

Cultivar con MICROBIOS

La guía de la red de nutrientes del suelo del jardinero orgánico



JEFF LOWENFELS Y WAYNE LEWIS

CULTIVAR CON MICROBIOS

*La guía de la red de nutrientes del suelo
del jardinero orgánico*

Prólogo de Elaine Ingham


melusina

Teaming with Microbes, Revised Edition

Copyright © 2010 by Jeff Lowenfels and Wayne Lewis. All rights reserved.

Originally published in the United States by Timber Press, Portland, OR.

© De la traducción del inglés: Carlos Gual Marqués

© Editorial Melusina, S.L.

www.melusina.com

El editor agradecerá que se le haga llegar cualquier comentario, duda o sugerencia

a la siguiente dirección de correo electrónico: info@melusina.com

Primera edición: junio de 2021

Edición digital: junio de 2021

Diseño de cubierta: Araceli Segura

Imagen de cubierta: Getty Images

Reservados todos los derechos de esta edición.

eISBN: 978-84-18403-36-1

Dedicamos este libro a nuestras mujeres, Judith Hoersting y Carol Lewis, pues nos permitieron cultivar con microbios desde el principio. Se casaron con jardineros y acabaron con microbiólogos amateur. Permitieron que se hiciera té de compost en la cocina. Soportaron a los hongos, bacterias, nematodos, arañas y lombrices. No dijeron nada cuando nos llevábamos melaza de la despensa. Aprendieron a remover las pilas de compost y a apreciar las setas en nuestros céspedes.

CONTENIDO

Prólogo

Introducción

PRIMERA PARTE. LA CIENCIA BÁSICA

1. ¿Qué hay en la red de nutrientes del suelo y por qué debería interesar a los jardineros?

2. La ciencia del suelo clásica

3. Bacterias

4. Arqueas

5. Hongos

6. Algas y mohos mucilaginosos

7. Protozoos

8. Nematodos

9. Artrópodos

10. Gusanos de tierra

11. Gasterópodos

12. Reptiles, mamíferos y pájaros

SEGUNDA PARTE. APLICAR LA CIENCIA DE LA RED DE NUTRIENTES DEL SUELO AL TERRENO Y AL CUIDADO DEL JARDÍN

13. Cómo se aplica la red de nutrientes del suelo a la jardinería

14. ¿Qué aspecto tienen tus redes de nutrientes del suelo?

15. Herramientas para la restauración y el mantenimiento

16. El compostaje

17. El acolchado

18. Tés de compost

[19. Los hongos micorrícicos](#)

[20. El césped](#)

[21. El mantenimiento de los árboles, arbustos y perennes](#)

[22. Cultivar anuales y hortalizas](#)

[23. Un calendario de jardinería de la red de nutrientes del suelo](#)

[24. Nadie fertilizó nunca un bosque primario](#)

[Apéndice Reglas para la jardinería y el cultivo con la red de nutrientes del suelo](#)

Prólogo

Los espacios urbanos significan tierra muerta. Significan encorvarse sobre un microscopio durante largas horas mirando a... la nada, salvo partículas inertes. Es aburrido.

La tierra de verdad está activa, viva, en movimiento. Hay bichos por doquier haciendo cosas interesantes. No hay necesidad de inventar letras para viejas canciones. Nada de horas mirando a través de un microscopio a micrómetros y micrómetros de aburrimiento-porque-no-sucede-nada. En vez de eso, tras unos pocos segundos: movimiento, vida, acción.

Los residentes de las ciudades y otros cultivadores han estado echando productos químicos tóxicos en el suelo durante años, sin darse cuenta de que esos productos dañan precisamente las cosas que mantienen a un suelo sano. Cualquier uso de productos tóxicos crea un hábitat para la «mafia» del suelo, una zona de guerrilla urbana, pues mata a la flora y fauna normal que compiten con los malos y los mantienen a raya. Los trabajos recientes indican claramente que los productos químicos tóxicos destruyen la calidad del agua, la salud del suelo y el contenido nutricional de tu comida dada la pérdida, a la larga, de los beneficios del suelo. Si el material tóxico se hubiera aplicado solo una vez en tu vida, no se habría producido la mala situación que tenemos hoy en día, pero normalmente esa primera aplicación mató a los miles de organismos que eran beneficiosos para tus plantas. También mató a un puñado de malos, pero los buenos han

desaparecido y no regresan con tanta rapidez como los malos. Piensa en tu vecindario: ¿quién regresaría más rápido si tu vecindario se convirtiera en una zona de guerrilla química? Merodeadores y saqueadores oportunistas, esos son los que vuelven tras los disturbios. En el mundo humano, enviamos a las fuerzas de seguridad para mantener a raya a los criminales. Pero en el suelo, los niveles de fertilizante inorgánico que se usan, o la fumigación constante con pesticidas tóxicos, significan que las fuerzas de seguridad morirán también. Tenemos que restaurar deliberadamente la biología beneficiosa que se ha perdido.

¿De dónde procederán los nuevos reclutas? Tienes que añadirlos —bacterias, hongos, protozoos, nematodos, lombrices, microartrópodos— de nuevo a tu suelo. Las raíces de las plantas se alimentan de estas criaturas beneficiosas, pero para asegurarse de que se restauran estas criaturas beneficiosas, puede que se requiera la entrega de provisiones. Soil Foodweb, Inc. ayuda a la gente a reestablecer rápidamente una biología que crea un punto de apoyo para que regrese la salud a estos sistemas; y este libro describe a estos miembros diligentes en primera línea en la defensa de tus plantas. ¿Dónde viven? ¿Quiénes son sus familias? ¿Cómo envías provisiones —y no productos tóxicos— para ayudar a los reclutas con su tarea?

Recupera la salud de tu suelo. No le echés nada si no sabes lo que le hará a la vida bajo tus pies: *no uses el material*. Si ya has comprado el producto, testéalo tu mismo.

Los productos tóxicos a veces son necesarios para hacer una redada a una plaga o enfermedad, pero deberían usarse como último recurso y no como tu primera respuesta a una planta que se marchita. Si usas productos tóxicos, acuérdate de reemplazar a los buenos, y envíales algo de comida de inmediato.

Reestablecer la biología adecuada resulta crítico. Puede

que pierdas algunas batallas por el camino, pero tienes que perseverar y puedes ganar. Piensa estratégicamente: ¿Cómo puedes ayudar a hacer llegar tropas, alimento, medicinas y vendas a la primera línea de la batalla entre las criaturas beneficiosas y las enfermedades y las plagas de la forma más eficaz? Las instrucciones, por lo menos hasta donde sabemos, están en este libro.

A la mayor parte las personas les queda mucho que aprender cuando se trata de suelos. Necesitas la información que Jeff y Wayne han reunido. Y además convierten sus «lecciones» sobre la salud del suelo en algo entretenido. Presentan un material que podría ser árido y aburrido de una manera que resulta amena y comprensible. En vez de tener que trabajar año tras año mirando a través de un microscopio, tal y como hemos hecho mis colegas y yo en nuestro esfuerzo por comprender la biología del suelo, este libro te ofrece una panorámica de lo que hemos aprendido. En este libro se reúne el trabajo de muchos científicos de una manera que permite que la compleja historia de la vida en el suelo sea entendida fácilmente.

Espero que te unas a nosotros y ayudes a aprender cómo devolver la salud al suelo y, en consecuencia, a los alimentos que comes. Las instrucciones están aquí.

DOCTORA ELAINE INGHAM
Presidenta de Soil Foodweb, Inc.

Introducción

Éramos los típicos jardineros suburbanos. Cada año, a principio de la temporada, bombardeábamos masivamente nuestros jardines con una megadosis de fertilizante hidrosoluble alto en nitrógeno y luego regábamos como si no hubiera mañana; más tarde ametrallábamos las malas hierbas latifoliadas con un popular herbicida. A continuación, atacábamos a nuestro huerto y camas de flores con una bolsa o dos de fertilizante comercial y los nivelábamos con un motocultor hasta que el suelo, con el color y la textura del café recién molido, quedaba tan liso e igualado como una salina. Esto lo hacíamos con un fervor religioso, al igual que lo hacían nuestros vecinos. Y una vez nunca era suficiente. Continuábamos usando fertilizantes químicos a lo largo de la temporada como si estuviéramos compitiendo en el certamen de la hortaliza más grande en la feria del estado de Alaska.

Cuando era necesario (y solía serlo), nos enfundábamos ropa de protección —incluidos guantes de plástico y mascarilla— y pintábamos nuestros abedules para protegerlos de los pulgones invasores empleando una cosa que olía a mil demonios y que listaba unos ingredientes que ninguna persona normal podría pronunciar, si asumimos que él o ella se molestaría en leer la increíblemente diminuta letra del etiquetado del producto. Acto seguido fumigábamos nuestras píceas con algo que olía todavía peor y cuya aplicación duraba no uno sino dos años. Suerte que nos protegíamos, pues ambos productos están fuera

del mercado. Los retiraron por su peligro para la salud.

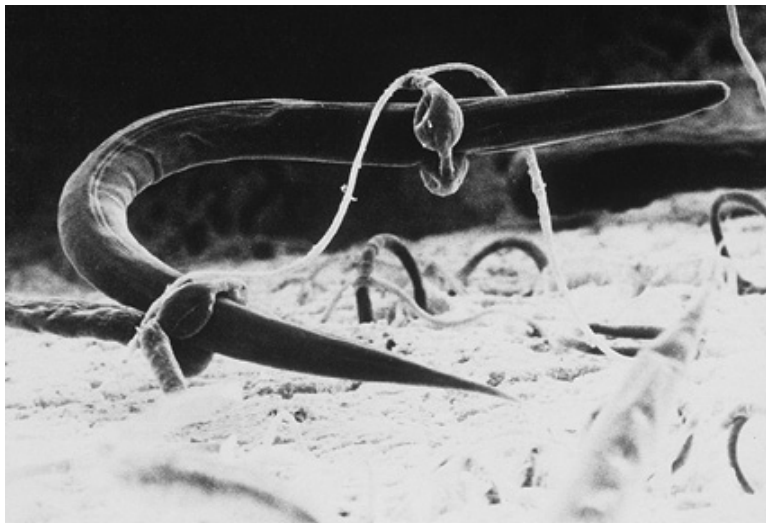
No nos juzguéis mal. Al mismo tiempo practicábamos lo que considerábamos que era una medida «apropiada» de responsabilidad medioambiental y de corrección política. Dejábamos los recortes de césped para que se descompusieran y rastrillábamos las hojas y las dejábamos en los parterres, y de vez en cuando soltábamos una tanda de crisopas, mariquitas y mantis religiosas; esa era nuestra versión de una gestión de plagas integral. Y teníamos una compostera, y reciclábamos los periódicos y las latas de aluminio. Alimentábamos a los pájaros y permitíamos que todo tipo de fauna deambulara por nuestro terreno. Desde nuestro punto de vista, éramos bastante orgánicos y conscientes del medio ambiente (por no decir abiertamente responsables). En fin, éramos como la mayoría de los jardineros domésticos y manteníamos el equilibrio justo entre una vida mejor con la química y una pizca de las enseñanzas del capitán Cousteau.

Además, solíamos usar solo fertilizantes hidrosolubles altos en nitrógeno. ¿Qué daño podía causar al medio ambiente? Sin duda hacía que las plantas crecieran. Y tan solo usábamos un herbicida, aunque de forma no selectiva, para las latifoliadas. Vale, de acuerdo, alguna vez recurriamos también a algún insecticida pero, cuando lo comparábamos con lo que había en los anaqueles de nuestros viveros favoritos, pensábamos que no era gran cosa. ¿Cómo podíamos estar causando daño si de lo que se trataba era de salvar a una píceas, ayudar a un abedul, o impedir que el diente de león y la oreja de ratón conquistaran el mundo?

La premisa detrás de la manera en que cuidábamos nuestros jardines y huertos era la noción compartida por decenas de millones de otros jardineros y, hasta que no acabes el libro, quizás la tuya también: el nitrógeno de una fuente orgánica es el mismo que el nitrógeno de una inorgánica. A las plantas les daba igual si el nitrógeno, u

otros nutrientes, provenía de un polvo azulado que mezclabas con agua o de un estiércol curado. Para ellas todo era nitrógeno.

Entonces un otoño, después de poner los jardines a hibernar y de que nosotros nos acomodáramos para pasar el invierno, mientras buscaba algo para mantener vivo el interés hortícola durante los fríos meses, un amigo jardinero me envió por correo electrónico dos sorprendentes imágenes tomadas por un microscopio electrónico. La primera mostraba con un detalle exquisito a un nematodo atrapado por un filamento fúngico en forma de bucle o hifa. ¡Vaya! Era algo insólito: un hongo liquidando a un nematodo. Nunca habíamos oído hablar o visto algo así; y nos hizo preguntarnos: ¿cómo consiguió el hongo matar a su presa? ¿Qué atrajo para empezar al nematodo ciego a los anillos del hongo? ¿Cómo funcionan esos anillos?



Un nematodo que se alimenta de raíces atrapado por una hifa fúngica. H. H. Triantaphyllou.

La segunda imagen mostraba lo que parecía ser un nematodo similar, pero en este caso no se veía impedido por las hifas fúngicas y había entrado en la raíz de un tomate. Esta fotografía suscitaba sus propias preguntas. ¿Por qué este nematodo no se veía atacado y dónde estaban

las hifas fúngicas que habían matado al primer nematodo?

Mientras investigábamos las respuestas a estas preguntas nos topamos con el trabajo de la doctora Elaine Ingham, una microbióloga del suelo famosa por su trabajo sobre la vida que reside en el suelo y, en particular, sobre quién se come a quién en ese mundo. Dado que algunos organismos comen de más de una cadena trófica o son comidos por más de un tipo de depredador, las cadenas se conectan en redes: redes de nutrientes del suelo. Ingham, una profesora excelente, se convirtió en nuestra guía en el mundo completo de comunidades complejas del suelo. A través de ella aprendimos que el hongo de la primera fotografía estaba protegiendo las raíces de la planta; si eso no era suficiente para que nos detuviéramos para reflexionar, acto seguido aprendimos que es la propia la planta la que atrae al hongo a sus raíces. Y también aprendimos qué es lo que mata al hongo que habría prevenido que el nematodo atacara a la raíz de la tomatera.



En ausencia de hifas que bloqueen su camino, un nematodo penetra la raíz de una tomatera para alimentarse. William Weryin y Richard Sayre, USDA-ARS.

Por supuesto que nos empezamos a preguntar qué otras cosas hasta ese momento invisibles ocurrían ahí abajo en el

suelo. ¿Acaso influiría el mundo que se revelaba ante nosotros mediante herramientas como el microscopio electrónico en la manera en la que cuidábamos de las plantas de nuestros jardines, huertos y patios? Todos nos sentimos deslumbrados por las imágenes del espacio profundo del Hubble, incompresiblemente lejano, y sin embargo solo unos pocos han llegado a tener la oportunidad de maravillarse ante las fotografías producidas por un microscopio electrónico de barrido, que brinda una ventana a un universo igualmente desconocido situado literalmente bajo nuestros pies.

Buscábamos respuestas y pronto nos dimos cuenta de que, mientras estábamos echando fertilizante y pasando el motocultor por el huerto religiosamente, un grupo creciente de científicos de todo el mundo había realizado un descubrimiento tras otro que ponían en tela de juicio estas prácticas. Muchas disciplinas científicas — microbiología, bacteriología, micología (el estudio de los hongos), mirmecología (el estudio de las hormigas), química, agricultura— habían aunado fuerzas en décadas recientes para centrarse en comprender el mundo del suelo. Lentamente, sus descubrimientos sobre lo que ocurre en el suelo están siendo aplicados a la agricultura comercial, a la silvicultura y a la viticultura. Va siendo hora de que apliquemos esta ciencia a las cosas que cultivamos en nuestros jardines y huertos.

La mayoría de los jardineros está atrapada en la tierra de la horticultura tradicional, un lugar donde los cuentos de la vieja, la ciencia anecdótica y los hábiles mensajes comerciales diseñados para vender productos dictan nuestras actividades de temporada. Si hay alguna comprensión de la ciencia que subyace a la jardinería, esta siempre se limita a la química NPK del suelo y a su estructura física. A medida que leas estas páginas, aprenderás cómo usar la biología en tu suelo —natural o manipulado— para beneficio propio y de tus plantas. Ya que

los fertilizantes químicos matan a los microorganismos del suelo y ahuyentan a los animales más grandes, el sistema por el que abogamos es uno orgánico, libre de productos químicos. Los productos químicos fueron, de hecho, los que mataron a las hifas fúngicas que protegen las raíces y dieron a nuestro amigo el nematodo acceso libre a las raíces inermes de la tomatera tal y como aparece en la segunda fotografía.

Por necesidad, este libro se divide en dos partes. La primera es una explicación del suelo y de la red de nutrientes del suelo. No hay manera de saltárselo. Tienes que conocer la ciencia antes de poder aplicarla. En este caso por lo menos, la ciencia es fascinante e incluso asombrosa, y además no intentamos hacer de ella un libro de texto. La segunda parte es la explicación de cómo hacer que la red de nutrientes del suelo trabaje en beneficio del suelo y del tuyo propio como jardinero.

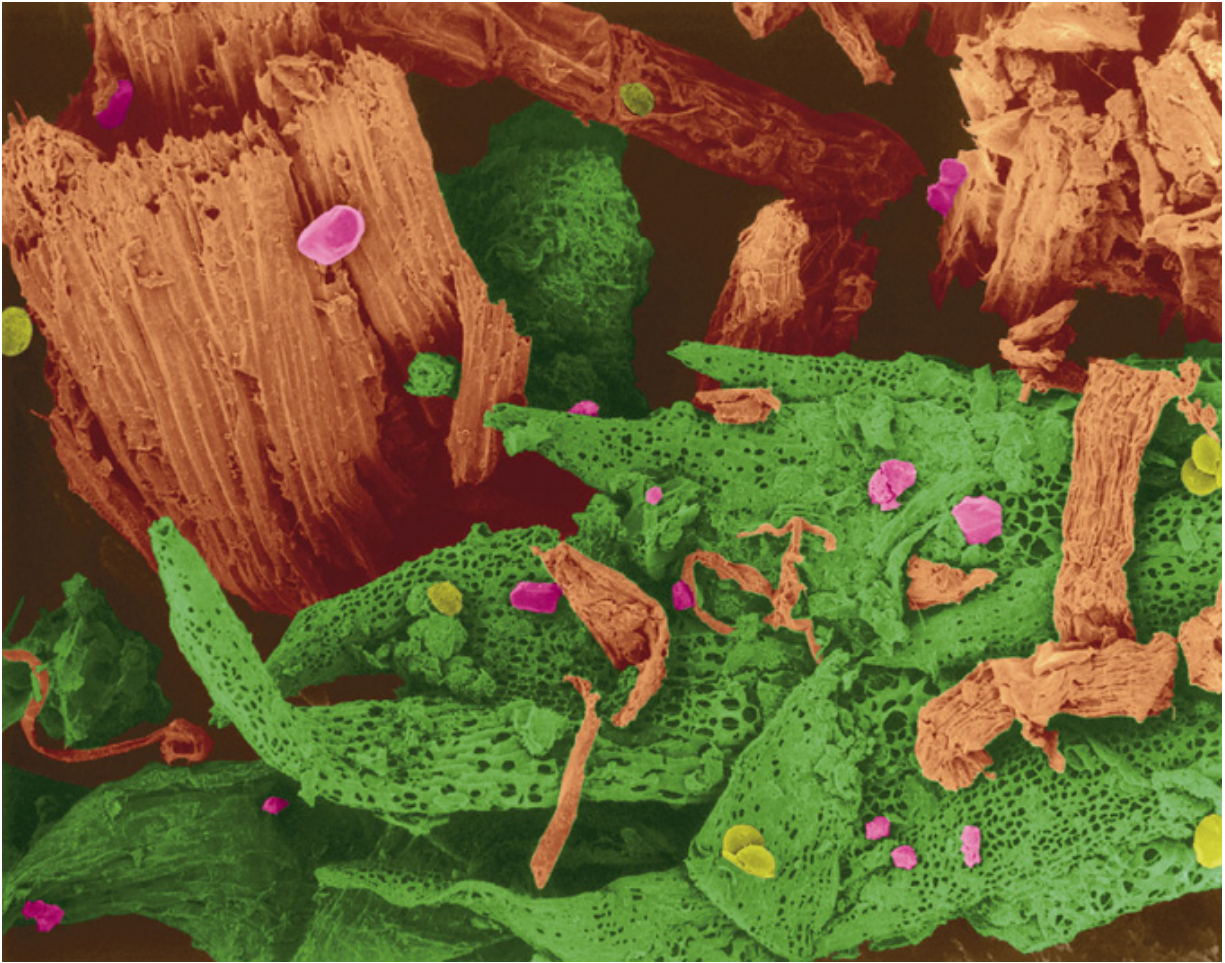
Lo que diferencia este libro de otros textos sobre el suelo es nuestro énfasis acusado en la biología y la microbiología de los suelos: las relaciones entre el suelo y los organismos en el suelo y su impacto en las plantas. No abandonamos la química del suelo, pH, intercambio iónico, porosidad, textura y otras maneras de describirlo. Cubrimos la ciencia clásica del suelo, pero desde la premisa de que es el escenario donde la biología representa muchos dramas. Después de presentar a los actores y contar sus historias individuales, lo que sigue son resultados predecibles a partir de sus relaciones o la ausencia de los mismos. En la segunda parte del libro estos resultados se transforman en una pocas y sencillas reglas, reglas que hemos aplicado en nuestros jardines y terrenos al igual que nuestros vecinos en Alaska, donde iniciamos estas nuevas prácticas. También lo han hecho otros, en particular a lo largo del noroeste del Pacífico, pero también en otras partes del mundo. Pensamos que aprender sobre la ciencia del suelo y luego aplicarla (en particular, la ciencia sobre cómo se

interrelacionan varias formas de vida en el suelo: la red de nutrientes del suelo), nos ha hecho mejores jardineros. Cuando eres consciente y aprecias las hermosas sinergias entre los organismos del suelo, no solo te conviertes en un mejor jardinero sino también en un mejor administrador de la tierra. A los jardineros domésticos realmente no les incumbe aplicar venenos, y sin embargo lo hacen: a la comida que cultivan y comen (y, lo que es peor, con la que alimentan a sus familias) y en los céspedes en los que juegan.

Puede que sientas la tentación de ir directamente a la segunda parte del libro, pero te lo desaconsejamos encarecidamente. Resulta esencial que conozcas la ciencia para poder comprender de verdad las reglas. Por supuesto que requiere un poco de esfuerzo (o por lo menos sí lo requiere el capítulo sobre la ciencia del suelo), pero durante demasiado tiempo y para demasiados jardineros todo lo que necesitábamos saber venía en una botella o un frasco y todo lo que teníamos que hacer era mezclarlo con agua y aplicarlo con un pulverizador de una sola boquilla: la comida instantánea se cuele en el cultivo doméstico. Eso sí que es un hobby... Pues bien, queremos que seáis jardineros que piensan y no consumidores sin criterio que reaccionan porque un anuncio en una revista o en la televisión dice que hay que hacer algo. Si quieres ser un buen jardinero, necesitas entender qué es lo que sucede en tu suelo.

Así que ahí vamos. Ahora sabemos que todo el nitrógeno no es igual y que si dejas a las plantas y a la biología en el suelo hacer su trabajo, el cultivo se vuelve más fácil y los jardines mejoran. Ojalá tus terrenos y jardines crezcan hasta alcanzar un esplendor natural. Nosotros sabemos que los nuestros lo hacen.

PRIMERA PARTE. LA CIENCIA BÁSICA



Fotografía de un microscopio electrónico de humus de compost orgánico (marrón), material de plantas en descomposición (verde) y algunas partículas minerales (púrpura y amarillo), 25×. Dennis Kunkel Microscopy, Inc.

1. ¿Qué hay en la red de nutrientes del suelo y por qué debería interesar a los jardineros?

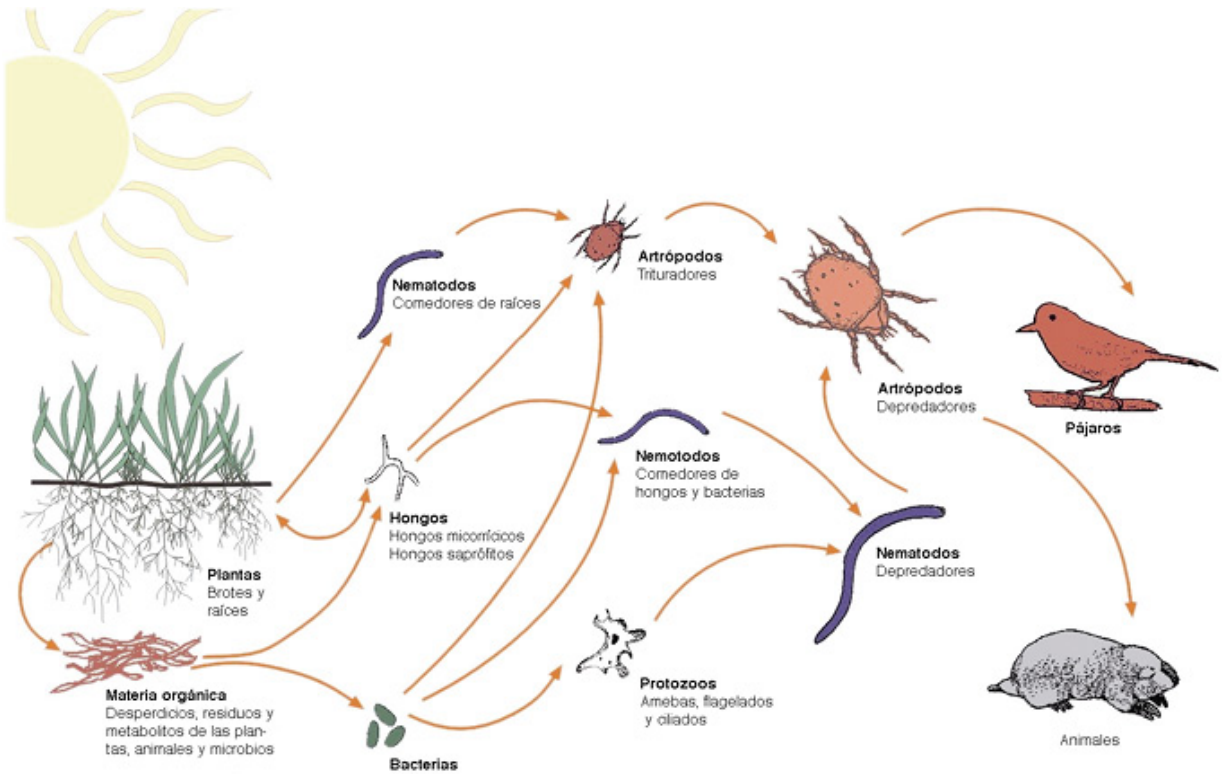
Dada su importancia vital para nuestro hobby, resulta sorprendente que la mayoría de nosotros no nos aventuremos más allá de la comprensión de que un buen suelo sustenta la vida de las plantas y un mal suelo no. Sin duda habrás visto lombrices en un buen suelo y, a menos que uses pesticidas, también te habrás topado con otra vida en el suelo: ciempiés, colémbolos, hormigas, babosas, larvas de coccinélidos y muchos más. La mayor parte de esta vida está en la superficie, en los primeros diez centímetros; aunque se han encontrado algunos microbios del suelo que viven cómodamente a unos increíbles tres mil metros por debajo de la superficie. Sin embargo, un buen suelo no consta tan solo de unos pocos animales. Un buen suelo rebosa vida, aunque rara vez este hecho genere una reacción de satisfacción.

Además de todos los organismos vivos que puedes ver en los suelos de un jardín (por ejemplo, hay hasta cincuenta lombrices de tierra en un metro cuadrado de un buen suelo), hay un mundo entero de organismos del suelo que no puedes ver a menos que uses instrumentos ópticos sofisticados y caros. Solo entonces aparecen los organismos microscópicos —bacterias, hongos, protozoos, nematodos— en cantidades que son cuando menos asombrosas. Una mera cucharita de café de buena tierra de

jardín, tal y como la miden los genetistas microbianos, contiene mil millones de bacterias invisibles, varios metros de hifas fúngicas igualmente invisibles, varios miles de protozoos y unas pocas docenas de nematodos.

El denominador común de toda la vida del suelo es que cada organismo necesita energía para sobrevivir. Si bien unas pocas bacterias, conocidas como quimiosintéticas, derivan la energía del azufre, nitrógeno o incluso de compuestos de hierro, el resto tiene que comer algo que contenga carbono para obtener la energía que necesita para sostener la vida. El carbono puede provenir de material orgánico que ofrezcan las plantas, desechos producidos por otros organismos, o los cadáveres de otros organismos. La primera prioridad de toda la vida en el suelo es la obtención de carbono como combustible del metabolismo; se trata de un mundo en el que comes y te comen, dentro y fuera del suelo.

Hay una canción infantil sobre una señora mayor que accidentalmente se tragó una mosca. A continuación, se tragó una araña («que luchaba y brincaba y cosquilleaba dentro de ella») que quería atrapar a la mosca, y luego a un pájaro que quería atrapar a la araña, y así sucesivamente hasta que se comió un caballo y se murió. («¡Por supuesto!»). Si hicieras un diagrama de quién se espera que se coma a quién, comenzando por la mosca y terminando con el improbable caballo, tendrías lo que se conoce como cadena trófica.



Una red de nutrientes del suelo. USDA-NRCS.

La mayoría de los organismos comen más de una clase de presa, así que si haces un diagrama de quién se come a quién en el suelo, la línea recta de la cadena trófica se convierte a su vez en una serie de cadenas tróficas vinculadas que se solapan entre sí, creando una red de cadenas de nutrientes o red de nutrientes del suelo. El entorno de cada suelo posee un conjunto distinto de organismos y, por tanto, un conjunto distinto de la red de nutrientes del suelo.

Esta es la definición simplificada y gráfica de la red de nutrientes del suelo aunque, como puedes imaginar, este y otros diagramas representan un conjunto de interacciones, relaciones y procesos físicos y químicos complejo y altamente organizado. Sin embargo, la historia que cada uno cuenta es sencilla y siempre empieza con la planta.

Las plantas tienen el control

La mayoría de los jardineros piensa que las plantas solo absorben nutrientes a través del sistema radicular y alimentan a sus hojas. Pocos se dan cuenta de que las plantas usan una gran parte de la energía que obtienen mediante la fotosíntesis de las hojas para producir productos químicos que secretan a través de las raíces. Estas secreciones se conocen como exudados. Una buena analogía es la transpiración, que es un exudado humano.



La rizosfera es un área de interacción entre la superficie de la raíz de una planta y el área que la rodea. Bacterias y otros microorganismos, así como detritos del suelo, llenan el área. 10 000×. Sandra Silvers, USDA-ARS.

Los exudados de las raíces están presentes en forma de carbohidratos (incluidos los azúcares) y proteínas. Sorprendentemente, su presencia despierta, atrae y hace crecer a determinados hongos y bacterias beneficiosos que viven en el suelo y subsisten con estos exudados y con el material celular que se desprende a medida que crece las puntas de la raíz. Toda esta secreción de exudados y desprendimiento de células ocurre en la rizosfera, una zona que rodea a las raíces de forma inmediata y que se extiende un par de milímetros. La rizosfera, que puede

tener la apariencia de la gelatina o la mermelada bajo un microscopio electrónico, contiene una mezcla en constante cambio de organismos del suelo, incluidas las bacterias, hongos, nematodos, protozoos e incluso organismos mayores. Toda esta «vida» compite por los exudados en la rizosfera, o su contenido en agua o minerales.

En lo más bajo de la red de nutrientes del suelo están las bacterias y los hongos, que se sienten atraídos y consumen los exudados de las raíces de las plantas. A su vez, estos atraen y se ven devorados por microbios más grandes, en particular nematodos y protozoos (¿Recuerdas las amebas, paramecios, flagelados y ciliados que deberías haber estudiado en Biología?) que comen bacterias y hongos (fundamentalmente por el carbono) como combustible para sus funciones metabólicas. Todo lo que no necesitan lo excretan como residuos que las raíces de las plantas absorben como nutrientes. Qué conveniente que esta producción de nutrientes para las plantas se produzca en la rizosfera, el lugar de la absorción de los nutrientes para las raíces.

En el centro de cualquier red de nutrientes del suelo están las plantas. Las plantas controlan la red de nutrientes en beneficio propio, un dato sorprendente que no acaban de comprender del todo ni de apreciar los jardineros que interfieren constantemente con el sistema de la naturaleza. Los estudios indican que las plantas individuales pueden controlar el número y las distintas clases de hongos y bacterias atraídos a la rizosfera mediante los exudados que producen. Durante los diferentes momentos de la época de cultivo, las poblaciones de bacterias y hongos de la rizosfera crecen y decrecen dependiendo de las necesidades de nutrición de la planta y de los exudados que produzca.

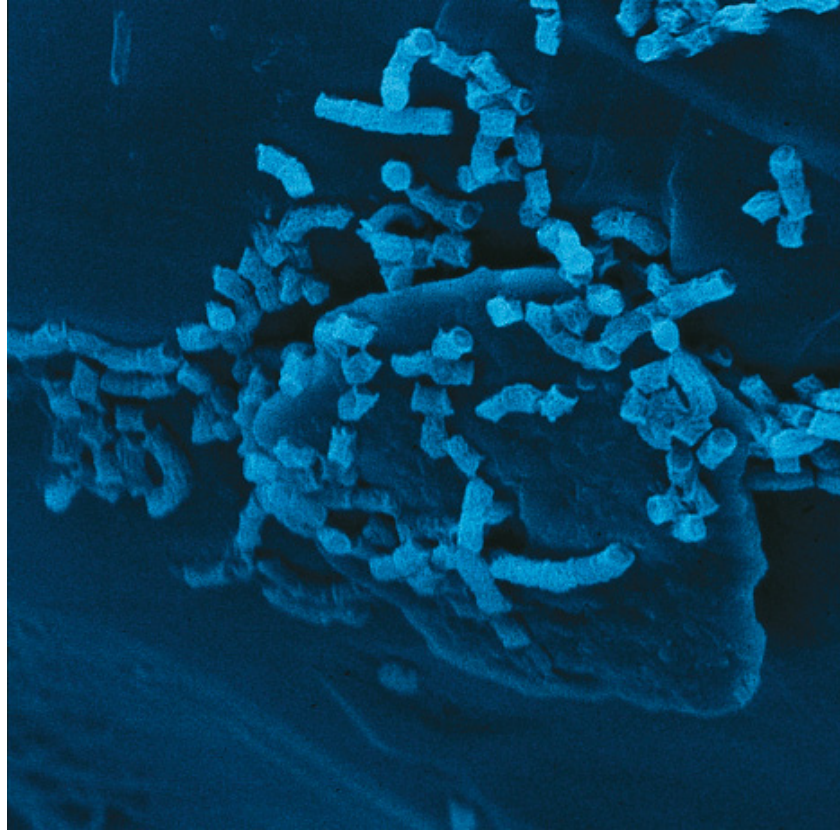
Las bacterias y hongos del suelo son como pequeñas bolsas de fertilizantes, pues retienen en sus cuerpos nitrógeno y otros nutrientes que adquieren de los exudados

y demás materia orgánica (como, por ejemplo, lo que se desprende de las puntas de las raíces). Para continuar con la analogía, los protozoos y nematodos del suelo actúan como «diseminadores del fertilizante» al liberar los nutrientes encerrados en las bacterias y hongos, que serían las «bolsas de fertilizantes». Los nematodos y protozoos aparecen y se comen a las bacterias y hongos de la rizosfera. Digieren lo que necesitan para sobrevivir y excretan el exceso de carbono y otros nutrientes como residuos.

Por tanto, si no se interfiere con ellas, las plantas producen exudados que atraen a los hongos y bacterias (y, a la postre, a nematodos y protozoos); su supervivencia depende de la interacción entre estos microbios. Se trata de un sistema completamente natural, el mismo que ha impulsado a las plantas desde que evolucionaron. La vida del suelo ofrece los nutrientes necesarios para la vida de las plantas, y las plantas inician e impulsan el ciclo produciendo exudados.

La vida del suelo crea la estructura del suelo

Los protozoos y nematodos que se dieron un banquete a costa de los hongos y bacterias que se vieron atraídos por los exudados de la planta, son a su vez devorados por los artrópodos (animales con cuerpos segmentados, apéndices articulados y una cubierta exterior dura llamada exoesqueleto).



Bacterias en una partícula de suelo. Ann West.

Artrópodos son los insectos, arañas e incluso las gambas y langostas. Los artrópodos del suelo se comen entre ellos y ellos mismos son el alimento de serpientes, pájaros, topes y otros animales. En pocas palabras, el suelo constituye un enorme restaurante de comida rápida. En el curso de esta comilona, los miembros de la red de nutrientes del suelo se mueven por doquier en busca de presa o protección y, mientras lo hacen, tienen un impacto en el suelo.

Las bacterias son tan pequeñas que tienen que pegarse a las cosas o ser barridas. Para adherirse producen un biofilm cuyo resultado secundario es que las partículas individuales del suelo se unen entre sí (si el concepto resulta difícil de entender, piensa en la placa que se forma en tu boca durante la noche y que permite a las bacterias adherirse a tus dientes). También las hifas fúngicas viajan a través de las partículas del suelo pegándose a ellas y

uniéndolas, en forma de hilo, en agregados.

Las lombrices, junto con las larvas de insectos y los topos y otros animales que escarban, se mueven a través del suelo en busca de comida y protección creando caminos que permiten que entre y salga del suelo el aire y el agua. Incluso los hongos microscópicos pueden ayudar en esta tarea (ver el capítulo 4). Por tanto, la red de nutrientes del suelo, además de proveer con nutrientes a las raíces en la rizosfera, también ayuda a crear la estructura del suelo: las actividades de sus miembros unen las partículas del suelo a la vez que facilitan el paso del aire y el agua a través del suelo.

La vida del suelo produce los nutrientes del suelo

Cuando cualquier miembro de la red de nutrientes del suelo muere, se convierte en alimento para los otros miembros. Los nutrientes en estos cuerpos pasan a otros miembros de la comunidad. Los depredadores más grandes pueden comérselos vivos o pueden descomponerse tras morir. De una manera u otra, los hongos y las bacterias se implican, bien favoreciendo directamente la descomposición del organismo o trabajando en los excrementos del depredador que ha tenido suerte; no hay ninguna diferencia. Los nutrientes se conservan y acaban finalmente retenidos en los cuerpos de incluso los hongos y bacterias más pequeños. Cuando estos se encuentran en la rizosfera, liberan nutrientes en una forma accesible para las plantas cuando ellos mismos, a su vez, son consumidos o mueren.

Sin este sistema, los nutrientes más importantes se lixiviarían. En vez de eso, se ven retenidos en los cuerpos de la vida del suelo. Esta es la verdad del jardinero: cuando aplicas fertilizantes químicos, una pequeñísima parte alcanza la rizosfera y es absorbida, pero la mayor parte se escurre por el suelo hasta llegar a la capa freática. Esto no

ocurre con los nutrientes encerrados en los organismos del suelo, un estado que se conoce como inmovilización; estos nutrientes se liberan al final como residuos o se mineralizan. Y cuando las propias plantas mueren y llegan a descomponerse, los nutrientes que retenían vuelven a quedar inmovilizados en los hongos y bacterias que los consumen.

El stock de nutrientes en el suelo está influenciado por la vida del suelo de otras maneras. Por ejemplo, las lombrices introducen materia orgánica en el suelo que será más tarde triturada por los escarabajos y larvas de otros insectos, lo que propiciará la descomposición fúngica y bacteriana. La actividad de las lombrices aporta todavía más nutrientes para la comunidad del suelo.

Las redes de nutrientes del suelo sanas controlan las enfermedades

Una red de nutrientes del suelo sana es aquella que no está siendo destruida por organismos patógenos. Después de todo, no todos los organismos del suelo son beneficiosos. Como jardinero, sabes que las bacterias y hongos patógenos del suelo pueden causar muchas enfermedades a las plantas. Las redes de nutrientes del suelo sanas no solo tienen una cantidad tremenda de organismos individuales sino también una gran diversidad. ¿Recuerdas la cucharita de café de buena tierra de jardín? Quizás veinte mil o treinta mil especies distintas componen sus mil millones de bacterias, lo que supone una población sana tanto en número como en diversidad.

Una comunidad grande y diversa controla a los maleantes. Una buena analogía sería un ladrón en un mercado atestado de gente: si hay suficientes personas alrededor, atraparán o incluso detendrán al ladrón (y es, además, para beneficio propio). Sin embargo, si el mercado está vacío el ladrón se saldrá con la suya, al igual que

ocurrirá si es más fuerte, más rápido o de alguna manera está mejor adaptado que aquellos que podrían perseguirle.

En el mundo de la red de nutrientes del suelo, los buenos no suelen atrapar a los ladrones (aunque a veces sí ocurre: como prueba tienes al nematodo con el que comenzamos todo). En vez de eso, compiten con ellos por los exudados y otros nutrientes, aire, agua e incluso espacio. Si la red de nutrientes del suelo está sana, esta competición mantiene a los patógenos a raya; y puede que incluso acaben siendo sobrepujados hasta morir.

Y lo que es igualmente importante es que cada miembro de la red de nutrientes tiene su lugar en la comunidad del suelo. Cada uno, ya sea en la superficie o en el subsuelo, desempeña un papel específico. La eliminación de tan solo un grupo puede alterar drásticamente una comunidad del suelo. Los pájaros participan esparciendo protozoos que llevan en las patas o dejando caer en un lugar a un gusano que atraparon en otro sitio. Y, si se añaden demasiados gatos, puede que la cosa cambie... Los excrementos de los mamíferos ofrecen nutrientes a los escarabajos en el suelo. Mata a los mamíferos o elimina su hábitat o la fuente de alimento (lo que supone lo mismo) y ya no tendrás tantos escarabajos. Y funciona en sentido contrario. Una red de nutrientes del suelo sana no permitirá que un conjunto de miembros se haga tan fuerte que destruya la red. Si hay demasiados nematodos o protozoos, las bacterias y hongos que son su presa tendrán problemas y, al final, también las plantas de la zona.

Y hay otros beneficios. Las redes que los hongos forman alrededor de las raíces actúan como barreras físicas ante la invasión y protegen a las plantas de los hongos y bacterias patógenos. Las bacterias recubren las superficies de forma tan completa que no hay sitio para que otros se adhieran. Si algo impacta a estos hongos y bacterias y sus números caen o desaparecen, la planta puede ser fácilmente atacada.

Unos hongos especiales del suelo llamados micorrícicos establecen una relación simbiótica con las raíces, ofreciéndoles no solo protección física sino también el suministro de nutrientes. A cambio de exudados, estos hongos ofrecen agua, fósforo y otros nutrientes necesarios para las plantas. Las poblaciones de la red de nutrientes del suelo tienen que estar en equilibrio para que estos hongos no sean devorados y las plantas sufran.

Las bacterias producen sus propios exudados, y el biofilm que emplean para adherirse a las superficies atrapa a los patógenos. A veces las bacterias trabajan en conjunción con los hongos para formar capas protectoras no solo alrededor de las raíces de la rizosfera sino también en un área equivalente alrededor de la superficie de las hojas llamada filosfera. Las hojas producen exudados que atraen a los microorganismos exactamente de la misma forma en que lo hacen las raíces. Estas actúan como una barrera ante la invasión y previenen la entrada en el sistema de la planta de los organismos que causan enfermedades.

Algunos hongos y bacterias producen compuestos inhibidores, algo análogo a las vitaminas y los antibióticos, que ayudan a mantener y mejorar la salud de la planta. La penicilina y la estreptomicina, por ejemplo, son producidas por un hongo y una bacteria del suelo respectivamente.

No todo el nitrógeno es el mismo

Básicamente, por lo menos desde la perspectiva de la planta, el papel de la red de nutrientes del suelo consiste en hacer que los nutrientes circulen hacia abajo hasta que queden temporalmente inmovilizados en los cuerpos de las bacterias y los hongos y luego se mineralicen. El más importante de estos nutrientes es el nitrógeno, un componente básico de los aminoácidos y, por tanto, de la vida. Por lo general, la biomasa de los hongos y las bacterias (es decir, la cantidad total de cada uno en el

suelo) determina la cantidad de nitrógeno disponible de inmediato para uso de la planta.

No fue hasta 1980 cuando los científicos del suelo pudieron medir con rigor la cantidad de bacterias y hongos en el suelo. La doctora Elaine Ingham de la Oregon State University junto con otros empezó a publicar investigaciones que mostraban la proporción de estos dos organismos en varios tipos de suelo. En general, los suelos menos alterados (los que sostienen los viejos bosques madereros) tenían más hongos que bacterias, mientras que los suelos alterados (tierras tratadas con un motocultor, por ejemplo) tenían más bacterias que hongos. Estos estudios y otros posteriores muestran que los suelos agrícolas tienen una biomasa de hongos a bacterias (proporción H:B) de 1:1: o menos, mientras que los suelos boscosos tienen diez veces más hongos que bacterias.

Ingham y algunos de sus estudiantes de posgrado también descubrieron una correlación entre las plantas y su preferencia por suelos dominados por los hongos frente a aquellos que estaban dominados por las bacterias o eran neutrales. Dado que el camino de los suelos dominados por bacterias a los que están dominados por los hongos sigue el curso general de la sucesión de las plantas, resultó fácil predecir qué tipo de suelo preferían las plantas investigando de dónde provenían. En general, las perennes, árboles y arbustos prefieren los suelos dominados por los hongos, mientras que las anuales, gramíneas y verduras prefieren los suelos dominados por las bacterias.

Una implicación de estos hallazgos para el jardinero tiene que ver con el nitrógeno en las bacterias y los hongos. Recuerda que esto es lo que la red de nutrientes del suelo significa para la planta: cuando estos organismos son devorados, parte del nitrógeno queda retenido en el depredador, pero otra gran parte se libera como desecho en forma de amonio (NH_4) disponible para la planta.

Dependiendo del entorno del suelo, este puede permanecer como amonio o ser convertido en nitrato (NO_3) por una bacteria especial. ¿Cuándo ocurre esta conversión? Cuando el amonio se libera en suelos que están dominados por las bacterias. Y esto es así porque estos suelos suelen tener un pH alcalino (gracias a la biopelícula bacteriana), que favorece que las bacterias fijadoras de nitrógeno prosperen. Cuando comienzan a dominar, los ácidos producidos por los hongos bajan el pH y reducen significativamente el número de estas bacterias. En los suelos con una dominancia fúngica, gran parte del nitrógeno permanece en forma de amonio.

Y aquí está el escollo: los fertilizantes químicos ofrecen nitrógeno a las plantas, pero la mayoría lo hace en forma nítrica (NO_3). Sin embargo, una comprensión de la red de nutrientes del suelo deja claro que a la larga las plantas que prefieren los suelos con una dominancia fúngica no prosperarán con una dieta de nitratos. Conocer esto puede significar una gran diferencia en la manera en la que gestionas los jardines y terrenos. Si puedes hacer que o bien los hongos o bien las bacterias dominen, u ofrecer una mezcla a partes iguales (y puedes hacerlo tal y como se explica en la segunda parte), entonces las plantas obtendrán la clase de nitrógeno que prefieren sin productos químicos, y prosperarán.

Impactos negativos en la red de nutrientes del suelo

Los fertilizantes químicos, pesticidas, insecticidas y fungicidas afectan a la red de nutrientes del suelo, pues son tóxicos para algunos miembros, repelen a otros y alteran el entorno. Algunas importantes relaciones fúngicas y bacterianas no se forman cuando una planta puede conseguir nutrientes gratis. Cuando son alimentadas químicamente, las plantas obvian el método asistido por los microbios para obtener nutrientes y las poblaciones