

SOSTE NIBILI DAD



La agricultura, además de mantener su función productiva, debe constituir una actividad estratégica para la sostenibilidad.

Foto superior: Pradera permanente de gramíneas en un campo de cítricos.

La agricultura del carbono en la Comunitat Valenciana

Nos encontramos ante una nueva forma de agricultura. Hasta ahora la principal función de la agricultura era producir alimentos. Pero, ante el nuevo escenario de cambio climático y tras los compromisos adquiridos en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP21), celebrada en París en 2015, se sentaron las bases para que la agricultura, además de mantener su función productiva, constituya una actividad estratégica en la mitigación del cambio climático. En este acuerdo se considera el suelo como uno de los pocos depósitos en los que actuar para aumentar su capacidad secuestradora de carbono y reducir la concentración de CO₂ atmosférico.

Esta idea se ha incluido en el **Pacto Verde**, el cual propone llegar a una neutralidad climática en 2050, con un primer compromiso de reducción para 2030. Un sector clave para la consecución de estos compromisos de neutralidad es el del **uso de la tierra (sector UTCUTS)**. Dentro de este se encuentra el sector agrario, que ha adquirido el compromiso de absorber 310 millones de toneladas netas de carbono en Europa para el año 2030. A ello se dirige también el **Dictamen del Comité Europeo de las Regiones sobre las estrategias regionales de adaptación para lograr una agricultura con bajas emisiones de carbono (CDR, 2023/C157/09)**, que concluye que la agricultura puede contribuir a la neutralidad climática con prácticas que secuestren este elemento en la biomasa y los suelos.

Para cumplir estos compromisos, en Europa se están desarrollando nuevas normativas que posibilitarán la implantación de un mercado del carbono y promoverán los manejos agronómicos que permitan optimizar su captación y secuestro. Para ello, deberá conocerse la ubicación de los principales depósitos del planeta y el modo de manejarlos para aumentar su capacidad como sumideros de carbono.

CUANTIFICAR EL CARBONO ALMACENADO POR LA AGRICULTURA

En su calidad de fijadora y secuestradora del CO₂ atmosférico, la agricultura es clave en la mitigación del cambio climático. En este sentido, más allá de su función principal de producción de alimentos, puede considerarse otra función medioambiental y, con ello, una **agricultura del carbono** que, mediante una «economía de créditos de carbono», incrementara los beneficios al agricultor. Efectivamente, un manejo adecuado del cultivo no solamente produce alimentos de forma eficiente, sino que contribuye al secuestro del carbono en el suelo por periodos largos de tiempo y, en consecuencia, a mitigar el cambio climático.

Pero, a fin de definir esta agricultura del carbono y facilitar el desarrollo de una normativa con la que establecer un **mercado de carbono**, debe conocerse previamente los mecanismos y la capacidad de fijación y secuestro del carbono en el sistema agrario. Actualmente, existen muchos métodos de certificación de créditos de carbono, pero todavía no son lo suficientemente fiables, por lo que el valor de estos créditos actualmente tiende a ir a la baja (8-9 €/tonelada C). Es por eso que varios países europeos están impulsando iniciativas para generar un sistema de certificación de créditos de carbono fiable, con el que el agricultor pueda ofrecer su capacidad de secuestro de carbono al mercado con un valor superior. Este sistema de certificación debe basarse en el conocimiento de cómo se fija y secuestra el carbono en la agricultura, así como en la capacidad de secuestro específico de cada zona edafoclimática, tipo de cultivo y manejo.

¿DÓNDE SE ALMACENA EL CARBONO EN EL PLANETA?



El carbono de la Tierra se almacena en cuatro grandes depósitos (**figura 1**). El mar contiene la mayor parte, 38.153 petagramos (Pg), y es también el mayor sumidero, ya que absorbe la mitad del CO₂ emitido. En segundo lugar, el suelo almacena 1.550 Pg de carbono orgánico en el primer metro de profundidad, horizonte en el que se desarrolla la agricultura. La atmósfera y las plantas, por su parte, acumulan 780 y 650 Pg, respectivamente.

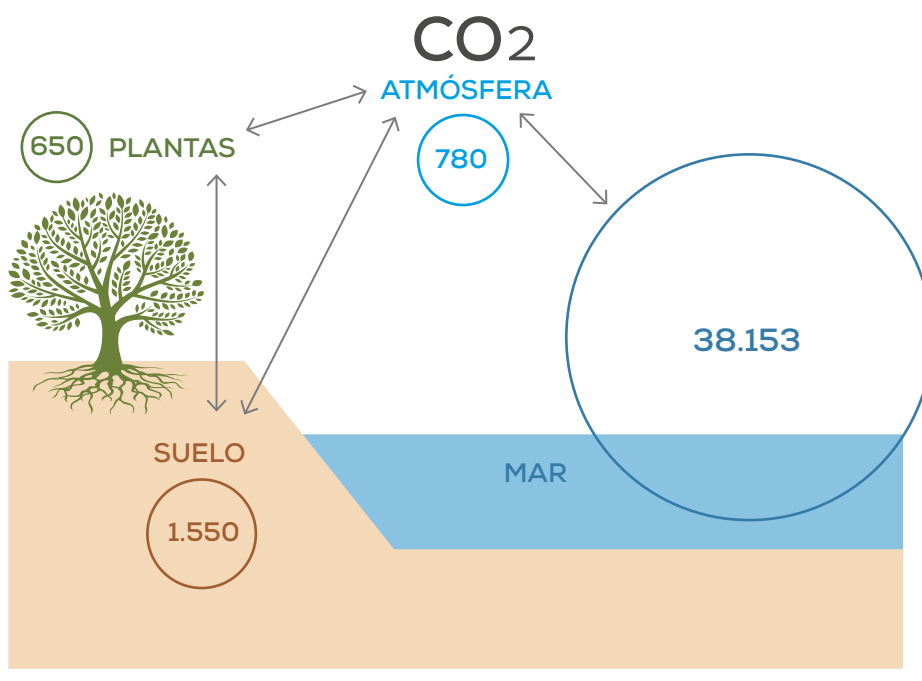


Figura 1. Depósitos de carbono del planeta (adaptado de Lal, 2008).

Valores en Petagramos = 10¹⁵ gramos

FIJACIÓN Y SECUESTRO

Mediante la fotosíntesis, los cultivos captan el CO_2 atmosférico y lo transforman en compuestos orgánicos liberando oxígeno y vapor de agua gracias a la energía solar. Los cultivos son capaces de fijarlo y almacenarlo en su propia biomasa, en sus tejidos, durante su crecimiento y desarrollo. Esta fijación, por lo tanto, no es permanente. Puede durar unos meses en el caso de los cultivos anuales —hortícolas, cereales, etc.— o unos años en el de los leñosos —cítricos, caquis, olivo, viña y otros—. Una gran parte de este carbono fijado se devuelve a la atmósfera al terminar el cultivo.

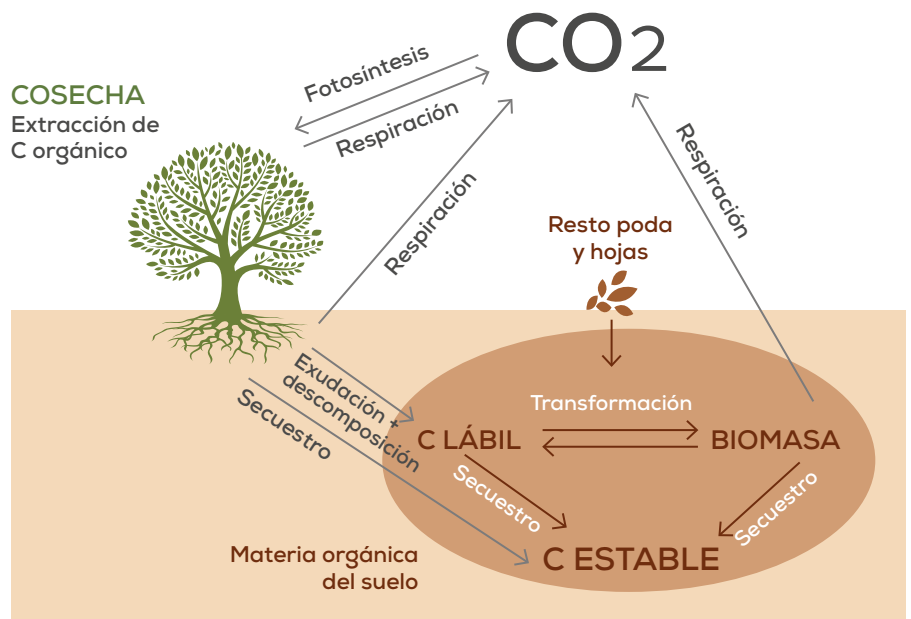
Así, para eliminar de forma permanente el CO_2 atmosférico, este deberá quedar secuestrado en el suelo. La principal entrada de carbono al suelo procede del fijado en los restos de poda, los residuos de cultivo, las raíces, la hojarasca, los exudados radiculares... Tras su incorporación al suelo, considerando la dinámica lenta del carbono en este medio, una parte permanecerá secuestrada por un largo periodo de tiempo, superior a 100 años.



Equipo de medición de la humedad y temperatura del suelo en una pradera de un campo de cítricos.

Medidor de respiración y emisión de gases del suelo en un acolchado de paja de arroz.

FIJACIÓN DEL CARBONO EN LOS CULTIVOS AGRARIOS



Para el cálculo de la capacidad fijadora del cultivo, se debe determinar su biomasa como resultado de la producción fotosintética. A esto debe restarse la emisión de CO_2 debida a la propia respiración del cultivo. Toda esta biomasa, que se compone principalmente de carbono orgánico —generalmente, el 40% de la materia seca—, es la que se considera como fijación de carbono. Parte de esta biomasa se cosecha en forma de fruto, grano, etc., y, por lo tanto, el carbono sale del sistema agrario para ser consumido y recuperado el CO_2 a la atmósfera. Por otro lado, las raíces producen exudados que entrarían a formar parte del carbono lábil del suelo (fácilmente mineralizable), que puede ser consumido por bacterias, hongos del suelo, etc. y producir CO_2 por respiración heterotrófica. Las raíces muertas pueden ser descompuestas por los microorganismos del suelo y producir un carbono lábil o un carbono estable. Este último se considera carbono secuestrado, ya que no es fácilmente respirable en más de 100 años. El C-lábil se puede convertir en C-estable mediante un proceso de humificación en el que interviene la biomasa microbiana del suelo.

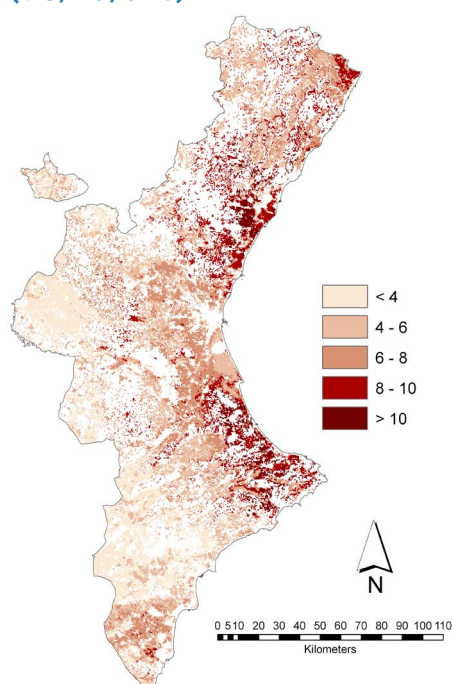
Figura 2. Ciclo del carbono en un sistema agrario.

El carbono orgánico del suelo puede encontrarse de varias maneras, principalmente en forma lábil, integrando la masa microbiana, fácilmente mineralizable y respirable por parte de los organismos heterotróficos, o como elemento estable, en forma de carbono recalcitrante o protegido por agregados del suelo o partículas de arcilla, cuya mineralización es difícil. Es en esta fracción estable donde realmente se almacena el carbono secuestrado.

Dar una cifra precisa del carbono fijado o secuestrado en la agricultura no es fácil, porque deben considerarse muchos factores: suelo, clima, cultivo, manejo... En cualquier caso, estos cálculos y estimaciones son necesarios para establecer una certificación fiable de la fijación y secuestro que ofrecer al mercado de carbono.

Con el objetivo de reducir las emisiones y alcanzar la neutralidad climática, Europa desarrolla nuevas normativas para la implantación de un mercado de carbono y la optimización de su captación y secuestro.

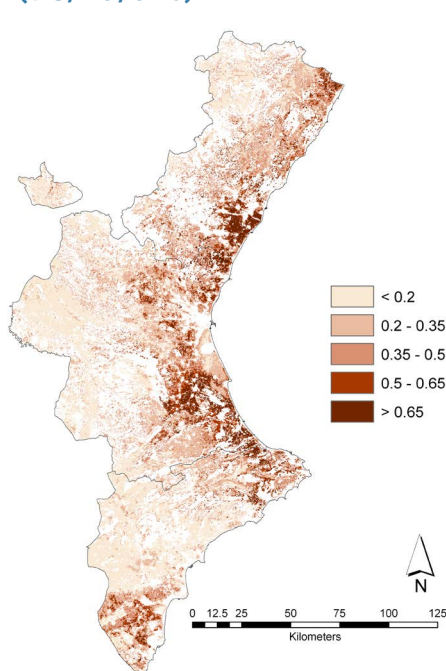
CARBONO FIJADO (t C/ha/año)



La capacidad de fijación de carbono media por parte de los cultivos oscila entre 4 y 10 t/ha/año. En la zona agraria del sur de Alicante, con clima árido, es donde se fija menor cantidad. En la provincia de Castellón, la fijación es mayor debido a que las precipitaciones y unas temperaturas más moderadas favorecen el desarrollo de los cultivos. Por otro lado, en las zonas de cultivos de secano, como el viñedo de Utiel-Requena, se fija poco carbono en comparación con las áreas cítricas de regadío más próximas al litoral.

Figura 3. Fijación del carbono de los cultivos de la Comunitat Valenciana (2022).

CARBONO SECUESTRADO (t C/ha/año)



La capacidad potencial de secuestro de carbono en los suelos del sistema agrario de la Comunitat Valenciana fluctúa entre las 0,2 y las 0,65 t/ha/año. Cifras similares –entre 0,1 y 0,6 t/ha/año– han sido referidas por Follet (2001) en la agricultura americana. Estas cifras de carbono potencialmente secuestrable suponen tan solo un 5% del carbono fijado por el cultivo de forma temporal.

Figura 4. Mapa de secuestro de carbono en los suelos agrarios de la Comunitat Valenciana (2022).



LAS DIFERENCIAS SEGÚN LOS CULTIVOS

La mayor fijación del carbono en los cultivos se relaciona directamente con su capacidad de secuestro de este elemento en el suelo. De hecho, alrededor de un 8% del carbono que se incorpora a este en forma de raíces muertas, madera de poda, residuos del cultivo, hojarasca y demás, se destina al secuestro del carbono en el suelo (Fujikasi y col. 2018). Por lo tanto, en función del valor del carbono fijado en el cultivo, el tipo de suelo, las condiciones climáticas y el manejo del suelo, se puede estimar el carbono que entra en el suelo. Para ello se utilizan modelos de simulación que consideran todos estos factores.

Puesto que es en el suelo donde se secuestra el carbono a largo plazo, el manejo del cultivo debe orientarse a aumentar las entradas y reducir las pérdidas de este elemento.

Si comparamos las cifras de carbono potencialmente secuestrable por la agricultura valenciana con lo establecido en el **Acuerdo de París de 2015**, que plantea el secuestro del 4 por mil del stock de carbono del suelo anualmente, vemos que actualmente solo el 60% de la superficie agraria valenciana estaría en condiciones de cumplir con este requisito.

Analizando las cifras de fijación y la capacidad de secuestro para cada uso del suelo (tabla 1), observamos que las zonas cítricas son las que más carbono fijan en el cultivo (7,59 t/ha/año) y también más secuestran en el suelo (0,24 t/ha/año). En total, la citricultura valenciana sería capaz de fijar 1.510.708 t y secuestrar en el suelo 101.481 t en un año.

El carbono total que pueden secuestrar de forma permanente los suelos agrícolas de la Comunitat Valenciana supone 0,37 Mt para 2022. Esta cantidad cubriría solo el 15% de las emisiones de CO₂ debidas a la quema de combustibles líquidos fósiles (2,34 Mt) para ese mismo año y lugar.

TABLA 1: FIJACIÓN Y SECUESTRO DE CARBONO DEL SUELO EN FUNCIÓN DE LOS USOS DEL SUELO EN LA COMUNITAT VALENCIANA.



USO DEL SUELO	FIJACIÓN		SECUESTRO	
	PROMEDIO (t C/ha)	TOTAL (t C)	PROMEDIO (t C/ha)	TOTAL (t C)
Arroz	5,46	89.845	0,25	4.033
C. Herbáceos	5,11	652.860	0,27	29.253
Cítricos	7,59	1.510.708	0,57	101.481
Frutales	5,48	956.776	0,30	44.828
Viñedo	3,66	305.414	0,15	11.491
Olivar	5,79	506.596	0,26	18.853
Pastizal	6,09	2.536.576	0,24	79.487

Aunque estas cifras podrían aumentar si se mejora el manejo, el secuestro de carbono por el suelo agrario no solucionaría por sí mismo el cambio climático sin una reducción drástica de las emisiones de CO₂ por combustibles fósiles. No obstante, este aumento del secuestro tendría un doble efecto. Por un lado, mejoraría la salud del suelo (química, física y biológica), con lo que se reduciría el aporte de fertilizantes y aumentaría la productividad. Por el otro, este aumento de la productividad agraria implicaría el consiguiente incremento del carbono fijado por el cultivo.

Además, debido a que el regadío aumenta la productividad de los cultivos y con ello la fijación de carbono, es en las zonas de regadío donde se encontrarían las mayores capacidades de secuestro. Sin embargo, estas zonas no se corresponden con niveles altos de carbono orgánico en el suelo, lo cual sugiere que el manejo no sea el correcto. Esto es debido probablemente a una incorporación de los residuos de cosecha y una aplicación de estercolados deficientes, o a un laboreo excesivo, lo cual favorece la mineralización y provoca un exceso de pérdidas de carbono orgánico. Esta situación se podría corregir siguiendo una serie de recomendaciones de manejo que favorezcan la fijación y el secuestro del carbono en el suelo.

ESTRATEGIAS AGRÍCOLAS PARA FAVORECER EL SECUESTRO DE CARBONO EN EL SUELO

Todas las estrategias que se lleven a cabo para reducir el CO₂ atmosférico deben tener en cuenta que es en el suelo donde se secuestra el carbono a largo plazo. Por lo tanto, el manejo del cultivo debe orientarse al incremento del carbono orgánico del suelo, bien sea porque aumenten sus entradas o bien porque se reduzcan sus pérdidas:

Reducir las pérdidas de C del suelo:

- Reducción del laboreo que disminuya la oxidación de la materia orgánica del suelo.
- Minimización de los pases de tractor que compacten el suelo.
- Implantación de acolchados con materiales orgánicos o artificiales (plásticos, geotextiles, mallas) para reducir la temperatura del suelo en época estival, lo que mejora el hábitat y conserva la humedad.

Aumentar la entrada de C en el suelo:

- Fertilización orgánica: estercolados, compost, lodos, etc.
- Incorporación de restos de cosecha y poda al suelo.
- Manejo de praderas temporales, etc.
- Aumento de la producción de biomasa.
- Introducción de cultivos con sistemas radiculares profundos.

Varias de estas estrategias están contempladas como **ecorregímenes** de la nueva política agraria común (PAC) aplicadas a la Comunitat Valenciana, y muy probablemente se propondrán como manejos a considerar para una futura puesta en marcha del **Reglamento de certificación de captura y secuestro de CO₂**.

El secuestro de carbono por el suelo agrario no solucionaría por sí mismo el cambio climático sin una reducción drástica de las emisiones de CO₂ por combustibles fósiles.



NOTA

Con el objetivo de evaluar la capacidad de secuestro de carbono mediante la implantación de praderas temporales y acolchados en los cítricos valencianos, se han desarrollado los proyectos **COVER-CO₂** y **DSS-MULCH-CO₂**. En ambos proyectos se evaluó el secuestro de carbono bajo la implantación de los siguientes manejos:

- Praderas temporales de gramíneas
- Praderas de espontáneas
- Praderas de leguminosas
- **Acolchado con paja de arroz**
- Tratamiento con herbicida

Concretamente, la aplicación de acolchado con paja de arroz y la implantación de pradera de leguminosa fueron las estrategias donde más secuestro de carbono se produjo.

>Autores del artículo: José Miguel de Paz y Domingo Iglesias.

*Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Centro de Desarrollo de Agricultura Sostenible.
depaz_jos@gva.es*