

# Absorción de carbono en el suelo y mejora de la salud del suelo en los sistemas de cultivo

## Visión general

Después de los océanos, los suelos son el segundo mayor sumidero activo de carbono, con [1500 billones de toneladas de carbono](#) en la materia orgánica del suelo en todo el mundo. Los suelos son el ecosistema más complejo y biodiverso del mundo. Su almacenamiento de agua y carbono es esencial para la fertilidad del suelo, ya que libera nutrientes para el crecimiento de las plantas y favorece la salud estructural y biológica del suelo.

El carbono orgánico del suelo representa [el 25 % de todo el potencial](#) de las soluciones climáticas naturales. Sin embargo, la salud del suelo y la biodiversidad subterránea se han visto muy desatendidas por la revolución agrícola industrial del siglo pasado. Las prácticas insostenibles de gestión de la tierra que degradan los suelos no sólo han provocado emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), sino también una reducción de la capacidad de los suelos para absorber carbono y mantener la productividad agrícola. Entre [20-40 % de la superficie terrestre mundial](#) está degradada o se degrada en diversa medida y grado, lo que afecta negativamente a más de [32 000 millones de personas](#). Por lo tanto, restaurar la salud del suelo es crucial para mejorar la productividad de los paisajes alimentarios, y puede desempeñar un papel importante en la mitigación del cambio climático.

[La salud del suelo](#) se refiere a la capacidad del suelo para mantener la productividad, la diversidad y los servicios medioambientales de los ecosistemas terrestres. Un suelo sano garantiza una alta productividad (específica del lugar) y una salud medioambiental que se traduce en una mejora de los servicios ecosistémicos. La salud del suelo mantiene todo el ecosistema y está asociada a la formación de carbono orgánico en el suelo y a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Los principales GEI son el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y el metano (CH<sub>4</sub>).

La salud del suelo depende de sus propiedades físicas, químicas y biológicas o de su composición, todas ellas interconectadas. La salud del suelo es el requisito previo para la producción sostenible de cultivos. Comprender y mejorar estas propiedades redundará en una mejora de la capacidad productiva del suelo, junto con un aumento del rendimiento y la calidad de los cultivos. Por lo tanto, salvaguardar la salud del suelo y su capacidad productiva puede contribuir a mejorar la seguridad alimentaria y los resultados en materia de nutrición.

## Implantación de medidas concretas

Los procesos biológicos naturales en suelos sanos permiten la retención de carbono y la fertilidad del suelo. Las prácticas agrícolas que favorecen la salud del suelo deben personalizarse o adaptarse a las condiciones locales. Sin embargo, algunas estrategias generales se utilizan en casi todas las zonas climáticas, condiciones del suelo o sistemas de cultivo:

- Minimizar la alteración del suelo (p. ej., sin laboreo o laboreo mínimo) mediante la colocación directa de semillas y/o fertilizantes, lo que implica cultivar con una alteración mínima del suelo durante y desde la cosecha del cultivo anterior. Puede utilizarse con todos los cultivos anuales, perennes y hortalizas. La siembra directa puede realizarse manualmente (p. ej., con sembradoras) o mecánicamente (p. ej., con sembradoras de tracción animal o con tractor), evitando la compactación del suelo. Minimizar las perturbaciones protege contra la pérdida de carbono del suelo a través de la erosión y la rápida descomposición de la materia orgánica del suelo.
- Mantener una cobertura permanente del suelo con mantillo, mantillo vivo o residuos de cultivos. El mantillo es cualquier material orgánico (como hojas en descomposición, corteza o compost) esparcido sobre la tierra y los cultivos para enriquecer y aislar el suelo. El mantillo vivo es un cultivo utilizado en cultivos intercalados con el fin de proporcionar cobertura al suelo. Los residuos de cultivos o la cubierta vegetal protegen el suelo del impacto directo de las gotas de lluvia erosivas; conservan el suelo al reducir la evaporación y suprimen el crecimiento de malas hierbas. Los cultivos de cobertura proporcionan una cubierta vegetal temporal o permanente para controlar la erosión, reducir la escorrentía y la lixiviación de nutrientes, suprimir el crecimiento de malas hierbas, mejorar la fertilidad del suelo y aumentar la diversidad biológica. Los agricultores también pueden personalizar las mezclas de cultivos de cobertura y las prácticas de gestión para alcanzar sus objetivos específicos. El mantenimiento de la cubierta del suelo protege contra la erosión por el viento y el agua, y las temperaturas superficiales más bajas reducen la tasa de descomposición de la materia orgánica y, por tanto, las emisiones de CO<sub>2</sub>. Los mantillos orgánicos son una fuente de carbono añadida al suelo y estimulan la actividad de meso y microorganismos.
- Utilización de abonos orgánicos que aumentan la materia orgánica con insumos naturales al tiempo que reducen o eliminan los insumos de abonos sintéticos. Los insumos orgánicos más comunes son el compost, el estiércol y las camas de animales, la harina de huesos y de sangre, las algas marinas y los cultivos de abono verde, especialmente las leguminosas. La rotación del ganado en los campos en barbecho es un método adicional para la fertilización a base de estiércol. [La gestión adaptativa de los nutrientes](#) es importante durante una transición para mejorar la salud del suelo y establecer un nuevo equilibrio, pero depende de los sistemas de cultivo y de la disponibilidad de insumos naturales. Los abonos orgánicos son una fuente de carbono orgánico que contribuye directamente a la formación de carbono en el suelo e indirectamente a un mayor crecimiento de las plantas.
- La aplicación de biocarbón en el suelo, si se adapta a las condiciones apropiadas, puede contribuir al secuestro de carbono, mejorar la calidad del suelo e impulsar la productividad y la producción de cultivos.
- La Gestión Integrada de la Fertilidad del Suelo (GIFS) sigue las 4R en inglés (fuente correcta de nutrientes, a la proporción correcta, en el momento correcto y en el lugar correcto) de la administración de nutrientes para optimizar el uso de los recursos. El módulo ISFM es un conjunto de prácticas de gestión de la fertilidad del suelo que requieren el uso de fertilizantes, insumos orgánicos y germoplasma mejorado, combinado con conocimientos sobre cómo adaptar estas prácticas a las condiciones locales. El objetivo es maximizar la eficiencia agronómica de los nutrientes aplicados,

mejorar la productividad de los cultivos y, con el tiempo, eliminar gradualmente el uso de fertilizantes sintéticos. Especialmente en zonas con suelos pobres, la gestión integrada de plagas puede contribuir a aumentar la fertilidad del suelo, ya que los cultivos más productivos pueden incrementar con el tiempo la aportación de carbono orgánico al suelo procedente de las raíces y la hojarasca de las plantas.

- Maximizar la diversificación de las especies vegetales implica cultivar una variedad de cultivos que pertenezcan a la misma especie o a especies diferentes en cada zona mediante secuencias y asociaciones de cultivos variadas. [La cría de plantas de cultivo con ecosistemas radiculares más profundos y tupidos](#) podría mejorar simultáneamente tanto la estructura del suelo como sus niveles de carbono en estado estacionario, la retención de agua y nutrientes y el rendimiento de las plantas.
- La rotación de cultivos consiste en sembrar una serie de cultivos en la misma zona de forma secuencial, por ejemplo, alternando cereales (maíz y trigo) con leguminosas (p. ej., judías). Junto con los cultivos de cobertura, los cultivos comerciales fijadores de nitrógeno (principalmente leguminosas, como guisantes o judías) pueden proporcionar una fuente adicional de nitrógeno al suelo. Aunque la mayoría de las investigaciones sobre los beneficios de las rotaciones de cultivos se centran en la fertilidad del suelo, también confirman que el aumento de la diversidad de cultivos mediante rotaciones multiespecíficas produce un aumento correspondiente de la riqueza de especies del suelo, lo que, junto con un mayor crecimiento de las plantas con diferentes profundidades de enraizamiento, puede aumentar la cantidad de carbono almacenado en el suelo.
- Control de la erosión: Minimizar el potencial de erosión mediante sistemas de conservación que protejan los campos de cultivo de la escorrentía eólica e hídrica a través de terrazas, cortavientos y franjas amortiguadoras de contorno, teniendo en cuenta la topografía local (es decir, las pendientes pronunciadas son vulnerables a la erosión por el agua, las zonas llanas abiertas son vulnerables a la erosión por el viento). La erosión puede provocar una pérdida neta de carbono orgánico e inorgánico del suelo.

Las prácticas anteriores suelen estar integradas en sistemas más amplios que incluyen [otras prácticas](#) que tienen el potencial de aumentar la absorción de carbono del suelo y la fertilidad y salud del suelo:

- Gestión integrada del estiércol: Esto incluye la manipulación óptima del estiércol del ganado, lo que implica su recogida, almacenamiento, tratamiento y aplicación. Véase [Gestión ganadera sostenible](#).
- Sistema integrado de cultivo y ganadería: Esto incluye, por ejemplo, la rotación del pastoreo del ganado y los cultivos o el pastoreo del ganado en cultivos de cobertura. Para más información [Gestión integrada de cultivos y ganado](#).
- Agroforestería (la interacción de la agricultura y los árboles, incluido el uso agrícola de los árboles): Se trata de la plantación de árboles o arbustos en tierras de cultivo o pastos, o en sus alrededores. La agroforestería en tierras degradadas aumenta el carbono orgánico del suelo, mejora la disponibilidad de nutrientes y la fertilidad del

suelo, mejora la dinámica microbiana del suelo y reduce su erosión. La implantación de sistemas agroforestales debe basarse en un diseño sofisticado para evitar la competencia de árboles y cultivos y garantizar las sinergias entre las distintas especies. Para más información [Implantación de sistemas agroforestales](#).

- Reducir el cambio de uso de la tierra y la conversión de ecosistemas naturales para la producción de alimentos: Para más detalles sobre las medidas para hacer frente a los factores directos y subyacentes de la conversión de los ecosistemas, véase [Reducir el cambio de uso del suelo y la conversión de ecosistemas naturales para la producción de alimentos](#).

## Establecer medidas de gobernanza

La [OCDE](#) ofrece ejemplos de medidas de gobernanza, basados en ejemplos aplicados en todo el mundo:

- Garantizar los derechos de tenencia de la tierra: Es más probable que los gestores de tierras y los agricultores inviertan en medidas de gestión del suelo si sus derechos sobre la tierra son suficientes y seguros. La seguridad de la tenencia puede mejorarse mediante el registro y la titulación de las tierras, pero otras medidas pueden ser más eficaces dependiendo del contexto. Tales medidas deben ser equitativas y tener en cuenta las cuestiones de género para evitar el acceso desigual a la tierra y permitir a las mujeres ser administradoras eficaces del medio ambiente.
- La participación e inclusión plenas y efectivas de las comunidades locales y las partes interesadas garantiza su consentimiento libre, previo e informado (CLPI) en los planes y programas gubernamentales existentes, así como la evaluación de las compensaciones económicas, sociales y medioambientales durante el diseño de los programas.
- Los servicios de asesoramiento agrícola y los insumos sostenibles pueden proporcionar a los usuarios de la tierra la información y los insumos necesarios para aplicar prácticas agrícolas sostenibles en pro de la salud del suelo.
- Ampliar los instrumentos basados en el mercado (p. ej., fijar el precio de las emisiones de CO<sub>2</sub> con un impuesto sobre el carbono o sistemas de comercio de derechos de emisión y recompensar la absorción neta de carbono del suelo con un pago basado en el precio del carbono).
- Reducir y eliminar las subvenciones agrícolas a gran escala que crean incentivos perversos para la sobreproducción o el avance hacia los monocultivos, dos factores que pueden degradar la salud del suelo.
- Reforzar o establecer normativas que incrementen el uso de prácticas que mejoren el carbono orgánico del suelo y eviten la pérdida de suelos orgánicos, lo que puede aumentar las reservas de carbono del suelo (p. ej., en Estados Unidos, la Farm Bill exige a los agricultores que cumplan determinadas disposiciones para acceder a los beneficios de los programas del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA). Estas disposiciones incluyen, por ejemplo, el [Programa de conservación de](#)

[tierras altamente erosionables](#) que obliga a aplicar prácticas de conservación del suelo en las tierras agrícolas).

- Ampliación de los sistemas gubernamentales de certificación (p. ej., CARBOCERT en España estableció metodologías para medir la absorción neta de carbono del suelo en tierras agrícolas que pueden certificarse y ofrece a los agricultores la oportunidad de acceder a subvenciones gubernamentales para apoyar la adopción de prácticas de almacenamiento de carbono en el suelo).

## **Herramientas y sistemas MRV para hacer un seguimiento de los progresos**

### **FAO's Soil Carbon Monitoring**

Encuestas y modelos

### **Herramienta de balance de carbono EX-Ante de la FAO**

### **Libro de consulta MRV del carbono orgánico del suelo para paisajes agrícolas**

Del Banco Mundial

### **Herramienta EO4CarbonFarming MRV**

De la ESA

### **Herramienta de la FAO para la evaluación del rendimiento de la agroecología**

Indicadores para evaluar la salud del suelo

### **Metodología Verra para la mejora de la gestión de tierras agrícolas (VM0042)**

La VM0042 cuantifica las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero y las eliminaciones de carbono orgánico del suelo resultantes de las prácticas mejoradas de gestión de tierras agrícolas (GTA). ALM incluye prácticas como la gestión del agua; la gestión de residuos de biomasa; mejoras en el uso de fertilizantes; labranza reducida; prácticas de pastoreo; y prácticas de plantación y cosecha de cultivos comerciales y de cobertura.

### **Herramienta Carbon Benefits**

### **Marco de vigilancia de la degradación de las tierras para evaluar la salud**

## del suelo, la degradación de las tierras y la diversidad de la vegetación

### Iniciativa 4p1000

Iniciativa mundial que facilita acciones concretas en torno a la gestión de la tierra y el suelo, fomentando una transición hacia una agricultura regenerativa, productiva y resistente que beneficie a agricultores y ganaderos.

### Alianza Mundial por el Suelo de la FAO

Un mecanismo global para situar los suelos en la Agenda Global y promover la gestión sostenible del suelo. La Alianza trabaja para mejorar la gobernanza del suelo y garantizar suelos productivos para la seguridad alimentaria, la adaptación al cambio climático y su mitigación, y el desarrollo sostenible.

### Beneficios de la mitigación del cambio climático

- La mejora de la gestión del carbono del suelo tiene un enorme potencial de mitigación de emisiones: [LA FAO](#) estima su potencial técnico mundial de mitigación en 1,9 (0,4-6,8) Gt de CO<sub>2</sub> al año. A nivel de explotación [la absorción de carbono orgánico del suelo en tierras de cultivo](#) oscila entre 0,11 y 1,92 toneladas de carbono por hectárea y año.
  - Sin embargo, hay que tener en cuenta que el contenido de carbono no aumenta infinitamente y alcanza un nivel de saturación a partir del cual ya no aumenta más. También puede volver a liberarse, si no se mantienen las prácticas o si lo desencadenan los cambios climáticos.
- Reducción de las emisiones agrícolas: Emisiones evitadas al prevenir, por ejemplo, la liberación de CO<sub>2</sub> debida a la alteración del suelo y mediante las mejores prácticas de gestión de las emisiones de nitrógeno.

### Otros beneficios medioambientales

- Beneficios para el clima: además de su impacto en el ciclo global del carbono, y como fuente o sumidero de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, [los suelos pueden ejercer otros efectos físicos](#) sobre el clima a través de la alteración del albedo y su influencia en los ciclos regionales del agua.
  - Los suelos también son importantes en los ciclos hídricos regionales, que a su vez pueden influir en las tasas de evapotranspiración y los flujos de calor sensible, con posibles implicaciones para el clima local.
- Beneficios para el agua: una mayor retención de agua en el suelo y unos suelos más fértiles gracias a una mejor gestión pueden [reducir la necesidad de riego y las necesidades de fertilizantes](#). Puede reducir las emisiones de GEI generadas por el bombeo de agua de riego, las emisiones directas si se aplican menos fertilizantes

minerales a los suelos, así como las emisiones incorporadas a la producción de fertilizantes.

- Mejora de la calidad del agua.
- Contribución a la restauración del ciclo del agua.
- Aire más limpio gracias a la reducción del uso de fertilizantes sintéticos (lo que reduce la formación de partículas finas).
- Reducir el uso de combustible y, por tanto, el consumo de energía a largo plazo.
- Conservación y aumento de la biodiversidad (del suelo).

## Beneficios de la adaptación

- Mejoras en la productividad del suelo debidas a:
  - Aumento de la materia orgánica.
  - Conservación del agua en el suelo.
  - Mejoras en la estructura del suelo y en la zona de enraizamiento.
- Los sistemas de cultivo con labranza cero y labranza reducida (utilizando sembradoras y plantadoras con labranza cero) proporcionan una buena protección contra la erosión del suelo, reducen la compactación, reducen la perturbación de las hifas fúngicas y mejoran el hábitat para la fauna y los insectos beneficiosos (p. ej., la cubierta vegetal proporcionada por la paja y los residuos de los cultivos).
- Aumentar la biodiversidad del suelo (incrementando la materia orgánica del suelo) y, por tanto, la disponibilidad de nutrientes en el suelo.
- Aumento del rendimiento de los cultivos y disminución del uso de fertilizantes por hectárea a largo plazo.
- Mayor resistencia al estrés hídrico relacionado con el clima.
- Véase más información al respecto en [Implantación de sistemas integrados de gestión de tierras de cultivo y ganado](#), [Implantación de prácticas agroforestales](#), [Mejora de la gestión de las praderas](#) y [Implantación de prácticas de producción de alimentos respetuosas con la naturaleza](#).

## Otros beneficios del desarrollo sostenible

La salud del suelo es [fundamental para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible](#). Varios ODS se ven directamente afectados por las propiedades y procesos del suelo y su gestión sostenible, incluidos los ODS 2, 3, 6, 13, 15 y 17. Varias metas del ODS 15

relacionadas con la mitigación de la degradación de la tierra y el suelo también tienen sinergias con el Convenio sobre la Diversidad Biológica. Además, varios ODS se ven afectados indirectamente por la calidad del suelo y su gestión, incluidos los ODS 1, 5, 6, 8, 10 y 16. [Por ejemplo](#):

- ODS 1 (Fin de la pobreza) y ODS 2 (Hambre cero): Las regiones con pobreza endémica son también aquellas en las que la mayoría de la población depende de la agricultura. Por lo tanto, la gestión sostenible del suelo y la mejora de la agricultura son factores clave para reforzar la seguridad alimentaria. Los pequeños agricultores explotan aproximadamente el 12 % de las tierras cultivables del mundo y forman parte integrante del sistema alimentario mundial. Más de 500 millones de pequeñas explotaciones agrícolas en todo el mundo están gestionadas por poblaciones pobres, que a menudo dependen de ellas para subsistir.
- ODS 3 (Salud y bienestar): Los suelos sanos aumentan la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Filtra el agua que circula por ella, además de actuar como esponja para retener el agua y mitigar las enfermedades transmitidas por el agua.
- ODS 5 (Igualdad de género): La seguridad del agua es una cuestión de género, ya que las mujeres y las niñas son desproporcionadamente responsables de la recogida de agua.
- ODS 12 (Producción y consumo responsables): Un suelo sano aumenta la productividad de las explotaciones, lo que aporta mayores ingresos a las familias y aumenta sus oportunidades de subsistencia más allá de la explotación.
- ODS 14 (Vida submarina) y ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres): La biodiversidad del suelo es clave para la agricultura sostenible y el bienestar humano, ya que un suelo sano alberga dos tercios de la biodiversidad mundial. Hay más organismos en una cucharada de tierra sana que personas en la Tierra. El suelo también desempeña un papel fundamental en la gestión de las cuencas hidrográficas al mitigar las enfermedades transmitidas por el agua, así como los contaminantes orgánicos e inorgánicos.

## **Principales retos de implantación y posibles externalidades negativas y compensaciones**

- Elevados costes de inversión inicial asociados a la maquinaria, y costes de mano de obra, en función de la elección de las prácticas de gestión.
- La falta de financiación (p. ej., créditos organizativos) puede obstaculizar las actividades de desarrollo y capacitación de los agricultores.
- Políticas organizativas incoherentes y falta de instalaciones organizativas para atender a los agricultores.
- Dificultades para mantener los residuos de los cultivos en las explotaciones (p. ej., provocando brotes de plagas). En otros casos, los residuos de los cultivos son una



fuentes de ingresos para los agricultores o se utilizan para alimentar al ganado o como combustible o material de construcción, por lo que se retiran de los campos.

- Potencial [reducción del rendimiento](#) en las regiones más frías, lo que repercute en los ingresos de los agricultores, sobre todo durante un periodo de transición.
- [Inmovilización del nitrógeno \(N\)](#) si se incorporan materiales con una elevada relación carbono/nitrógeno; esto aumenta la actividad biológica, lo que provoca una mayor demanda de N.
- Disminución del albedo a medida que el contenido de materia orgánica del suelo aumenta su absorbancia.
- Aumento de la lixiviación de nitrógeno del suelo rico en materia orgánica, lo que puede afectar a la calidad del agua.
- Aumento del desbroce y del uso de herbicidas en los sistemas de siembra directa.
- Véase más información al respecto en [Implantación de sistemas integrados de gestión de tierras de cultivo y ganado](#), [Implantación de sistemas agroforestales](#), [Mejora de la gestión de las praderas](#) y [Implantación de prácticas de producción de alimentos respetuosas con la naturaleza](#).

## Medidas para minimizar los retos y abordar posibles externalidades negativas y compensaciones

- Es importante ser consciente de que un [cambio de las prácticas de gestión del suelo](#) y el consiguiente aumento del carbono orgánico del suelo no conducen necesariamente a la captura de carbono (y, por tanto, a emisiones negativas). En los suelos que se encuentran en un estado de pérdida continua de carbono, una acumulación de carbono puede dar lugar a una reducción de las pérdidas de carbono y, por lo tanto, debe contabilizarse de forma diferente.
- Integrar las prácticas de gestión sostenible del suelo en los ministerios e instituciones locales y regionales pertinentes y garantizar que cuentan con los recursos necesarios -incluidos extensionistas formados y motivados- para ofrecer a los agricultores una asistencia eficaz.
- Aumentar las medidas para reducir las barreras de conocimiento a las prácticas de absorción de carbono del suelo, como los servicios de asesoramiento gubernamentales y las inversiones en Investigación & Desarrollo, incluido el diseño conjunto de prácticas con los agricultores en laboratorios vivientes.
- Facilitar créditos a los agricultores para comprar equipos e insumos a través de bancos y agencias de crédito a tipos de interés razonables.
- Ofrecer apoyo financiero (líneas de crédito asequibles) y práctico para la medición de la absorción neta de carbono en el suelo y otras prácticas de reducción a los agricultores

que deseen participar en sistemas de créditos de carbono o mercados de compensación para fomentar las inversiones. La Iniciativa CompensACTION del G7 ofrece [directrices](#) para los proyectos de compensación del carbono agrícola.

- Reducir los aranceles sobre los equipos importados de agricultura de conservación para fomentar y promover su disponibilidad. Con el tiempo, la producción local de estos equipos aumentará su disponibilidad, los adaptará a las necesidades locales, creará empleo y reducirá costes.
- Ampliar el apoyo al desarrollo de capacidades a todos los niveles.
- Diseño y aplicación de rotaciones de cultivos en función de los distintos objetivos, por ejemplo: producción de alimentos y forraje, producción de residuos, control de plagas y malas hierbas, absorción de nutrientes o mezcla/cultivo biológico subsuperficial.
- Utilización de semillas adecuadas/mejoradas para obtener altos rendimientos, así como una elevada producción de residuos de partes aéreas y subterráneas, en función de las condiciones edafoclimáticas.
- Las aplicaciones de biocarbón pueden aumentar la capacidad de secuestro de carbono del suelo.
- Aumentar las subvenciones y otros incentivos para compensar las reducciones de rendimiento (p. ej., acceso a mercados sostenibles de primera calidad).
- Informar a los consumidores para asegurarse de que la demanda está preparada para adaptar su comportamiento de consumo.
- Véase más información al respecto en [Implantación de sistemas integrados de gestión de tierras de cultivo y ganado](#), [Implantación de sistemas agroforestales](#), [Mejora de la gestión de las praderas](#) y [Implantación de prácticas de producción de alimentos respetuosas con la naturaleza](#).

## Costes de implementación

- Los costes de la absorción de carbono en el suelo en tierras de cultivo y pastizales oscilan entre menos de 20 USD por tonelada y 100 USD por tonelada, según las estimaciones del [informe del IPCC](#).

## La intervención en la práctica

- [GIZ ProSoil](#): De 2014 a 2027, la GIZ y el Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) están ejecutando un programa para conservar y rehabilitar el suelo, mejorando la seguridad alimentaria y el uso sostenible de la tierra en seis países africanos y en la India. ProSoil ayuda a sus socios en la aplicación generalizada de prácticas agroecológicas climáticamente inteligentes, ofreciendo a los agricultores formación y orientación para reducir la erosión del suelo y mejorar y mantener su fertilidad. Una vez finalizado, el proyecto conservará o rehabilitará 816.000

hectáreas de suelo, reforzará la resiliencia frente a la sequía, aumentará el rendimiento de los cultivos y contribuirá a los ingresos y la seguridad alimentaria.

- [El Programa de Investigación sobre el Maíz del GCIAI](#) muestra que la agricultura de conservación reduce la vulnerabilidad de los agricultores a los riesgos climáticos en toda África meridional. La adopción por los agricultores de prácticas de agricultura de conservación abarca más de 627 000 hectáreas en Malawi, Zambia y Zimbabue, con beneficios en el rendimiento de entre el 30 % y el 50 % (hasta el 140 %) en condiciones de sequía. Los resultados han enriquecido los debates sobre la agricultura climáticamente inteligente y las políticas asociadas en África meridional.
- El [proyecto SIMLESA](#) financiado por el Centro Australiano de Investigación Agrícola Internacional (ACIAR), ha aumentado considerablemente el rendimiento de los cultivos alimentarios, hasta un 38 %, así como los ingresos, manteniendo al mismo tiempo la salud del suelo en los países donde se ha aplicado (Etiopía, Kenia, Malawi, Mozambique, Ruanda, Tanzania y Uganda).

## Referencias

1. Abagandura, G. O., ?entürklü, S., Singh, N., Kumar, S., Landblom, D. G., & Ringwall, K. (2019). Impacts of crop rotational diversity and grazing under integrated crop-livestock system on soil surface greenhouse gas fluxes. *PLoS ONE*, 14(5). Retrieved February 6, 2024, from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6530893/>
2. Al-Kaisi, M. M., & Yin, X. (2005). Tillage and Crop Residue Effects on Soil Carbon and Carbon Dioxide Emission in Corn–Soybean Rotations. *Journal of Environmental Quality*, 34(2), 437–445
3. Ataei, P., Sadighi, H., Aenis, T., Chizari, M., & Abbasi, E. (2021). Challenges of Applying Conservation Agriculture in Iran: An Overview on Experts and Farmers' Perspectives. *Air, Soil and Water Research*, 14, 1178622120980022
4. Bhan, S., & Behera, U. K. (2014). Conservation agriculture in India – Problems, prospects, and policy issues. *International Soil and Water Conservation Research*, 2(4), 1–12
5. Calvo, F. (n.d.). How Farm Policies Can Help Protect Our Soils. *International Institute for Sustainable Development*. Retrieved February 7, 2024, from <https://www.iisd.org/articles/analysis/farm-policies-protect-soils>
6. Carvalho, J. L. N., Raucci, G. S., Frazão, L. A., Cerri, C. E. P., Bernoux, M., & Cerri, C. C. (2014). Crop-pasture rotation: A strategy to reduce soil greenhouse gas emissions in the Brazilian Cerrado. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 183, 167–175
7. Climate Smart Agriculture Sourcebook. (n.d.). Retrieved February 6, 2024, from <https://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/production-resources/module-b7-soil/chapter-b7-3/en/>
8. Conservation agriculture reduces climate risks throughout Southern Africa. (n.d.).

CGIAR. Retrieved February 7, 2024, from <https://www.cgiar.org/annual-report/performance-report-2020/conservation-agriculture-reduces-climate-risks-throughout-southern-africa/>

9. Dickinson, D., Balduccio, L., Buysse, J., Ronsse, F., Huylensbroeck, G. van, & Prins, W. (2015). Cost-benefit analysis of using biochar to improve cereals agriculture. *GCB Bioenergy*, 7(4), 850–864
10. European Union DG-ENV. (2011). *SOIL: the hidden part of the climate cycle*. Retrieved from [https://climate.ec.europa.eu/system/files/2016-11/soil\\_and\\_climate\\_en.pdf](https://climate.ec.europa.eu/system/files/2016-11/soil_and_climate_en.pdf)
11. FAO. (2019). *TAPE Tool for Agroecology Performance Evaluation 2019 – Process of development and guidelines for application*. Retrieved from <https://www.fao.org/3/ca7407en/ca7407en.pdf>
12. FAO. (2021). *Climate change mitigation options in agrifood systems: Summary of the Working Group III contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Sixth Assessment Report (AR6)*. Retrieved from <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc4943en>
13. FAO. (n.d.). Benefits of Conservation Agriculture (CA). Retrieved February 7, 2024, from <https://www.fao.org/conservation-agriculture/impact/benefits-of-ca/en/>
14. Goswami, S. B., Mondal, R., & Mandi, S. K. (2020). Crop residue management options in rice–rice system: a review. *Archives of Agronomy and Soil Science*. Retrieved February 7, 2024, from <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03650340.2019.1661994>
15. Henderson, B., Lankoski, J., Flynn, E., Sykes, A., Payen, F., & MacLeod, M. (2022). Soil carbon sequestration by agriculture: Policy options. Retrieved February 7, 2024, from [https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/soil-carbon-sequestration-by-agriculture\\_63ef3841-en;jsessionid=CC7AnzMq1vfeipkJ25culTmXLElI5ueAZGloo1-d.ip-10-240-5-171](https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/soil-carbon-sequestration-by-agriculture_63ef3841-en;jsessionid=CC7AnzMq1vfeipkJ25culTmXLElI5ueAZGloo1-d.ip-10-240-5-171)
16. Kell, D. B. (2011). Breeding crop plants with deep roots: their role in sustainable carbon, nutrient, and water sequestration. *Annals of Botany*, 108(3), 407
17. Lal, R., Monger, C., Nave, L., & Smith, P. (2021). The role of soil in regulation of climate. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. Retrieved February 8, 2024, from <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2021.0084>
18. Rumpel, C., Henry, B. K., Chenu, C., & Amiraslani, F. (2022). Benefits and trade-offs of soil organic carbon sequestration
19. Soil+ the SDGs: the answer lies beneath our feet. (n.d.). *Coalition of Action for Soil Health*. Retrieved February 8, 2024, from <https://www.coalitionforsoilhealth.org/news/soil-the-sdgs-the-answer-lies-beneath-our-feet>

20. Sun, W., Canadell, J. G., Yu, L., Yu, L., Zhang, W., Smith, P., et al. (2020). Climate drives global soil carbon sequestration and crop yield changes under conservation agriculture. *Global Change Biology*, 26(6), 3325–3335
21. Thierfelder, C., Bunderson, W., & Mupangwa, W. (2015). Evidence and Lessons Learned from Long-Term On-Farm Research on Conservation Agriculture Systems in Communities in Malawi and Zimbabwe. *Environments*, 2, 317–337
22. Turmel, M.-S., Speratti, A., Baudron, F., Verhulst, N., & Govaerts, B. (2015). Crop residue management and soil health: A systems analysis. *Biomass Use Trade-Offs in Cereal Cropping Systems: Lessons and Implications from the Developing World*, 134, 6–16
23. Wageningen Centre for Development Innovation, Wageningen University & Research. (2021). *Food-system interventions with climate change and nutrition co-benefits: A literature review*. Retrieved from [https://www.ifad.org/documents/38714170/43188972/wageningen\\_foodsystems.pdf/b163afbd-8e20-ea3d-a7ab-77328ddf6adb?t=1622789088577](https://www.ifad.org/documents/38714170/43188972/wageningen_foodsystems.pdf/b163afbd-8e20-ea3d-a7ab-77328ddf6adb?t=1622789088577)