

Comisión intercolegial sobre la agricultura del carbono



BALANCE DE EMISIONES Y ABSORCIONES DE CARBONO DE LA AGRICULTURA ESPAÑOLA: LA AGRICULTURA COMO SUMIDERO NATURAL DE CARBONO

**F.J. Burgaz Moreno y colaboradores
2025**



**CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS**

Burgaz-Moreno, F. J., et al. (2025). *Balance de emisiones y absorciones de carbono de la agricultura española: La agricultura como sumidero natural de carbono.* Comisión Intercolegial sobre la Agricultura del Carbono del Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Agrónomos (CGCOIA). <https://doi.org/10.5281/zenodo.18084699>



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Comisión intercolegial sobre
la agricultura del carbono

Autoría



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Autoría

Este documento ha sido elaborado bajo la coordinación de:

Fernando J. Burgaz Moreno

Y con la colaboración, por orden alfabético, de:

Ana Patricia Fernández-Getino García

Anna Lluís Gavaldá

Carlos Vicente Fortaleza del Rey

Enrique Covián Regales

Felipe Cortines García

José María Martínez Vela

José María Vargas Sánchez

Juan Antonio Polo Palomino

Luis Manuel Navas Gracia

Manuel Ramón Gómez Ariza

Mariano Sorribas Rabeya

Marino Torres Gómez de Enterría

Miguel Ángel González Moreno

Ramón Blanco Orús



**CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS**

Comisión intercolegial sobre
la agricultura del carbono

Prólogo



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Prólogo

Introducción

La agricultura, desde tiempo inmemorial ha perseguido, como objetivo fundamental, asegurar un sistema alimentario suficiente, a precios competitivos, y procurando garantizar un nivel de renta adecuado a los productores.

En este contexto, la mayoría de las prácticas agrícolas, han implicado una intensa alteración física del suelo y la simplificación de la biodiversidad vegetal, favoreciendo el desarrollo del monocultivo; prácticas que en los últimos años han sido consideradas, con frecuencia, nocivas para el medio ambiente. Sin embargo, en las últimas décadas, estas estrategias exclusivamente productivistas, han evolucionado hacia otras, más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

La sociedad parece demandarlo así y, quizá resulte más que nunca de interés, salir al paso de esta nueva realidad, divulgando y poniendo en valor, el claro beneficio medioambiental, mucho mayor que el de otros sectores, de la agricultura, que puede aportar al planeta, si se adoptan determinadas prácticas, que ya se denominan con el nombre genérico de ***Agricultura de Carbono***, y que no persiguen otra cosa, que el aumento del reservorio de carbono en los suelos y árboles de los ecosistemas agrícolas. Se trata, por tanto, de conocer cuanto dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera puede capturar la agricultura y durante cuanto tiempo puede permanecer secuestrado, sin que retorne a ella.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Para recopilar, debatir y aportar información sobre estas cuestiones, se ha creado por parte del Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Agrónomos de España (CGCOIA), una **Comisión intercolegial**, formada por representantes de todos los Colegios de Ingenieros Agrónomos de España que, tras dos años de funcionamiento, ha elaborado un *Documento de Trabajo*, que examina el importante papel que ofrece la agricultura española como sumidero natural de CO₂, enfocándose en evaluar su secuestro por los principales cultivos, tanto herbáceos, como sobre todo, leñosos.

Producción de CO₂ y otros gases de Efecto Invernadero (GEIs)

El CO₂ alcanza el 80% de las emisiones del total de los gases de efecto invernadero (GEI) y se produce fundamentalmente en la quema de combustibles fósiles, industria y en los transportes terrestres, marítimos y aéreos. Existen adicionalmente otros gases de efecto invernadero, como el óxido nitroso (N₂O) y el metano (CH₄), entre otros.

Pocas dudas quedan entre la comunidad científica, al respecto de la existencia de una clara correlación, entre el aumento de los gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera y la evolución del clima, que se está produciendo a nivel global.

Objetivamente y tomando como referencia el año 1958, la concentración de CO₂ en la atmósfera terrestre ha variado, desde valores de 313 ppm, hasta valores de 425 ppm en el año 2024, lo que supone un incremento de casi el 40%. Este incremento, obviamente ha coincidido con un periodo de fuerte industrialización y está motivado, en parte, por las emisiones ligadas a las actividades humanas en todos los ámbitos.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Si como parece evidente, este incremento de la concentración de CO₂ atmosférico es uno de los principales inductores del cambio climático, cabe pensar que habría que contrarrestar esta evolución, a través, al menos, de dos grandes estrategias para su mitigación; por un lado, reduciendo en origen las emisiones de CO₂ y de otros GEI a la atmósfera por parte de las fuentes emisoras (industrias, transporte, etc.); y por otra, aumentando la captura de este gas de la atmósfera, almacenándolo sobre todo en el suelo de manera estable, aprovechando la capacidad de realizar esta labor por parte de la agricultura.

Contribución de la agricultura al secuestro de CO₂

A nivel mundial, el metro superior del suelo almacena aproximadamente 1550 Gt de C orgánico en forma de materia orgánica, además de 900-1700 Gt de C inorgánico, que suma hasta 3 veces la cantidad de C atmosférico (López Bellido, L. 2022. *Agricultura y secuestro de carbono*. Editorial Acribia). A través de un manejo adecuado y mejorado, 1300 millones de ha de suelos cultivados, podrían potencialmente secuestrar además 0,4-0,6 Gt C/año en los próximos 50 años.

La reserva de carbono en los sistemas terrestres, incluye tanto la biomasa aérea, madera fundamentalmente, como la subterránea; (como las raíces y otras formas de carbono orgánico, en horizontes mas profundos de suelo).

Las características climáticas de las regiones mediterráneas, donde son frecuentes los sistemas de regadío, junto a la alta luminosidad y temperatura, favorecen la retención de carbono en el suelo, árboles, raíces y residuos vegetales.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

El carbono orgánico del suelo, se compone básicamente de dos grandes fracciones: una lábil, compuesta por materiales de transición entre los residuos de plantas frescas y algo de materia orgánica, y un reservorio estable o también llamado recalcitrante, con tiempos de residencia medios de cientos de años, lo cual es de mayor interés de cara a ser un sumidero a largo plazo.

En este sentido, se estima que el 49% del potencial de secuestro de C por la agricultura puede lograrse mediante la adopción de prácticas de laboreo de conservación y un 25%, por el cambio de otras prácticas de cultivo. El arado de vertedera, tan utilizado en nuestro entorno, es uno de los principales causantes de la oxidación del C orgánico del suelo y de su eliminación como CO₂ a la atmósfera.

Según la FAO, la agricultura de conservación, favorece la acumulación de carbono orgánico en el suelo y estaría basada en tres principios interrelacionados:

1. Perturbación mecánica mínima del suelo, a través del sistema de siembra directa y control de hierbas adventicias
2. Mantenimiento de una cubierta permanente en superficie
3. Rotación de cultivos (mejor que barbechos) y fomento de plantaciones arbóreas

Por otra parte, la fijación biológica del N basada en leguminosas, contribuye con alrededor de 50-70 kg N/ha a nivel mundial y tiene un fuerte impacto en el secuestro de C orgánico del suelo, a través de la rizodeposición y descomposición de las raíces, por lo que, sin lugar a dudas, se puede afirmar que se aumenta significativamente el potencial de secuestro de C orgánico del suelo.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Por lo que respecta a las plantaciones leñosas, el CO₂ es capturado de la atmósfera almacenándolo temporalmente en los propios árboles (tronco, raíces...), que puede incluso superar a determinadas plantaciones forestales. Como promedio, el suelo y la parte aérea contienen aproximadamente el 60% y 30% respectivamente, del C total almacenado en los sistemas de uso de la tierra basado en árboles. Las plantaciones arbóreas tienen potencialmente un secuestro de C superior

Conclusión

De los trabajos llevados a cabo por la Comisión intercolegial ya mencionada, se puede concluir que, el de mayor relevancia, es la elaboración de este documento en forma de informe, donde se recogen los primeros resultados del balance global de carbono por parte de la agricultura española.

Es evidente, por otra parte, que a través del emergente comercio de carbono, cuando el marco normativo esté plenamente desarrollado, que los productores agrícolas pueden tener una oportunidad de generación de riqueza en el medio rural y una nueva fuente de ingresos, todavía por cuantificar, pero que no parece desdeñable, si tenemos en cuenta los millones de hectáreas dedicadas a la agricultura, siempre y cuando se sigan prácticas adecuadas para tal fin.

Ramón Blanco Orús y colaboradores



**CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS**

Índice



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Índice

1. Resumen ejecutivo

2. Introducción

3. Balance anual del carbono de la agricultura española

4. Emisiones de carbono

4.1. Emisiones de carbono liberado por el carbono orgánico del suelo, por la descomposición de los residuos del cultivo y por otras emisiones imputables a las actividades agrícolas

4.2. Emisiones de carbono asociadas con las operaciones agrícolas: Huella de carbono de las labores y prácticas desarrolladas en las explotaciones agrícolas

4.2.1. Huella de carbono de los cultivos agrícolas

4.2.2. Huella de carbono de organización para el conjunto del sector agrícola

4.3. Emisiones totales de CO₂ y otros gases de efecto invernadero



**CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS**

5. Absorción y secuestro de carbono

5.1. Absorción de carbono por la biomasa viva aérea y subterránea

5.1.1. Absorción total de CO₂ en la biomasa viva, aérea y subterránea, de las producciones agrícolas.

5.1.1.1. Potencial de absorción de CO₂ por la biomasa viva de los cultivos leñosos y herbáceos

5.1.1.2. Distribución territorial de las absorciones de CO₂

5.1.2. Carbono retirado por las cosechas, podas y residuos vegetales

5.1.3. Absorción neta anual de CO₂ en la biomasa viva de las producciones agrícolas

5.2. Secuestro de carbono orgánico por el Suelo

5.2.1. Contenido de carbono orgánico en los suelos españoles

5.2.2. Secuestro anual de carbono orgánico por el suelo

6. Balance global del carbono de la agricultura española

7. Protocolos para el cálculo de la cantidad de CO₂ absorbida y secuestrada por las explotaciones agrícolas

8. Conclusiones



**CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS**

ANEXO 1. Estimaciones de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a las actividades desarrolladas en las explotaciones agrícolas.

1. Huella de carbono de los cultivos agrícolas
2. Huella de carbono para el conjunto del sector agrícola

ANEXO 2. Estimaciones de la capacidad potencial de absorción de CO₂ por la biomasa viva, aérea y subterránea, de los cultivos leñosos y herbáceos

1. Potencial de absorción de CO₂ en la biomasa viva aérea y subterránea de los cultivos leñosos.
2. Potencial de absorción de CO₂ en la biomasa viva, aérea y subterránea, de los cultivos herbáceos.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

1

Resumen ejecutivo



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Resumen ejecutivo

Las producciones agrícolas, al igual que las plantaciones forestales y los ecosistemas marinos, son los únicos sistemas naturales que tienen capacidad de absorber o remover CO_2 de la atmósfera, capturarlo y almacenarlo como C, tanto en la materia orgánica del suelo, como en la biomasa viva de las plantas, biomasa que al descomponerse se convertirá en materia orgánica del suelo o de nuevo en CO_2 , a través de la respiración de los microorganismos que la procesan, en mayor o en menor medida en función de las prácticas que se realicen para el manejo del suelo y de los restos del cultivo.

La variedad de climas y de suelos que se registra en nuestro país permite el desarrollo una amplia diversidad de cultivos y una muy diferente capacidad de producción, lo que se traduce en diferencias territoriales de la capacidad de absorción de CO_2 . Entre las producciones agrícolas se observan diferencias en la capacidad de absorción de CO_2 entre cultivos leñosos y herbáceos. Los cultivos leñosos, como olivos y viñedos, muestran una capacidad significativa para capturar y almacenar carbono a largo plazo tanto en la biomasa viva (en troncos, raíces, ramas y hojas), como en el suelo.

Este informe examina el importante papel que ofrece la agricultura española como sumidero natural de carbono, enfocándose en evaluar la absorción de CO_2 por los principales cultivos, como resultado de su actividad fotosintética. Se presenta una visión detallada de las estimaciones realizadas para evaluar dicho potencial de absorción, destacando las diferencias entre cultivos leñosos y herbáceos.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Mediante este informe se pretende poner en valor el potencial de la agricultura española como fijadora de carbono, utilizando para ello la información disponible sobre emisiones de GEI y sobre absorción de CO₂ por los principales cultivos presentes en nuestro país, se realiza un balance global de emisiones y absorciones del conjunto de la agricultura española, con la idea de determinar si actúa como una fuente neta de emisiones, o como un sumidero neto.

Los resultados del balance muestran a la agricultura como un sistema que actúa como un sumidero neto de carbono, teniendo el conjunto de la superficie agrícola cultivada de nuestro país una capacidad neta anual de absorción de 57.795 kt de CO₂/año, por el suelo y la biomasa viva de los cultivos, y si nos referimos únicamente a la superficie ocupada por los cultivos leñosos la capacidad de absorción y secuestro es de 19.196 kt de CO₂/año.

Si nos fijamos en el conjunto de las emisiones de gases de efecto invernadero de la producción agrícola, las estimaciones nos muestran una cantidad de 26.031 kt de CO₂ equivalente/año. Comparando los datos de emisiones y absorciones nos indica que el conjunto de las producciones agrícolas presenta un balance negativo de 31.764 kilo toneladas de CO₂ equivalente/año.

La importancia de esta última cifra se pone de manifiesto si tenemos en cuenta que, según la información contenida en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI), correspondiente a la serie 1990-2021, las emisiones de la agricultura y ganadería, en 2021, ascendieron a 34.369 kt de CO₂ equivalente/año.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

La agricultura en España emerge, por tanto, como un actor clave en la mitigación del cambio climático, destacando la importancia de promover la utilización de prácticas de manejo, de los suelos y los cultivos, que promueven la absorción y el secuestro de carbono. La diversidad de cultivos y las variaciones regionales ofrecen oportunidades para diseñar estrategias específicas que impulsen la sostenibilidad ambiental y fortalezcan el sector agrícola. Resultando necesario para ello, la realización de acciones coordinadas entre agricultores, las administraciones y las instituciones para aprovechar plenamente el potencial de la agricultura como sumidero natural de carbono en España.



**CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS**

2

Introducción



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Introducción

Según las previsiones existentes, los ecosistemas agrícolas en nuestro país se verán afectados por los efectos adversos del cambio climático, pudiendo esperarse que, en caso de que no se lleven a cabo medidas eficaces de mitigación y adaptación, se registre una disminución significativa en la productividad de la producción agrícola. En este sentido la lucha contra los efectos adversos del cambio climático constituye una de las líneas básicas de las políticas agrarias y ambientales, en cuya elaboración se han ido incorporando los objetivos y compromisos que la comunidad internacional ha ido adoptando en estos últimos años.

En este sentido, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, 1992), estableció el objetivo de impedir perturbaciones antropogénicas en el sistema climático, mediante la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero presentes en la atmósfera.

Posteriormente el Protocolo de Kioto (1997), desarrolló y dotó de contenido las prescripciones de la Convención Marco, estableciendo con carácter vinculante, para los principales países desarrollados y con economías en transición, objetivos de reducción o de limitación de emisiones de gases de efecto invernadero.

Más tarde el Acuerdo de París (2015) se constituye en la piedra angular que diseña las acciones que se vienen implementando para luchar contra el fenómeno del cambio climático.



**CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS**

El Acuerdo persigue evitar que la temperatura media del planeta aumente en 2 grados a finales de este siglo, respecto a los niveles preindustriales, buscando promover esfuerzos adicionales para que el calentamiento medio global no se incremente en 1,5 grados, en relación con el periodo preindustrial.

En este Acuerdo se define la arquitectura jurídica en la que habrán de basarse tanto las acciones de mitigación como de adaptación. Uno de sus aspectos más discutidos, durante su negociación, en relación con la implantación de acciones de mitigación para la reducción de emisiones, fue la admisión de la utilización de los mecanismos de mercado y las compraventas de emisiones.

La legislación europea sobre el clima [*Reglamento (UE) 2021/1119 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de junio de 2021*] prevé que la UE sea climáticamente neutra en el año 2050. Alcanzar este objetivo exige que las emisiones de GEI se reduzcan significativamente y que las emisiones y absorciones inevitables estén equilibradas a más tardar en dicho año, con vistas a lograr emisiones negativas a partir de ese momento.

En línea con lo anterior, la *Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética*, fija como objetivos para España el haber reducido en 2030 las emisiones de gases de efecto invernadero del conjunto de la economía española en, al menos, un 23% respecto del año 1990, y en alcanzar la neutralidad climática, a más tardar, en el año 2050. Compromisos que, en materia de ambición climática, se han visto reforzados en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC), en el que se recogen los compromisos de España en materia de clima y energía para el año 2030.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

De acuerdo con lo indicado en el Informe sobre la Brecha de Emisiones de 2021 del PNUMA, la actual acción mundial por el clima no es suficiente para mantener la concentración atmosférica de CO₂ en niveles compatibles con el Acuerdo de París. Esto supone que para lograr el compromiso de la Unión por alcanzar un clima neutro en 2050 será necesario realizar una fuerte reducción de las emisiones de gases efecto invernadero, que en todo caso no será posible eliminar totalmente.

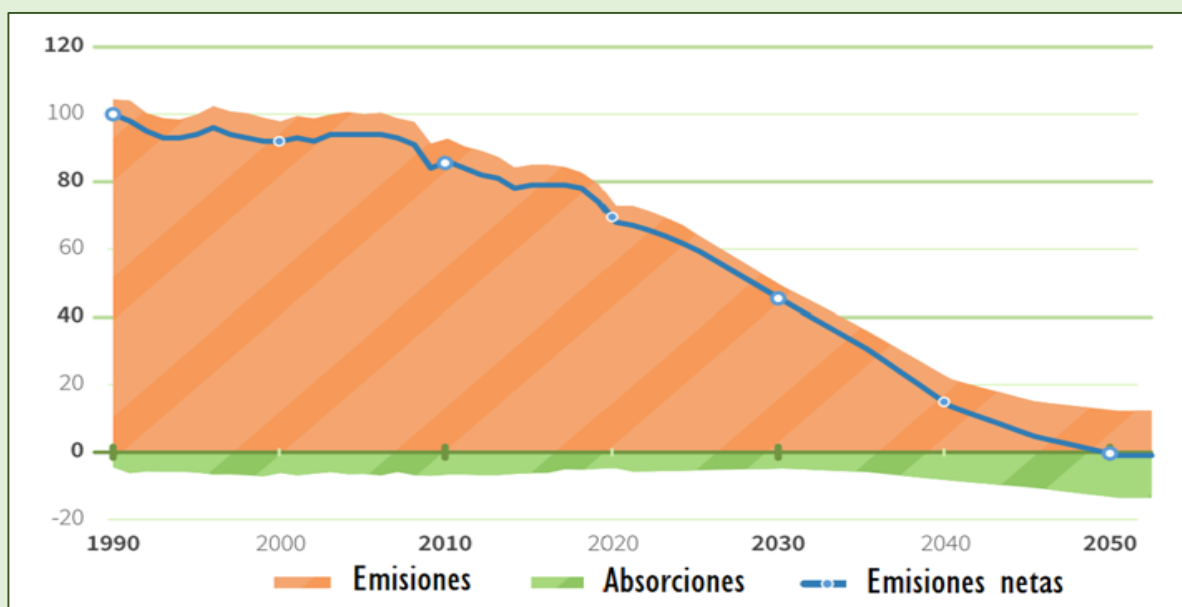


Figura 1.- Evolución de las emisiones y las absorciones de gases de efecto invernadero en la UE y senda prevista para la neutralidad en 2050.

Fuente: Delivering the European green deal: First EU certification of carbon removals. European Union, 2022. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_22_7161

Como se refleja en la Figura 1, también será necesario absorber centenares de millones de toneladas de CO₂ de la atmósfera cada año, para compensar las emisiones que no puedan ser eliminadas. Este reconocimiento de que potenciar el secuestro de carbono es fundamental para alcanzar los objetivos del Acuerdo de París ha dado lugar a un aumento del apoyo político y financiero al desarrollo y despliegue de tecnologías de secuestro.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Ante el amplio consenso que se registra respecto de la influencia del aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero en la ocurrencia del cambio climático, especialmente por la emisión de compuestos de carbono, como el dióxido de carbono o el metano (en el caso de la ganadería), que en ocasiones lleva a “estigmatizar” a la producción agraria, es preciso recordar que la producción agrícola, junto a la forestal y los ecosistemas marinos, son los únicos sistemas que tienen capacidad de absorber y secuestrar el CO₂ de la atmósfera.

Dado que la vegetación puede capturar dióxido de carbono de la atmósfera, gracias a la fotosíntesis, y almacenarlo posteriormente en forma biomasa, promover el secuestro y almacenamiento de carbono, en la biomasa y en los suelos, constituye una de las más importantes medidas de mitigación que deben implementarse para ser más eficaces en la lucha contra el cambio climático.

Para poner en valor el potencial de la agricultura española como fijadora de carbono, se elabora este documento en el que, partiendo de la información disponible sobre emisiones de GEI y de absorción de CO₂ por los principales cultivos presentes en nuestro país, se realiza un balance global de emisiones y absorciones del conjunto de la agricultura española, con la idea de determinar si actúa como una fuente neta de emisiones, o como un sumidero neto.

La cuantificación llevada a cabo, para cada una de las partidas que integran el balance, ha permitido acotar el potencial de absorción de CO₂ del conjunto de la agricultura, así como también poner de manifiesto las diferencias que se registran entre los distintos cultivos y en la distribución territorial de dicha capacidad.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

En el ámbito de la agronomía son bien conocidos y empleados, los distintos procedimientos técnicos que deben utilizarse para calcular tanto la huella de carbono de las actividades realizadas, como para calcular la cantidad de CO₂ que es fijada en una explotación agraria. El trabajo que se expone en este documento supone, con algunas simplificaciones inevitables y utilizando la información disponible, realizar el balance anual del carbono de la agricultura española, como si se tratase de una única explotación.



**CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS**

3

Balance anual del carbono de la agricultura española



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Balance anual del carbono **de la agricultura española**

Las plantas, como es bien conocido, tienen la capacidad de captar CO_2 atmosférico gracias a la fotosíntesis, metabolizándolo para la obtención de azúcares y otros compuestos necesarios para el normal desarrollo de su ciclo vegetativo.

Como resultado de lo anterior, los cultivos agrícolas, junto al sector forestal y los ecosistemas marinos son los únicos sistemas naturales que tienen capacidad de absorber o remover CO_2 de la atmósfera, capturarlo y almacenarlo como C, tanto en la materia orgánica del suelo, como en la biomasa viva de las plantas, biomasa que al descomponerse se convierte en materia orgánica del suelo o de nuevo en CO_2 , a través de la respiración de los microorganismos que la procesan.

Los cultivos herbáceos anuales pueden llegar a fijar grandes cantidades de CO_2 , pero su biomasa normalmente se descompone rápidamente y la tasa y el retorno de la absorción son muy rápidos. En estos cultivos la única fijación de carbono que puede considerarse en la práctica es la relacionada con el secuestro de carbono que pueda producirse en el suelo.

En comparación con los cultivos herbáceos, los cultivos leñosos tienen un potencial de secuestro significativamente mayor y pueden secuestrar C en su biomasa viva durante períodos largos.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Esta cuestión es importante, ya que una adecuada gestión de los sistemas de cultivos leñosos podría ser una forma de mitigación climática más viable y eficiente, en muchas partes de la cuenca mediterránea, que la pura forestación o reforestación, dado que los cultivos leñosos también proporcionan alimentos, trabajo, beneficios económicos y mantenimiento de la población.

Al tratar el ciclo de carbono en la agricultura, es preciso hablar de "balance de carbono" en tanto que, en muchos cultivos agrícolas y dependiendo de las técnicas de producción utilizadas, se puede obtener un balance positivo y comportarse como sumideros netos de CO₂, es decir, fijando más CO₂ que el que se emite durante el cultivo y en la gestión de la explotación.

El CO₂ secuestrado por las plantas es el resultado de las diferencias entre el CO₂ atmosférico absorbido durante el proceso de la fotosíntesis y el CO₂ emitido a la atmósfera durante la respiración. El carbono contenido en la biomasa suele oscilar entre el 45-50 % del peso seco de la planta.

Por lo tanto, mientras el crecimiento vegetativo sea alto y se mantenga una baja huella de carbono, la vegetación natural y los cultivos agrícolas se convierten en sumideros naturales de carbono, lo que hace que la agricultura se pueda convertir en uno de los mecanismos más efectivos para mitigar el incremento del CO₂ atmosférico.

El balance de carbono de una explotación agrícola evaluado a través de su "flujo neto de carbono" nos permite conocer si se trata de un sistema que actúa como una fuente neta de emisiones, si el resultado ofrece valores positivos, o como un sumidero neto, en caso de que el resultado sea negativo.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Se podrá considerar que se trata de un sumidero de carbono si, durante un intervalo de tiempo determinado, es mayor la cantidad de carbono que se absorbe que la que se emite.

$$\text{Flujo neto de C} = \text{Emisiones de C} - \text{Absorción y secuestro de C}$$

Siendo:

Emisiones de Carbono

Emisiones de carbono liberado por el carbono orgánico del suelo, debido a la descomposición de los residuos del cultivo y otras emisiones atribuibles a las actividades agrícolas + Emisiones de carbono asociadas con las operaciones agrícolas.

Absorción y secuestro de carbono

Absorciones netas de carbono por la biomasa viva aérea y subterránea + Secuestro de carbono por la materia orgánica del suelo.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

4

Emissiones de carbono



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Emisiones de carbono

4.1. Emisiones de carbono liberado por el carbono orgánico del suelo, por la descomposición de los residuos del cultivo y por otras emisiones imputables a las actividades agrícolas.

Las emisiones imputables a las actividades agrícolas y ganaderas, tanto de CO₂ como de otros GEI, son evaluadas por el Sistema Español de Inventario y Proyecciones de Emisiones a la Atmósfera, el cual elabora anualmente el Inventario de Emisiones de GEI por fuentes antropogénicas y su absorción por sumideros, siguiendo lo previsto en la CMNUCC, los subsiguientes Acuerdos de París y la correspondiente normativa comunitaria.

Según lo recogido en la Edición de 2023 del Inventario Nacional de GEI, correspondiente a la serie 1990-2021, las emisiones de la agricultura y la ganadería en 2021 representaron 34.369 kt de CO₂ equivalente, lo que supone un 11,9 % de las emisiones totales del Inventario Nacional, con unas emisiones que en 2021 aumentaron un +4,1% respecto al año 1990. La variación relativa de las emisiones de la agricultura y del resto de los sectores respecto a 1990 (año 1990 = 100 %) puede verse en la Figura 2.

Las cantidades emitidas por las distintas actividades agrícolas y ganaderas, de CO₂ y del resto de gases de efecto invernadero, en el año 2021 se recogen en la Tabla 1.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

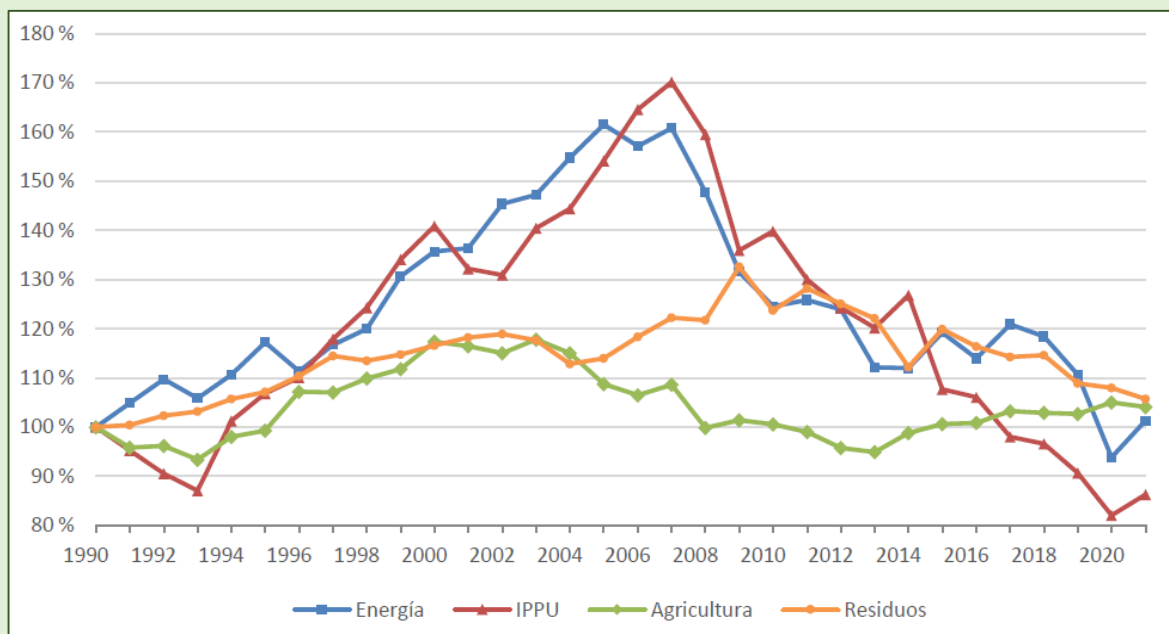


Figura 2.- Variación de las emisiones de gases de efecto invernadero por sectores.

FUENTE: Informe de Inventario Nacional Gases de efecto invernadero. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. 2023. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei/es_nir_edicion2023_tcm30-560374.pdf

FUENTES EMISORAS DE GEI Y SUMIDEROS	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆	TOTAL
CO ₂ equivalente (kt)							
3. Agricultura	393,6	26.030,0	7.945,7	0,0	0,0	0,0	34.369,4
A. Fermentación entérica	0,0	17.222,3	0,0	0,0	0,0	0,0	17.222,3
B. Gestión de estiércoles	0,0	8.324,2	1.820,3	0,0	0,0	0,0	10.144,4
C. Cultivo de arroz	0,0	462,9	0,0	0,0	0,0	0,0	462,9
D. Suelos agrícolas	0,0	0,0	6.120,4	0,0	0,0	0,0	6.120,4
E. Quemas planificadas de sabanas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	NO
F. Quema en campo de residuos agrícolas	0,0	20,7	5,1	0,0	0,0	0,0	25,8
G. Encalado o enmienda caliza	30,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,5
H. Aplicación de urea	316,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	316,0
I. Otros fertilizantes que contienen carbono	47,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,1
J. Otros	NO	NO	NO	0,0	0,0	0,0	NO

Tabla 1.- Emisiones de gases de efecto invernadero del sector de agricultura.

FUENTE: Informe de Inventario Nacional Gases de efecto invernadero. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. 2023. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei/es_nir_edicion2023_tcm30-560374.pdf



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Como puede verse, la principal fuente de emisión corresponde a los procesos de fermentación entérica en el sistema digestivo de ciertas especies animales, con la liberación de metano (CH_4).

Le siguen en importancia las emisiones de CH_4 y N_2O producidas por el manejo del estiércol hasta su destino final.

En tercer lugar, se encuentran las distintas fuentes de nitrógeno que se aplican al suelo y que son emisoras de N_2O por vía directa e indirecta (por deposición tras volatilización y por lixiviación y escorrentía).

Dado que el presente informe está referido específicamente a la actividad agrícola, a los efectos de determinar el flujo de carbono del conjunto de las producciones agrícolas, se incluyen en la Tabla 2 los valores correspondientes a las emisiones imputables a las actividades agrícolas, desglosadas por categorías según la nomenclatura CRF (Formulario Común para Informes), cuyos principales rasgos son:

- Cultivo de arroz. – Se refiere a las emisiones de CH_4 procedentes de la superficie dedicada al cultivo de arroz.
- Suelos agrícolas. – Esta categoría integra todas las fuentes de nitrógeno que se aplican al suelo y que son emisoras de N_2O por vía directa e indirecta.
- Quema en campo de residuos agrícolas. – Se incluyen las emisiones de CH_4 y N_2O producidas por la quema directa en campo de los restos de cultivos agrícolas herbáceos; incluye la quema de rastrojos y la quema de restos de cosecha, pero no la quema de restos de poda de cultivos leñosos.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

- Aplicación de enmiendas calizas. – Se contabiliza el CO₂ que se libera tras la aplicación de carbonatos de calcio y magnesio a los suelos agrícolas para corregir la acidez.
- Aplicación de urea. – En esta categoría se incluye el CO₂ que se libera tras la aplicación de urea a los suelos agrícolas en forma de fertilizantes minerales con urea sintética dentro de su composición.
- Aplicación de otros fertilizantes con carbono. – Contabiliza el CO₂ que se libera tras la aplicación de otros fertilizantes con carbono a los suelos agrícolas.

Fuentes emisoras de GEIs	Las emisiones de CO ₂ y de otros GEIs (kt CO ₂ /año)
Cultivo de arroz	462,9
Suelos agrícolas	6.120,4
Quema en campo de residuos agrícolas	25,8
Encalado o enmienda caliza	30,5
Aplicación de urea	316,0
Otros fertilizantes que contienen carbono	47,1
Total actividades relacionadas con la agricultura	7.002,7

Tabla 2.- Emisiones de gases de efecto invernadero por las actividades agrícolas.

Comparando estos datos con los anteriormente referidos al conjunto de las actividades agrícola y ganadera (Tabla 1), podemos deducir que las actividades específicamente relacionadas con la agricultura representan el 20,4 % de las emisiones totales del sector agrario.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

4.2. Emisiones de carbono asociadas con las operaciones agrícolas: Huella de carbono de las labores y prácticas desarrolladas en las explotaciones agrícolas

Se entiende como huella de carbono “la totalidad de gases de efecto invernadero emitidos por efecto directo o indirecto por un individuo, organización, evento o producto”¹.

Existen diversas normativas estandarizadas que permiten cuantificar la emisión de CO₂ de los productos y servicios, como los estándares PAS 2050; ISO 14067; ISO 14064; o ISO 14040.

Para el caso de las explotaciones agrícolas disponemos de una “calculadora de huella de carbono” para los alcances 1 y 2, publicada por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD)² que permite calcular de manera sencilla las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a las actividades de una explotación agrícola, contemplando tanto las emisiones directas, como las indirectas procedentes del consumo de electricidad y de los cultivos.

La calculadora ofrece, además, la posibilidad de cuantificar la reducción de emisiones que pueda suponer la aplicación de un plan de mejora determinado, o comparar los resultados de emisiones entre años diferentes.

1 https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf

2 [https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/calculadoras.html%20calculadora_hc_agri_tcm30-485620%20\(1\).xlsx](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/calculadoras.html%20calculadora_hc_agri_tcm30-485620%20(1).xlsx)



**CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS**

La calculadora permite cuantificar las emisiones directas, incluidas en el alcance 1, procedentes de:

- Emisiones de cultivos: fertilizantes, enmiendas calizas, quema y aportes de residuos agrícolas.
- Consumo de combustibles en instalaciones fijas.
- Consumo de combustibles en vehículos y maquinaria.
- Emisiones fugitivas, en equipos de climatización y otros.
- Emisiones de proceso.
- Emisiones en instalaciones propias de generación de energía renovable.

Permite también calcular las emisiones indirectas, correspondientes al alcance 2, por la compra de energía: electricidad y otros.

Con objeto de disponer de una estimación global de la huella de carbono relativa a las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a las actividades del conjunto de la agricultura española, contemplando tanto las emisiones directas, como las indirectas procedentes del consumo de electricidad y de los cultivos, se recoge seguidamente la información recabada tanto para la “huella de carbono de producto” de diferentes cultivos, como la “huella de carbono de una organización” que correspondería al conjunto del sector agrícola.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

4.2.1. Huella de carbono de los cultivos agrícolas

Como se ha indicado, el cálculo de la huella de carbono puede realizarse para medir tanto las emisiones procedentes de la actividad realizada por una organización, como las procedentes del ciclo de vida de un producto. En este último caso, la huella de carbono “mide los gases de efecto invernadero emitidos durante todo el ciclo de vida de un producto: desde la extracción de las materias primas, pasando por el procesado y fabricación y distribución, hasta la etapa de uso y final de la vida útil (depósito, reutilización o reciclado)”¹.

Dada la imposibilidad de aplicar la Calculadora de huella de carbono para una explotación agrícola³, que pudiera considerarse representativa del conjunto de explotaciones en que se producen los principales cultivos de nuestro país, a los efectos buscados con el presente informe y para poder cuantificar, de una forma aproximada, las emisiones de gases de efecto invernadero del conjunto de la agricultura española, se ha optado por recopilar distintos estudios publicados sobre huella de carbono para las producciones en campo y extrapolar los resultados al conjunto de la superficie cultivada del cultivo considerado.

En el Anexo 1, apartado 1, se incluyen los resultados obtenidos de distintos estudios sobre la huella de carbono de la producción en campo de distintos cultivos, y los valores correspondientes de aplicar las emisiones calculadas al conjunto de la superficie cultivada para dicha producción, en nuestro país. El resumen de los datos obtenidos se recogen en la Tabla 3.

³ <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/calculadoras.html#huella-de-carbono-de-una-explotacion-agricola> -alcance-
1 2



Cultivo	Emisión total estimada (kt CO ₂ -eq/año)
Albaricoquero	s.d.
Ciruelo	s.d.
Melocotonero	182,27
Nectarino	s.d.
Cerezo	s.d.
Manzano	101,15
Peral	80,88
Almendro	1.185,59
Naranja	s.d.
Mandarino	s.d.
Limonero	s.d.
Viñedo para uva de mesa	s.d.
Viñedo para uva de vinificación	2.260,07
Olivar	1.054,98
Total cultivos leñosos	4.864,94
Alcachofa	29,73
Coliflor	30,05
Trigo	3.901,70
Cebada	5.580,55
Maíz en regadío	674,03
Alfalfa en regadío	91,94
Veza en regadío	6,15
Remolacha	83,26
Patata	518,88
Total cultivos herbáceos	10.916,29
Total	15.781,23

Tabla 3.- Huella de carbono estimada para diferentes producciones agrícolas.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Como puede apreciarse, solo se ha dispuesto de datos sobre la huella de carbono en campo para algunos cultivos, por lo que el resultado de 15.781,23 kt de CO₂ equivalente, para las emisiones anuales de la agricultura no refleja la totalidad de las emisiones producidas.

4.2.2. Huella de carbono de organización para el conjunto del sector agrícola

Dadas las dificultades para cuantificar la huella de carbono del conjunto de la agricultura española, como sumatorio de las emisiones de gases de efecto invernadero de los diferentes cultivos que la integran, se ha procedido a estimar los gases emitidos por el desarrollo del sector agrícola, en su conjunto, tratándole como una organización.

Las estimaciones realizadas y los resultados obtenidos se incluyen en el Anexo 1, en su punto 2. Se han analizado las emisiones directas correspondientes a la utilización de productos fitosanitarios, el empleo de fertilizantes minerales y el consumo de combustibles fósiles. No se han podido tener en cuenta las emisiones correspondientes a la energía eléctrica, al no haber podido disponer de información sobre la electricidad consumida por el conjunto de explotaciones agrícolas de nuestro país.

Para realizar el cálculo se han utilizado los factores de emisión utilizados por López-Bellido Garrido (2017)⁴, para determinar la huella de carbono en plantaciones de olivar.

4 López-Bellido Garrido, P.J. (2017). Balance y huella de carbono en plantaciones de olivar en el sur de España. Universidad de Córdoba, UCOPress. <http://hdl.handle.net/10396/15090>



Factores que a su vez están tomados de Lal (2004. Carbon emission from farm operations. Environment International, 30: 981-990) y completados por la Guía de los Factores de Emisión Versión 6.1 (Bilan Carbone, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie).

Tal como se expone en el punto 2 del Anexo 1, una vez recopilados los datos de las actividades que se consideran como inventario de los gases emitidos por la organización, así como los factores de emisión de cada actividad, la huella de carbono se obtiene multiplicando el dato de la actividad por el correspondiente factor de emisión, de su resultado obtenemos la estimación de las emisiones en términos de cantidad de CO₂ equivalente, para esa actividad, según la siguiente formula:

$$\text{Huella de Carbono} = \text{Dato de Actividad} \times \text{Factor de Emisión}$$

La suma de las cantidades de CO₂ equivalente emitidas por cada actividad constituye las emisiones totales del sector agrícola, o lo que es lo mismo, su huella de carbono. En el Anexo 1, punto 2, se incluyen las estimaciones realizadas, para las actividades consideradas, y los resultados obtenidos, los cuales se recogen en la Tabla 4.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Actividades	Emisión total estimada (kt CO ₂ -eq/año)
Utilización de productos fitosanitarios	691,78
Empleo de fertilizantes minerales	3.893,43
Consumo de combustible (Gasóleo B)	14.442,84
Total	19.028,05

Tabla 4.- Huella de carbono estimada para el conjunto de la actividad agrícola.

De acuerdo con las evaluaciones realizadas, podremos señalar que la huella de carbono de la agricultura española se sitúa en unas emisiones totales anuales de algo más de 19.000 kt de CO₂ equivalente.

4.3. Emisiones totales de CO₂ y otros gases de efecto invernadero

El resumen de las informaciones y estimaciones indicadas anteriormente, sobre las emisiones de GEI que se registran en el conjunto de las explotaciones agrícolas de nuestro país, se recogen en la Tabla 5, en la que se refleja el resultado total de emisiones para el conjunto de la agricultura española.

Componentes de las emisiones de carbono	Emisiones de CO ₂ y de otros GEI (kt CO ₂ -eq/año)
Emisiones de C liberado por el C orgánico del suelo, por la descomposición de los residuos del cultivo y por otras emisiones imputables a las actividades agrícolas	7.002,70
Emisiones de Carbono asociadas con las operaciones agrícolas	19.028,05
Total de emisiones de CO₂ y de otros GEI de la agricultura española	26.030,75

Tabla 5.- Emisiones totales de GEI del conjunto de las explotaciones agrícolas.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

5

Absorción y secuestro de carbono



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Absorción y secuestro de C

5.1. Absorción de carbono por la biomasa viva aérea y subterránea.

5.1.1. Absorción total de CO₂ en la biomasa viva, aérea y subterránea, de las producciones agrícolas.

La metodología utilizada en los estudios disponibles sobre estimación del CO₂ absorbido por los cultivos agrícolas se fundamenta en determinar la biomasa, en forma de materia seca, que contienen algunas plantas representativas del cultivo. A partir del peso de dicha materia seca, se determina el contenido de carbono almacenado en la biomasa, teniendo en cuenta que el contenido de carbono, por unidad de biomasa, se sitúa en un valor promedio de aproximadamente el 50 %, si bien existen ligeras diferencias en ese valor según las diferentes especies. Una vez conocido el contenido de carbono en la biomasa, se estima la cantidad absorbida de CO₂ por la misma, aplicando la relación existente entre los pesos atómicos del C (12) y de la molécula de CO₂ (44) [$44/12 = 3,667$].

Las absorciones de CO₂ por las producciones agrícolas varían dependiendo de las zonas, las prácticas de cultivo, las especies cultivadas y la climatología. Dicha variabilidad se pone también de manifiesto en los datos reflejados en la bibliografía disponible, si bien hay que tener en cuenta que en ocasiones en estos trabajos se computan diferentes conceptos y que se corresponden con estudios realizados en zonas con diferentes condiciones ambientales



**CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS**

5.1.1.1. Potencial de absorción de CO₂ por la biomasa viva de los cultivos leñosos y herbáceos.

Teniendo en cuenta que uno de los objetivos de este trabajo es establecer, de una manera aproximada y de acuerdo con la información obtenida de diversas fuentes, cuanto carbono se absorbe cada año por la biomasa aérea y subterránea por los principales cultivos leñosos y herbáceos, se ha procedido a establecer una referencia global de la cantidad total de CO₂ absorbido anualmente en la biomasa viva aérea y subterránea tomando como referencia las cantidades de CO₂ fijadas por los principales cultivos, según las evaluaciones y estudios realizados por los autores que, para cada cultivo, se mencionan expresamente y que han sido seleccionados, entre la diversa información disponible, por tratarse de los trabajos más habitualmente citados o por referirse a estudios realizados sobre cultivos y condiciones, en su caso, similares a las existentes en nuestro país.

Potencial de absorción de CO₂ en la biomasa viva de los cultivos leñosos.

En el Anexo 2, en su apartado 1, se incluyen las estimaciones realizadas para los principales cultivos leñosos. Para realizar las estimaciones de las absorciones se ha diferenciado entre cultivos de regadío y de secano, ya que los cultivos de regadío al tener un aporte de agua adicional tienen un mayor desarrollo vegetativo y por tanto una mayor producción de biomasa.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Para estimar las cantidades de CO₂ fijadas por los frutales de hueso y pepita y los frutos secos cultivados en secano, se ha utilizado la relación existente entre las acumulaciones de CO₂ evaluadas para el secano y el regadío por el Gobierno de Aragón (2008)⁵.

Potencial de absorción de CO₂ en la biomasa viva de los cultivos herbáceos.

Pese a que, como se ha indicado, los cultivos herbáceos anuales pueden fijar grandes cantidades de Carbono, pero su biomasa generalmente se descompone rápidamente por lo que no hay acumulación neta de reservas de carbono en la planta, la capacidad de fijación de CO₂ por estos cultivos se concreta a través de la acumulación que pueda realizarse como carbono orgánico del suelo.

En todo caso, se ha realizado la evaluación del CO₂ fijado por los principales cultivos herbáceos en nuestro país, utilizando la información bibliográfica disponible sobre las absorciones medias de CO₂ de las distintas producciones y su aplicación a las superficies cultivadas, recogidas en la estadística agraria.

5 Gobierno de Aragón (2008). Estudio sobre la funcionalidad de la vegetación leñosa de Aragón como sumidero de CO₂; existencias y potencialidad (estimación cuantitativa y predicciones de fijación). Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Dirección General de Calidad Ambiental y Cambio Climático del Departamento de Medioambiente del Gobierno de Aragón.



Potencial de absorción de CO₂ en la biomasa viva de los cultivos leñosos y herbáceos.

Como resumen de las estimaciones realizadas se recogen en la Tabla 6 los datos de las de las absorciones por la biomasa viva de los grupos de cultivos analizados.

Debe recordarse que los anteriores valores se refieren a las absorciones brutas estimadas para la biomasa viva total, aérea y subterránea, lo que supone que incluye también las absorciones que corresponden a los frutos y cosechas, así como las relativas a las podas y residuos vegetales que anualmente se retiran de las explotaciones.

5.1.1.2. Distribución territorial de las absorciones de CO₂

Uno de los rasgos más característicos de la agroclimatología española es el grado de variabilidad de los elementos que la definen, lo que a su vez se traduce en una notable variación del potencial productivo de los cultivos que pueden desarrollarse, económicamente, a lo largo y ancho del territorio peninsular e insular.

La estimación de este potencial, ligado a factores climáticos, ha sido objeto de numerosos trabajos de investigación entre los que destacan los llevados a cabo por L. Turc y colaboradores.

Este equipo demostró que existe una estrecha relación entre los valores que toman las distintas variables climáticas en un periodo de tiempo dado y la producción en toneladas de materia seca por hectárea, de una planta adaptada y cultivada en condiciones técnicas normales; es decir, sobre un suelo bien labrado y fertilizado.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Cultivo	Absorción total por la biomasa viva aérea y subterránea (kt CO ₂ /año)
Albaricoquero	326,54
Ciruelo	318,25
Melocotonero	1.232,59
Nectarino	745,51
Cerezo	692,47
Manzano	438,66
Peral	407,44
Frutales de hueso y pepita	4.161,48
Almendro	6.060,24
Pistacho	420,04
Frutos secos	6.480,28
Naranja	2.917,91
Mandarino	1.352,65
Limonero	1.468,67
Cítricos	5.739,23
Viñedo de uva de mesa	259,91
Viñedo de uva de vinificación	1.174,37
Olivar	3.975,02
Absorción total cultivos leñosos	21.790,27
Tomate	1.763,49
Pimiento	488,42
Sandía	128,42
Melón	148,71
Lechuga	861,90
Brócoli	799,93
Coliflor	328,27
Alcachofa	178,65
Hortalizas	4.697,77
Trigo	20.066,78
Cebada	23.827,88
Avena	4.551,45
Cereales de invierno	48.446,12
Maíz en regadío	6.838,58
Alfalfa en regadío	3.381,32
Veza en regadío	128,13
Remolacha	934,66
Patata	956,68
Absorción total cultivos herbáceos	65.383,27
Absorción total producción agrícola	87.173,54

Tabla 6.- Estimación de las absorciones totales por la biomasa viva.

Este equipo demostró que existe una estrecha relación entre los valores que toman las distintas variables climáticas en un periodo de tiempo dado y la producción en toneladas de materia seca por hectárea, de una planta adaptada y cultivada en condiciones técnicas normales; es decir, sobre un suelo bien labrado y fertilizado.

Partiendo de las experiencias desarrolladas en las circunstancias más variadas elaboró un Índice de Potencialidad Agrícola para estimar el rendimiento de los cultivos a partir de factores climáticos (luz, temperatura y humedad del suelo), estimando la producción esperable de masa vegetal, mes a mes y, por suma, anual, en un punto concreto de un territorio a partir de datos climáticos fácilmente disponibles.

Si tenemos en cuenta que la mayor o menor cantidad de biomasa que se produzca está directamente relacionada con la actividad fotosintética del cultivo, los valores del índice también nos aportan información sobre la cantidad de CO₂ absorbido por el cultivo

Aunque la relación entre el valor del índice y la producción de biomasa esperable es variable de unos a otros cultivos, su solo valor numérico permite jerarquizar los territorios por su mayor o menor capacidad productiva y, por tanto, por su capacidad de absorción de carbono [hay que tener en cuenta que 0,5 t C/ t materia seca es el valor que el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) toma por defecto como valor de la fracción de carbono de la materia seca].



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Fijadas las condiciones de cultivo, sea de secano o de regadío, el índice facilita la comparación de potenciales productivos interzonales respecto de un cultivo determinado, expresando las diferencias atribuibles a cualquiera de los factores climáticos integrados en su elaboración, en términos estrictamente productivos.

Se da la circunstancia de que, por su acreditado valor para estimar el potencial agroclimático de un lugar o una zona, desde el punto de vista de la producción vegetal, se ha realizado su cálculo para toda la red meteorológica nacional disponible y publicado su resultado por el Ministerio de Agricultura, en el marco del Atlas Agroclimático Nacional.

El valor de este índice viene siendo objeto de aplicación en los estudios preliminares relacionados con la transformación de secano en regadío, para evaluar el incremento en la productividad que cabe esperar de este cambio en las condiciones de producción, pues la comparación del índice anual en secano y en regadío, para un mismo lugar, permite establecer el incremento global que, desde el punto de vista productivo, supone la transformación en regadío del área considerada

Como puede verse en la Figura 3, el Índice de Turc para el secano oscila, para el conjunto de la superficie nacional, entre valores inferiores a 5 y valores cercanos a 45. Los menores valores del índice se encuentran en las submesetas del interior de la península y en el sureste, localizándose los mayores valores en las áreas costeras del Cantábrico y especialmente en la zona que se extiende en la media montaña Cántabro- Pirenaica.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

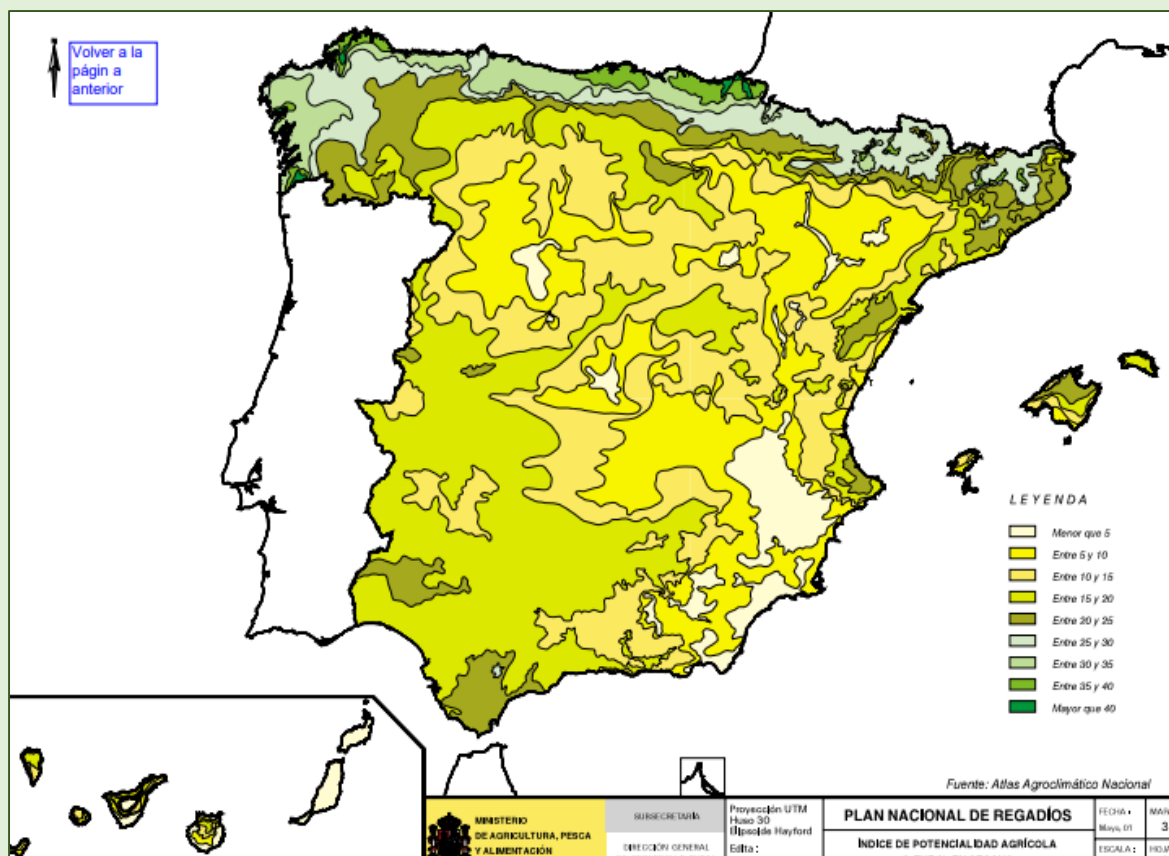


Figura 3.- Índice de Potencial Agrícola (L. Turc) en seco.

Fuente: https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/gestion-sostenible-regadios/apartado3-1_tcm30-149936.pdf

Para el caso del regadío (Figura 4), los valores más reducidos se localizan en las zonas altas del interior, con valores próximos a 15. La máxima potencialidad agrícola se localiza en la franja costera mediterránea, la parte baja de la depresión del Guadalquivir y las islas del Archipiélago Canario, alcanzándose valores del índice en el entorno de 60, rebasándose, los 65 puntos, en algunas áreas concretas.



**CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS**

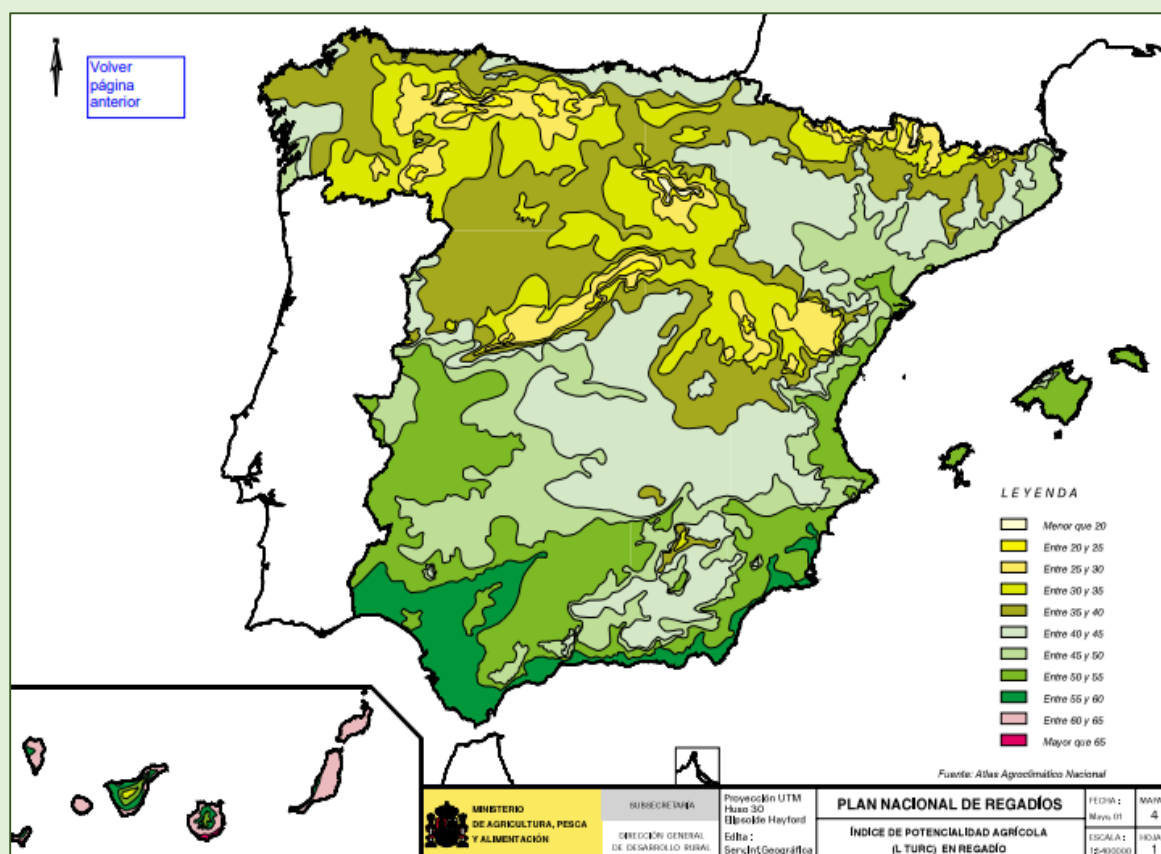


Figura 4.- Índice de Potencial Agrícola (L. Turc) en regadío.

Fuente: https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/gestion-sostenible-regadios/apartado3-1_tcm30-149936.pdf

En definitiva, a través de la aplicación de este índice a un lugar o una zona concreta permitiría disponer de información precisa sobre la capacidad de absorción de CO₂ de un cultivo adaptado a ese lugar o zona analizada, lo que, a su vez, permitiría cartografiar el potencial de absorción de cada territorio, y del conjunto nacional, para cada cultivo.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

5.1.2. Carbono retirado por las cosechas, podas y residuos vegetales

En el apartado anterior se recogen los resultados de las estimaciones realizadas para evaluar la cantidad total de CO₂ que anualmente fijan los cultivos y producciones agrícolas en nuestro país. Las cifras que incluye la Tabla 6 se corresponden con la absorción bruta estimada para la biomasa viva, tanto aérea como subterránea, por lo que para evaluar la absorción neta de la agricultura es necesario descontar el carbono que, habiendo sido fijado por la fotosíntesis, se retira del cultivo a través de los frutos y cosechas que anualmente se recolectan. Para completar la estimación del carbono que se detrae del cultivo debería computarse también el contenido de carbono presente en los restos de podas, paja y otros residuos vegetales que, en su caso, se pudieran retirar de la parcela.

Para evaluar el carbono retirado de las parcelas, a través de los frutos y cosechas, se ha partido de la información disponible en distintos estudios sobre diferentes cultivos, la estimación del contenido en las cosechas retiradas anualmente se recoge en el Anexo 2. El resultado de la estimación correspondientes al carbono (evaluado en kt de CO₂) retirado en todo el territorio nacional se refleja en la Tabla 7.

No se tiene en cuenta en esta evaluación el carbono contenido en la madera de poda y la paja, que se retiran de las parcelas, por no disponer, en este momento, de información adecuada para estimar la cantidad de dichos residuos que se trituran y se incorporan al suelo y la cantidad que se retira de la parcela para alimentación animal, usos energéticos u otros destinos



**CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS**

En todo caso, debe señalarse que en el balance global si se contabiliza el CO₂ emitido a la atmósfera por la quema en el campo de dichos residuos, tal como se recoge en el Inventario Nacional de GEI, al que se ha hecho referencia anteriormente, en la Tabla 2, del apartado 4.1.

Cultivo	Estimación del carbono retirado por la biomasa de frutos y cosechas (kt CO ₂ /año)
Albaricoquero	121,07
Ciruelo	149,70
Melocotonero	348,05
Nectarino	301,51
Cerezo	s.d.
Manzano	s.d.
Peral	s.d.
Almendro	s.d.
Naranja	1.868,87
Mandarino	1.076,00
Limonero	569,62
Viñedo para uva de mesa	134,79
Viñedo para uva de vinificación	s.d.
Olivar	s.d.
Total cultivos leñosos	4.569,61
Hortalizas	2.029,29
Cereales de invierno	17.573,03
Maíz en regadío	4.185,15
Alfalfa en regadío	2.894,10
Veza en regadío	102,86
Total cultivos herbáceos	26.784,43
Total	31.354,04

Tabla 7.- Estimación del Carbono retirado de las parcelas de cultivo a través de la cosecha.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

5.1.3. Absorción neta anual de CO₂ en la biomasa viva de las producciones agrícolas

Los valores correspondientes a la absorción neta anual de CO₂ en la biomasa viva, se obtienen restando a las cifras correspondientes a las absorciones brutas (Tabla 6) los valores referidos al carbono retirado de las parcelas mediante la cosecha (Tabla 7). Los valores resultantes se resumen, diferenciando entre cultivos leñosos y herbáceos en la Tabla 8.

Componentes del flujo de carbono	Absorciones de CO ₂ (kt CO ₂ /año)	
Absorciones totales de Carbono por la biomasa viva, aérea y subterránea	Cultivos leñosos	21.790,27
	Cultivos herbáceos	65.383,27
	Total	87.173,54
Carbono retirado por las cosechas (*)	Cultivos leñosos	4.569,61
	Cultivos herbáceos	26.784,43
	Total	31.354,04
Absorciones netas de carbono por la biomasa viva, aérea y subterránea	Cultivos leñosos	17.220,66
	Cultivos herbáceos	38.598,84
	Total	55.819,50

(*) Sin considerar el carbono retirado de las parcelas a través de la madera de poda, paja y otros residuos vegetales.

Tabla 8.- Absorciones netas de CO₂ por la biomasa viva.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

5.2. Secuestro de carbono orgánico por el suelo

5.2.1. Contenido de carbono orgánico en los suelos españoles

Los suelos representan a medio y largo plazo un sumidero para el almacenamiento de carbono y tienen potencial para compensar las emisiones antropogénicas, considerándose como el mayor sumidero terrestre de carbono y se estima que contiene entre 2 y 3 veces más carbono que el contenido en la atmósfera y la vegetación.

Para tener una idea de la situación existente actualmente en nuestro país sobre el contenido de carbono orgánico en los suelos, se reproducen seguidamente algunas referencias tomadas de la publicación “Iniciativa 4 por mil: El carbono orgánico del suelo como herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático en España” ⁷:

- Los valores porcentuales de carbono orgánico en el suelo en España se sitúan en un rango entre el 0,006% y el 18,4%, con una media de 1,7%.
- En las zonas secas de nuestro país la mayor parte de los suelos tienen una concentración entre 30 y 50 t C/ha, mientras que en las zonas húmedas la concentración en la mayoría de los suelos se sitúa entre 100 y 150 t C/ha.

7 González Sánchez, E. J., Veró González, Ó., Gil Ribes, J. A., & Ordóñez Fernández, R. M. (2018). *Iniciativa 4 por mil: el carbono orgánico del suelo como herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático en España*. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.
https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/4por1000_tcm30-438109.pdf



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

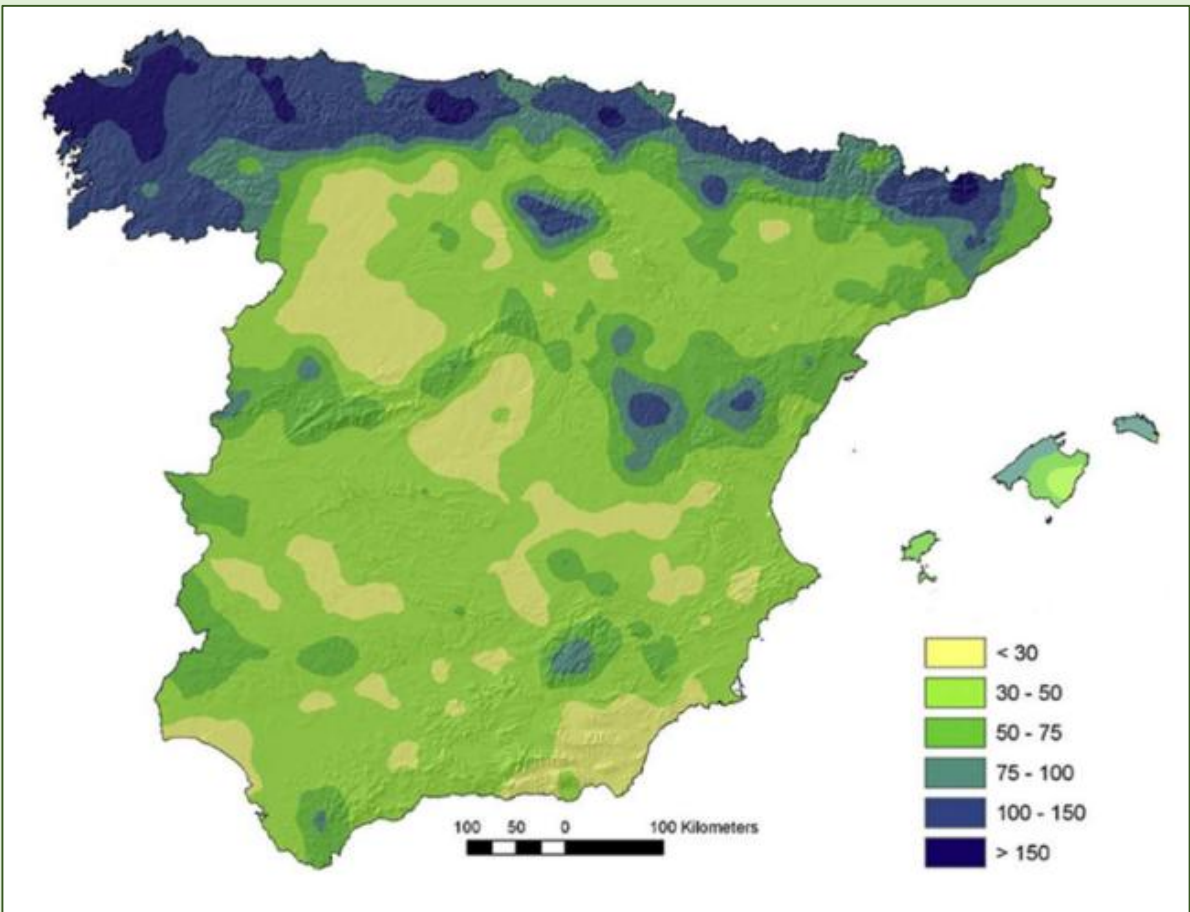


Figura 5.- Concentración del Carbono orgánico del suelo en España (Mg/ha).

Fuente: González Sánchez, E. J., Veroz González, Ó., Gil Ribes, J. A., & Ordóñez Fernández, R. M. (2018). Iniciativa 4 por mil: el carbono orgánico del suelo como herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático en España. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/4por1000_tcm30-438109.pdf

Valores moderados o altos de carbono orgánico indican normalmente suelos bien estructurados y fértiles. Los suelos con un contenido de carbono orgánico inferior al 0,2% requieren fertilizantes orgánicos o inorgánicos para aumentar su productividad. Los suelos con menos del 0,6% de materia orgánica del suelo se consideran pobres en materia orgánica.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Disponemos de información adicional sobre el contenido de carbono orgánico en la capa superficial del suelo en la Península Ibérica, observándose, como puede verse en el siguiente mapa (Figura 6), que los suelos con los porcentajes más altos de carbono orgánico en la capa superficial se encuentran en el noroeste, con valores superiores al 2%.

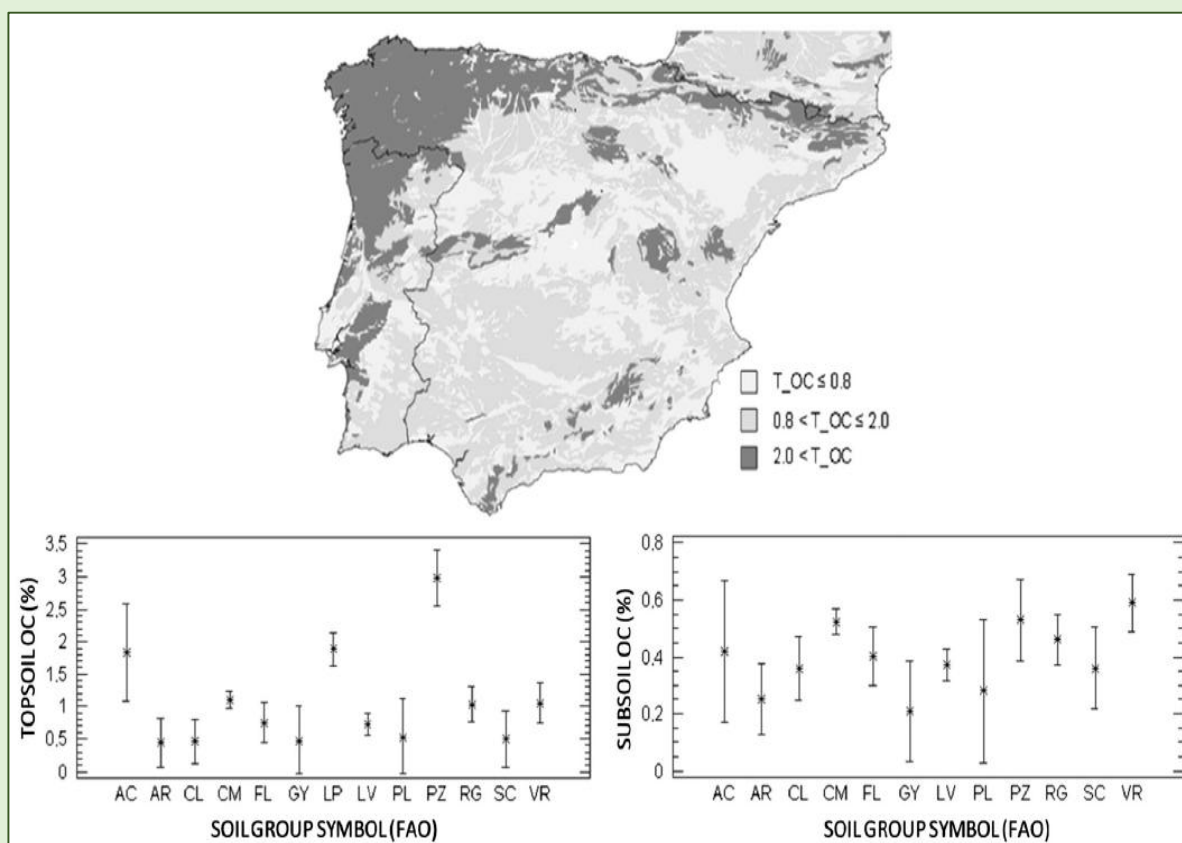


Figura 6.- Porcentaje de carbono orgánico en la capa superficial (0–30 cm) en la Península Ibérica. Fuente de datos: HWSD (FAO). Análisis de varianza (ANOVA) con el carbono orgánico en la capa superficial (0–30 cm) y subsuperficial (30–100 cm), y los grupos de suelos presentes en la Península Ibérica.

Fuente: Adaptado del HWSD. Fernández-Getino, A.P. & Duarte, A.C., 2015. Soil management guidelines in Spain and Portugal related to EU Soil Protection Strategy based on analysis of soil databases. CATENA 126 (2015) 146–154

Podemos también tener una idea adicional sobre los contenidos de carbono en el suelo, si tenemos en cuenta que normalmente los niveles más bajos de carbono orgánico se encuentran en suelos donde los tipos de suelo dominantes son Gypsisols, Calcisols, Arenosols, Planosols y Solonchaks. Los niveles altos de carbono orgánico se encuentran en suelos donde los grupos de suelos dominantes son Podzols, Acrisols y Leptosols, seguidos de Cambisols, Regosols y Vertisols.

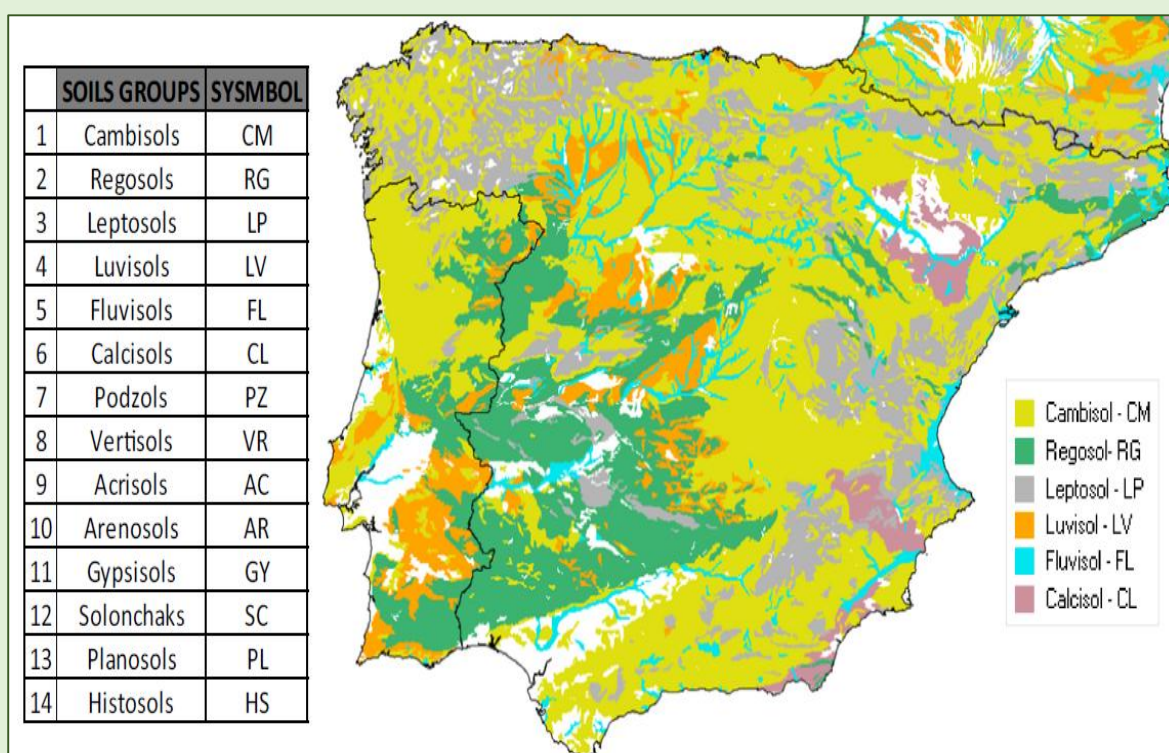


Figura 7.- Grupos de suelos en la Península Ibérica. Distribución espacial de los principales grupos de suelos (clasificación de la FAO).

Fuente: Adaptado del HWSD. Fernández-Getino, A.P. & Duarte, A.C., 2015. Soil management guidelines in Spain and Portugal related to EU Soil Protection Strategy based on analysis of soil databases. CATENA 126 (2015) 146–154



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

En el mapa que se ofrece a continuación (Figura 7) se recoge la distribución espacial de dichos grupos de suelo. Podemos ver que el grupo predominante de suelos en la Península Ibérica son los Cambisoles, seguidos por los Regosoles y los Leptosoles. Además, los Luvisoles, Fluvisoles y Calcisoles tienen también una presencia significativa.

Por otro lado, debe tenerse en cuenta que el contenido de carbono en el suelo está muy condicionado por el tipo de cultivo o aprovechamiento que se realiza en el mismo y por las prácticas de cultivo que se llevan a cabo. En este sentido, los cultivos leñosos pueden desempeñar un papel relevante en la fijación de carbono en el suelo, gracias a los siguientes factores:

- **Acumulación de Biomasa:** Los cultivos leñosos, como árboles y arbustos, acumulan grandes cantidades de biomasa a lo largo de su vida. La madera y otras partes de la planta contienen carbono que originalmente se tomó de la atmósfera en forma de CO_2 durante el proceso de fotosíntesis.
- **Formación de Humus:** Las raíces y las hojas caídas de los cultivos leñosos aportan materia orgánica al suelo, que eventualmente se descompone y se convierte en humus, una forma estable de carbono en el suelo, que ayuda a fijar el carbono durante períodos más largos.
- **Efecto en la Erosión del Suelo:** Los sistemas de raíces de los cultivos leñosos también pueden ayudar a prevenir la erosión del suelo. Un suelo estable y bien estructurado retiene mejor el carbono y otros nutrientes, contribuyendo así a la fijación de carbono.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

- **Mejora de la Fertilidad del Suelo:** La descomposición de la materia orgánica proveniente de cultivos leñosos mejora la estructura del suelo y su capacidad para retener nutrientes, lo que puede contribuir a la fijación de carbono.

Es importante destacar que la gestión adecuada de los cultivos leñosos es crucial para maximizar su contribución a la fijación de carbono. La deforestación y prácticas agrícolas no sostenibles pueden tener efectos opuestos al liberar carbono almacenado en los suelos y contribuir a las emisiones de gases de efecto invernadero. Por lo tanto, la promoción de prácticas agrícolas sostenibles y la conservación de los bosques son fundamentales para optimizar la contribución de los cultivos leñosos a la mitigación del cambio climático.

Los cultivos herbáceos también pueden desempeñar un papel importante en la fijación de carbono en el suelo. Aunque su capacidad para almacenar carbono puede ser menor en comparación con los cultivos leñosos, contribuyen al ciclo del carbono de varias maneras:

- **Materia orgánica del suelo:** Los cultivos herbáceos aportan materia orgánica al suelo a través de sus raíces, hojas y restos vegetales. Cuando esta materia orgánica se descompone, fija carbono en el suelo en forma de compuestos orgánicos.
- **Sistemas de raíces:** Las raíces de los cultivos herbáceos también pueden ayudar a mejorar la estructura del suelo, facilitando la retención de carbono. Las raíces contribuyen a la formación de agregados del suelo, lo que beneficia la estabilidad y la capacidad de retención de carbono.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

- Rotación de cultivos y cobertura del suelo: Prácticas agrícolas como la rotación de cultivos y el uso de cultivos de cobertura pueden aumentar la materia orgánica del suelo. Estas prácticas ayudan a mantener una cubierta vegetal constante en el suelo, reduciendo la erosión y contribuyendo a la fijación de carbono.
- Gestión de residuos agrícolas: La gestión adecuada de los residuos de cultivos (como restos de cosechas) puede influir en la cantidad de carbono que se incorpora al suelo. El compostaje de residuos agrícolas puede ser una práctica efectiva para aumentar la materia orgánica del suelo y fijar carbono.

También en los cultivos herbáceos es importante tener en cuenta que la gestión sostenible de los cultivos, la reducción del laboreo intensivo y la adopción de prácticas agrícolas que conserven la materia orgánica del suelo son fundamentales para maximizar su contribución a la fijación de carbono y promover la salud del suelo.

5.2.2. Secuestro anual de carbono orgánico por el suelo

Una vez realizada, en el punto 5.1.3, la estimación de la absorción neta anual de CO_2 en la biomasa viva, aérea y subterránea, de las producciones agrícolas, para completar la evaluación del término correspondiente a las “Absorciones y secuestro de carbono”, en la fórmula del “Flujo neto de carbono”, planteada en el apartado 3, nos quedaría únicamente determinar la cantidad en que anualmente se incrementa el carbono orgánico del suelo.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

El Informe Nacional del Inventario 1990-2021 de emisiones de Gases de Efecto Invernadero, que España presentó en el año 2023⁸ incluye, en su apartado 6.3.2.1.3, las estimaciones realizadas para estimar el cambio en las existencias de carbono del suelo , como consecuencia de la aplicación de prácticas conservadoras de los suelos, que se registró en el año 2021.

Las prácticas conservadoras del suelo tenidas en cuenta en el Informe para la evaluación son el laboreo mínimo, la cubierta vegetal espontánea, la cubierta vegetal sembrada, la cubierta inerte y el no laboreo.

Como resultado de las estimaciones efectuadas, para las superficies ocupadas por cultivos leñosos que permanecen como cultivos leñosos, se concluye en el Informe Nacional que, en 2021, las absorciones de carbono en los cultivos leñosos, por incremento en el carbono orgánico del suelo, se elevaron a un total de 1.975,00 kilo toneladas de CO₂/año.

En lo referente a las superficies de cultivos herbáceos, que permanecen como cultivos herbáceos, se supone en el Informe Anual que en 2021 no se han registrado cambios en las existencias de carbono del suelo, ya que, según se indica, “en su mayoría, los suelos se siguen sometiendo a las prácticas tradicionales (laboreo tradicional)”.

8 Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2023). *Informe de Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero*. Edición 2023 (1990–2021). Publicado en marzo de 2023.

https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-es_nir_edicion2023_tcm30-560374.pdf



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Cabe esperar que en los próximos años se incrementará, de forma significativa, la cantidad antes indicada del incremento en el carbono orgánico presente en el suelo, teniendo en cuenta la novedad introducida, en 2023, en la Política Agrícola Común relativa a los regímenes en favor del clima y el medio ambiente, conocidos como Ecorregímenes, los cuales están basados en regímenes voluntarios para el agricultor, consistentes en prácticas en favor del clima y el medio ambiente, las cuales van más allá de la línea de base (la actual condicionalidad reforzada).

Una parte importante de dichas prácticas medioambientales, que los agricultores y ganaderos deberán respetar para poder percibir el pago directo anual por hectárea, se refieren a prácticas relacionadas con la agricultura del carbono.



**CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS**

6

Balance global del carbono de la agricultura española



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Balance global del carbono de la agricultura española

Tras analizar y cuantificar cada uno de los elementos que forman parte de la fórmula que hemos definido inicialmente para evaluar el balance anual de carbono de una “explotación agrícola” estamos en condiciones de formular el balance anual de carbono del conjunto de la agricultura española.

$$\text{Flujo neto de C} = \text{Emisiones de C} - \text{Absorción y secuestro de C}$$

Debe tenerse en cuenta que si el resultado es positivo nos encontraríamos ante un sistema que actúa como una fuente neta de emisiones. En caso de que el resultado sea negativo se trataría de un sumidero de carbono.

Emisiones de Carbono = Emisiones de carbono liberado por el carbono orgánico del suelo, por la descomposición de los residuos del cultivo y por otras emisiones imputables a las actividades agrícolas + Emisiones de carbono asociadas con las operaciones agrícolas



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Componentes de las emisiones de carbono	Emisiones de CO ₂ y de otros GEI (kt CO ₂ -eq/año)
Emisiones de C liberado por el C orgánico del suelo, por la descomposición de los residuos del cultivo y por otras emisiones imputables a las actividades agrícolas	7.002,70
Emisiones de carbono asociadas con las operaciones agrícolas	19.028,05
Total de emisiones	26.030,75

Tabla 9.- Emisiones totales de CO₂ y otros gases de efecto invernadero, de la agricultura española.

Absorción y secuestro de carbono = Absorciones netas de carbono por la biomasa viva aérea y subterránea + Secuestro de carbono por la materia orgánica del suelo

Componentes de las absorciones de carbono	Absorciones de CO ₂ (kt CO ₂ /año)	
Absorciones netas de carbono por la biomasa viva, aérea y subterránea	Cultivos leñosos	- 17.220,66
	Cultivos herbáceos	- 38.598,84
	Total	- 55.819,50
Secuestro de carbono por el suelo	Cultivos leñosos	- 1.975,00
	Cultivos herbáceos	---
	Total	- 1.975,00
Total de absorciones	- 57.794,50	

Tabla 10.- Balance entre emisiones y absorciones, de CO₂ y otros gases de efecto invernadero, de la agricultura española.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Con las limitaciones de información a las que se ha ido haciendo referencia a lo largo de este documento y, por tanto, con las cautelas correspondientes puede establecerse, como resultado de esta estimación, que el conjunto de la superficie agrícola cultivada en nuestro país se comporta como un sumidero neto de carbono, con una capacidad neta anual de absorción de 57.795 kilo toneladas de CO₂ por el suelo y la biomasa viva (aérea y subterránea) del conjunto de las producciones agrícolas (leñosas y herbáceas) y de 19.196 kilo toneladas de CO₂ para el suelo y los cultivos leñosos.

Las emisiones estimadas de CO₂ y otros gases de efecto invernadero se elevan a 26.031 kilo toneladas de CO₂ equivalente, lo que supone que el “Flujo neto de carbono” del conjunto de las producciones agrícolas, nos muestre un balance negativo de 31.764 kilo toneladas de CO₂ equivalente.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

7

*Protocolos para el cálculo de la
cantidad de CO_2 absorbida
y secuestrada por las
explotaciones agrícolas*



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Protocolos para el cálculo de la cantidad de CO₂ absorbida y secuestrada por las explotaciones agrícolas

Dejando el ámbito nacional y pasando a la situación de un cultivo o una explotación agrícola concreta, debe señalarse que para determinar su balance de carbono existen diferentes metodologías, presentando cada una de ellas ventajas e inconvenientes, por lo que la metodología a utilizar dependerá de la finalidad de la evaluación y de la disponibilidad de los datos necesarios para su realización.

En todo caso el balance se fundamentará en confrontar, por un lado, las emisiones de CO₂ y de otros GEI producidos por las prácticas del cultivo, y por otro, la captura de carbono estable por la biomasa viva y el secuestro de carbono por el suelo.

No disponemos en España de una norma general, estandarizada y sencilla de aplicar que permita cuantificar la fijación de CO₂ que llevan a cabo los diferentes cultivos, en nuestras condiciones ambientales y la gestión de las explotaciones, tal como si existe para las plantaciones forestales.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Para el sector forestal, la “Guía para la estimación de absorciones de dióxido de carbono”⁹ está planteada como un documento que recoge las metodologías de cálculo desarrolladas para la estimación de las absorciones de CO₂ generadas por proyectos forestales inscribibles en el Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono, del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

En el ámbito de la Unión Europea se han desarrollado algunas metodologías, por parte de instituciones públicas y también por organizaciones privadas, para el cálculo del secuestro de carbono en la agricultura y se han establecido estándares para la certificación del carbono orgánico absorbido por el suelo y bajo la forma de biomasa viva por algunos cultivos, como los siguientes:

- Carbon Farming Scheme.
- Label Bas Carbone.
- Puro.earth.
- Verra.
- Carbocert.
- Soil Capital Carbon.

9 Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2024). *Guía para la estimación de absorciones de dióxido de carbono* (Versión 5). Publicada en marzo de 2024. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guiapa_tcm30-479094.pdf



Dada la necesidad de promover proyectos agrícolas que puedan actuar y ser reconocidos como sumideros de carbono para contribuir desde la agricultura al objetivo de lograr la neutralidad climática en 2050 y, en línea con la apuesta de la Comisión Europea por la agricultura del carbono, resulta de especial importancia disponer de metodologías de cálculo que, contando con la validación de las administraciones públicas, faciliten estimar de manera sencilla las absorciones totales de carbono en explotaciones agrícolas, especialmente en plantaciones de cultivos leñosos, cuyo resultado permitiera la inscripción de los proyectos de absorción en el indicado Registro.

En este mismo sentido, al disponer nuestro país de unas favorables condiciones para el desarrollo de la producción agrícola y la fijación de CO₂, existe también un gran potencial para el desarrollo de los mercados de carbono que estimulen el uso de prácticas sostenibles y ofrezcan financiación adicional a los agricultores. Por ello, la próxima aprobación de un Reglamento comunitario sobre un marco de certificación para las eliminaciones de carbono, aportará garantía y fiabilidad a los sistemas de certificación y supondrá un impulso al desarrollo de los mercados voluntarios para la absorción de carbono y el reconocimiento de la labor de agricultores y silvicultores en la descarbonización.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

8

Conclusiones



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Conclusiones

La agricultura emerge como un aliado crucial en la lucha contra el cambio climático al proporcionar soluciones prácticas y sostenibles para la captura y almacenamiento a largo plazo de carbono. La implementación de prácticas agrícolas innovadoras, respaldadas por políticas efectivas, puede convertir a la agricultura en un potente sumidero natural de carbono, contribuyendo a un futuro más sostenible y resiliente.

Mediante este informe se busca ayudar a transmitir la idea de que es importante tomar conciencia de que la agricultura tiene un potencial muy significativo para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar el secuestro y retirada de carbono a un coste muy inferior que los esfuerzos de mitigación de otros sectores. Lo cual es posible por la función fotosintética de la vegetación que hace posible de manera natural la captura de CO₂ por los cultivos (en raíces, troncos, ramas, hojas, tallos y frutos) y su almacenamiento y secuestro en la biomasa viva de los cultivos permanentes y bajo forma de carbono orgánico en el suelo.

Se ha cumplido el doble objetivo marcado para la elaboración de este informe, el primero, la puesta en valor del potencial de la agricultura española como sumidero natural de carbono, que se pone de manifiesto si tenemos en cuenta que la comparación entre emisiones y absorciones nos ofrece el resultado, para el conjunto de las producciones agrícolas, de un balance negativo de 31.764 kilo toneladas de CO₂ equivalente, al año.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

También se ha podido cumplir el segundo de los objetivos fijados, al acotar el potencial de absorción neta de CO₂ del conjunto de la agricultura española en 57.795 kilo toneladas de CO₂, al año, tanto por el suelo agrícola como por la biomasa viva del conjunto de las producciones leñosas y herbáceas. Habiéndose también puesto de manifiesto las diferencias que se registran entre los distintos cultivos y en la distribución territorial de dicha capacidad.

Los anteriores resultados refuerzan la importancia de la agricultura española como sumidero natural de carbono y, por tanto, la oportunidad que ofrece para convertirse en para convertirse en un aliado imprescindible para alcanzar los objetivos de descarbonización del Acuerdo de París.



**CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS**

ANEXO 1

*Estimaciones de las emisiones de
gases de efecto invernadero asociadas
a las actividades desarrolladas
en las explotaciones agrícolas*



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

ANEXO 1

ESTIMACIONES DE LAS EMISIONES DE GEIs ASOCIADAS A LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LAS EXPLOTACIONES AGRÍCOLAS

1. Huella de carbono de los cultivos agrícolas

Con el objetivo indicado de cuantificar, de una forma aproximada, las emisiones de gases de efecto invernadero del conjunto de la agricultura española, como sumatorio de las huellas de carbono de las principales producciones agrícolas en campo, se han recopilado los estudios, a los que seguidamente se hace referencia, con el propósito de obtener el total de las emisiones aplicando los resultados publicados al conjunto de la superficie cultivada.

Se recogen seguidamente los datos contenidos en diferentes publicaciones, relativas al cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero en diversos cultivos:

1.1. Emisión estimada de gases de efecto invernadero en las explotaciones de cultivos leñosos.

1.1.1. Resultados para los frutales de hueso y pepita

Referencias	Cultivo	Emisión estimada (kg C-eq/ha)	Emisión estimada (kg CO ₂ -eq/ha)
Doménech, J., Martínez, M. y Fernández, M. (2010). La Agricultura y el CO ₂ . Cuaderno de Campo Nº 45. Revista Técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Gobierno de La Rioja	Peral	---	4.000,00
	Melocotonero	---	4.110,00
	Manzano	---	3.430,00
Emisiones totales estimadas, de gases de efecto invernadero, asociadas a las actividades del conjunto de las explotaciones de:	Emisión estimada (kg CO ₂ -eq/ha)	Superficie cultivada en regadío	Emisión total estimada (kt CO ₂ -eq/año)
Peral	4.000,00	20.221	80,88
Melocotonero	4.110,00	44.348	182,27
Manzano	3.430,00	29.490	101,15

1.1.2. Resultados para frutos secos

Referencias	Cultivo	Emisión estimada (kg C-eq/ha)	Emisión estimada (kg CO ₂ -eq/ha)
Doménech, J., Martínez, M. y Fernández, M. (2010). La Agricultura y el CO ₂ . Cuaderno de Campo Nº 45. Revista Técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Gobierno de La Rioja	Almendro	---	1.650,00
Emisiones totales estimadas, de gases de efecto invernadero, asociadas a las actividades del conjunto de las explotaciones de almendro	Emisión estimada (kg CO ₂ -eq/ha)	Superficie cultivada en secano y regadío (ha)	Emisión total estimada (kt CO ₂ -eq/año)
	1.650,00	718.540	1.185,59



1.1.3. Resultados para olivar

Referencias	Observaciones	Emisión estimada (kg C-eq/ha)	Emisión estimada (kg CO ₂ -eq/ha)
López-Bellido Garrido, P.J. (2017). Balance y huella de carbono en plantaciones de olivar en el sur de España. UCOPress	<i>"[...] se han aplicado los factores de emisión de GEI expresados como C equivalente (kg CE/ha), de las operaciones de cultivo, incluidos los fertilizantes y productos fitosanitarios utilizados en cada parcela estudiada. La media de emisiones totales de las operaciones de cultivo de las parcelas del estudio ha sido 113 ± 54 kg CE/ha; con importantes diferencias entre las mismas".</i>	113,00	414,37
Doménech, J., Martínez, M. y Fernández, M. (2010). La Agricultura y el CO ₂ . Cuaderno de Campo Nº 45. Revista Técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Gobierno de La Rioja		---	2.410,00
Emisiones totales estimadas, de gases de efecto invernadero, asociadas a las actividades del conjunto de las explotaciones de olivar	Emisión estimada (kg CO ₂ -eq/ha)	Superficie cultivada en secano y regadío (ha)	Emisión total estimada (kt CO ₂ -eq/año)
	414,37	2.545.976	1.054,98

1.1.4. Resultados para viñedo de vinificación

Referencias	Cultivo	Emisión estimada (kg C-eq/ha)	Emisión estimada (kg CO ₂ -eq/ha)
Doménech, J., Martínez, M. y Fernández, M. (2010). La Agricultura y el CO ₂ . Cuaderno de Campo Nº 45. Revista Técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Gobierno de La Rioja	Viñedo de vinificación	---	2.470,00
Emisiones totales estimadas, de gases de efecto invernadero, asociadas a las actividades del conjunto de las explotaciones de viñedo de vinificación	Emisión estimada (kg CO ₂ -eq/ha)	Superficie cultivada en secano y regadío (ha)	Emisión total estimada (kt CO ₂ -eq/año)
	2.470,00	915.010	2.260,07



1.2. Emisión estimada de gases de efecto invernadero en las explotaciones de cultivos herbáceos.

1.2.1. Resultados para cereales de invierno

Referencias		Cultivo	Emisión estimada (kg C-eq/ha)	Emisión estimada (kg CO2-eq/ha)
Irantzu Bermejo Ruiz, I. (2014) Huella hídrica y de carbono en cultivos extensivos de regadío en el sur de Navarra. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Navarra.		Trigo	---	1.857,42
		Cebada	---	1.925,74
Doménech, J., Martínez, M. y Fernández, M. (2010). La Agricultura y el CO ₂ . Cuaderno de Campo Nº 45. Revista Técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Gobierno de La Rioja		Trigo	---	2.040,00
		Cebada	---	2.030,00
Emisiones totales estimadas, de gases de efecto invernadero, asociadas a las actividades del conjunto de las explotaciones de cereales de invierno		Emisión estimada (kg CO ₂ -eq/ha)	Superficie cultivada en secano y regadío (ha)	Emisión total estimada (kt CO ₂ -eq/año)
Trigo	Se utilizan los datos del estudio de La Rioja, por ser los más elevados	2.040,00	1.912.599	3.901,70
Cebada		2.030,00	2.749.039	5.580,55

1.2.2. Resultados para cereales de primavera

Referencias		Cultivo	Emisión estimada (kg C-eq/ha)	Emisión estimada (kg CO ₂ -eq/ha)
Irantzu Bermejo Ruiz, I. (2014) Huella hídrica y de carbono en cultivos extensivos de regadío en el sur de Navarra. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Navarra.		Maíz	---	2.268,53
Emisiones totales estimadas, de gases de efecto invernadero, asociadas a las actividades del conjunto de las explotaciones de maíz		Emisión estimada (kg CO ₂ -eq/ha)	Superficie cultivada en regadío (ha)	Emisión total estimada (kt CO ₂ -eq/año)
		2.268,53	297.123	674,03

1.2.3. Resultados para cultivos forrajeros

Referencias	Cultivo	Emisión estimada (kg C-eq/ha)	Emisión estimada (kg CO2-eq/ha)
Irantzu Bermejo Ruiz, I. (2014) Huella hídrica y de carbono en cultivos extensivos de regadío en el sur de Navarra. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Navarra.	Alfalfa	---	690,64
	Veza	---	356,38
Emisiones totales estimadas, de gases de efecto invernadero, asociadas a las actividades del conjunto de las explotaciones de cultivos forrajeros	Emisión estimada (kg CO ₂ -eq/ha)	Superficie cultivada en regadío (ha)	Emisión total estimada (kt CO ₂ -eq/año)
Alfalfa	690,64	133.123	91,94
Veza	356,38	17.264	6,15

1.2.4. Resultados para cultivos industriales

Referencias	Cultivo	Emisión estimada (kg C-eq/ha)	Emisión estimada (kg CO ₂ -eq/ha)
Doménech, J., Martínez, M. y Fernández, M. (2010). La Agricultura y el CO ₂ . Cuaderno de Campo Nº 45. Revista Técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Gobierno de La Rioja	Remolacha	---	3.360,00
	Patata	---	8.640,00
Emisiones totales estimadas, de gases de efecto invernadero, asociadas a las actividades del conjunto de las explotaciones de tubérculos y cultivos industriales	Emisión estimada (kg CO ₂ -eq/ha)	Superficie cultivada en secano y regadío (ha)	Emisión total estimada (kt CO ₂ -eq/año)
Remolacha	3.360,00	24.779	83,26
Patata	8.640,00	60.055	518,88

1.2.5. Resultados para hortalizas

Referencias	Cultivo	Emisión estimada (kg C-eq/ha)	Emisión estimada (kg CO ₂ -eq/ha)
Doménech, J., Martínez, M. y Fernández, M. (2010). La Agricultura y el CO ₂ . Cuaderno de Campo Nº 45. Revista Técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Gobierno de La Rioja	Alcachofa	---	2.160,00
	Coliflor	---	3.310,00
Emisiones totales estimadas, de gases de efecto invernadero, asociadas a las actividades del conjunto de las explotaciones de hortalizas	Emisión estimada (kg CO ₂ -eq/ha)	Superficie cultivada en regadío (ha)	Emisión total estimada (kt CO ₂ -eq/año)
Alcachofa	2.160,00	13.762	29,73
Coliflor	3.310,00	9.079	30,05



2. Huella de carbono para el conjunto del sector agrícola

Como se ha indicado en el punto 8 del informe, al no ser posible estimar las emisiones derivadas del conjunto de las producciones agrícolas mediante la integración de las huellas de carbono, evaluadas por distintos autores, de los principales cultivos, se ha buscado una aproximación considerando al sector agrícola como una organización y aplicando el procedimiento establecido al efecto. En los puntos siguientes se recogen las diferentes estimaciones realizadas e hipótesis aplicadas.

2.1. Estimación de las emisiones derivadas de la utilización de productos fitosanitarios

Partiendo de los datos contenidos en la "Encuesta de Utilización de Productos Fitosanitarios"

¹⁰, que realiza quinquenalmente el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación para dar respuesta al Reglamento (CE) 1185/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, podemos conocer las cantidades de las distintas sustancias activas contenidas en los productos fitosanitarios aplicados a una serie de cultivos seleccionados por su importancia, así como la superficie tratada de cada cultivo.

Utilizando los últimos resultados disponibles, que se refieren al año agrícola 2019, esto es, al periodo comprendido entre el 30 de septiembre de 2018 y el 1 de octubre de 2019, que cubre todo el territorio nacional y en la que se han investigados los cultivos con mayor superficie cultivada: cebada, cítricos, frutas de clima templado, frutos secos, girasol, hortalizas, olivo, trigo y viñedo, se han estimado las cantidades de las sustancias activas contenidas en los productos fitosanitarios aplicados en las explotaciones agrícolas de nuestro país. En la tabla siguiente se recogen las cantidades aplicadas, en kilogramos, de los distintos grupos de productos fitosanitarios y para los cultivos considerados.

	Fungicidas y bactericidas	Herbicidas, desbrozadores y musguicidas	Insecticidas y acaricidas	Molusquicidas	Reguladores de crecimiento	Otros productos fitosanitarios	TOTAL
Cebada	235.209	1.105.351	7.952	12	4	78.788	1.427.315
Trigo	377.481	1.131.121	126.664	265	7.523	130.829	1.773.882
Cítricos	370.724	197.333	1.058.896	2.329	956	40.531	1.670.768
Futales	1.064.923	202.842	916.671	808	4.586	30.428	2.220.257
Frutos secos	854.887	511.616	611.019	0	175	15.980	1.993.677
Girasol	762	442.205	24.819	0	0	17.096	484.851
Hortalizas	4.290.261	252.528	241.390	556	5.235	839.916	5.629.886
Olivar	2.062.187	1.813.342	430.953	0	486	258.610	4.565.578
Viñedo	22.867.249	437.409	183.932	6	11.728	70.380	23.570.704
TOTAL	32.123.682	6.093.747	3.602.295	3.976	30.693	1.482.527	43.336.920

Una vez conocidas las cantidades totales, de las materias activas de los diferentes grupos de productos fitosanitarios utilizadas anualmente en las explotaciones agrarias, dispondremos del dato de actividad generadora de las emisiones de gases de efecto invernadero y podremos estimar las emisiones que se derivan de dicha utilización aplicando los correspondientes factores de emisión, tal como se recoge en la tabla siguiente:

¹⁰ https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/maquetacioninformededatosdelaeupf19_tcm30-577679.pdf



Productos fitosanitarios	Datos de actividad (kg m.a.)	Factores de emisión (kg C-eq/kg m.a.)*	Emisión total estimada (kt CO ₂ -eq/año)**
Insecticidas	3.602.295	5,1	67,37
Fungicidas	32.123.682	3,9	459,41
Herbicidas	6.093.747	6,3	140,78
Reguladores del crecimiento y Mulsuquicidas	34.669	2,3	0,29
Otros productos	1.486.503	4,4	23,92
TOTAL	43.336.920		691,78

(*) Dada la diversidad de materias activas existentes, se ha utilizado como factor de emisión, para cada tipo de producto fitosanitario, el valor medio de los factores de emisión de las materias activas.

(**) Los valores de los factores de emisión se expresan en unidades de C equivalente, por lo que para transformar el resultado final en unidades de CO₂ equivalente, se utiliza el coeficiente 0,2727 correspondiente a la relación “masa atómica del carbono [12]”/“masa molecular del CO₂ [44]”.

2.2. Estimación de las emisiones derivadas de la fertilización

En este caso, los datos de actividad provienen de la “Estadística de Consumo de Fertilizantes en Agricultura”¹¹, publicada anualmente por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, en la que se recoge el consumo agrícola de fertilizantes inorgánicos por tonelada de producto y por elemento fertilizante.

No se dispone de información sobre las cantidades consumidas de fertilizantes orgánicos y de correctores cálcicos, por lo que no se han podido tener en cuenta al llevar acabo la estimación de las emisiones derivadas de la fertilización.

Utilizando los datos de dicha estadística, correspondientes al año 2022, como datos de actividad generadora de las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de la fertilización inorgánica, y aplicando los correspondientes factores de emisión, obtenemos como emisiones derivadas de dicha utilización los datos que se recogen en la tabla siguiente:

Fertilizantes minerales	Datos de actividad (t)	Factores de emisión (kg C-eq/kg m.a.)	Emisión total estimada (kt CO ₂ -eq/año)*
Nitrógeno (N)	744.072	1,30	3.547,10
Fósforo (P ₂ O ₅)	242.115	0,20	177,57
Potasio (K ₂ O)	306.819	0,15	168,77
TOTAL	1.293.006		3.893,43

(*) Los valores de los factores de emisión se expresan en unidades de C equivalente, por lo que para transformar el resultado final en unidades de CO₂ equivalente, se utiliza el coeficiente 0,2727 correspondiente a la relación “masa atómica del carbono [12]”/“masa molecular del CO₂ [44]”.

¹¹ https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/fertilizantes2022_provisionaleswebpdf_tcm30-660466.pdf

2.3. Estimación de las emisiones derivadas del consumo de combustible

En el marco de este informe no es posible evaluar con detalle la huella de carbono derivada del conjunto de las labores agrícolas, de las diferentes operaciones de cultivo y de otras actividades que se desarrollan en el sector agrario correspondientes a la utilización de maquinaria, el desplazamiento de vehículos agrícolas y el funcionamiento de equipos que utilizan motores de combustión, por ello se ha buscado una aproximación procediendo a abordar el cálculo de la huella de carbono utilizando el tipo y cantidad de combustible consumido por el sector agrario.

No se dispone de estadísticas específicas sobre el consumo de gasóleo por la agricultura. Para poder realizar una estimación, se han tenido en cuenta las siguientes cuestiones:

- El Gasóleo B es el tipo de combustible propio de la agricultura, ya se usa, fundamentalmente, para combustible de tractores y maquinaria agrícola, por el sector de la aviación y las embarcaciones, siempre que sean para uso y actividades profesionales, no de recreo. Pudiendo ser también utilizado en algunos motores industriales o en vehículos especiales no matriculados.
- El consumo total de Gasóleo B en nuestro país puede encontrarse en diversas estadísticas, como es la de “Consumos de gasolinas, gasóleos y fuelóleos por provincias y comunidades autónomas” ¹² publicada por la Corporación de Reservas Estratégicas de Productos Petrolíferos. Según dichos datos, en el año 2022 se comercializaron un total de 4.611.451 toneladas de Gasóleo B. Que teniendo en cuenta la densidad del gasóleo [*de 850 kg/m³*] supone un total de 5.425.000 miles de litros.
- El consumo anual de Gasóleo B que realizan los buques pesqueros en el caladero nacional puede estimarse a partir de los datos contenidos en la “Encuesta Económica de Pesca Marítima”¹³, en la que se recogen los datos de combustible relacionados con el tipo de pesca, la zona y la eslora de los buques. De acuerdo con las estimaciones realizadas se puede estimar que la flota nacional realizó en 2022 un consumo en el caladero nacional de unos 80.000 miles de litros de gasóleo [a efectos del cálculo se ha supuesto que los buques que operan fuera de los caladeros nacionales se abastecen de combustible en puertos no nacionales].
- Teniendo en cuenta lo anterior, se puede estimar que el consumo de Gasóleo B por la agricultura española se sitúa en el entorno de los 5.345 millones de litros.
- El factor de emisión que corresponde aplicar al Gasóleo B, es de 2,702 kg CO₂-eq/l, tal como se recoge en “Factores de emisión registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono. Junio 2023”¹⁴.

¹² <https://www.cores.es/files/archivos/estadisticas/consumos-pp-ccaa-provincias.xlsx>

¹³ https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-pesqueras/2022_principales-resultados_encuesta-economica-pm_tcm30-667818.pdf

¹⁴ https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factoresemission_tcm30-479095.pdf



Utilizando la cantidad de 5.345,24 millones de litros del consumo de Gasóleo B por el sector agrícola, como datos de actividad generadora de las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del consumo de carburantes y aplicando el indicado factor de emisión, obtenemos como emisiones derivadas de dicha utilización, la cantidad que se recoge en la tabla siguiente:

Combustibles	Datos de actividad (millones de l)	Factores de emisión (kg CO ₂ -eq/l)	Emisión total estimada (kt CO ₂ -eq/año)
Gasóleo B	5.345,24	2,702	14.442,84
TOTAL	5.345,24		14.442,84

ANEXO 2

*Estimaciones de la capacidad
potencial de absorción de CO_2 por
la biomasa viva, aérea y subterránea,
de los cultivos leñosos y herbáceos*



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

ANEXO 2

ESTIMACIONES DE LA CAPACIDAD POTENCIAL DE ABSORCIÓN DE CO₂ POR LA BIOMASA VIVA, AÉREA Y SUBTERRÁNEA, DE LOS CULTIVOS LEÑOSOS Y HERBÁCEOS

1. Potencial de absorción de CO₂ en la biomasa viva aérea y subterránea de los cultivos leñosos.

1.1. Resultados para los frutales de hueso y pepita

Cultivo	Referencias y Observaciones		Parte de la planta	Tasa de secuestro estimada (t C/ha/año)	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)
Albaricoquero	Mota, C., Alcaraz-López, C., Iglesias, M., Martínez-Ballesta, M.C., Carvajal, M. (2010) Investigación sobre la absorción de CO ₂ por los cultivos más representativos de la Región de Murcia. CEBAS-CSIC. Los datos se han obtenido de plantas cultivadas en regadío		Raíz, ramas, hojas y tronco	2,958	10,85
			Fruto	1,743	6,39
			Total	4,701	17,24
	Pergola, M., Persiani, A., Pastore, V., Palese, A. M., Arous, A., y Celano, G. (2017). A comprehensive Life Cycle Assessment (LCA) of three apricot orchard systems located in Metapontino area (Southern Italy). Journal of Cleaner Production, 142.		Ramas, hojas y tronco		2,9
			Raíz		0,7
			Total		3,6
	Espada, J.L., (2013). Los árboles frutales como sumideros de CO2 desempeñan un importante servicio ambiental. Informaciones Técnicas del Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente. Gobierno de Aragón. Núm.248. Los datos se han obtenido de plantas cultivadas en regadío		Biomasa total aérea y subterránea		21,03
Absorción estimada en la superficie de cultivo	Tipo cultivo	Superficie cultivada (ha)	Parte de la planta	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)	Absorción total (kt CO ₂ /año)
Se han utilizado los datos procedentes del trabajo realizado por el CEBAS-CSIC, al estar referidos a trabajos realizados en plantaciones de nuestro país y disponer de una información más detallada sobre las absorciones	Regadío	17.781	Raíz, ramas, hojas y tronco	10,85	192,87
			Fruto	6,39	113,65
			Total	17,24	306,52
	Secano	2.002	Raíz, ramas, hojas y tronco	6,29	12,60
			Fruto	3,71	7,42
			Total	10,00	20,02
	Total	19.783	Raíz, ramas, hojas y tronco		205,47
			Fruto		121,07
			Total		326,54



Cultivo	Referencias y Observaciones		Parte de la planta	Tasa de secuestro estimada (t C/ha/año)	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)	
Ciruelo	Mota, C., Alcaraz-López, C., Iglesias, M., Martínez-Ballesta, M.C., Carvajal, M. (2010) Investigación sobre la absorción de CO ₂ por los cultivos más representativos de la Región de Murcia. CEBAS-CSIC.		Raíz, ramas, hojas y tronco	3,354	12,30	
			Fruto	2,979	10,92	
	Los datos se han obtenido de plantas cultivadas en regadío		Total	6,333	23,22	
	Espada, J.L., (2013). Los árboles frutales como sumideros de CO2 desempeñan un importante servicio ambiental. Informaciones Técnicas del Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente. Gobierno de Aragón. Núm.248. Los datos se han obtenido de plantas cultivadas en regadío		Biomasa total aérea y subterránea		23,28	
Absorción estimada en la superficie de cultivo		Tipo de cultivo	Superficie cultivada (ha)	Parte de la planta	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)	Absorción total (kt CO ₂ /año)
Se han utilizado los datos procedentes del trabajo realizado por el CEBAS-CSIC, al estar referidos a trabajos realizados en plantaciones de nuestro país y disponer de una información más detallada sobre las absorciones		Regadío	12.559	Raíz, ramas, hojas y tronco	12,30	177,18
				Fruto	10,92	157,37
				Total	23,22	334,55
		Secano	1.847	Raíz, ramas, hojas y tronco	7,63	14,08
				Fruto	6,77	12,51
				Total	14,40	26,59
		Total	14.406	Raíz, ramas, hojas y tronco		168,55
				Fruto		149,70
				Total		318,25



Cultivo	Referencias y Observaciones	Parte de la planta	Tasa de secuestro estimada (t C/ha/año)	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)
Melocotonero	Mota, C., Alcaraz-López, C., Iglesias, M., Martínez-Ballesta, M.C., Carvajal, M. (2010) Investigación sobre la absorción de CO ₂ por los cultivos más representativos de la Región de Murcia. CEBAS-CSIC. Los datos se han obtenido de plantas cultivadas en regadío	Raíz, ramas, hojas y tronco	5,553	20,36
		Fruto	2,185	8,01
		Total	7,738	28,38
	Montanaro, G., Tuzio, A. C., Xylogiannis, E., Kolimenakis, A., y Dichio, B. (2017). Carbon budget in a Mediterranean peach orchard under different management practices. Agriculture, Ecosystems and Environment, 238.	Total	8,1 – 6,3	29,70 – 23,10
	Espada, J.L., (2013). Los árboles frutales como sumideros de CO ₂ desempeñan un importante servicio ambiental. Informaciones Técnicas del Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente. Gobierno de Aragón. Núm.248. Los datos se han obtenido de plantas cultivadas en regadío	Biomasa total aérea y subterránea	---	27,27
	Doménech, J., Martínez, M. y Fernández, M. (2010). La Agricultura y el CO ₂ . Cuaderno de Campo Nº 45. Revista Técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Gobierno de La Rioja	Sólo se ha contabilizado la absorción directa de cada planta o cultivo, no la absorción adicional que se produce como consecuencia del sistema de mantenimiento del suelo utilizado con cubierta vegetal entre calles.	---	22,31

Absorción estimada en la superficie de cultivo	Tipo de cultivo	Superficie cultivada (ha)	Parte de la planta	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)	Absorción total (kt CO ₂ /año)
Se han utilizado los datos procedentes del trabajo realizado por el CEBAS-CSIC, al estar referidos a trabajos realizados en plantaciones de nuestro país y disponer de una información más detallada sobre las absorciones	Regadío	41.956	Raíz, ramas, hojas y tronco	20,36	854,34
			Fruto	8,01	336,17
			Total	28,38	1.190,51
	Secano	2.392	Raíz, ramas, hojas y tronco	12,62	30,20
			Fruto	4,97	11,88
			Total	17,59	42,08
	Total	44.348	Raíz, ramas, hojas y tronco		884,54
			Fruto		348,05
			Total		1.232,59



Cultivo	Referencias y Observaciones	Parte de la planta	Tasa de secuestro estimada (t C/ha/año)	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)	
Nectarino	Mota, C., Alcaraz-López, C., Iglesias, M., Martínez-Ballesta, M.C., Carvajal, M. (2010) Investigación sobre la absorción de CO ₂ por los cultivos más representativos de la Región de Murcia. CEBAS-CSIC. Los datos se han obtenido de plantas cultivadas en regadío	Raíz, ramas, hojas y tronco	4,406	16,16	
		Fruto	2,992	10,97	
		Total	7,398	27,13	
Absorción estimada en la superficie de cultivo	Tipo de cultivo	Superficie cultivada (ha)	Parte de la planta	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)	Absorción total (kt CO ₂ /año)
Se han utilizado los datos procedentes del trabajo realizado por el CEBAS-CSIC, por ser los únicos datos de que se ha dispuesto y por estar referidos a trabajos realizados en plantaciones de nuestro país	Regadío	27.107	Raíz, ramas, hojas y tronco	16,16	437.962
			Fruto	10,97	297.409
			Total	27,13	735.371
	Secano	603	Raíz, ramas, hojas y tronco	10,02	6.040
			Fruto	6,80	4.102
			Total	16,82	10.142
	Total	27.710	Raíz, ramas, hojas y tronco		444,00
			Fruto		301,51
			Total		745,51



Cultivo	Referencias y Observaciones	Parte de la planta	Tasa de secuestro estimada (t C/ha/año)	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)	
Cerezo	Espada, J.L., (2013). Los árboles frutales como sumideros de CO2 desempeñan un importante servicio ambiental. Informaciones Técnicas del Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente. Gobierno de Aragón. Núm.248. Los datos se han obtenido de plantas cultivadas en regadío	Biomasa total aérea y subterránea	6,77	24,81	
Absorción estimada por la superficie cultivada	Tipo de cultivo	Superficie cultivada (ha)	Parte de la planta	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)	Absorción total (kt CO ₂ /año)
Se han utilizado los datos procedentes del trabajo realizado por el Gobierno de Aragón por ser los únicos datos de que se ha dispuesto	Regadío	13.607	Biomasa total aérea y subterránea	24,81	337,59
	Secano	14.304	Biomasa total aérea y subterránea	24,81	354,88
	Total	27.911	Biomasa total aérea y subterránea	---	692,47



Cultivo	Referencias y Observaciones	Parte de la planta	Tasa de secuestro estimada (t C/ha/año)	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)	
Manzano	Espada, J.L., (2013). Los árboles frutales como sumideros de CO2 desempeñan un importante servicio ambiental. Informaciones Técnicas del Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente. Gobierno de Aragón. Núm.248. Los datos se han obtenido de plantas cultivadas en regadío	Biomasa total aérea y subterránea	---	21,98	
	Bargalló, D., Cañadas, V., Cecilia, F., y López, S. (2013). Propuesta de implementación del cultivo de manzano (Malus domestica) en la Val d’Alinyà. Análisis de viabilidad ambiental-económica y certificación de créditos voluntarios de carbono. PFC_ForestQuality_part01.pdf Los datos se han obtenido de plantas cultivadas en regadío.	Biomasa total aérea (ramas, hojas y tronco)	---	2,376 (35,64 t CO ₂ /ha para cultivos con 15 años)	
	Panzacchi, P., Tonon, G., Ceccon, C., Scandellari, F., Ventura, M., Zibordi, M., & Tagliavini, M. (2012). Belowground carbon allocation and net primary and ecosystem productivities in apple trees (Malus domestica) as affected by soil water availability. Plant and Soil, 360	Biomasa total aérea y subterránea	7,9 – 6,5	28,97 – 23,84	
	Doménech, J., Martínez, M. y Fernández, M. (2010). La Agricultura y el CO ₂ . Cuaderno de Campo Nº 45. Revista Técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Gobierno de La Rioja	Sólo se ha contabilizado la absorción directa de cada planta o cultivo, no la absorción adicional que se produce como consecuencia del sistema de mantenimiento del suelo utilizado con cubierta vegetal entre calles.	---	50,34	
Absorción estimada por la superficie cultivada	Tipo de cultivo	Superficie cultivada (ha)	Parte de la planta	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)	Absorción total (kt CO ₂ /año)
Se han utilizado los datos procedentes del trabajo realizado por el Gobierno de Aragón por presentar unos valores muy similares a los resultados ofrecidos por otra de las publicaciones disponibles	Regadío	17.110	Biomasa total aérea y subterránea	21,98	376,08
	Secano	12.380	Biomasa total aérea y subterránea	5,06	62,59
	Total	29.490	Biomasa total aérea y subterránea	---	438,66



Cultivo	Referencias y Observaciones	Parte de la planta	Tasa de secuestro estimada (t C/ha/año)	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)
Peral	Espada, J.L., (2013). Los árboles frutales como sumideros de CO ₂ desempeñan un importante servicio ambiental. Informaciones Técnicas del Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente. Gobierno de Aragón. Núm.248. Los datos se han obtenido de plantas cultivadas en regadío	Biomasa total aérea y subterránea	---	21,05
	Doménech, J., Martínez, M. y Fernández, M. (2010). La Agricultura y el CO ₂ . Cuaderno de Campo Nº 45. Revista Técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Gobierno de La Rioja	Sólo se ha contabilizado la absorción directa de cada planta o cultivo, no la absorción adicional que se produce como consecuencia del sistema de mantenimiento del suelo utilizado con cubierta vegetal entre calles.	---	45,67

Absorción estimada por la superficie cultivada	Tipo de cultivo	Superficie cultivada (ha)	Parte de la planta	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)	Absorción total (kt CO ₂ /año)
Se han utilizado los datos procedentes del trabajo realizado por el Gobierno de Aragón por coherencia con los datos utilizados en otros cultivos	Regadío	19.203	Biomasa total aérea y subterránea	21,05	404,22
	Secano	1.018	Biomasa total aérea y subterránea	3,16	3,21
	Total	20.221	Biomasa total aérea y subterránea	---	407,44



1.2. Resultados para los frutos secos

Cultivo	Referencias y Observaciones	Parte de la planta	Tasa de secuestro estimada (t C/ha/año)	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)		
Almendro	Espada, J.L., (2013). Los árboles frutales como sumideros de CO2 desempeñan un importante servicio ambiental. Informaciones Técnicas del Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente. Gobierno de Aragón. Núm.248. Los datos se han obtenido de plantas cultivadas en regadío.	Biomasa total aérea y subterránea	---	22,24		
	Funes, I., Molowny-Horas, R., Savé, R., De Herralde, F., Aranda, X., & Vayreda, J. (2022). Carbon stocks and changes in biomass of Mediterranean woody crops over a six-year period in NE Spain. Agronomy for Sustainable Development, 42(5)	Biomasa total aérea y subterránea	2,3	8,43		
	Doménech, J., Martínez, M. y Fernández, M. (2010). La Agricultura y el CO ₂ . Cuaderno de Campo Nº 45. Revista Técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Gobierno de La Rioja	Sólo se ha contabilizado la absorción directa de cada planta o cultivo, no la absorción adicional que se produce como consecuencia del sistema de mantenimiento del suelo utilizado con cubierta vegetal entre calles.	---	6,30		
Absorción estimada por la superficie cultivada		Tipo de cultivo	Superficie cultivada (ha)	Parte de la planta	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)	Absorción total (kt CO ₂ /año)
Se han utilizado los datos procedentes del trabajo realizado por Funes et al., por contemplar conjuntamente el secano y el regadío.		Secano y regadío	718.540	Biomasa total aérea y subterránea	8,43	6.060,24



Cultivo	Referencias y Observaciones		Parte de la planta	Tasa de secuestro estimada (t C/ha/año)	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)	
Pistacho	Rousta Touba, Fallah Asghar, Amirnejad Hamid and Bordbar S. Kazem. (2013). A study on carbon stoks and CO ₂ uptake in natural pistachio-Amygdalus forest research in Fars, Iran. European Journal of Experimental Biology, 2013, 3(3):443-449		Biomasa total aérea y subterránea	---	6,86	
Absorción estimada por la superficie cultivada		Tipo de cultivo	Superficie cultivada (ha)	Parte de la planta	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)	Absorción total (kt CO ₂ /año)
		Secano y regadío	61.231	Biomasa total aérea y subterránea	6,86	420,04



1.3. Resultados para los cítricos en regadío

Cultivo	Referencias y Observaciones	Parte de la planta	Tasa de secuestro estimada (t C/ha/año)	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)
Naranja	Mota, C., Alcaraz-López, C., Iglesias, M., Martínez-Ballesta, M.C., Carvajal, M. (2010) Investigación sobre la absorción de CO ₂ por los cultivos más representativos de la Región de Murcia. CEBAS-CSIC. Los datos se han obtenido de plantas cultivadas en regadío	Raíz, ramas, hojas y tronco	2,032	7,45
		Fruto	3,620	13,27
		Total	5,652	20,73
Absorción estimada por la superficie cultivada	Superficie cultivada en regadío (ha)	Parte de la planta	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)	Absorción total (kt CO ₂ /año)
Se han utilizado los datos procedentes del trabajo realizado por el CEBAS-CSIC, por ser los únicos datos de que se ha dispuesto y por estar referidos a trabajos realizados en plantaciones de nuestro país	140.786	Raíz, ramas, hojas y tronco	7,45	1.049,05
		Fruto	13,27	1.868,87
		Total	20,73	2.917,91

Cultivo	Referencias y Observaciones	Parte de la planta	Tasa de secuestro estimada (t C/ha/año)	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)
Mandarino	Mota, C., Alcaraz-López, C., Iglesias, M., Martínez-Ballesta, M.C., Carvajal, M. (2010) Investigación sobre la absorción de CO ₂ por los cultivos más representativos de la Región de Murcia. CEBAS-CSIC. Los datos se han obtenido de plantas cultivadas en regadío	Raíz, ramas, hojas y tronco	0,722	2,65
		Fruto	2,808	10,30
		Total	3,530	12,94
Absorción estimada por la superficie cultivada	Superficie cultivada en regadío (ha)	Parte de la planta	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)	Absorción total (kt CO ₂ /año)
Se han utilizado los datos procedentes del trabajo realizado por el CEBAS-CSIC, por ser los únicos datos de que se ha dispuesto y por estar referidos a trabajos realizados en plantaciones de nuestro país	104.496	Raíz, ramas, hojas y tronco	2,65	276,66
		Fruto	10,30	1.075,99
		Total	12,94	1.352,65

Cultivo	Referencias y Observaciones	Parte de la planta	Tasa de secuestro estimada (t C/ha/año)	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)
Limonero	Mota, C., Alcaraz-López, C., Iglesias, M., Martínez-Ballesta, M.C., Carvajal, M. (2010) Investigación sobre la absorción de CO ₂ por los cultivos más representativos de la Región de Murcia. CEBAS-CSIC. Los datos se han obtenido de plantas cultivadas en regadío	Raíz, ramas, hojas y tronco	5,087	18,65
		Fruto	3,223	11,82
		Total	8,310	30,47
Absorción estimada por la superficie cultivada	Superficie cultivada en regadío (ha)	Parte de la planta	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)	Absorción total (kt CO ₂ /año)
Se han utilizado los datos procedentes del trabajo realizado por el CEBAS-CSIC, por ser los únicos datos de que se ha dispuesto y por estar referidos a trabajos realizados en plantaciones de nuestro país	48.196	Raíz, ramas, hojas y tronco	18,65	899,05
		Fruto	11,82	569,62
		Total	30,47	1.468,67



1.4. Resultados para viñedo de uva de mesa

Cultivo	Referencias y Observaciones	Parte de la planta	Tasa de secuestro estimada (t C/ha/año)	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)
Viñedo para uva de mesa	Mota, C., Alcaraz-López, C., Iglesias, M., Martínez-Ballesta, M.C., Carvajal, M. (2010) Investigación sobre la absorción de CO ₂ por los cultivos más representativos de la Región de Murcia. CEBAS-CSIC. Los datos se han obtenido de plantas cultivadas en regadío	Raíz, ramas, hojas y tronco	2,510	9,20
		Fruto	2,704	9,92
		Total	5,214	19,12
Absorción estimada por la superficie cultivada	Superficie cultivada en regadío (ha)	Parte de la planta	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)	Absorción total (kt CO ₂ /año)
Se han utilizado los datos procedentes del trabajo realizado por el CEBAS-CSIC, por ser los únicos datos de que se ha dispuesto y por estar referidos a trabajos realizados en plantaciones de nuestro país	13.594	Raíz, ramas, hojas y tronco	9,20	125,12
		Fruto	9,92	134,79
		Total	19,12	259,91



1.5. Resultados para viñedo de uva de vinificación

Cultivo	Referencias y Observaciones	Parte de la planta	Tasa de secuestro estimada (t C/ha/año)	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)
Viñedo de uva de vinificación	LIFE Medinet (2018) Mediterranean Network for Reporting Emissions and Removals in Cropland and Grassland. Biomass Data on Cropland and Grassland in the Mediterranean Region. https://www.lifemedinet.com/ Los datos se han obtenido de plantas cultivadas en secano y regadío.	Biomasa total aérea y subterránea	---	1,21
	Funes, I., Molowny-Horas, R., Savé, R., De Herralde, F., Aranda, X., & Vayreda, J. (2022). Carbon stocks and changes in biomass of Mediterranean woody crops over a six-year period in NE Spain. <i>Agronomy for Sustainable Development</i> , 42(5)	Biomasa total aérea y subterránea	0,35	1,28
	Doménech, J., Martínez, M. y Fernández, M. (2010). La Agricultura y el CO ₂ . Cuaderno de Campo Nº 45. Revista Técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Gobierno de La Rioja	Sólo se ha contabilizado la absorción directa de cada planta o cultivo, no la absorción adicional que se produce como consecuencia del sistema de mantenimiento del suelo utilizado con cubierta vegetal entre calles.	---	6,26
Absorción estimada por la superficie cultivada	Superficie cultivada en secano y regadío (ha)	Parte de la planta	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)	Absorción total (kt CO ₂ /año)
Se han utilizado los datos procedentes del trabajo realizado por Funes et al., por resultar la publicación más reciente y presentar resultados muy similares a la otra información disponible	915.010	Biomasa total aérea y subterránea	1,28	1.174,37



1.6. Resultados para olivar

Cultivo	Referencias y Observaciones	Parte de la planta	Tasa de secuestro estimada (t C/ha/año)	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)
Olivar	LIFE Medinet (2018). Mediterranean Network for Reporting Emissions and Removals in Cropland and Grassland. Biomass Data on Cropland and Grassland in the Mediterranean Region. https://www.lifemedinet.com/ Los datos se han obtenido de plantas cultivadas en secano y regadío.	Biomasa total aérea y subterránea	---	1,43
	Funes, I., Molowny-Horas, R., Savé, R., De Herralde, F., Aranda, X., & Vayreda, J. (2022). Carbon stocks and changes in biomass of Mediterranean woody crops over a six-year period in NE Spain. Agronomy for Sustainable Development, 42(5)	Biomasa total aérea y subterránea	0,38	1,39
	Doménech, J., Martínez, M. y Fernández, M. (2010). La Agricultura y el CO ₂ . Cuaderno de Campo Nº 45. Revista Técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Gobierno de La Rioja	Sólo se ha contabilizado la absorción directa de cada planta o cultivo, no la absorción adicional que se produce como consecuencia del sistema de mantenimiento del suelo utilizado con cubierta vegetal entre calles.	---	6,59
	Consejo Oleícola Internacional (2017). Balance de carbono del cultivo del olivo en el mundo. [IOC Report Balance carbono olivar.pdf]	En base a los resultados obtenidos en este estudio, se deduce que 1 Ha de olivar almacena 4,58 t CO ₂ /Ha	---	4,58
Olivar convencional	López-Bellido Garrido, P.J. (2017). Balance y huella de carbono en plantaciones de olivar en el sur de España. UCOPress	Biomasa total aérea y subterránea	0,238	0,87
Olivar intensivo			0,542	1,99
Olivar superintensivo			1,182	4,33



Absorción estimada por la superficie cultivada	Tipo de cultivo	Superficie cultivada en secano y regadío (ha)	Parte de la planta	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)	Absorción total (kt CO ₂ /año)
Se han utilizado los datos procedentes del trabajo realizado por López-Bellido Garrido, por considerarse el más ajustado a la realidad de las distintas modalidades de cultivo	Convencional	1.289.739	Biomasa total aérea y subterránea	0,87	1.125,62
	Intensivo	1.105.989		1,99	2.198,17
	Superintensivo	150.248		4,33	651,23
	Total			---	3.975,02



2. Potencial de absorción de CO₂ en la biomasa viva, aérea y subterránea, de los cultivos herbáceos.

2.1. Resultados para hortalizas en regadío

Para estimar las absorciones anuales por la biomasa viva, aérea y subterránea, de las hortalizas, se utilizan los resultados del trabajo realizado por el CEBAS-CSIC, al ser los datos publicados de que se ha dispuesto y por estar referidos a los trabajos realizados en una de las principales zonas productoras de nuestro país.

Cultivo	Parte de la planta	Tasa de secuestro estimada (t C/ha/año) *	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año) *	Superficie cultivada en regadío (ha)	Absorción total estimada (kt CO ₂ /año)
Tomate	Raíz, tallo y hojas	3,966	14,54	55.468	806,69
	Fruto	4,704	17,25		956,80
	Total	8,67	31,79		1.763,49
Pimiento	Raíz, tallo y hojas	4,795	17,58	21.587	379,57
	Fruto	1,375	5,04		108,84
	Total	6,170	22,63		488,42
Sandía	Raíz, tallo y hojas	0,940	3,45	21.617	74,51
	Fruto	0,680	2,49		53,90
	Total	1,620	5,94		128,42
Melón	Raíz, tallo y hojas	0,805	2,95	18.517	54,66
	Fruto	1,385	5,08		94,04
	Total	2,190	8,03		148,71
Lechuga	Raíz	2,320	8,51	34.005	289,30
	Tallo y hojas	4,592	16,84		572,61
	Total	6,912	25,35		861,90
Brócoli	Raíz, tallo y hojas	5,864	21,50	31.967	687,40
	Inflorescencia	0,96	3,52		112,53
	Total	6,824	25,02		799,93
Coliflor	Raíz, tallo y hojas	6,593	24,18	9.079	219,50
	Inflorescencia	3,267	11,98		108,77
	Total	9,860	36,16		328,27
Alcachofa	Raíz, tallo y hojas	3,108	11,40	13.762	156,85
	Inflorescencia	0,432	1,580		21,80
	Total	3,540	12,98		178,65
Absorción total por la biomasa viva, aérea y subterránea					4.697,77
Absorción por la biomasa de frutos, inflorescencias y otras partes recolectadas					2.029,29

(*) Mota, C., Alcaraz-López, C., Iglesias, M., Martínez-Ballesta, M.C., Carvajal, M. (2010) *Investigación sobre la absorción de CO₂ por los cultivos más representativos de la Región de Murcia*. CEBAS-CSIC.

Como complemento de lo anterior, se incluye la información contenida en la publicación de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, del Gobierno de La Rioja, a la que se ha hecho anteriormente referencia.

Cultivos	Referencias y Observaciones	Parte de la planta	Tasa de secuestro estimada (t C/ha/año)	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)
Alcachofa	Doménech, J., Martínez, M. y Fernández, M. (2010). La Agricultura y el CO ₂ . Cuaderno de Campo Nº 45. Revista Técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Gobierno de La Rioja	Sólo se ha contabilizado la absorción directa de cada planta o cultivo, no la absorción adicional que se produce como consecuencia del sistema de mantenimiento del suelo utilizado con cubierta vegetal entre calles.	---	8,90
Coliflor			---	6,85



2.2. Resultados para cereales de invierno

Al igual que para las hortalizas, para estimar las absorciones de la biomasa viva, aérea y radicular, de los cereales de invierno se han empleado los resultados de contenidos en el citado trabajo del CEBAS-CSIC, que están elaborados para el cultivo en regadío. Para estimar las absorciones que pueden estimarse para el cultivo de secano se han minorado los resultados para el regadío con la relación entre el rendimiento medio nacional del secano y del regadío.

Cultivo	Parte de la planta	Cultivo de regadío			Cultivo de secano			Total	
		Tasa de secuestro estimada (t C/ha/año) *	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año) *	Superficie cultivada	Absorción total estimada (t CO ₂ /año)	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año) **	Superficie cultivada	Absorción total estimada (t CO ₂ /año)	Absorción total estimada (kt CO ₂ /año)
Trigo	Raíz	0,232	0,85	264.654	225.153	0,61	1.647.945	1.009.071	1.234,22
	Parte aérea	3,540	12,98		3.435.521	9,34		15.397.035	18.832,56
	Total	3,772	13,83		3.660.674	9,96		16.406.106	20.066,78
Cebada	Raíz	0,249	0,91	363.361	331.779	0,63	2.385.678	1.494.365	1.826,14
	Parte aérea	3,000	11,00		3.997.334	7,55		18.004.404	22.001,74
	Total	3,249	11,91		4.329.113	8,17		19.498.769	23.827,88
Avena	Raíz	0,175	0,64	49.974	32.070	0,39	456.194	178.702	210,77
	Parte aérea	3,604	13,22		660.450	8,07		3.680.233	4.340,68
	Total	3,779	13,86		692.519	8,64		3.858.935	4.551,45

(*) Mota, C., Alcaraz-López, C., Iglesias, M., Martínez-Ballesta, M.C., Carvajal, M. (2010) *Investigación sobre la absorción de CO₂ por los cultivos más representativos de la Región de Murcia*. CEBAS-CSIC.

(**) La absorción media para el cultivo de secano se ha estimado multiplicando la absorción correspondiente al cultivo de regadío por la relación existente entre los rendimientos nacionales del secano y del regadío.

En relación con estos cultivos, la información contenida en la citada publicación de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, del Gobierno de La Rioja, se incluye en la siguiente tabla, y sus valores son muy similares a los anteriormente presentados:

Cultivos	Referencias y Observaciones	Parte de la planta	Tasa de secuestro estimada (t C/ha/año)	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)
Trigo	Doménech, J., Martínez, M. y Fernández, M. (2010). La Agricultura y el CO ₂ . Cuaderno de Campo Nº 45. Revista Técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Gobierno de La Rioja	Sólo se ha contabilizado la absorción directa de cada planta o cultivo, no la absorción adicional que se produce como consecuencia del sistema de mantenimiento del suelo utilizado con cubierta vegetal entre calles.	---	13,55
Cebada			---	11,43

Para tener un mayor desglose de las absorciones por las distintas partes de las plantas en los cereales de invierno, se han evaluado los restos vegetales que quedan en la parcela después de haber retirado el grano y que, mediante las prácticas culturales adecuadas, pueden ser

incorporados al suelo contribuyendo con ello a elevar el nivel de materia orgánica del suelo y, por tanto, a incrementar la capacidad de suelo como sumidero de carbono.

Para llevar a cabo dicha evaluación se ha utilizado la información contenida en la publicación del Departamento de Agricultura y Medio Ambiente de la D.G.A.: “La relación paja – grano en los cereales. Una aproximación en condiciones de secano semiárido, en Aragón”.

Sobre el significado de estos residuos en el carbono secuestrado en el suelo, debe señalarse que, en este momento, no se dispone de un criterio adecuado para estimar que parte de dichos restos son empacados y retirados de la parcela y que parte quedan en la parcela y son incorporados al suelo.

Cultivo	Parte de la planta		Absorción total estimada (kt CO ₂ /año)	Relación paja / grano en la parte aérea (%) *	Absorción total estimada (kt CO ₂ /año)
Trigo	Raíz		1.234,22	---	1.234,22
	Parte aérea	Paja	18.832,56	62,8	11.826,85
		Grano		37,2	7.005,71
	Total			20.066,78	
Cebada	Raíz		1.826,14	----	1.826,14
	Parte aérea	Paja	22.001,74	57,1	12.562,99
		Grano		42,9	9.438,75
	Total			23.827,88	
Avena (**)	Raíz		210,77	---	210,77
	Parte aérea	Paja	4.340,68	74	3.212,11
		Grano		26	1.128,58
	Total			4.551,45	
Total Cereales de invierno	Raíz		3.271,13	---	3.271,13
	Parte aérea	Paja	45.174,98	---	27.601,94
		Grano		---	17.573,03
	Total			48.446,11	
Absorción total por la biomasa viva, aérea y subterránea					48.446,11
Absorción por la biomasa del grano recolectado					17.573,03

(*) Informaciones Técnicas del Departamento de Agricultura y Medio Ambiente de la D.G.A. (2000). *La relación paja – grano en los cereales. Una aproximación en condiciones de secano semiárido, en Aragón.*
https://bibliotecavirtual.aragon.es/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=3705252

(**) Ante la ausencia de información sobre el cultivo de la avena, se han utilizado los porcentajes establecidos para el centeno al considerar que, por el desarrollo de la planta, pueden ser aplicables para la avena.

2.3. Resultados para maíz

Cultivo	Referencias y Observaciones	Parte de la planta	Tasa de secuestro estimada (t C/ha/año)	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)
Maíz	Irantzu Bermejo Ruiz, I. (2014) Huella hídrica y de carbono en cultivos extensivos de regadío en el sur de Navarra. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Navarra.	Grano	---	14,09
		Cañas	---	7,32
		Raíces	---	1,61
		Total	---	23,02
Absorción estimada por la superficie cultivada de maíz	Superficie cultivada en regadío (ha)	Parte de la planta	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)	Absorción total (kt CO ₂ /año)
	297.123	Grano	14,09	4.185,15
		Cañas	7,32	2.174,95
		Raíces	1,61	478,49
		Total	23,02	6.838,58



2.4. Resultados para cultivos forrajeros

Cultivo	Referencias y Observaciones	Parte de la planta	Tasa de secuestro estimada (t C/ha/año)	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)
Alfalfa	Irantzu Bermejo Ruiz, I. (2014) Huella hídrica y de carbono en cultivos extensivos de regadío en el sur de Navarra. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Navarra.	Forraje	---	21,74
		Raíces	---	3,66
		Total	---	25,40
Absorción estimada por la superficie cultivada de alfalfa	Superficie cultivada en regadío (ha)	Parte de la planta	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)	Absorción total (kt CO ₂ /año)
	133.123	Forraje	21,74	2.894,10
		Raíces	3,66	487,22
		Total	25,40	3.381,32

Cultivo	Referencias y Observaciones	Parte de la planta	Tasa de secuestro estimada (t C/ha/año)	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)
Veza	Irantzu Bermejo Ruiz, I. (2014) Huella hídrica y de carbono en cultivos extensivos de regadío en el sur de Navarra. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Navarra.	Forraje	---	5,96
		Raíces	---	1,46
		Total	---	7,42
Absorción estimada por la superficie cultivada de veza	Superficie cultivada en regadío (ha)	Parte de la planta	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)	Absorción total (kt CO ₂ /año)
	17.264	Forraje	5,96	102,86
		Raíces	1,46	25,27
		Total	7,42	128,13



2.5. Resultados para cultivos tubérculos y cultivos industriales

Cultivo	Referencias y Observaciones	Parte de la planta	Tasa de secuestro estimada (t C/ha/año)	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)
Patata	Doménech, J., Martínez, M. y Fernández, M. (2010). La Agricultura y el CO ₂ . Cuaderno de Campo Nº 45. Revista Técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Gobierno de La Rioja	Sólo se ha contabilizado la absorción directa de cada planta o cultivo.	---	15,93
Absorción estimada por la superficie cultivada de patata		Superficie cultivada en secano y regadío (ha)	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)	Absorción total (kt CO ₂ /año)
		60.055	15,93	956,68

Cultivo	Referencias y Observaciones	Parte de la planta	Tasa de secuestro estimada (t C/ha/año)	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)
Remolacha	Doménech, J., Martínez, M. y Fernández, M. (2010). La Agricultura y el CO ₂ . Cuaderno de Campo Nº 45. Revista Técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Gobierno de La Rioja	Sólo se ha contabilizado la absorción directa de cada planta o cultivo.	---	37,72
Absorción estimada por la superficie cultivada de remolacha		Superficie cultivada en secano y regadío (ha)	Absorción media estimada (t CO ₂ /ha/año)	Absorción total (kt CO ₂ /año)
		24.779	37,72	934,66



Abreviaturas



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Abreviaturas

C	Carbono.
CH ₄	Metano.
CO ₂	Dióxido de carbono.
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
GEI	Gases de efecto invernadero.
IPCC	Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático
ISO	Organización Internacional de Normalización.
Kt	Kilo toneladas.
N ₂ O	Óxido nitroso.
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Comisión 2 CAACON A



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS



CONSEJO GENERAL DE
COLEGIOS OFICIALES DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS