interacción afectan no solo la forma en que la energía fluye a través de un ecosistema, sino también influyen sobre qué nutrientes son retenidos o cuáles se pierden, e incluso impactan sobre las decisiones que los agricultores tendrán que tomar respecto al uso de fertilizantes y pesticidas. Mientras que el uso intensivo del suelo requiere una menor superficie, lo cual se considera positivo, también presenta aspectos negativos, ya que disminuye la biodiversidad del suelo y aumenta las pérdidas de nutrientes y de carbono. En cambio, el uso del suelo de menor intensidad produce menos cultivos, pero es más respetuoso con el medio ambiente. Por lo tanto, una solución podría consistir en la restauración de la biodiversidad del suelo en las zonas de uso intensivo del suelo, con el propósito de lograr una menor dependencia de los fertilizantes y pesticidas, lo que es bueno tanto para el medio ambiente como para los humanos. Así, si tienes la posibilidad de cultivar tus propias verduras estarás protegiendo el medio ambiente porque no los producirás mediante prácticas de agricultura intensiva. Si no puedes plantar tus verduras, aún puedes proteger el medio ambiente si

compras verduras y otros cultivos que no se producen en terrenos de cultivo intensivo. Poco a poco, todos podemos hacer que nuestro planeta sea más sano y saludable.

## ARTÍCULO ORIGINAL

de Vries, F. T., Thébault, E., Liiri, M., Birkhofer, K., Tsiafouli, M. A., Bjørnlund, L., et al. 2013. Soil food web properties explain ecosystem services across European land use systems. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 110:14296–301. doi: 10.1073/pnas.1305198110

## REFERENCIAS

[1] de Vries, F. T., Thébault, E., Liiri, M., Birkhofer, K., Tsiafouli, M. A., Bjørnlund, L., et al. 2013. Soil food web properties explain ecosystem services across European land use systems. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 110:14296–301. doi: 10.1073/pnas.1305198110

[2] Tsiafouli, M. A., Thébault, E., Sgardelis, S. P., de Ruiter, P. C., van der Putten, W. H., Birkhofer, K., et al. 2015. Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Glob. Change Biol.* 21:973–85. doi: 10.1111/gcb.12752

**EDITED BY:** Malte Jochum, German Centre for Integrative Biodiversity Research (iDiv), Germany

**CITATION:** Hines J and De Vries F (2020) Dirt Is Not Dead: How Land Use Affects the Living Soil. *Front. Young Minds.* 8:549486. doi: 10.3389/frym.2020.549486

**DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES:** Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un potencial conflicto de intereses.

**DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DEL AUTOR:** JH y FdV contribuyeron por igual a la redacción y presentación de este manuscrito.

**COPYRIGHT** © 2020 Hines and De Vries. 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.

## REVISORES JÓVENES



### **KONSTANTIN, AGE: 14**

Hi, I am Konstantin, your nearby Young Mind! I am from Rousse, Bulgaria and since I was little I had questions like: what is the point in recycling etc. Now, as an adolescent, I really got into ecology and decided to help bring awareness of some of the problems in our world has like the air pollution, species extinction, and deforestation. If I, an ordinary student, can make a difference you can too- so what are you waiting for my young reader!

## AUTORES



### **JES HINES**

Jes es una ecologista que trabaja en el Centro Alemán para la Investigación en Biodiversidad Integrativa (iDiv). Su investigación se centra en cómo la biodiversidad responde a los cambios en el medio ambiente. Le interesa saber cómo crecen los sistemas complejos y cómo influyen las especies el flujo de nutrientes, energía e información a través de los ecosistemas.



### **FRANCISKA DE VRIES**

Franciska De Vries es profesora de la Universidad de Amsterdam. Su investigación se centra en comprender cómo las interacciones entre las plantas y los microbios del suelo responden al cambio climático y cómo éste afecta al funcionamiento del ecosistema.

## TRADUCTORES

### **BIBIANA BETANCUR-CORREDOR**

### **DIEGO GUERRERO-GONZÁLEZ**