

Informe

Gestión de la biodiversidad del suelo: un mecanismo transversal para la mitigación del cambio climático, la restauración de los ecosistemas y la productividad agrícola

Comprender las interrelaciones entre la biodiversidad del suelo, la gestión de los cultivos y el rendimiento vegetal resulta esencial para evaluar la capacidad de los suelos de mitigar el cambio climático y para diseñar sistemas

de cultivo resilientes. Los proyectos BiodivClim **MICRO-SERVICES**¹, **GRADCATCH**² y **BIOFAIR**³ identificaron tres mecanismos clave para mejorar la gestión de la biodiversidad del suelo.



Conclusiones principales

1. Las alteraciones climáticas en la biodiversidad y las funciones del suelo exigen respuestas específicas

La biodiversidad de los suelos y las funciones de los ecosistemas reaccionan de forma distinta según las zonas climáticas, siendo la sequía y la aridez amenazas muy graves. Regiones como la cuenca mediterránea son especialmente vulnerables, ya que la creciente aridificación puede desestabilizar los ciclos de nutrientes y de carbono. Anticipar estos cambios resulta fundamental para una gestión proactiva del suelo y para fomentar la resiliencia climática. (MICROSERVICES - Europa, GRADCATCH - Europa, Groenlandia)

La diversidad fúngica desempeña un papel crucial en el mantenimiento de la estabilidad de los ecosistemas gracias a su contribución al ciclo de nutrientes. Dado que los hongos resultan especialmente sensibles a las fluctuaciones de temperatura, preservar las comunidades fúngicas es clave para proteger las funciones de los ecosistemas en un clima con temperaturas en ascenso. (GRADCATCH - Groenlandia, Europa, Sudáfrica)

2. La precisión en la gestión microbiana resulta esencial para la salud del suelo y la productividad de los cultivos

- Más microbios no suponen necesariamente un mayor rendimiento. En algunos casos, una mayor biomasa microbiana puede limitar el rendimiento de los cultivos al inmovilizar los nutrientes. Una gestión eficaz requiere ir más allá de la abundancia microbiana y centrarse en su función, especialmente en aquellas asociadas a la eficiencia en el uso de nutrientes. (BIOFAIR - Europa)
- La adaptación de las prácticas del suelo a las características de los cultivos y a las condiciones locales permite aumentar la productividad. Por ejemplo, la mejora de los cultivos con sistemas radiculares eficientes o el ajuste de los aportes de materia orgánica pueden favorecer la absorción de nutrientes en contextos medioambientales específicos. (BIOFAIR - Europa, GRADCATCH - Groenlandia, Europa, Sudáfrica)

1. Las notas a pie de página se encuentran en la ficha informativa.

3. Equilibrio entre la biodiversidad del suelo, la productividad y las realidades agrícolas

- Existen compromisos entre las prácticas que favorecen la biodiversidad del suelo y aquellas que maximizan los rendimientos. Por ejemplo, aunque la reducción del laboreo a largo plazo⁴ favorece a las comunidades microbianas, puede reducir los rendimientos del trigo en determinados contextos. (BIOFAIR - Europa)
- La selección de características microbianas beneficiosas (como la resistencia a la sequía) puede mejorar el rendimiento de los cultivos, pero las estrategias deben ajustarse a sistemas agrícolas y a los entornos locales específicos. (MICROSERVICES -Europa)

- Un mayor contenido de carbono en el suelo no siempre se traduce en mayores rendimientos. En algunos sistemas, la competencia microbiana por los nutrientes puede limitar los beneficios de los suelos ricos en carbono, lo que pone de manifiesto la necesidad de una gestión del suelo donde se tenga en cuenta el contexto. (BIOFAIR - Europa)



Contexto: ¿por qué centrarse en la biodiversidad del suelo?

La biodiversidad del suelo influye y, a su vez, se ve influida por el cambio climático. Por un lado, el calentamiento global incrementa la actividad metabólica de los microbios del suelo, lo que a su vez aumenta las emisiones de gases de efecto invernadero, creando un bucle de retroalimentación positiva en el que los suelos pueden acelerar el calentamiento global⁵. Por otra parte, el cambio climático perturba las funciones microbianas del suelo, la biodiversidad y el rendimiento de los ecosistemas.

El secuestro de carbono en tierras agrícolas y pastizales se reconoce cada vez más como una opción clave de mitigación⁶. Las prácticas agrícolas sostenibles, como la

agricultura ecológica y la reducción del laboreo, forman parte de las herramientas para mitigar el cambio climático en el marco del Pacto Verde Europeo.

Sin embargo, la salud del suelo ha estado históricamente representada de manera insuficiente en los objetivos políticos⁷ y en el seguimiento y evaluación de los esfuerzos de restauración. La Estrategia del Suelo de la UE para 2030⁸ y la propuesta de Directiva sobre la vigilancia de la salud del suelo y la capacidad de recuperación representan nuevos e importantes avances estratégicos y normativos en este sentido.





Resultados clave para mantener la biodiversidad y la salud del suelo

Comprender los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad del suelo y el funcionamiento de los ecosistemas

Las respuestas del carbono orgánico del suelo y de los microorganismos ante el cambio climático aún no se conocen del todo⁹. En particular, los efectos de la sequía sobre la biodiversidad y las funciones del suelo siguen sin estar claros. A fin de abordar estas lagunas de conocimiento, los proyectos **MICROSERVICES** y **GRADCATCH** analizaron las relaciones entre la biodiversidad del suelo, el clima y los patrones de aridez.

- **La biodiversidad de los hongos resulta esencial para la salud del suelo y la regulación del ecosistema.** **GRADCATCH** demostró que las funciones del suelo están determinadas por la aridez, las propiedades edafológicas y la estructura de las comunidades microbianas, con la diversidad de los hongos como factor crítico, especialmente en bosques templados europeos. Un estudio realizado en los Alpes suizos también reveló que los flujos de CO₂ aumentan con la altitud hasta la línea arbórea y, a continuación, disminuyen, lo que se asocia a la actividad microbiana dependiente de la temperatura y de la materia orgánica. A medida que las líneas arbóreas se desplacen hacia altitudes superiores con el cambio climático, se espera que estas dinámicas se intensifiquen en los suelos de montaña¹⁰.
- **Las zonas agroclimáticas** (es decir, las regiones definidas por características climáticas que influyen en el potencial agrícola, en particular la duración de la estación de crecimiento y las regiones de calor acumulado) **influyen mucho en la biodiversidad y la multifuncionalidad del suelo.** **MICROSERVICES** descubrió que las condiciones climáticas futuras podrían alterar de manera significativa la biodiversidad del suelo y los servicios de ecosistemas. Por ejemplo, una mayor aridez en las zonas mediterráneas podría reducir la diversidad microbiana y alterar los ciclos de carbono y nutrientes. Dado que se prevé que estas zonas se desplacen hacia el norte, es esencial adoptar medidas de mitigación temprana y proactiva del cambio climático a fin de preservar las funciones del suelo.



Caso práctico 1: Cómo reacciona la vida del suelo al cambio climático en diferentes regiones del mundo

El proyecto **GRADCATCH** analizó cómo responden las comunidades microbianas del suelo al cambio climático a lo largo de gradientes de temperatura y aridez en Europa, Groenlandia y Sudáfrica. Se incluyeron transectos norte-sur en Groenlandia y Europa, un gradiente de altitud en los Alpes y gradientes de aridez que van del norte húmedo al sureste seco de España, así como de zonas montañosas húmedas a desiertos cálidos en Sudáfrica.

En **Europa**, se observó que los hongos del suelo desempeñan un papel clave en el mantenimiento de procesos tan importantes como el ciclo de los nutrientes, especialmente en los bosques templados. En los Alpes, la **materia orgánica del suelo** influyó notablemente en la actividad microbiana y en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En la **Península Ibérica**, a pesar de que la composición microbiana cambió a medida que el clima se volvió más seco, el suelo siguió funcionando de manera adecuada, lo que sugiere que la naturaleza tiene reservas integradas, en las que diferentes microbios desempeñan funciones ecológicas similares.

En **Groenlandia**, el medio ambiente resultó ser más frágil. Los suelos del extremo norte no toleraron bien la sequía. La actividad microbiana aumentó de manera breve ante una desecación moderada, pero disminuyó de forma drástica.

con las sequías más graves, lo que apunta a un punto de inflexión en el que el suelo dejaría de funcionar adecuadamente y no cumpliría por completo su función ecológica en el ecosistema.

En las **tierras áridas de Sudáfrica**, los microbios ya están adaptados al calor y a la sequía extremos, pero aún pueden estar en peligro. Si la región sigue volviéndose más cálida y seca, su capacidad para sustentar el crecimiento vegetal y almacenar carbono podría disminuir, presentando efectos negativos tanto en el ciclo global del carbono como en la producción agrícola local.

Estos resultados ponen de manifiesto que los suelos de todo el mundo reaccionan de forma muy diferente al estrés climático, en función de su ubicación y estado actual.



Figura 1: Muestra de suelo extraída cerca de Qaanaaq, norte de Groenlandia (Crédito de la foto: Anders Priemé)

Cómo influyen los procesos microbianos subterráneos en la productividad vegetal

La biodiversidad del suelo sustenta los servicios ecosistémicos en los agroecosistemas a través de interacciones complejas y no lineales entre numerosas especies. Comprender cómo influyen los procesos microbianos subterráneos en la productividad y la calidad nutricional de las plantas puede contribuir a identificar prácticas agrícolas que protejan la salud del suelo y conserven los organismos clave.

El proyecto **BIOFAIR** evaluó las funciones del suelo, el ciclo de los nutrientes, las emisiones de gases de efecto invernadero y la diversidad microbiana en distintos lugares de Europa. Se compararon estrategias de gestión del suelo y se simulaban situaciones climáticas futuras. Entre las conclusiones principales figuran:

- **La biodiversidad por sí sola no garantiza una mayor productividad.** Las características y la complejidad de las redes del ciclo de nutrientes son factores más determinantes. Las funciones del suelo estaban más determinadas por las interacciones entre especies que por la presencia de grupos microbianos individuales. Esto resalta la necesidad de disponer de indicadores funcionales, en lugar de puramente taxonómicos, de la salud y la biodiversidad del suelo.

- **La materia orgánica del suelo y la actividad microbiana no siempre mejoran los rendimientos.**

En condiciones climáticas futuras para Europa Central, los aumentos en ambos indicadores no se tradujeron en una mayor productividad, posiblemente porque los microbios absorbieron o inmovilizaron los nutrientes. Los cambios en la disponibilidad de agua provocados por el clima pueden desestabilizar las comunidades microbianas y reducir su eficiencia.

- **Más microbios pueden suponer un menor rendimiento si no se gestionan con cuidado.**

En algunos casos, una mayor biomasa microbiana (por ejemplo, bajo prácticas sin laboreo o con enmiendas orgánicas) se asoció con menores rendimientos y absorción de nutrientes por parte de las plantas. Para evitarlo, hay que ajustar las estrategias de gestión del suelo. Las opciones incluyen seleccionar cultivos con raíces más adecuadas para acceder a los nutrientes, la incorporación de cubiertas vegetales, setos o agrosilvicultura para favorecer unas relaciones equilibradas entre plantas y microbios.

Estudio de caso 2: Cómo afecta el cambio climático al trigo y a la vida del suelo en entornos controlados (CER)

En el marco del proyecto **BIOFAIR**, se realizaron dos experimentos para (1) evaluar los efectos del cambio climático sobre la productividad del trigo panificable y (2) probar suelos procedentes de prácticas agrícolas innovadoras en situaciones climáticas futuras a fin de evaluar su capacidad de conservar los taxones sensibles del suelo y mantener la calidad alimentaria.



Fig 2 : Sala de ambiente controlado: Los experimentos de tipo Ecotrón proporcionan entornos controlados para estudiar los efectos del cambio climático en los ecosistemas y los procesos de biodiversidad (Crédito de la foto: Pierre Delaplace)

En el primer experimento, comprobaron cómo crece el trigo en condiciones climáticas futuras, como más temperatura, más dióxido de carbono y precipitaciones irregulares. Aunque al principio las plantas desarrollaron más hojas y tallos, las raíces no crecían lo suficiente para mantener el ritmo. Esto las hizo más débiles durante los períodos secos más adelante en la temporada. Como resultado, produjeron menos granos (menor rendimiento), pero esos granos tenían mayor contenido proteico (nitrógeno), por lo que eran mejores para la nutrición.

En el segundo experimento se comparó el trigo cultivado en suelos que habían sido bien abonados o no, en condiciones climáticas previstas para los años 2013, 2068 y 2085. A corto plazo, ambos tipos de suelo ofrecieron mejores rendimientos, pero a largo plazo, los suelos con muchos insumos (con mucho uso de fertilizantes o compost en el pasado) mostraron menor rendimiento. Curiosamente, algunos indicios sugerían que las plantas estaban activando mecanismos naturales de defensa para hacer frente al estrés, pero su calidad nutricional general se redujo.

En conjunto, estos experimentos demostraron que el cambio climático puede inducir transformaciones adaptativas en las comunidades microbianas. Algunos microbios pueden prosperar, mientras que otros desaparecen, lo que cambia el funcionamiento de los suelos y su capacidad de sostener los cultivos. El aporte de más carbono orgánico al suelo no siempre mejorará los resultados en el futuro, lo que sugiere que quizá debamos replantearnos la manera de gestionar el suelo para la producción alimentaria.

Identificación de prácticas agrícolas que respalden la salud del suelo y la seguridad alimentaria

Persisten interrogantes acerca de cómo las prácticas agrícolas, como la agricultura ecológica o regenerativa (esta última entendida como un enfoque holístico que promueve la salud del suelo y el bienestar social) contribuyen no solo a la sostenibilidad, sino también a la mitigación del cambio climático y la resiliencia frente a fenómenos extremos como la sequía.

Los proyectos **BIOFAIR** y **MICROSERVICES** estudiaron cómo afectan los sistemas de gestión a la biodiversidad, las funciones y la productividad vegetal del suelo:

- **Los beneficios para la salud del suelo varían según los sistemas y lugares.** BIOFAIR descubrió que los efectos de prácticas como la reducción del laboreo y la agricultura ecológica dependen en gran medida de las propiedades del suelo y de las condiciones climáticas. Por ejemplo, la reducción del laboreo aumentó la abundancia microbiana en los suelos de España, pero no mostró ningún beneficio claro en un emplazamiento de Alemania.
- **Los microorganismos beneficiosos y las características genéticas de tolerancia al estrés abiótico difieren según los sistemas de cultivo.** MICROSERVICES identificó organismos clave del suelo y genes funcionales que promueven la resistencia al estrés.

Éstos variaban según los sistemas de cultivo, lo que pone de relieve la importancia de adaptar las prácticas a los contextos locales.

- **Los sistemas ricos en carbono no siempre mejoran la productividad.** Aunque las prácticas biodinámicas y regenerativas mejoraron el carbono orgánico del suelo y el ciclo de los nutrientes, BIOFAIR demostró que una mayor biomasa microbiana también puede provocar la inmovilización de nutrientes, es decir, reducir la disponibilidad de los nutrientes para las plantas debido a la competencia directa entre los microorganismos y los cultivos.
- **Una mayor biodiversidad subterránea no garantiza mayores rendimientos.** BIOFAIR demostró que ni la productividad de las plantas ni la absorción de nutrientes mejoraban de manera sistemática con el aumento de la biodiversidad, lo que sugiere la necesidad de comprender mejor las interacciones suelo-planta-microbio.

La investigación pone de manifiesto que la inversión en suelos sanos y resilientes al estrés es valiosa bajo futuras presiones climáticas, pero el éxito depende de **estrategias de conservación del suelo específicas para cada región** que reflejen las **condiciones ecológicas locales**.



Caso práctico 3: Cómo las prácticas agrícolas del pasado influyen en la respuesta futura de los suelos

El proyecto **MICROSERVICES** analizó si la agricultura ecológica, promovida como enfoque sostenible en el marco del Pacto Verde Europeo, puede contribuir a crear sistemas agrícolas más resistentes a factores de estrés climático como la sequía. Se llevó a cabo una simulación de sequía a escala de campo en el ensayo de campo más antiguo del mundo que compara sistemas de cultivo ecológicos y convencionales, en marcha desde 1978.

Investigaciones previas en este lugar mostraron que los sistemas orgánicos presentan mayores niveles de **carbono orgánico** y **biodiversidad del suelo**, lo que sugiere una mayor capacidad para amortiguar los efectos de la sequía. Este experimento evaluó los cambios estacionales en la **biodiversidad del suelo** y en **indicadores de salud del suelo** bajo condiciones de sequía.

Los resultados mostraron que la sequía redujo la actividad microbiana en todos los sistemas, y que los hongos se veían más afectados que las bacterias. Esto contradijo la hipótesis inicial de que los hongos serían más resistentes a la falta de agua. Los organismos cercanos a las raíces fueron los más perjudicados, lo que podría interferir con procesos subterráneos esenciales para el crecimiento vegetal.

Curiosamente, a pesar de que tanto los sistemas orgánicos como los convencionales estaban sometidos a estrés por sequía, las comunidades microbianas del suelo seguían siendo bastante diferentes entre sí. Estas diferencias sugieren que las prácticas agrícolas del pasado determinan la forma en que los suelos responden a los retos del futuro. No obstante, aún no está claro si estas diferencias microbianas contribuirán realmente a que un sistema se recupere mejor que el otro a largo plazo.



Fig. 3: Simulación de sequía en el experimento de campo a largo plazo DOK, Suiza (Crédito de la foto: Martin Hartmann)

Enlace a las fuentes

[MICROSERVICES](#)
[GRADCATCH](#)
[BIOFAIR](#)

Las publicaciones científicas que se usan en este documento pueden consultarse en la hoja informativa de este documento, que puede descargarse en: www.biodiversa.eu/policy-briefs/

Fotos: Unsplash

Contacto

contact@biodiversa.eu
www.biodiversa.eu



@Biodiversa.eu



@BiodiversaPlus

Acerca de este informe

Este informe forma parte de una serie de publicaciones cuyo objetivo es difundir estrategias prácticas con base científica para reforzar la resiliencia de los suelos, bosques y paisajes europeos a partir de los principales resultados de los proyectos de investigación BiodivClim financiados por Biodiversa+.

La serie de informes de políticas de Biodiversa+ puede consultarse en www.biodiversa.eu/policy-briefs/.

Esta publicación ha sido encargada y supervisada por Biodiversa+ y elaborada por Marion Ferrat y Julie De Bouville.

Los principales resultados de la investigación que aquí se presentan han sido elaborados y validados conjuntamente por investigadores de los proyectos de investigación BiodivClim: MICROSERVICES, GRADCATCH y BIOFAIR. Las opiniones y puntos de vista expresados en este documento pertenecen exclusivamente a los autores y no reflejan de manera necesaria las posiciones de la Comisión Europea ni de todos los socios de Biodiversa+.



Cofinanciado por
la Unión Europea
en virtud del Acuerdo de subvención
nº 642420



Producido en agosto de 2025.