

## **BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS PARA LA REDUCCIÓN DE GEI**

**PROYECTO ECONOMÍA CIRCULAR**



**ESCUELA UNIVERSITARIA DE  
INGENIERÍA AGRÍCOLA INEA**

El curso de “BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS PARA LA REDUCCIÓN DE GEI” ha sido elaborado dentro del proyecto “AUMENTO DE FIJACIÓN DE CO<sub>2</sub> EN LA AGRICULTURA CON PRÁCTICAS DE ECONOMÍA CIRCULAR EN HUERTOS ECOLÓGICOS” concedido a INEA en la convocatoria de subvenciones para proyectos de fomento de Economía Circular, Ecoinnovación y Ecodiseño en el municipio de Valladolid en el año 2021 concedidas por parte de la Agencia de Innovación y Desarrollo Económico del Ayuntamiento de Valladolid.

# Contenido

1. Buenas prácticas agrícolas para el secuestro de CO2 .....	3
2. Bibliografía y material complementario.....	11

## 1. Buenas prácticas agrícolas para el secuestro de CO2

La Asociación europea para la innovación agrícola (EIP-AGRI) trabaja para fomentar una agricultura y una silvicultura competitivas y sostenibles que "logren más y mejor con menos". Contribuye a garantizar un suministro constante de alimentos, piensos y biomateriales, desarrollando su trabajo en armonía con los recursos naturales esenciales de los que depende la agricultura.

Esta asociación trabaja para dar respuesta a cómo la agricultura puede contribuir significativamente a la mitigación del cambio climático al almacenar carbono en plantas y suelos. En todo el mundo, el suelo contiene aproximadamente tres veces más carbono orgánico que las plantas y el doble que la atmósfera. Sin embargo, los suelos cultivables, especialmente en las regiones de cultivo más intensas, han perdido gran parte del carbono del suelo. El conocimiento sobre prácticas de manejo para almacenar carbono en los suelos está muy extendido entre los agricultores. Aun así, se necesita más información sobre el tiempo y los recursos necesarios para adoptar estas prácticas y su impacto en el almacenamiento de carbono en el suelo. La pregunta principal abordada por el Grupo de Enfoque sobre "Pasar de la fuente al sumidero en la agricultura herbácea" fue '¿Qué prácticas y herramientas rentables de gestión agrícola podrían fomentar y garantizar el almacenamiento duradero de carbono en la agricultura, contribuyendo a la mitigación del cambio climático?'

El Grupo de Enfoque identificó las siguientes prácticas de manejo que capturan carbono en los suelos agrícolas a largo plazo mientras mejoran la calidad del suelo:

- Mantener el suelo cubierto: cultivos de cobertura, cultivos de invierno y cultivos intercalados
- Retorno de biomasa: enmiendas orgánicas
- Agricultura de conservación: labranza reducida

La capacidad de los suelos para almacenar carbono depende de una amplia gama de factores del suelo que pueden mejorarse mediante técnicas de gestión adecuadas. Hay un gran campo para involucrar a los agricultores cuando es posible mostrar los cobeneficios positivos que el manejo puede tener sobre varios factores. Algunos ejemplos son: promover el secuestro de carbono del suelo en relación con mayores rendimientos, estructura del suelo mejorada, menor uso de fertilizantes a través de la retención de nutrientes, menor densidad aparente del suelo, mayor capacidad de retención de agua y mayor actividad biológica y, por último, pero no menos

importante, el resultado a largo plazo. Si bien existe conocimiento disponible sobre cómo manejar los suelos agrícolas y promover el carbono del suelo, aún existen barreras que superar cuando se trata de implementar buenas prácticas.

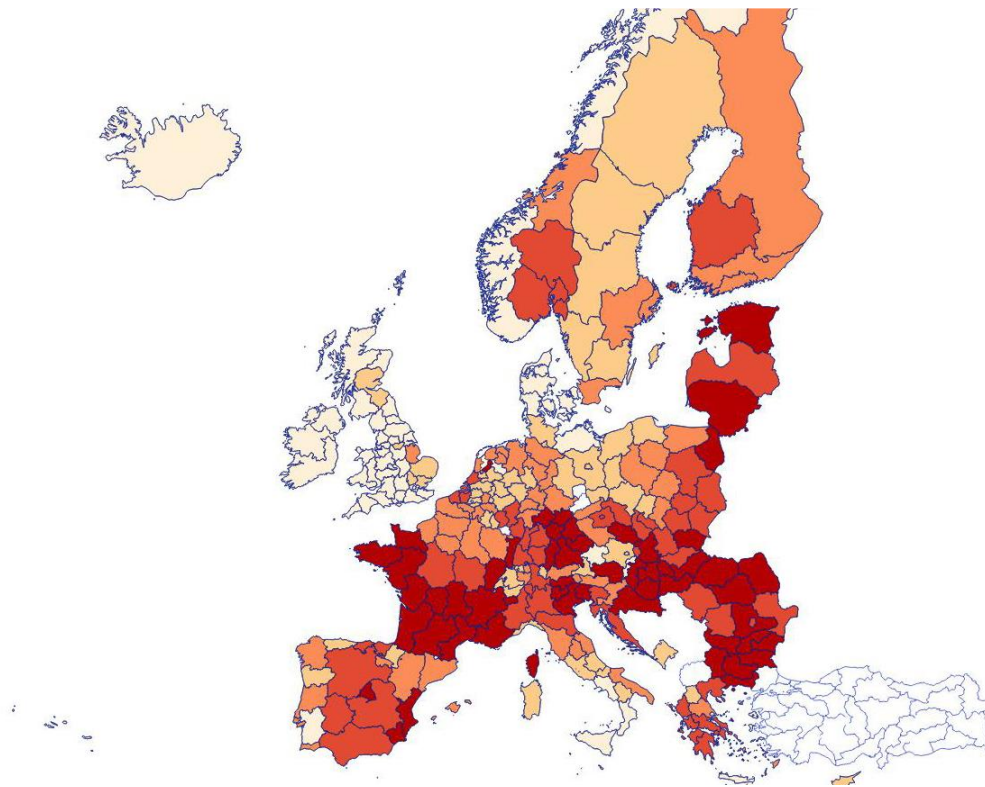
Los niveles de carbono del suelo son el resultado del carbono atmosférico convertido en biomasa vegetal y organismos del suelo por un lado y pérdidas por procesos de descomposición por el otro. Esto está controlado por el carbono vegetal y las interacciones entre los microorganismos (hongos y bacterias), los ingenieros del ecosistema (raíces, lombrices, termitas, hormigas) y la matriz mineral del suelo. Por lo tanto, es un sistema complejo de interacciones entre los organismos vivos del suelo que está influenciado por su diversidad, abundancia y factores abióticos.

Mantener el suelo cubierto: incluyendo los cultivos de cobertura, los cultivos de invierno y los cultivos intercalados, ayudan en la retención de GEI. Cuando el suelo está constantemente cubierto aumenta el carbono del suelo.

Los experimentos a largo plazo en curso sobre la rotación de cultivos con plantas perennes muestran evidencias de que una superficie de suelo cubierta tiene un gran impacto en el carbono del suelo.

La agrosilvicultura es una práctica que se puede considerar como un sistema de cultivo intercalado con plantas perennes y puede proporcionar carbono a las capas del subsuelo. Maeght, Rewald y Pierret demostraron que el C derivado de las raíces de los árboles se puede considerar como reservas de carbono a largo plazo que proporcionan otras funciones ecosistémicas al sistema agrícola.

En Europa todavía hay una alta proporción de fincas que tienen suelo desnudo durante el invierno.



Proporción de suelo desnudo en tierra cultivable (área %), 2010 (Eurostat, Nuts 2 nivel, ef\_pmsoilaa)

Las leguminosas son eficientes en la liberación de compuestos de carbono de sus raíces, lo que luego desencadena una intensa actividad biológica, crea biomasa y fija el nitrógeno del aire. El principal desafío para las plantas de cobertura es la competencia por los nutrientes y el agua. Es importante comprender los efectos de la diversidad de plantas y los exudados de las raíces para identificar las mejores prácticas de los sistemas de cultivo para el almacenamiento de carbono a largo plazo en la biomasa vegetal y los suelos.

El diseño espacial de los cultivos, la variedad de cultivos y las tasas de siembra de los cultivos intercalados es esencial para maximizar la producción de biomasa de los cultivos intercalados, reducir la competencia de las malezas y reducir las plagas y los patógenos

Retorno de biomasa: enmiendas orgánicas. Los efectos a largo plazo sobre el carbono del suelo de los residuos de cultivos son muy variables y, a menudo, han mostrado efectos no significativos, con la excepción de los suelos severamente erosionados. En un experimento a largo plazo en Dinamarca, la aplicación anual de paja solo mostró un aumento significativo en el carbono del suelo cuando se añadieron 12 toneladas/ha de paja de cebada a los suelos, lo que correspondía al doble de lo que realmente producía el campo. Sin embargo, si los residuos de cultivos no se devuelven

al suelo, esto puede provocar una disminución de las reservas de carbono del suelo. El efecto de las enmiendas orgánicas que no se producen en el campo, depende del contenido de carbono, la estabilidad de la enmienda y la dosis aplicada. Las enmiendas de residuos orgánicos como lodos de depuradora han duplicado el carbono del suelo en 20 años en un experimento en Suecia. Sin embargo, las preocupaciones sobre otros efectos ambientales, como los residuos de productos farmacéuticos y metales pesados, han influido en el uso y la normativa de las aguas residuales en Europa. La aplicación de estiércol animal generalmente se considera positiva para el carbono del suelo, pero cuando se administran en cantidades muy altas, la lixiviación de nutrientes puede causar problemas como la eutrofización de las aguas subterráneas y superficiales. El estiércol de cerdo es una forma común de estiércol pero contiene menos materia orgánica que el estiércol de ganado. Como muchos factores determinan el contenido de nutrientes y materia orgánica del estiércol, también existe una gran variabilidad dentro de un tipo de estiércol. El efecto sobre el secuestro de carbono del suelo del estiércol es mayor cuando el contenido de materia seca es mayor. Por lo tanto, el estiércol sólido es más efectivo que los purines, pero para reducir el riesgo de contaminación por N y P, se debe tener en cuenta el contenido de nutrientes del estiércol, equilibrándolo con la demanda de los cultivos a lo largo del tiempo. Por otro lado, el biocarbón es un producto del calentamiento de biomasa orgánica en condiciones de bajo oxígeno. Es un producto similar al carbón con contenidos de carbono que oscilan entre el 50 y el 95 % en peso. La estabilidad a largo plazo depende principalmente de las materias primas y las condiciones del proceso, pero el biocarbón suele consistir en grandes fracciones estables de compuestos orgánicos. Uno de estos productos, es el denominado como biochar que ha recibido un gran interés y aumenta el carbono del suelo, pero los efectos sobre la calidad del suelo aún se están debatiendo.

El uso de materiales/residuos orgánicos (procesados) como enmienda del suelo está sujeto a una serie de normas europeas y nacionales. Esta legislación previene el uso indebido y la contaminación del medio ambiente (por ejemplo, la eutrofización de las aguas superficiales y la contaminación de los suelos por metales pesados), pero también puede dificultar el reciclaje local de materiales orgánicos. Los factores más problemáticos en su uso y que se mencionan con frecuencia son la contaminación potencial con metales pesados, semillas de malas hierbas y antibióticos.

En cuanto a los beneficios, el uso de compost proporciona una mejor calidad del suelo, una mayor biodiversidad del suelo, un menor riesgo de

erosión, mejor infiltración y drenaje del agua, mayor contenido de humus, mejor estructura del suelo y mayor potencial de mineralización de nitrógeno.

Sin embargo, no todas las enmiendas orgánicas son igualmente estables y, como consecuencia, no contribuyen tanto al secuestro de carbono a largo plazo como otras. Además, la emisión de otros gases de efecto invernadero como el N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> también se debe tener en cuenta durante el almacenamiento, el procesamiento y después de la aplicación al suelo.

¿Cuánto carbono se puede secuestrar por tonelada de enmienda añadida al suelo? Los resultados de experimentos de campo a largo plazo muestran que el compost a base de plantas retiene en promedio 0,26 toneladas de C por tonelada de enmienda aplicada, el estiércol de ganado 0,20 toneladas de C por tonelada de estiércol (39, 40), mientras que el lodo compostado proporciona 0,20 toneladas de C por tonelada de C añadida

Agricultura de conservación: labranza reducida.

El concepto de agricultura de conservación fue introducido por la FAO y se basa en tres principios básicos: perturbación mínima del suelo, cobertura permanente del suelo por cultivos y residuos de cultivos y rotación diversificada de cultivos y diversidad de especies. La práctica tiene su origen en la conservación del suelo y el agua, que se desarrolló en la década de 1940 en respuesta a la sequía y la erosión del suelo en los EE. UU. y condujo a una mayor demanda e interés en los sistemas de agricultura de conservación y la sustitución gradual del arado por labranza reducida. Se ha sugerido que la labranza es una de las principales prácticas de manejo que pueden influir en el secuestro de carbono, por ejemplo, hay evidencia de pérdida de C debido al arado. Para aumentar las reservas de carbono del suelo, la labranza reducida generalmente debe combinarse con la restitución de biomasa y el uso de cultivos de cobertura. Un beneficio adicional de la agricultura de conservación es la reducción de los costes del cultivo en insumos y tiempo de dedicación.

Se entiende ampliamente que el carbono del suelo se conserva mejor cuando el suelo se altera lo menos posible y se cubre tanto como sea posible. La labranza reducida puede ayudar a controlar la erosión y mejorar la eficiencia del uso de agua y fertilizantes.

Los factores climáticos y edáficos locales de las tierras cultivables en Europa a veces pueden limitar la adopción de ciertas estrategias para aumentar el

carbono del suelo. Los factores climáticos, como la precipitación variable durante la temporada de crecimiento, pueden requerir la adaptación de estrategias de riego o drenaje. La textura del suelo en combinación con el clima puede generar un alto riesgo de erosión del suelo por viento o agua, exportando carbono del suelo desde las capas superficiales del. En suelos que son salinos o alcalinos, el carbono del suelo será más difícil de secuestrar.

Por otro lado, la agricultura de precisión es una solución que permite por medio de la aplicación de alta tecnología, generar diagnósticos locales y estrategias de adaptación para aumentar el carbono del suelo y reducir las emisiones de GEI. También permite generar estrategias innovadoras para extender la cobertura del suelo e introducir cultivos de cobertura en rotaciones en áreas con disponibilidad limitada de agua o propensas a condiciones climáticas adversas.

Aquí hay una serie de herramientas que se han desarrollado con el fin de compartir los conocimientos de investigadores y agricultores:

- Herramienta agrícola del Reino Unido: <http://www.farmcarbontoolkit.org.uk/>
- Suelo inteligente: <https://web04.agro.au.dk/projectnet/smartsoilDST/>
- Banco C: <http://c-bank.lu.se/>
- Oscar Living mantillo y cultivos de cobertura Caja de herramientas: <https://web5.wzw.tum.de/oscar/toolbox/database/>
- Saber Suelo: <http://www.catch-c.eu/KnowSoil/>

En las siguientes tablas, se presentan algunas ventajas y desventajas de los métodos de gestión para promover el carbono en el suelo:



## Métodos de gestión para promover el carbono del suelo

Prácticas de labranza		
Prácticas	Ventajas agronómicas	Desventajas agronómicas
Labranza cero	Aumento de la fertilidad Menos malas hierbas anuales Mejor estructura del suelo e infiltración de agua.	Más malas hierbas perennes En suelos ácidos - reduce la eficiencia del enclavado Aplicaciones de estiércol
Labranza reducida	Menos compactación Más depredadores Sistema más resistente al clima extremo	Competencia de malezas Estratificación de nutrientes Caracoles/babosas/ratones
Frecuencia reducida de labranza	Aplicado a más cultivos Control mejorado de malezas y plagas	No es el beneficio de la labranza cero No es un control eficiente de las malezas
Labranza en franjas	Aplicación mejorada de fertilizantes	Las malas hierbas caracoles dificultan la compactación después de la hierba.
Labranza de contorno	Prevenir la erosión y por lo tanto la pérdida de carbono.	Se necesita más logística Riesgo en pendientes pronunciadas

\*\*En la labranza en franjas, se cultivan franjas alternas del campo.

\*\*Labranza en contorno o en curvas de nivel, los surcos hechos por el arado corren perpendiculares en lugar de paralelos a las pendientes.

Estrategias de rotación de cultivos		
Prácticas	Ventajas agronómicas	Desventajas agronómicas
Diversas rotaciones de cultivos en el espacio y el tiempo	Aumentar la entrada de MO en la raíz y la estructura del suelo. Mayor biodiversidad del suelo	Más técnico
Agroforestería	Producción de biomasa mejorada x área. Eficiencia de nutrientes diversificar producción	Competencia entre cultivos arbóreos y herbáceos Necesidad de adaptar maquinaria agrícola
Plantas con alta relación C/N	Menor tasa de mineralización de residuos (más almacenamiento de C)	Menos N disponible para el próximo cultivo Mayor demanda de N
legumbres	Entrada de N raíces profundas	Bajo aporte de C en comparación con los cereales
Hierba en rotaciones	Mayor producción total de biomasa	Aplicaciones de herbicidas
Cultivos de cobertura	retención de N Estructura del suelo mejorada	Más gestión
cultivo intercalado	Múltiples funciones raíz	competencia de plantas Control de marihuana
Rodillo arrugador/intercalado	Mejor estructura del suelo control de malezas mediante perforación directa mayor descomposición del mantillo	Solo aplicable para algunos cultivos y tiene restricciones de tiempo. Bajar la temperatura del suelo

Estrategias de enmienda		
Prácticas	Ventajas agronómicas	Desventajas agronómicas
Compost	Relación CP/CN baja/alta Aumenta la retención de agua	Composición variable de nutrientes
digestato	Aumento de la actividad microbiana	Microorganismos dañinos
Lodos de depuradora	Aumenta la retención de agua Efectos fertilizantes	Contaminación costras de suelo
sedimentos de agua	Adición de materia orgánica de partículas minerales (específico de la región)	Malas hierbas caso por caso (variabilidad)
Terricciato (italiano) / terre végétale (Francia)	Materia orgánica y suelo mineral	-
Biocarbón	Fácil aplicación	Efecto limitado sobre la fertilidad del suelo. Voluminoso, por lo que el transporte podría ser problemático. Ligero, tan fácil de llevar por el viento.
Astillas de madera	Retención de agua Fertilidad (a largo plazo) Mejora de la biota del suelo	Limitación de nitrógeno
Residuos de cosecha	Aporte de carbono orgánico Control de marihuana Aumentar la infiltración Mejora de la estructura del suelo en caso de perturbación mínima del suelo Control de la erosión  Equilibrio hídrico mejorado Aumentar la fertilidad del suelo Disminuir la erosión del suelo Aumentar la biodiversidad del suelo y de la superficie	Competencia por nitrógeno El establecimiento del cultivo requiere equipo específico

Estrategias de fertilizantes		
Prácticas	Ventajas agronómicas	Desventajas agronómicas
Estiércol - corral	Mejora de la estructura y biología del suelo. Mayor fertilidad	Riesgo de compactación durante la aplicación Dificultad para aplicar la dosis correcta El estiércol fresco puede contener semillas de malas hierbas
Estiércol - purín	Mejor estructura y biología del suelo. El estiércol fresco aplicado en la superficie inocula microorganismos. Mayor fertilidad	El transporte puede influir en la compactación del suelo
Lodos de depuradora	Mejor estructura y biología del suelo. El estiércol fresco aplicado en la superficie inocula microorganismos. Mayor fertilidad	Aumento de metales pesados y contaminantes orgánicos
digestato	Eficiente en N y P	Aumento de metales pesados y contaminantes orgánicos
Abono verde - legumbres	Reducir la lixiviación de nutrientes menos erosión mejor infiltración competencia con malezas	Dificultad para sincronizar la liberación de N con las necesidades del próximo cultivo
fertilizantes minerales	Fácil de aplicar Alta eficiencia	Debería estar vinculado a la rotación de cultivos.

Más información sobre este tema puede encontrarse en:

<https://www.fao.org/global-soil-partnership/areas-of-work/awareness-raising/en/>

## 2. Bibliografía y material complementario

<https://www.fao.org/3/i3388s/I3388S.pdf>

[https://www.ipcc.ch/srccl/ ... su Informe Especial sobre Cambio Climático y Tierras](https://www.ipcc.ch/srccl/...suInformeEspecialsobreCambioClimáticoyTierras)

<https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/summary-for-policymakers/>

<https://www.lgseeds.es/media/guia-practica-fertilizacion-cultivos-ii.pdf>

[https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/default/files/eip-agri\\_factsheet\\_moving\\_from\\_source\\_to\\_sink\\_in\\_arable\\_farming\\_2019\\_es.pdf](https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/default/files/eip-agri_factsheet_moving_from_source_to_sink_in_arable_farming_2019_es.pdf)

<https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mecanismos-de-flexibilidad-y-sumideros/sumideros-de-carbono/>

<https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/news/protecting-soil-organic-carbon-poland>

[https://youtu.be/jM\\_oXAbC01E](https://youtu.be/jM_oXAbC01E)

Doc: eip-

[agri fg carbon storage in arable farming final report 2019 en.en.es](https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/publications/eip-agri-brochure-soil-organic-matter-matters)

<https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/publications/eip-agri-brochure-soil-organic-matter-matters>

<https://soil4youth.soilweb.ca/home-page/resources/activities/>

<http://clacs.org/presentaciones/5-SimposioCarbono/Simposio%20C%20Ronald%20Vargas.pdf>

<https://youtu.be/AY9YVwJZDvw>

<https://educaclima.com/que-es-el-cambio-climatico-21/>

<https://agroambient.gva.es/documents/20550103/170625582/Experimentos+para+trabajar+en+el+aula+diversos+aspectos+del+cambio+clim%C3%A1tico.+Fichas+de+trabajo/ae0b14a9-a845-47a1-b989-86dad58f08e1>

<https://youtu.be/hh7o9xt95gE> El Mapa Global de Carbono Orgánico del Suelo V1.0

[http://www.valladolidadelante.es/sites/default/files/Climate\\_Plan.pdf](http://www.valladolidadelante.es/sites/default/files/Climate_Plan.pdf)

<http://www.compostandociencia.com>

<https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mecanismos-de-flexibilidad-y-sumideros/sumideros-de-carbono/>

<https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/definicion-difusos.aspx>

<https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/about>

<https://www.fao.org/global-soil-partnership/en/>

<https://www.fao.org/global-soil-partnership/areas-of-work/awareness-raising/en/>

<https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/focus-groups/moving-source-sink-arable-farming>

<https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/news/protecting-soil-organic-carbon-poland>

<https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/publications/eip-agri-brochure-soil-organic-matter-matters>

[https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/default/files/eip-agri\\_fg\\_carbon\\_storage\\_in\\_arable\\_farming\\_final\\_report\\_2019\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/default/files/eip-agri_fg_carbon_storage_in_arable_farming_final_report_2019_en.pdf)