



Transforming **U**nsustainable
management of soils in key
agricultural systems in EU and China

Developing an **i**ntegrated platform of
alternatives to reverse soil degradation

Enmiendas orgánicas para restaurar suelos degradados



This project receives funding from the European Union's Horizon 2020 Research and Innovation action under grant agreement No 101000224.

Breve descripción

La degradación del suelo, causada por factores como la erosión, la compactación, el agotamiento de nutrientes y la pérdida de materia orgánica, afecta gravemente la productividad agrícola y la salud de los ecosistemas. Para contrarrestar este problema, se utilizan cada vez más enmiendas orgánicas como el compost, el estiércol y el biochar. Estas enmiendas mejoran la estructura del suelo, aumentan el contenido de nutrientes y promueven la actividad microbiana, lo que conduce a una mejor salud del suelo y mayor resiliencia. Integrar enmiendas orgánicas en las prácticas de manejo del suelo es una estrategia sostenible para restaurar suelos degradados y mantener la productividad agrícola a largo plazo.

Área objetivo

Las enmiendas orgánicas pueden aplicarse en diversas regiones climáticas, tipos de suelo y sistemas de cultivo. Son especialmente beneficiosas en las regiones que experimentan agotamiento de la materia orgánica del suelo, compactación y deficiencias de nutrientes. Por ejemplo, en la agricultura de secano, las enmiendas orgánicas se aplican principalmente para mejorar la retención de agua y aumentar el contenido de materia orgánica, mientras que en las regiones húmedas se centran en mejorar la agregación y la estructura del suelo. Esta práctica



es muy adecuada para diversos sistemas de producción de cultivos, como hortalizas, frutales, cereales y leguminosas, en los que mantener la salud del suelo es esencial para la productividad a largo plazo.

Identificación del problema

La degradación del suelo a menudo se traduce en un bajo nivel de carbono orgánico del suelo (COS), lo que provoca una reducción de la fertilidad y una estructura deficiente. Las enmiendas orgánicas ayudan a restaurar el COS añadiendo materia

orgánica y mejorando la actividad microbiana. La aplicación TUDI Decision Support Tool (dev-tudi.web.app) puede guiar a los agricultores en la evaluación de los niveles de COS para una restauración eficaz del suelo.



Fig. 1: Parcelas experimentales con diferentes enmiendas orgánicas para evaluar sus efectos en la estructura y fertilidad del suelo.

Descripción Detallada de la Estrategia de Restauración

Las enmiendas orgánicas son una estrategia eficaz para restaurar los suelos degradados mejorando sus propiedades biológicas, físicas y químicas. La incorporación de materiales como el compost, el estiércol animal, el biochar y el abono verde puede mejorar significativamente la materia orgánica, la estructura, la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes del suelo. Estas enmiendas abordan la degradación del suelo al tiempo que apoyan prácticas agrícolas sostenibles y reducen la dependencia de insumos sintéticos. Al integrar las enmiendas orgánicas en la gestión del suelo, los agricultores pueden promover la salud, la resiliencia y la productividad del suelo a largo plazo.

- **El compost** es una enmienda orgánica común que enriquece la materia orgánica del suelo, mejora su estructura y aumenta la retención de agua. Elaborado a partir de residuos orgánicos descompuestos, aporta nutrientes clave (N, P, K) y fomenta la actividad microbiana beneficiosa, esencial para el ciclo de los nutrientes. Las dosis típicas de aplicación oscilan entre 10 y 50 toneladas por hectárea, en función de las necesidades del suelo y del cultivo.
- **El estiércol animal** aporta nutrientes esenciales y mejora el carbono orgánico del suelo. Los tipos más comunes son el estiércol bovino, avícola y porcino, cada uno con un perfil nutricional único. El compostaje adecuado antes de la aplicación reduce los riesgos de patógenos y mejora la disponibilidad de nutrientes. Las dosis típicas oscilan entre 20 y 40 toneladas por hectárea, ajustadas en función de los análisis del suelo.



Fig. 2: Preparación de enmiendas orgánicas para su aplicación en el campo: compost (arriba) y biochar (abajo).

- **El biochar**, producido a partir de materiales orgánicos pirolizados, mejora la estructura del suelo, la retención de agua y la capacidad de intercambio catiónico. Especialmente beneficioso en tierras secas, el biochar también fomenta la actividad microbiana cuando se combina con compost o estiércol. Las dosis de aplicación recomendadas oscilan entre 5 y 20 toneladas por hectárea, en función de la textura del suelo.
- **Los abonos verdes y los cultivos de cobertura**, como las leguminosas (trébol, alfalfa) y las no leguminosas (centeno, avena), se cultivan para mejorar la materia orgánica del suelo y reducir la erosión. Incorporados durante la floración para obtener un contenido óptimo de nutrientes, actúan como mantillo vivo, protegiendo el suelo y enriqueciéndolo con materia orgánica.

Las técnicas de aplicación varían en función del tipo de enmienda y de las condiciones del suelo. El compost y el estiércol suelen esparcirse e

incorporarse a la capa superficial del suelo mediante laboreo. El biochar puede mezclarse en las hileras de plantación o esparcirse uniformemente por el campo. Los cultivos de abono verde se siembran in situ y se incorporan mediante arado o laboreo. Para optimizar los beneficios, es esencial adaptar la dosis y el momento de aplicación al problema específico de degradación del suelo, al tipo de cultivo y a las condiciones climáticas.

La supervisión y el mantenimiento son esenciales para evaluar el impacto a largo plazo de las enmiendas orgánicas. El análisis del suelo antes y después de su aplicación ayuda a determinar los cambios en el contenido de materia orgánica, los niveles de

nutrientes y la actividad microbiana. Un seguimiento regular permite ajustar las dosis de aplicación y ayuda a prevenir desequilibrios de nutrientes. La integración de enmiendas orgánicas en un plan holístico de gestión del suelo garantiza mejoras sostenidas en la salud y la productividad del suelo.

Mediante la aplicación estratégica de enmiendas orgánicas, los suelos degradados pueden transformarse en sistemas productivos y resilientes. La combinación de compost, estiércol, biochar y cultivos de cobertura no sólo restaura la fertilidad del suelo, sino que también contribuye a prácticas agrícolas sostenibles al reducir la dependencia de los insumos químicos y mejorar la biodiversidad del suelo.

Pros y contras de la técnica, obstáculos para su implementación

Las principales ventajas de la aplicación de enmiendas orgánicas son: i) la mejora de la fertilidad del suelo y la disponibilidad de nutrientes, reduciendo la dependencia de los fertilizantes sintéticos; ii) la mejora de la estructura del suelo, reduciendo la compactación y aumentando la capacidad de retención de agua; iii) la estimulación de la actividad microbiana del suelo y la biodiversidad, promoviendo un ecosistema del suelo más saludable; iv) los beneficios a largo plazo para la salud del suelo y la productividad de los cultivos a través de la aportación sostenida de materia orgánica.

Sin embargo, también existen algunos inconvenientes, como: i) los elevados costes iniciales y requerimientos de mano de obra para su aplicación e incorporación; ii) la variabilidad del contenido y la calidad de los nutrientes en función de la fuente de la enmienda; iii) el riesgo potencial de lixiviación o desequilibrio de los nutrientes si no se gestionan adecuadamente; iv) la disponibilidad limitada y los problemas de transporte en algunas regiones.



Fig. 3: Distribución manual de compost en un suelo degradado para mejorar su contenido en materia orgánica y su estructura.

Efectos/Resultados/Casos de estudio

El uso a largo plazo de enmiendas orgánicas ha demostrado beneficios sustanciales en la restauración de suelos degradados, mejorando tanto la salud del suelo como la productividad de los cultivos. Cuando se aplican con regularidad y se gestionan adecuadamente, estas enmiendas contribuyen significativamente a la estructura, fertilidad y actividad microbiana del suelo.

Un estudio realizado a lo largo de 21 años demostró que la aplicación continua de enmiendas de base orgánica aumentaba la producción de grano en arroz entre un 33,4 y un 52,5% y en trigo entre un 20 y un 42,8%, en comparación con los grupos de control sin insumos orgánicos (<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109311>). Este aumento del rendimiento se atribuye a la mejora del contenido de materia orgánica del suelo y a la mayor disponibilidad de nutrientes, que son cruciales para mantener la fertilidad del suelo en tierras degradadas.

Además, un estudio de seis años sobre la aplicación continua de compost informó del mantenimiento de la estabilidad de los agregados del suelo y del aumento del almacenamiento de carbono (<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.116117>). Estas mejoras se relacionaron con el aumento del carbono de la biomasa microbiana del suelo y del carbono orgánico disuelto, que son indicadores críticos de la restauración de la salud del suelo.

Estos resultados ponen de relieve los beneficios a largo plazo de las enmiendas orgánicas en suelos degradados, destacando su papel en la mejora de la estructura del suelo, el aumento del carbono orgánico y el impulso de la productividad de los cultivos, aspectos fundamentales para una agricultura sostenible.

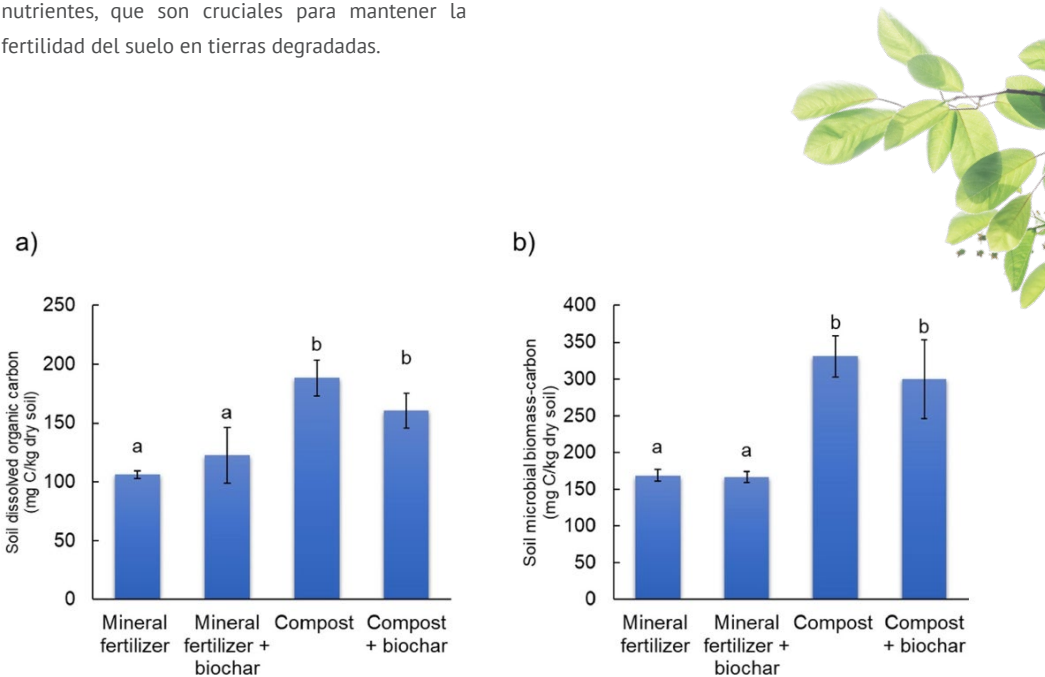


Fig. 4: Carbono orgánico disuelto en el suelo (a) y carbono de la biomasa microbiana del suelo (b) tras 6 años bajo diferentes prácticas de manejo (compost y fertilizante mineral; y con o sin biochar).

Resumen

Las enmiendas orgánicas son una estrategia fundamental para restaurar suelos degradados. Al incorporar materiales como compost, estiércol y biochar, los agricultores pueden promover una agricultura sostenible y la salud ambiental. Estas enmiendas ofrecen una alternativa rentable y respetuosa con el medio ambiente a los fertilizantes químicos, contribuyendo a la sostenibilidad agrícola a largo plazo.

Más literatura/fuentes

Guía sobre prácticas de enmiendas de carbono en el suelo: <https://www.nrcs.usda.gov/resources/guides-and-instructions/soil-carbon-amendment-ac-336-conservation-practice-standard>

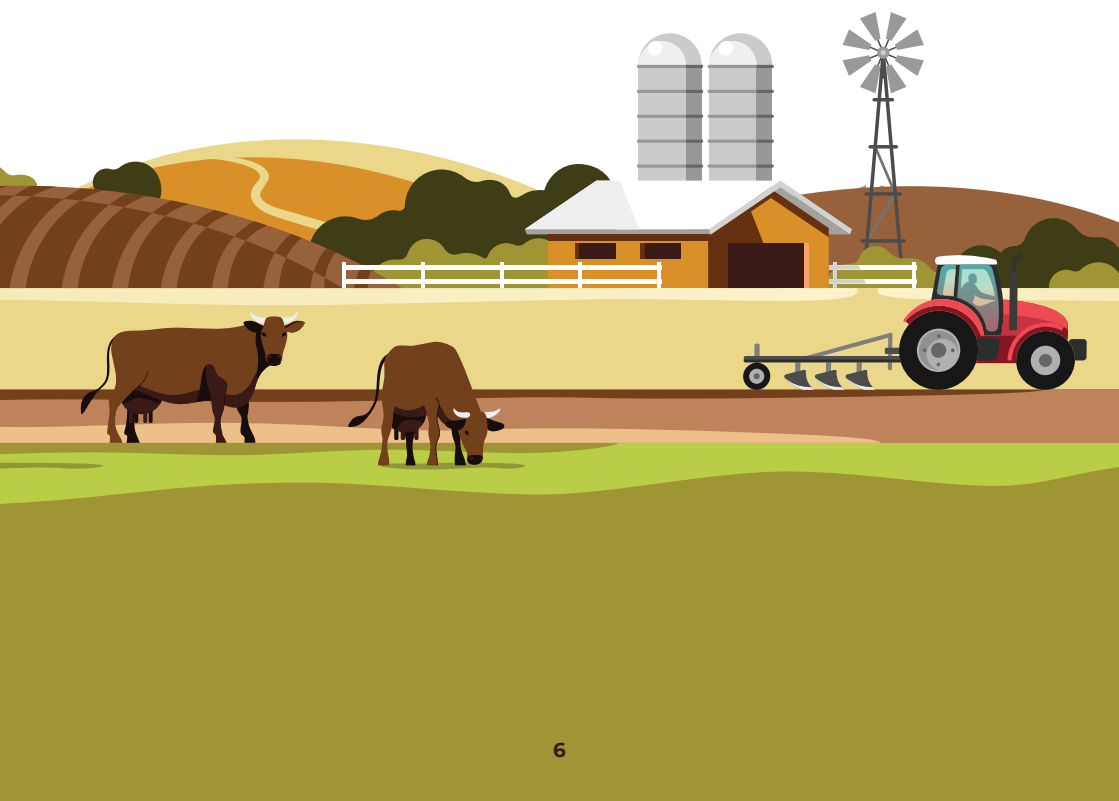
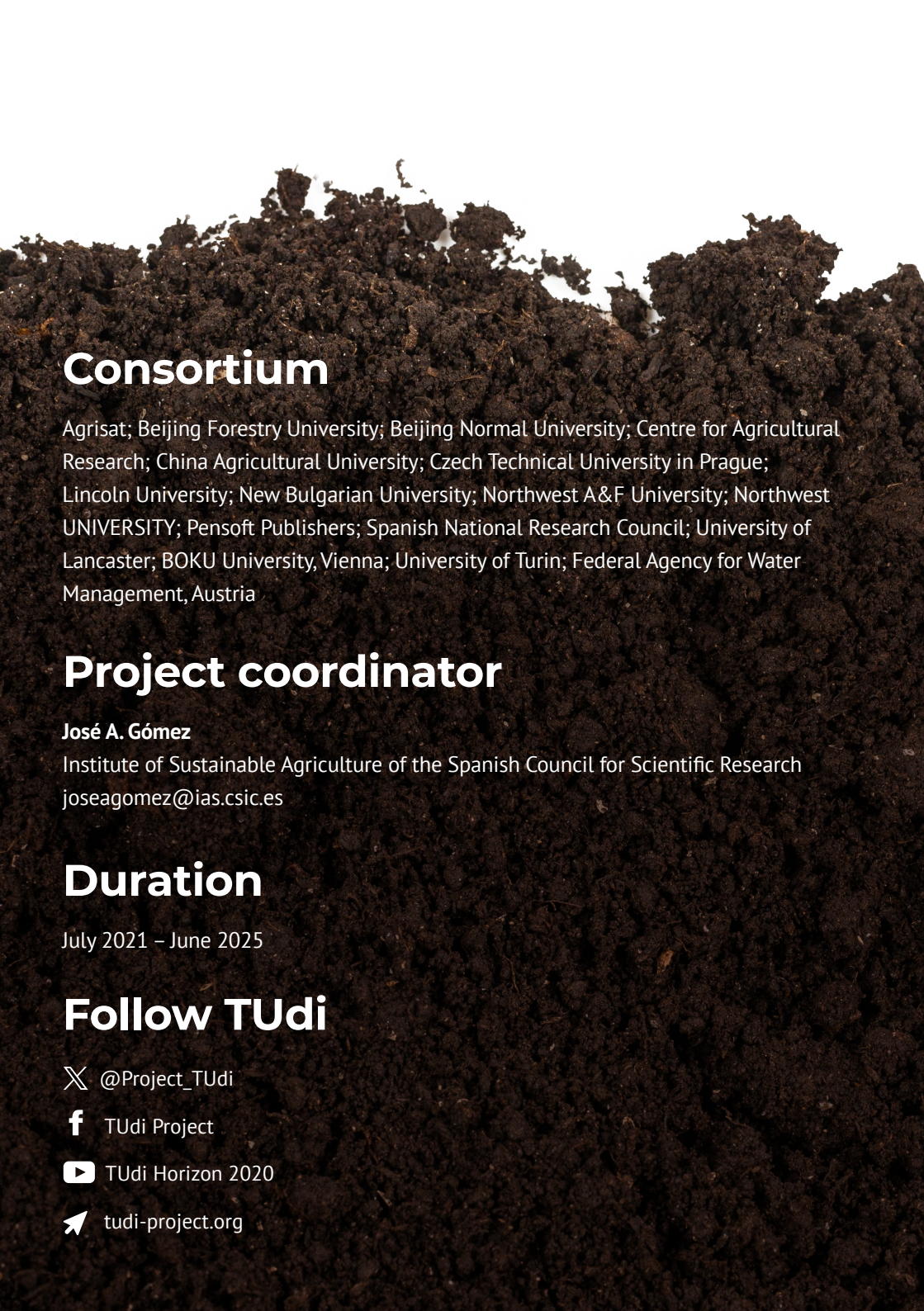


Tabla resumen

	Clasificación	Comentarios
Salud del suelo en general	***	Mejora el contenido de materia orgánica y la diversidad microbiana.
Balance hídrico	**	Mejora la retención y la infiltración del agua.
Estructura del suelo	***	Reduce la compactación y aumenta la porosidad.
Erosividad	**	Disminuye la susceptibilidad a la erosión al mejorar la agregación.
Equilibrio de nutrientes	**	Mayor disponibilidad de nutrientes
Vida del suelo	***	Estimula la actividad microbiana beneficiosa.
Viabilidad de implementación	**	Requiere una gestión adecuada y depende de la disponibilidad local de enmiendas orgánicas.
Economía	**	Los costes iniciales pueden ser elevados, pero los beneficios a largo plazo compensan los gastos.





Consortium

Agrisat; Beijing Forestry University; Beijing Normal University; Centre for Agricultural Research; China Agricultural University; Czech Technical University in Prague; Lincoln University; New Bulgarian University; Northwest A&F University; Northwest UNIVERSITY; Pensoft Publishers; Spanish National Research Council; University of Lancaster; BOKU University, Vienna; University of Turin; Federal Agency for Water Management, Austria

Project coordinator

José A. Gómez

Institute of Sustainable Agriculture of the Spanish Council for Scientific Research
joseagomez@ias.csic.es

Duration

July 2021 – June 2025

Follow TUdi

 [@Project_TUdi](https://twitter.com/Project_TUdi)

 [TUdi Project](https://www.facebook.com/TUdiProject)

 [TUdi Horizon 2020](https://www.youtube.com/channel/UCv33333333333333333333)

 tudi-project.org