



La fábrica de la vida

¿Por qué es tan importante la biodiversidad del suelo?

suelo

***Europe Direct es un servicio que le ayudará a encontrar respuestas
a sus preguntas sobre la Unión Europea***

**Número de teléfono gratuito (*):
00 800 6 7 8 9 10 11**

(*) Algunos operadores de telefonía móvil no autorizan el acceso a los números 00 800 o cobran por ello.

Más información sobre la Unión Europea, en el servidor Europa de Internet (<http://europa.eu>).

Al final de la obra figura una ficha catalográfica.

Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 2010

ISBN 978-92-79-14999-3

doi 10.2779/17073

© Unión Europea, 2010

Reproducción autorizada, con indicación de la fuente bibliográfica.

Printed in Belgium



IMPRESO EN PAPEL RECICLADO QUE HA OBTENIDO LA ETIQUETA ECOLÓGICA EUROPEA PARA PAPEL GRÁFICO

(WWW.ECOLABEL.EU)

Índice

Prólogo	3
La protección del suelo, un desafío apremiante para 2010 y de cara al futuro	3
Bienvenidos a la fábrica de la vida	4
Algunos de los trabajadores de la fábrica de la vida	5
La labor de la fábrica	6
Estructuración del suelo y regulación del clima	6
Almacenamiento y purificación del agua	7
Limpieza de tierras contaminadas	7
Control de plagas	8
Almacén de medicamentos	9
¿Cuál es el valor de una lombriz?	9
¿Quién trabaja en la fábrica?	10
Los trabajadores	10
Los supervisores	11
Los arquitectos	11
Principales amenazas para el futuro de la fábrica	13
Cambios en el uso del suelo	14
El cambio climático	15
Otras amenazas	16
Ayudar a proteger la biodiversidad del suelo	17
¿Qué más se puede hacer para proteger la biodiversidad del suelo?	19
Más información sobre la biodiversidad del suelo	20



Prólogo

La protección del suelo, un desafío apremiante para 2010 y de cara al futuro

En 2010, declarado por las Naciones Unidas Año Internacional de la Biodiversidad, no podemos continuar ignorando una amplia proporción de la diversidad biológica global: la biodiversidad del suelo.

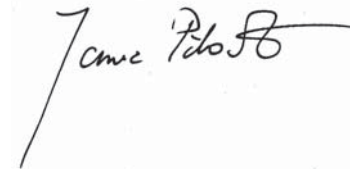
La salud de un suelo viene dada por la variedad de formas de vida que lo habitan, desde bacterias y hongos hasta pequeños insectos, lombrices y topos. Esta rica biodiversidad aporta unos beneficios de incalculable valor para la vida en la Tierra: desempeña un papel vital en la mitigación del cambio climático, el almacenamiento y la purificación de agua, el desarrollo de antibióticos y la prevención de la erosión. El bienestar de todas las plantas y animales terrestres depende de los complejos procesos que tienen lugar en el suelo.

La pérdida de biodiversidad y el cambio climático son dos de los desafíos más apremiantes de nuestro tiempo, y la biodiversidad del suelo forma parte de la solución de ambos. Sin embargo, esta biodiversidad está sometida a una constante amenaza, en gran medida a causa de actividades humanas que podemos controlar. Por tanto, es nuestra responsabilidad preservar la calidad del suelo antes de que sea demasiado tarde, y antes de que desaparezcan las especies que lo habitan y sus delicados hábitats. Por todo ello, la Comisión Europea ha decidido dedicar al suelo la atención que merece.

La Comisión Europea ha propuesto una Directiva marco del suelo, que forma parte integral de su Estrategia Temática para la Protección del Suelo, cuyo objetivo consiste en detener la degradación del suelo en la UE y reparar los daños ya ocasionados. Estamos ante un problema creciente; salvo que lo abordemos pronto y de forma coordinada, la solución será cada vez más difícil y costosa. Esperamos llegar en breve a un acuerdo sobre la mejor manera de enfrentarnos a este problema y sería un gran éxito aprovechar el Año Internacional de la Biodiversidad para aprobar finalmente la Directiva.

Mientras celebramos la vida en la Tierra y el valor de la biodiversidad, dediquemos un poco de tiempo a mirar bajo nuestros pies para descubrir y valorar ese mundo desconocido.

Janez Potočnik
Comisario Europeo de Medio Ambiente



Bienvenidos a la fábrica de la vida

A menos que seamos jardineros o agricultores, en general prestamos poca atención al suelo, salvo cuando nos limpiamos los zapatos después de un paseo por el campo o cuando nos quejamos si la casa se mancha de tierra.

Sin embargo, es hora de volver a acercarnos a este valioso recurso no renovable. El suelo está en peligro y la causa es fundamentalmente nuestro estilo de vida.

La fuerza del suelo procede de la vida que existe en él –la biodiversidad del suelo–, y eso incluye desde los genes y especies hasta las comunidades. Hay más biodiversidad bajo el suelo que encima de él: en una sola cucharada de suelo de cualquier jardín puede haber miles de especies, millones de individuos y cien metros de redes fúngicas. Los científicos estiman que al menos una cuarta parte de las especies del planeta vive bajo el suelo.

Este ecosistema tan diverso desempeña una gran variedad de funciones: procesa los residuos orgánicos y hace posible con ello la vida de plantas, animales y seres humanos; interviene en los ciclos del carbono y del agua; mantiene las plagas bajo control, limpia las tierras contaminadas y proporciona materias primas para el desarrollo de nuevos productos farmacéuticos con los que combatir enfermedades infecciosas.

Dato

Los suelos albergan más de una cuarta parte de las especies vivas de la tierra.

El suelo es la fábrica de la vida. Sus trabajadores son microorganismos, pequeños y grandes invertebrados, pequeños mamíferos, incluso las raíces de las plantas. Su lugar de trabajo son las capas superiores del suelo, oscuras o poco iluminadas, que se encuentran bajo las praderas, campos, bosques y espacios verdes de las ciudades.

Dato

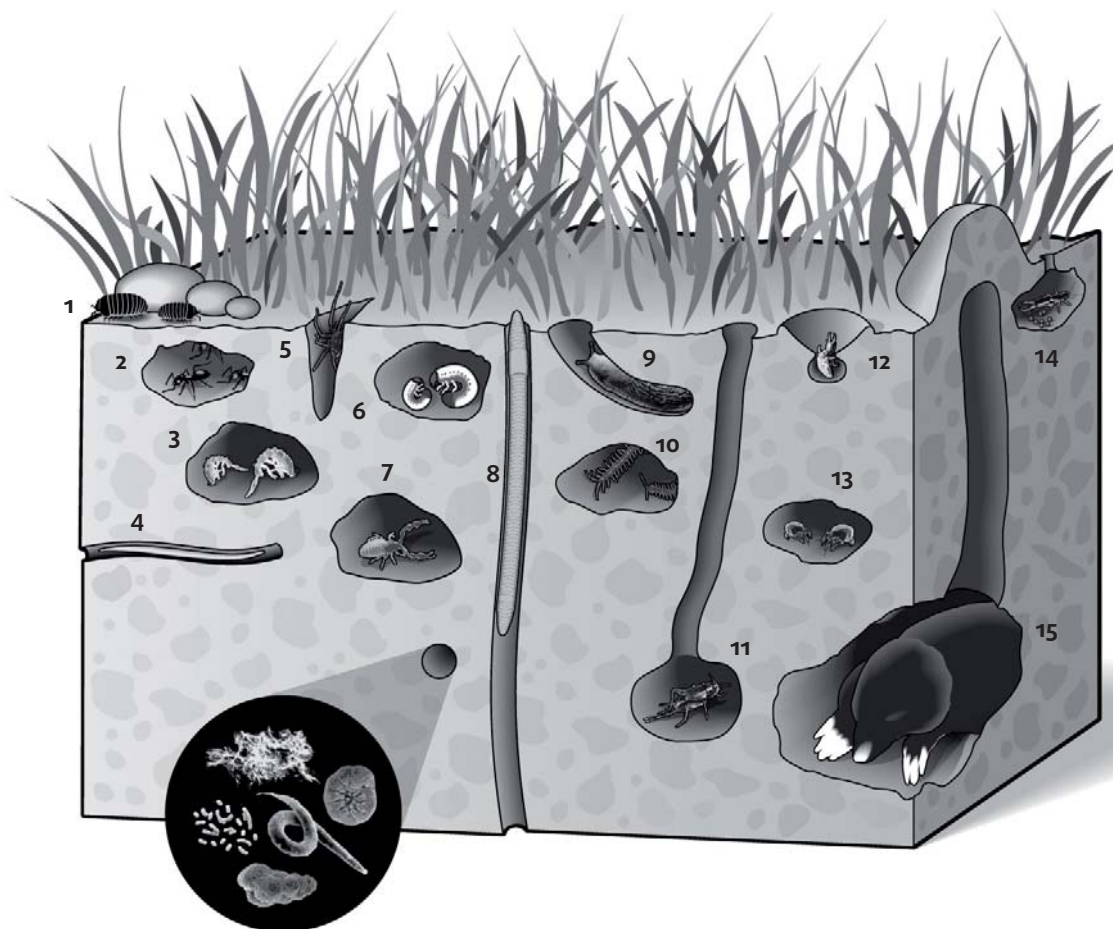
Sólo se ha identificado el 1% de las especies de microorganismos del suelo.

Sin embargo, esta fábrica está en crisis. Mientras que otros recursos vitales, como el agua y el aire, se reciclan y regeneran constantemente, el suelo tarda décadas, incluso siglos, en formarse. Si la fábrica de la vida se detiene, será sumamente difícil volver a ponerla en marcha.

En las páginas siguientes examinaremos lo que ocurre en este fascinante entorno, conoceremos a los protagonistas de esta desconocida comunidad y las amenazas a las que se enfrenta su hábitat a escala local y mundial. También analizaremos las acciones emprendidas para tratar el problema a través de la legislación y la investigación científica. Únase a nosotros en este viaje de exploración para descubrir los tesoros de la fábrica de la vida.



Algunos de los trabajadores de la fábrica de la vida



1. Cochinillas
2. Hormigas
3. Colémbolos
4. Lombriz de capas superficiales
5. Araña
6. Larvas de escarabajo
7. Pseudoescorpión
8. Lombriz de capas profundas
9. Babosa
10. Miriápodos
11. Grillo campestre
12. Larva de hormiga león
13. Ácaros
14. Tijereta común
15. Topo

Trabajadores de la fábrica de la vida bajo el microscopio:
bacterias, nematodos, micelios fúngicos, protozoos.

La labor de la fábrica

Bajo nuestros campos y nuestros pies, la variada comunidad de organismos del suelo trabaja día y noche, en un extraordinario esfuerzo coordinado que sustenta la vida sobre la Tierra. A continuación describimos los principales servicios que nos ofrece la fábrica del suelo, según nuestro nivel de conocimiento actual.

La principal actividad de la fábrica de la vida es crear y regenerar el suelo, que es la fuente de alimentos más esencial del planeta. El suelo proporciona los nutrientes que las plantas necesitan para crecer y dar sustento a los animales, además de producir nuestros alimentos, fibras textiles, madera e ingredientes de productos farmacéuticos.

Dato

En una superficie del tamaño de un campo de fútbol, los organismos del suelo producen cada año una cantidad de materia orgánica equivalente al peso de 25 coches.

La fertilidad del suelo depende de la presencia de una amplia comunidad de organismos vivos, que constituyen la biodiversidad del suelo. Cuando estos organismos disponen de suficientes materias primas, es decir, materia orgánica muerta, se ponen a trabajar descomponiendo los residuos para producir humus: un complejo orgánico con los nutrientes que necesitan las plantas. No se puede fabricar humus sintético, sólo puede generarlo la biodiversidad del suelo.



Algunos artrópodos terrestres comunes, como *Entomobrya nivalis* cumplen un importante papel en la descomposición.



El macho del grillo campestre (*Gryllus campestris*) cava una madriguera de hasta 30 cm de profundidad.

Es posible que el trabajo de la fábrica nunca haya sido tan importante como hoy en día. A medida que la población mundial aumenta –se prevé que para mediados de siglo llegará a los nueve mil millones–, resulta esencial disponer de unos suelos sanos para garantizar nuestro futuro suministro de alimentos. Y más aún si pensamos en la creciente presión que ejerce sobre la tierra la expansión urbana, la producción de biocombustibles y la extracción de recursos naturales; y si consideramos la progresiva degradación de la tierra debida a la pérdida de materia orgánica, la erosión, la desertificación y otras causas.

Estructuración del suelo y regulación del clima

Los organismos del suelo trabajan los terrenos arenosos, arcillosos o limosos formando nuevas estructuras y hábitats que oxigenan el suelo y permiten que el agua penetre en él. Por ejemplo, algunas especies de hongos producen una proteína aglomerante que hace que las partículas se adhieran entre sí, agregando y estabilizando los suelos. Otras criaturas más grandes, como las termitas, excavan túneles subterráneos.



El trabajo de estos organismos también hace posible que el suelo almacene y libere carbono, lo que ayuda a regular el ciclo de los gases de efecto invernadero y, con ello, el sistema climático mundial. Esta función repercute directamente en la salud humana, la productividad de los cultivos, los recursos hídricos y la seguridad alimentaria.

El suelo almacena carbono principalmente en forma de materia orgánica. De hecho, es el segundo sumidero de carbono en importancia de la Tierra, por detrás de los océanos. Cuanta más materia orgánica haya en el suelo, mejor funciona el sumidero de carbono. En consecuencia, un suelo bien gestionado puede actuar como un importante amortiguador del cambio climático.

La capacidad de almacenamiento de carbono depende del tipo de suelo. Por ejemplo, las turberas abarcan una pequeña fracción de la superficie terrestre europea pero almacenan el 20% del carbono edáfico del continente. Las praderas y los bosques también acumulan carbono en su suelo, mientras que las tierras de cultivo tienden en general a liberarlo. En Europa, las mayores emisiones de CO₂ originadas por el suelo se deben a cambios en el uso de la tierra, cuando se convierten zonas de pastos en tierras de cultivo, y al cultivo intensivo sin aporte de materia orgánica.

Dato

Los suelos sin lombrices pueden perder hasta un 90% de su capacidad de absorción de agua.

Los organismos del suelo desempeñan un papel muy importante en el procesamiento de la materia orgánica. Algunos incluso la incorporan al suelo directamente. Por ejemplo, los escarabajos peloteros entierran cuerpos de pequeños animales muertos, convirtiendo esa materia orgánica en alimento para sus propias larvas y para otros organismos. Las lombrices, por su parte, mezclan los residuos de las capas superficiales con los estratos más profundos.

Almacenamiento y purificación del agua

La purificación y el almacenamiento de agua son otros servicios vitales de la fábrica subterránea de la vida. A medida que el agua se va filtrando a través de la tierra, las partículas del suelo absorben

sus contaminantes, como bacterias y virus, produciendo un agua limpia y segura. Evidentemente, la capacidad de purificación depende de la presencia en el suelo de los microorganismos que ejercen esta labor: cuanto mayor sea la biodiversidad del suelo, mejor se realiza esta función.

Por otro lado, los canales, nidos y galerías que crean las lombrices, hormigas y termitas facilitan la absorción del agua. La vegetación, por su parte, con su hojarasca y sistemas de raíces, ayuda a retener el agua y a dar estructura al suelo. La pérdida de la cubierta vegetal, por ejemplo por deforestación, produce el efecto contrario y hace que el agua arrastre la tierra del suelo. Sin una comunidad subterránea floreciente, la estructura del suelo se empobrece y la escorrentía aumenta provocando erosión e inundaciones.

Dato

La tierra sin vegetación puede erosionarse más de 100 veces más rápido que la tierra con cubierta vegetal.

Si se reduce la capacidad del suelo para absorber, limpiar y almacenar agua, las aguas subterráneas se verán afectadas y serán necesarias más instalaciones de tratamiento de aguas. Mantener la capacidad del suelo para procesar y limpiar el agua constituye un ahorro económico y contribuye a salvaguardar nuestra salud y bienestar.

Limpieza de tierras contaminadas

Pocas personas saben que los organismos del suelo tienen la notable habilidad de limpiar ciertos tipos de contaminación o, al menos, de diluir su impacto. Mediante un proceso llamado biorremediación, los microbios del suelo descomponen numerosos contaminantes orgánicos y los transforman en moléculas inocuas.

La biorremediación es un proceso natural que los humanos hemos aprovechado con frecuencia. Es el método de descontaminación del suelo más económico que existe y ha demostrado su eficacia en muchos casos. Un ejemplo famoso fue la limpieza del vertido del petrolero Exxon Valdez en Alaska en 1989. Como parte de los trabajos de limpieza de este vertido, que afectó a 2000 kilómetros de litoral, se aplicó a la arena y los sedimentos

contaminados una mezcla de nutrientes y fertilizantes que favorecían el crecimiento bacteriano. La actividad bacteriana multiplicó por cinco la velocidad de degradación del petróleo y contribuyó a limpiar con eficacia las zonas afectadas, aunque no pudo impedir que el vertido causara la muerte de muchos animales costeros y marinos.

Entre las toxinas que el suelo puede eliminar por biorremediación natural cabe citar productos químicos como los empleados en los tratamientos de la madera, disolventes utilizados en la limpieza en seco, pesticidas agrícolas e incluso los bifenilos policlorados, unas sustancias ahora prohibidas que antes formaban parte de plásticos y componentes eléctricos.

Dato

Las lombrices pueden mejorar la biorremediación, ya que regulan la actividad y la distribución de los microbios en el suelo.

Para que la biorremediación funcione es esencial un suelo rico en biodiversidad. Así, mientras los microorganismos se ocupan de los contaminantes químicos, otros organismos de mayor tamaño actúan sobre la estructura y la porosidad del suelo, ayudando a absorber, dispersar y degradar los contaminantes.

La descontaminación natural del suelo tiene obviamente sus limitaciones. El proceso puede ser lento y llegar a tardar años, incluso décadas. Por otra parte, algunos contaminantes persistentes no se degradan y en algunos casos la carga de contaminación es excesiva y supera la capacidad descontaminante del suelo. Los metales pesados como el cadmio, el plomo o el mercurio tampoco se degradan y se acumulan en la cadena alimentaria o contaminan las aguas subterráneas. El suelo ofrece servicios de desintoxicación natural, pero no se le pueden pedir milagros.

Control de plagas

Las fábricas funcionan mejor cuando su plantilla está al completo y cada uno se encarga de realizar una tarea específica. Los problemas empiezan cuando, por ausencia o escasez de personal, no hay suficientes manos para hacer el trabajo. Las máquinas se detienen y la producción se para en seco. Exactamente lo mismo ocurre en la

fábrica del suelo. Hasta cierto punto, unas especies pueden reemplazar a otras si, por ejemplo, una sufre una enfermedad o cumple la misma función que otra. Pero si enferma la mitad de la fuerza de trabajo, la producción cae en picado. Mantener la plantilla sana a todos los niveles es muy importante: por el bien de cada una de las especies y por el funcionamiento general de la fábrica.

Una consecuencia de los fallos en la fábrica de la vida es la aparición de plagas, que pueden destruir cultivos a gran escala, lo cual constituye un desastre potencial para las comunidades humanas. Por ejemplo, se calcula que el valor de los cultivos de patata que peligran en Reino Unido a causa del escarabajo de la patata es del orden de 322 millones de euros.

Un suelo rico en biodiversidad controla mejor las plagas, ya que alberga un amplio espectro de especies depredadoras y un suministro variado de nutrientes. Algunos nutrientes favorecen la proliferación de plagas, pero otros producen un efecto de contención. En general, cuanto más diverso sea un ecosistema, mejor es el equilibrio entre las especies y mayor su capacidad para impedir el desarrollo de plagas.



Daños producidos por plagas en plantas de patata, favorecidos por la degradación del suelo.

Los brotes de plagas son comunes en los monocultivos debido a que el funcionamiento del suelo se ve alterado. En contraste, una vegetación variada proporciona mejor sustento a las comunidades naturales y mitiga los efectos de las plagas.

El aprovechamiento de este servicio natural de control de plagas también puede reducir el empleo de pesticidas de amplio espectro. Porque no olvidemos que estos productos también dañan a los insectos beneficiosos y pueden tener muchas otras consecuencias negativas y económicamente costosas.

Almacén de medicamentos

En 1928, el biólogo escocés Alexander Fleming descubrió que un hongo del suelo que crecía en su laboratorio inhibía el crecimiento de un cultivo próximo de bacterias de estafilococos. Dedujo que en el hongo había algo que mataba a las bacterias infecciosas y, poco después, aisló la penicilina. Los antibióticos con penicilina fueron los primeros fármacos con los que pudieron tratarse muchas enfermedades graves y todavía se utilizan hoy en día.

El suelo es como un gran botiquín para el futuro en el que microorganismos como las bacterias y los hongos producen constantemente compuestos genéticos para luchar contra otros microbios. Los científicos están permanentemente en busca de nuevas especies del suelo, ya que sus peculiares estrategias de supervivencia podrían servirnos para desarrollar nuevos medicamentos capaces de salvar vidas.



El suelo y sus microorganismos son una parte importante del botiquín de medicamentos de la humanidad.

Este es un servicio especialmente importante de las bacterias que, por su naturaleza, se dividen muy rápido y son capaces de evolucionar y mutar para sobrevivir. Evidentemente, esta facultad también acarrea problemas: por ejemplo, ahora hay muchas bacterias resistentes a la penicilina. Sólo en Estados Unidos se atribuyen al menos 90000 muertes al año a infecciones por bacterias, de las cuales más de la mitad son resistentes al menos a un antibiótico común.

¿Cuál es el valor de una lombriz?

Se han utilizado varios métodos para estimar el valor económico de la biodiversidad del suelo. Todos ellos concluyen que, desde el punto de vista económico, la protección de la biodiversidad es una buena inversión.



Las lombrices ayudan a airear el suelo y ayudan a que el agua se filtre.

Una forma de estimar su valor económico consiste en calcular el precio de los productos finales (alimentos, fibras, materias primas) que los organismos del suelo contribuyen a producir. Otra forma de estimación consiste en calcular su valor utilitario, preguntando a la gente cuánto estaría dispuesta a pagar por los servicios que presta el suelo. Otra opción consiste en identificar el coste de un producto alternativo que cumpla la misma función: por ejemplo, el coste de los fertilizantes y los pesticidas que sustituyen a los servicios que proporcionan los organismos del suelo, el coste de reparar los daños causados por la erosión o por inundaciones a falta de un ecosistema sano, o el coste de prevención de otros impactos negativos relacionados.

Un estudio estadounidense de 1997 calculó que el valor económico de la biodiversidad mundial del suelo era de, aproximadamente, 1,5 billones de dólares al año. Entre los cálculos hechos a escala nacional destaca un estudio irlandés que estimó que el valor para este país de la fertilidad del suelo y del ciclo de los nutrientes era de mil millones de euros anuales; mientras que en Francia, la reserva de carbono de los suelos de las praderas está estimada en 320 euros por hectárea al año.

¿Quién trabaja en la fábrica?

La fábrica de vida es una colmena de actividad subterránea que sirve de hogar a un increíble número de organismos muy variados. Raras veces se detiene: los trabajadores consumen y procesan la materia orgánica residual –y se devoran entre sí– para crear un suelo renovado y regenerado rico en minerales y nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas.

Aunque muchos organismos del suelo están todavía sin identificar, vamos entendiendo mejor su papel e importancia a medida que descubrimos cómo interaccionan entre sí y con su entorno formando un sistema complejo e interdependiente.

Los organismos del suelo pueden clasificarse en tres grandes grupos según la función principal que desempeñan: los ingenieros químicos, los reguladores biológicos y los ingenieros del ecosistema.

En nuestra fábrica de la vida, los ingenieros químicos son como los operarios de la fábrica. Son los organismos más pequeños del suelo y se encargan de descomponer la materia orgánica, como la hojarasca y los residuos vegetales, y de transformar los residuos en nutrientes, como nitrógeno, fósforo y azufre.

Los reguladores biológicos son comparables a los supervisores de la fábrica. Regulan la abundancia y la actividad de los ingenieros químicos, principalmente mediante la alimentación, incrementando o reduciendo la productividad del sistema.

Los ingenieros del ecosistema son los arquitectos y constructores de la fábrica. Diseñan la estructura del suelo en donde prosperan



La larva de hormiga león cava un agujero en el suelo para cazar a sus presas.

los demás grupos, construyendo pasadizos, túneles y redes de poros, o transportando partículas a través de la animada comunidad subterránea.

Dato

Un gramo de suelo puede contener en torno a 1 millón de hongos individuales, aunque algunas especies de hongos pueden alcanzar longitudes de varios cientos de metros.

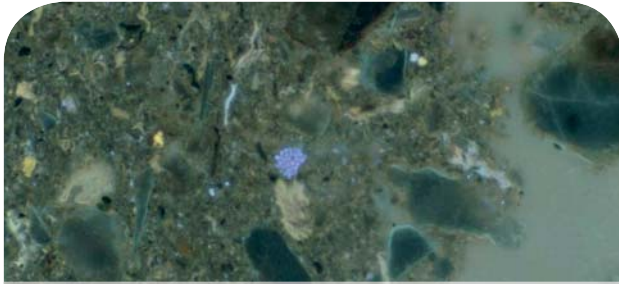
Los trabajadores

El grupo de «ingenieros químicos» del suelo aglutina a todos los organismos que descomponen la materia orgánica. Son capaces de degradar y transformar los compuestos de carbono y nitrógeno en dióxido de carbono y en los nutrientes necesarios para las plantas. Su actividad hace posible el crecimiento de todos los organismos vivos, desde las plantas a los animales que se alimentan de ellas, incluido el ser humano.

Sin embargo, para sobrevivir y proliferar necesitan condiciones concretas, como humedad, aire y espacios porosos entre las partículas de arena, arcilla o limo. Son más abundantes allí donde hay cantidades significativas de materia orgánica o estiércol animal, y en los alrededores de las raíces.

La mayor parte de la población de este grupo está formada por pequeños organismos como bacterias, hongos, algas y virus.

Las **bacterias** viven en los poros llenos de agua del suelo. Se reproducen con rapidez y pueden duplicar su población en cuestión de minutos, aunque también pueden entrar en un estado de letargo y despertar al cabo de varios años. Su «príncipe azul» puede ser la raíz de una planta, que las transporta a un nuevo



Las bacterias pueden duplicar su población en cuestión de minutos.

entorno fértil, o una lombriz, cuyo intestino proporciona las condiciones ideales para revivirlas. Los **hongos** constituyen un grupo heterogéneo que abarca desde una levadura unicelular hasta estructuras complejas visibles a simple vista, como el moho de la fruta. Viven en los espacios que rodean a las partículas del suelo, las raíces y las rocas. Algunas especies reciclan la materia orgánica en descomposición o muerta, mientras que otras descomponen azúcares, almidones y la celulosa de la madera.

Los supervisores

El grupo de organismos del suelo conocido como «reguladores biológicos» es un colectivo muy diverso que controla las actividades de los ingenieros químicos de la fábrica, y constituye un eslabón fundamental de la cadena trófica. Algunos actúan como plagas y parásitos de las plantas, mientras que otros activan la microflora. Al mismo tiempo, su movimiento por el suelo ayuda a fragmentar el material orgánico, incrementando la superficie y aumentando los nutrientes disponibles para los microorganismos.

Los **protistas** son los más pequeños del grupo. Viven en la capa acuosa en torno a las partículas del suelo y controlan las poblaciones de bacterias a través de la alimentación. Pueden propulsarse por medio de diminutas partes de su cuerpo similares a aletas o remos. Cuando entran en fase de letargo se dejan transportar por el viento y el agua.

Los **nematodos** son pequeñas criaturas parecidas a los gusanos, que suelen medir hasta 1 mm de largo. Son extremadamente adaptables y se encuentran en todo tipo de suelos, incluso en los ambientes más extremos de la Antártida y en las profundidades de los océanos. Sus presas pueden ser desde algas, bacterias y hongos hasta raíces de plantas, otros nematodos y protistas.

Los **microartrópodos** son pequeños invertebrados (animales sin columna vertebral) que habitan principalmente en el estrato superior del suelo, alimentándose de vegetación en descomposición, bacterias y hongos, así como de sus compañeros «supervisores». Su tamaño puede variar desde dimensiones microscópicas (algunos ácaros) hasta varios milímetros de longitud (como, por ejemplo, los colémbolos, que se desplazan a saltos usando su cola como un resorte).

Dato

De todos los organismos de la Tierra, se cree que las bacterias son el grupo más rico en especies. La inmensa mayoría viven en el suelo.

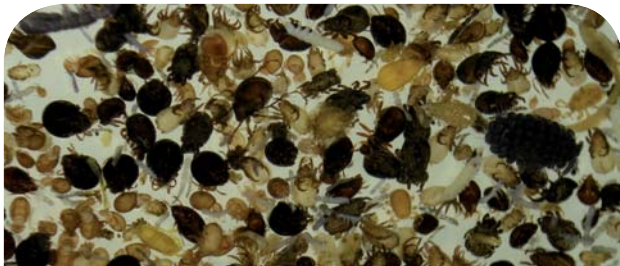
Al igual que ocurre con los llamados ingenieros químicos, la presencia de reguladores biológicos depende del tipo de suelo, la disponibilidad de agua y las prácticas de cultivo. Su capacidad para crecer y reproducirse fluctúa según las estaciones y los recursos disponibles. Por ejemplo, los protistas y los nematodos que se alimentan de bacterias crecen en las semanas posteriores a la adición de materia orgánica al suelo y después pueden entrar en un período de descanso o letargo.

Los arquitectos

Los constructores de nuestra fábrica de la vida –los ingenieros del ecosistema– se pasan la vida reestructurando los distintos departamentos de la fábrica, mezclando y moviendo el suelo mientras se alimentan, y creando espacios y condiciones habitables



Los nematodos se encuentran en todo tipo de suelos.



Muchas especies de microartrópodos viven en la capa más superficial del suelo.

para otros organismos. Su contribución indirecta al ciclo de los nutrientes es esencial para la mejora de la fertilidad del suelo y la proliferación de plantas.

A este grupo pertenecen las lombrices, las termitas, las hormigas, los isópodos (como la cochinilla) y las raíces de las plantas, al igual que los milpiés, los ciempiés, los escarabajos, las orugas y los escorpiones. Otros organismos, que sólo pasan parte de su vida bajo el suelo, como ratones de campo, culebras, lagartijas y conejos también son ingenieros del ecosistema, ya que remueven el suelo al cavar en busca de comida y cobijo.

Dato

Las termitas tienen aire acondicionado en sus nidos.

Los túneles y orificios de las lombrices, los termiteros y las galerías de las hormigas oxigenan el suelo y aumentan su porosidad. De esta manera, el agua se filtra con más facilidad y se amplía el hábitat disponible para otros organismos. Por otra parte, los

excrementos de las lombrices contribuyen a mejorar el aporte nutricional haciendo que el suelo donde se encuentran sea más húmedo y rico en nutrientes que el suelo de alrededor, y transformándolo así en la incubadora favorita de los organismos del grupo de los ingenieros químicos.



Topos

Los topos se encuentran en todos los países europeos, salvo en Irlanda, y en todos los suelos lo suficientemente profundos para poder cavar sus túneles, con la excepción de los suelos semiáridos compactos de los bosques de coníferas. Los topos pueden comer hasta el 100% de su peso corporal al día. Cazan sus presas –lombrices y otros invertebrados– en redes de túneles y trampas que cavan utilizando sus grandes patas delanteras, perfectamente adaptadas para esta tarea.

A diferencia de los topos, otros mamíferos excavadores sólo residen en el suelo a tiempo parcial, pero también cumplen una función valiosa de mantenimiento de la biodiversidad del suelo. Cuando las musarañas, los ratones y los tejones hacen túneles para cobijarse, construir madrigueras o evitar a los depredadores, ayudan a fertilizar el suelo mezclando las heces, los residuos vegetales y las semillas del suelo. Al mismo tiempo, sus excavaciones crean conductos de ventilación y pasadizos por los que el agua puede penetrar en el suelo, en vez de escurrirse por la superficie.

Principales amenazas para el futuro de la fábrica

Un suelo sano necesita un entorno sano. Si dispone de materias primas de calidad y de buenas condiciones de trabajo, funciona a pleno rendimiento, prestando diversos servicios y sustentando la vida sobre su superficie. Sin embargo, si el suelo se ve desprovisto de lo que necesita –a menudo como resultado de la actividad humana–, su biodiversidad se ve afectada y su capacidad para trabajar decae. Este capítulo describe las causas de degradación y las características de los suelos degradados.

La **erosión** arranca el tejado de la fábrica del suelo, dañando la compleja organización que hay debajo. Se produce cuando el viento y el agua arrastran la superficie del suelo, y es un fenómeno que afecta a muchos suelos europeos, como resultado de las prácticas agrícolas, la deforestación, el pastoreo excesivo, el incendio de bosques y la construcción. Se prevé que la erosión aumente con el cambio climático.

Dato

Cada año, en todo el mundo, la erosión causada por el viento y el agua elimina 75 000 millones de toneladas de suelo, la mayoría de terrenos agrícolas. Este daño medioambiental puede provocar un desastre humano, ya que la población se ve forzada a abandonar sus hogares en busca de tierras de cultivo fértiles.

El agotamiento del estrato de **materia orgánica** del suelo priva de comida a todos los trabajadores subterráneos. La conversión de un ecosistema natural, como puede ser un bosque, en una tierra de cultivo reduce la reserva de carbono del suelo en un 50-75%; mientras que unas prácticas de riego inadecuadas o la eliminación de biomasa de los campos (como la paja) deja el suelo sin nutrientes y evita el reciclaje y la reposición de la materia orgánica que permite funcionar a los organismos del suelo.

La materia orgánica representa menos del 2% de la composición de casi la mitad de los suelos europeos. Para algunos, esta cifra es alarmante.

La **salinización**, es decir, la acumulación de sales hidrosolubles en el suelo, es una especie de envenenamiento. Es el resultado de malas prácticas de riego o de la excesiva extracción de aguas subterráneas en zonas costeras y puede inducir al letargo a las especies bacterianas, aparte de matar a otros organismos del suelo. El resultado es una disminución del crecimiento de las plantas y de la productividad de los cultivos, además de un mayor riesgo de desertificación.



En estas condiciones sólo pueden sobrevivir algunas especies de plantas con alta tolerancia a la salinidad.



La **compactación** del suelo aplasta la fábrica de la vida. Está causada por actividades tanto humanas como naturales, pero especialmente por el uso de maquinaria pesada para el cultivo en suelos húmedos. La compactación expulsa el aire del suelo, dificulta la filtración del agua y destruye las redes de túneles y poros que utilizan los arquitectos del suelo, como las lombrices. Constituye una amenaza para todos los hábitats subterráneos y reduce la disponibilidad de nutrientes.

El **sellado** se debe a la existencia de una capa impermeable que separa el suelo del entorno aéreo inmediatamente superior asfixiando el suelo de forma demoledora. Es resultado de la urbanización y el uso generalizado de asfalto y hormigón, y causa la muerte de la mayoría de organismos del suelo. Asimismo, puede dañar otras zonas distintas de las estrictamente selladas, ya que el agua se desplaza por la superficie del suelo a otros lugares en donde puede causar erosión e inundaciones.

Si pensamos que las ciudades a menudo florecen cerca de tierras altamente fértiles, la expansión urbana puede poner en peligro algunas de las tierras más productivas del planeta. La conservación de áreas seminaturales en zonas urbanas y las cubiertas verdes son dos soluciones que pueden combatir los efectos del sellado.

Cambios en el uso del suelo

Igual que una fábrica de macetas no puede transformarse de la noche a la mañana en una fábrica de alfombras, un suelo forestal habitado por organismos acostumbrados a metabolizar hojarasca y residuos de madera necesita un tiempo para convertirse en un pastizal.

Algunos tipos de suelo contienen niveles de biodiversidad mucho más elevados que otros. Las praderas y los pastos tienen una biodiversidad más rica que los demás suelos. Por detrás se sitúan, en este orden, los bosques, las tierras de cultivo y el suelo urbano. El desafío consiste en gestionar cada tipo de suelo de la manera más sostenible posible para que prospere.



Billete sólo de ida a la desertificación

Cuando el daño producido en el suelo es irreversible, la consecuencia es la **desertificación**, un riesgo particular que corren los suelos con bajos niveles de materia orgánica. La desertificación suele deberse a la salinización, a una excesiva erosión por viento o agua, o a ambos factores, y puede ser causada tanto por las propias condiciones climáticas como por las actividades humanas. La falta de vegetación acelera la erosión de la capa superior del suelo y mina su capacidad para dar cobertura al crecimiento de las plantas.

La desertificación se produce en varias etapas. Primero, se producen daños en el suelo vegetal, las especies vegetales y los animales; después, a medida que se erosiona el suelo vegetal, se va destruyendo la posibilidad de restaurar su productividad. Esta espiral descendente lleva a su vez a una mayor desertificación y, por último, produce paisajes estériles, improductivos durante generaciones.

- Las praderas y los pastos representan el 16% del territorio europeo y favorecen una alta densidad de nematodos, microartrópodos y comunidades de lombrices diversas y abundantes.
- Los bosques abarcan el 35% del territorio europeo. Sus suelos se caracterizan por extensas redes de raíces y capas de hojarasca, que albergan comunidades sumamente diversas.
- Las tierras de cultivo, que abarcan más de una cuarta parte del territorio europeo, son menos favorables a los organismos del suelo.

El laboreo y el arado intenso, el uso de fertilizantes y pesticidas químicos, la retirada de los restos de los cultivos y el insuficiente reciclaje de la materia orgánica mediante la aplicación de abonos y compost priva a la fábrica de alimentos y buenas condiciones de trabajo, y al suelo de un material original fertilizante y estabilizador.

- Las zonas urbanas cubren cerca del 5% de Europa y están creciendo más rápido que la población. Además de los problemas de sellado y compactación del suelo, la biodiversidad local también tiene que lidiar con la contaminación del aire, la contaminación por metales pesados y temperaturas más altas. En los jardines y parques, a estos desafíos para la biodiversidad del suelo se suma el uso de productos químicos y la reducida capa de residuos orgánicos que se deposita sobre su superficie.

Las tendencias de uso del suelo en Europa muestran un panorama dispar en lo que respecta a la biodiversidad edáfica, con elementos tanto positivos como negativos. Aunque se espera que las zonas rurales se sigan despoblando en las próximas décadas y que las zonas urbanas crezcan un 1% para 2020, se prevé que la superficie boscosa aumente en un 5% entre 2000 y 2020 (aunque esta cifra incluye plantaciones de monocultivo con un valor ecológico más bajo). Por otro lado, la agricultura ecológica, que ejerce menos presión sobre la biodiversidad de las tierras de cultivo, está creciendo a un ritmo lento pero constante.



El cambio climático

Se piensa que el cambio climático afectará a los organismos del suelo tanto directamente, alterando su hábitat y red trófica, como indirectamente, a través de una mayor erosión, sequías, incendios, etc.



- Almacenamiento de carbono y cambio climático: unas temperaturas más altas pueden provocar una descomposición más rápida de la materia orgánica del suelo y, de este modo, una liberación acelerada de dióxido de carbono a la atmósfera, provocando una realimentación positiva y un incremento adicional de la temperatura.
- Ciclo de los nutrientes y fertilidad: los cambios en la concentración de CO_2 , la temperatura y las precipitaciones afectarán a la disponibilidad de nutrientes en el suelo. El calentamiento puede aumentar la cantidad de nitrógeno a disposición de las plantas. Por otro lado, se ha comprobado que una combinación de calentamiento y mayores precipitaciones reduce el número de determinadas bacterias del suelo.
- Control hídrico: también es probable que las fluctuaciones en las temperaturas y las precipitaciones afecten a la estructura y acidez del suelo. Esto, a su vez, alterará su capacidad para absorber y almacenar agua, y para sustentar los organismos del suelo. Muchas especies de organismos del suelo son extremadamente sensibles a la disponibilidad de agua; por ejemplo, las bacterias, que viven en los poros llenos de agua del suelo, o las lombrices.
- Control de plagas: cuanto más diversa es la comunidad del suelo, mejor se controlan las plagas. Si las especies interdependientes son igualmente sensibles al cambio climático, el equilibrio se mantendrá, pero si no lo son, el equilibrio se perturbará. Es probable que los cambios producidos en el sistema climático afecten más a unas especies que a otras, lo que podría poner en peligro la capacidad de la comunidad edáfica para controlar la aparición de plagas de bacterias, hongos, nematodos, insectos, plantas exóticas invasoras, microbios o invertebrados. Las temperaturas más cálidas suelen favorecer la proliferación de plagas de insectos.



Una agricultura al servicio de la biodiversidad del suelo

Los agricultores, en su calidad de guardianes de buena parte de las tierras, pueden desempeñar un papel muy importante en la protección de la biodiversidad del suelo, ya que las herramientas y técnicas que emplean tienen una enorme influencia en la fábrica de la vida.

Cubrir el suelo, por ejemplo con restos de cultivos o compost, ayuda a conservar el calor, preserva la humedad y evita la erosión. Los organismos del suelo pueden descomponer los mantillos orgánicos, que ayudan a estructurar los poros y la arquitectura de la fábrica subterránea, así como a sustentar a los microorganismos.

La aplicación de residuos orgánicos bien descompuestos (abono o compost) proporciona alimento a los organismos y una buena estructura para los ingenieros del ecosistema, como las lombrices.

El uso de productos químicos en la agricultura, como pesticidas y fertilizantes, puede alterar el delicado equilibrio del suelo,

favoreciendo a un tipo de organismo más que a otro, y perturbar sus funciones, como la capacidad de almacenamiento de carbono o agua.

La elección de los cultivos también es muy importante. Las legumbres (como los guisantes y las judías) actúan como fertilizantes naturales y ayudan a fijar nitrógeno al suelo. Otros cultivos se limitan a tomar recursos del suelo y, si se plantan repetidamente, pueden degradar la estructura del suelo y agotar su materia orgánica. La rotación de cultivos puede ayudar a evitar la acumulación de patógenos y plagas, y a preservar los nutrientes del suelo.

Por otro lado, un manejo adecuado de los márgenes y las lindes de los campos de cultivo puede fomentar la biodiversidad y acercarla a los cultivos. Los setos y las franjas de herbáceas en torno a los campos proporcionan hábitats estables y fuentes de alimentación a numerosos organismos cuya labor en la estructuración del suelo puede ayudar a combatir la aparición de plagas.

Otras amenazas

Las **sustancias químicas** pueden afectar directamente a los organismos del suelo, produciendo efectos tóxicos en su capacidad para reproducirse y sobrevivir, o indirectamente contaminando sus fuentes de alimentación o su hábitat. Los efectos pueden ser a corto o largo plazo y afectar a algunos o a todos los organismos del suelo.

Dado que las sustancias químicas afectan a las diferentes especies en distinta medida, también pueden perturbar las interacciones entre las distintas clases de organismos del suelo.

Los microorganismos, que son los operarios de la fábrica de la vida, se reproducen muy rápido y pueden desarrollar resistencia a toxinas por selección natural. Incluso pueden ser capaces de transformar las sustancias químicas en compuestos menos tóxicos.

Sin embargo, se ha descubierto que los reguladores biológicos sufren al exponerse a productos químicos industriales como los metales pesados y el petróleo. Algunos ingenieros del ecosistema, como las lombrices, son muy sensibles a la contaminación, mientras que las hormigas y las termitas son más resistentes. Esto



puede deberse a que los gusanos ingieren grandes cantidades de suelo y su piel es sumamente permeable al agua. El cadmio, un metal que se encuentra en determinados tipos de fertilizantes, puede ser extremadamente venenoso para las lombrices e incluso mortal a niveles de concentración muy bajos.

Los **Organismos Modificados Genéticamente** (OMG) pueden afectar a la biodiversidad del suelo y estimular la resistencia genética de las plagas que en principio combaten. Pueden interferir en la estructura y la eficacia de las bacterias del suelo, y afectar a la capacidad del suelo para descomponer la materia orgánica.

Las **especies invasoras** alteran el funcionamiento normal de los procesos del suelo y son una molestia muy costosa: el control de las especies invasoras en Europa cuesta cada año miles de millones de euros.

A nivel del suelo, las plantas invasoras pueden ser más resistentes que las autóctonas a los herbívoros que se alimentan de raíces y a los patógenos del suelo, lo cual facilita y acelera las invasiones.

Pero la biodiversidad del suelo también puede ayudar a mantener a raya a las especies invasoras. Cuanto más abundante y variada sea la biodiversidad, mayor es su resistencia a las invasiones.



Los OMG pueden alterar las actividades beneficiosas de las bacterias.

Ayudar a proteger la biodiversidad del suelo

Una fábrica de la vida dañada es sinónimo de suelos pobres y es un billete hacia la pobreza para toda la comunidad, sin posibilidad de reconstruir la compleja organización del suelo.

Aunque existen claras evidencias de la degradación del suelo desde hace tiempo, seguimos manteniéndonos al margen, observando cómo la fábrica empeora: su infraestructura se deteriora progresivamente, pocos trabajadores se presentan a fichar cada día y la producción decae.

En Europa, los Estados miembros todavía no han sido capaces de alcanzar un acuerdo sobre el modo de preservar esta fuente de bienestar, desarrollo y prosperidad futura. Incluso los esfuerzos por combatir la pérdida de biodiversidad han pasado hasta ahora por alto el entorno subterráneo.

Una reciente iniciativa de protección podría ser crucial: la **Directiva marco sobre el suelo**, propuesta por la Comisión Europea en 2006, que tiene el objetivo de establecer de una legislación de alcance europeo para la protección y el uso sostenible del suelo, dejando su aplicación práctica a discreción de los Estados miembros. Aunque esta Directiva no aborda directamente la biodiversidad del suelo, sí es de esperar que desempeñe un papel decisivo en su protección, ya que hace referencia a las principales causas de degradación: erosión, sellado, contaminación y pérdida de la materia orgánica. Pero los ministros europeos aún deben alcanzar el acuerdo que permitiría su entrada en vigor.

Lateralmente, otras políticas e iniciativas europeas también pueden ayudar a proteger el suelo aunque no sea esa su finalidad primordial. Entre las más relevantes cabe citar las siguientes:

- La red de zonas protegidas Natura 2000, que se creó al amparo de la Directiva de Hábitats con el fin de preservar los hábitats

y las especies vulnerables. Porque la biodiversidad del suelo tiende a ser más alta en las zonas protegidas.

- El instrumento de financiación LIFE de la UE, que apoya proyectos de conservación de la naturaleza. Un pequeño número de proyectos aborda la biodiversidad del suelo.
- Una Directiva sobre el uso de pesticidas, la Directiva sobre nitratos y la Directiva sobre lodos de depuradora hacen referencia a productos y prácticas agrícolas potencialmente perjudiciales.
- La Política Agrícola Común (PAC) ahora exige a los agricultores que reciben subsidios que apliquen medidas de protección medioambiental a la explotación de sus tierras.

- El Plan de Acción Forestal de la UE, concebido para evitar la degradación de la tierra producida por los cambios de uso del suelo, la erosión, los incendios forestales y los corrimientos de tierras.

- La Directiva marco del agua, destinada a reducir la contaminación y proteger el entorno acuático.

- La Directiva marco sobre residuos y la Directiva sobre vertederos, que exigen a los Estados miembros reducir el impacto de los residuos en la salud humana y el medio ambiente.

- El Reglamento sobre la producción biológica, que establece un marco para la agricultura ecológica, con especial énfasis en la protección de la biodiversidad y el medio ambiente.



«Ojos que no ven, corazón que no siente»

Los organismos del suelo representan en torno a una cuarta parte de la biodiversidad total de la Tierra, pero están muy olvidados en cuanto a esfuerzos de conservación. En todo el mundo sólo hay ocho especies del suelo protegidas por CITES, la Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas: tres escorpiones, cuatro tarántulas y un escarabajo. Esto no se debe a que las especies del suelo no estén en peligro, sino simplemente a que son muy poco conocidas y a que su hábitat y funcionamiento son complejos.

Como dice el refrán «ojos que no ven, corazón que no siente», las especies del suelo quedan olvidadas porque no están a la vista. Sin embargo, la adopción de medidas para su preservación puede ser doblemente útil: la protección de las especies superficiales no favorece necesariamente la biodiversidad subterránea pero, en cambio, es muy probable que los esfuerzos para proteger a las comunidades del suelo ayuden además a conservar las plantas y los animales en peligro más conocidos. Las políticas que se centran directa o indirectamente en la biodiversidad del suelo, protegiendo su entorno, podrían por tanto tener más repercusión de la esperada.

¿Qué más se puede hacer para proteger la biodiversidad del suelo?

De cara al futuro, ¿qué podemos hacer para proteger la fábrica de la vida de los peores efectos de nuestras actividades?

La complejidad de la biodiversidad del suelo y las amenazas a las que se enfrenta aconsejan abordar los desafíos desde tres frentes principales. Para empezar, tenemos que superar el desconocimiento generalizado sobre lo que ocurre bajo nuestros pies; eso implica fomentar la investigación. Y, para terminar necesitamos políticas dirigidas a proteger el suelo y, en concreto, su biodiversidad.

Es posible mejorar el conocimiento sobre la vida del suelo entre los responsables políticos, los conservacionistas y el público general. La tierra –que nos sacudimos de los zapatos con desprecio– es considerada a menudo en términos de sus características fisicoquímicas, olvidando sus funciones biológicas y que es el hogar y el lugar de trabajo de una comunidad masiva de formas de vida. Durante este Año Internacional de la Biodiversidad y en el futuro, tenemos una oportunidad extraordinaria para insistir en el papel fundamental que la biodiversidad del suelo desempeña para la vida sobre el planeta.

Al mismo tiempo, tenemos que conocer mejor cómo funciona el suelo. En la actualidad, sólo se ha identificado el 1% de las especies de bacterias y hongos, en comparación con más del 80% de las plantas. Conocemos menos del 2% de las especies de nematodos y sólo el 4% de los ácaros. Si no sabemos exactamente quién vive ahí abajo, ¿cómo podemos entender su contribución a un suelo sano? Cuanto más sepamos, mejor podremos predecir las amenazas y tomar medidas correctoras. Pese a la investigación realizada hasta la fecha, no existe un sistema estandarizado que permita hacer comparaciones entre diferentes sitios y terrenos, ni hacer comparaciones a lo largo del tiempo. Un sistema normalizado podría sentar las bases para el seguimiento a largo plazo, del mismo modo que se evalúa la calidad del agua y del aire. En cualquier caso, se ha hecho algún progreso: un programa

denominado ENVASSO (Evaluación ambiental del suelo con fines de vigilancia) ha puesto los cimientos para el primer sistema de información del suelo armonizado y exhaustivo a escala europea.

A nivel político, la adopción de la Directiva marco del suelo mejoraría las condiciones del suelo en toda la UE, incluidas las de la vida bajo la tierra. Por otra parte, la Directiva de Hábitats de la UE podría reforzarse para que integrase mejor la biodiversidad del suelo. En otros ámbitos políticos podría mejorarse la coordinación entre los distintos sectores políticos, por ejemplo, entre la agricultura y el medio ambiente.

Una cosa está clara: una mayor atención a los hábitats subterráneos en las leyes y en la investigación contribuiría a mejorar nuestro conocimiento sobre la fábrica de la vida y esta podría ser la mejor forma de preservarla de cara al futuro.



Nuestro futuro depende de cómo protejamos el suelo que tenemos bajo nuestros pies.

Más información sobre la biodiversidad del suelo

Dirección General de Medio Ambiente de la Comisión Europea

http://ec.europa.eu/environment/soil/index_en.htm

Dirección General del Centro Común de Investigación de la Comisión Europea

<http://eusoils.jrc.ec.europa.eu>

Informe «Biodiversidad del suelo: funciones, amenazas y herramientas para los responsables políticos»

<http://ec.europa.eu/environment/soil/biodiversity.htm>

Atlas de la biodiversidad del suelo de Europa

http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/library/maps/biodiversity_atlas

Atlas del suelo de Europa

http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/projects/soil_atlas/index.html

Convenio sobre la Diversidad Biológica

<http://www.cbd.int/>

Portal sobre biodiversidad del suelo de la FAO

<http://www.fao.org/nr/land/sustainable-land-management/soil-biodiversity/en>

Centro de Información del Suelo Mundial

<http://www.isric.org>

Mapa mundial del suelo

<http://globalsoilmap.net>

Comisión Europea

La fábrica de la vida. ¿Por qué es tan importante la biodiversidad del suelo?

Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea

2010 — 22 pp. — 21 x 21 cm

ISBN 978-92-79-14999-3

doi 10.2779/17073

Para solicitar ejemplares gratuitos de esta publicación hasta fin de existencias:

Comisión Europea

Dirección General de Medio Ambiente

Centro de información (BU9 – 0/11)

B-1049 Bruselas

<http://bookshop.eu/>

Créditos fotográficos:

Portada: JRC, D. Creutzberg

en los círculos, de izquierda a derecha:

protozoo ciliado (*Paramecium aurelia*) – Josh Grosse;

ácaro de terciopelo (*Trombidium*) – Olaf Leillinger;

pseudoescorpión (*Chelifer cancroides*) – Christian Fischer;

lombriz de tierra – iStockphoto; topo – iStockphoto

pp. 4: JRC, D. Creutzberg

pp. 6: Paul Henning Krogh, Eric Steinert

pp. 7: Getty Images

pp. 8: SCRI

pp. 9: Getty Images; William Vann/EduPic

pp. 10: Scott Robinson

pp. 11: Karl Ritz; SCRI

pp. 12: Jan Mourek; iStockphoto

pp. 13: Erika Micheli

pp. 15: Photodisc; iStockphoto

pp. 16: Getty Images

pp. 17: iStockphoto; Getty Images

pp. 18: Scott Robinson

pp. 19: Getty Images



Oficina de Publicaciones

ISBN 978-92-79-14999-3



9 789279 149993