

CAMBIO EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO EN SUELOS MINERALES EN LAS TIERRAS DE CULTIVO QUE PERMANECEN COMO TALES

ACTIVIDADES CUBIERTAS SEGÚN NOMENCLATURA	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
SNAP 97	-
CRF	4B1 SOC
NFR	-

Descripción de los procesos generadores de emisiones/absorciones

Las tierras de cultivo (*Cropland*, CL, en inglés) experimentan, a lo largo del tiempo, cambios en las existencias de carbono (C) de los cinco depósitos de C (biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca y materia orgánica del suelo).

De acuerdo con la Guía IPCC 2006 (apartado 2.3.3.1., capítulo 2, volumen 4), los suelos minerales constituyen un depósito de C que se ve influenciado por las actividades de uso y gestión de la tierra. Dentro de un tipo de uso de la tierra, hay una diversidad de prácticas de gestión que tienen un impacto significativo sobre el almacenamiento del carbono orgánico del suelo (*soil organic carbon*, SOC, en inglés), en particular en las tierras de cultivo (CL) y en los pastizales (GL).

En esta ficha se recoge la metodología aplicada para la estimación del cambio en las existencias de SOC en los suelos minerales de las tierras de cultivo que permanecen como tales¹ debido a las prácticas de gestión que se le aplican; en concreto las conservadoras de los suelos de cultivos leñosos. Para los cultivos herbáceos se ha supuesto que el SOC está en equilibrio, al considerar que se siguen sometiendo a las prácticas tradicionales (laboreo tradicional) (ver justificación en Anexo V de esta ficha).

Las pérdidas o ganancias de C se traducen en la emisión o absorción de CO₂ a/desde la atmósfera.

Contaminantes inventariados

Gases de efecto invernadero

CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆
✓	NA	NA	NA	NA	NA

OBSERVACIONES:
Notation keys correspondientes al último reporte a UNFCCC.

Contaminantes atmosféricos

Contaminantes principales				Material particulado				Otros	Metales pesados prioritarios			Metales pesados adicionales					Contaminantes orgánicos persistentes					
NOx	NM VOC	SO ₂	NH ₃	PM _{2.5}	PM ₁₀	TSP	BC	CO	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Cu	Ni	Se	Zn	DIOX	PAH	HCB	PCB	
NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

OBSERVACIONES:
Notation keys correspondientes al último reporte CLRTAP.

Sectores del Inventario vinculados

Las actividades del Inventario relacionadas con la presente ficha metodológica son las siguientes:

RELACIÓN CON OTRAS FICHAS METODOLÓGICAS			
ACTIVIDAD SNAP	ACTIVIDAD CRF	ACTIVIDAD NFR	DESCRIPCIÓN
-	4	-	Ficha introductoria al sector Usos de la tierra, cambios de uso de la tierra y selvicultura
-	4	-	Ficha introductoria al proyecto cartográfico de LULUCF
-	4B1 LB	-	Cambio en las existencias de C de la biomasa viva en las tierras de cultivo que permanecen como tales
-	4B2/4C2 /4D2/4E2/4F2 LB	-	Cambio en las existencias de C de la biomasa viva en las tierras en transición
-	4A2/4B2/4C2 /4D2/4E2/4F2 DW	-	Cambio en las existencias de C de la madera muerta en las tierras en transición

¹ Para más información puede consultarse la [Ficha introductoria al sector Usos de la tierra, cambios de uso de la tierra y selvicultura](#) y la [Ficha introductoria al proyecto cartográfico de LULUCF](#).

RELACIÓN CON OTRAS FICHAS METODOLÓGICAS			
ACTIVIDAD SNAP	ACTIVIDAD CRF	ACTIVIDAD NFR	DESCRIPCIÓN
-	4A2/4B2/4C2 /4D2/4E2/4F2 LT	-	Cambio en las existencias de C del detritus en las tierras en transición
-	4A2/4B2/4C2 /4D2/4E2/4F2 SOC	-	Cambio en las existencias de C orgánico del suelo en suelos minerales en las tierras en transición
-	4(III)	-	Mineralización del N relacionada con la pérdida de materia orgánica del suelo por cambios en el uso de la tierra o la gestión de suelos minerales
-	4(IV)	-	Lixiviación y escorrentía del N mineralizado relacionado con la pérdida de materia orgánica del suelo por cambios en el uso de la tierra o la gestión de suelos minerales
-	4(V)	-	Incendios y quemadas controladas

Descripción metodológica general

Contaminante	Tier	Fuente	Descripción
CO ₂	T2	IPCC 2006. Volumen 4. Capítulos 2 y 5. Apartados 2.3.3. y 5.2.3	<p>En esta ficha se estiman las emisiones/absorciones debidas al cambio en las existencias de SOC en los suelos minerales por las actividades de gestión en las tierras de cultivo que permanecen como tales, concretamente en los cultivos leñosos.</p> <p>El método utilizado para estimar el cambio de existencias de C (<i>carbon stock change, CSC</i>, en inglés) en los suelos minerales de los cultivos leñosos, debido a los cambios de gestión que repercuten en ellos, se basa en la ecuación 2.25 de la Guía IPCC 2006 (capítulo 2, volumen 4).</p> <p>Para estimar los cambios en el contenido de C en este depósito se utilizan los valores de SOC calculados por uso y provincia, de acuerdo con la metodología descrita en el Anexo II de la ficha metodológica "Cambio en las existencias de carbono orgánico del suelo en suelos minerales en las tierras en transición"²; y se adopta como periodo de transición el valor por defecto de la Guía IPCC 2006 (20 años). Los valores de referencia de los factores de uso de la tierra (F_{UT}), de gestión (F_{MG}) y de aporte (F_I) proceden también de la Guía IPCC 2006 (cuadro 5.5, capítulo 5, volumen 4).</p> <p>Los cambios de existencias de C (que impliquen transferencias a la atmósfera) se convierten en unidades de emisión o absorción de CO₂ multiplicando el valor de CSC obtenido (positivo o negativo dependiendo de si se produce un aumento o una reducción de las existencias de C) por -44/12⁽¹⁾.</p>

OBSERVACIONES:

⁽¹⁾ El cambio de signo (-) se debe a la convención de que los aumentos de existencias de C, es decir los cambios de existencias positivos (+), representan una absorción (o emisión «negativa») desde la atmósfera, mientras que las reducciones en las existencias de C, es decir los cambios de existencias negativos (-), representan una emisión, positiva, a la atmósfera.

Variable de actividad

Variable	Descripción
Superficie de cultivo leñoso bajo prácticas conservadoras del suelo (cifras en hectáreas)	<p>La variable de actividad es la superficie provincial de cultivo leñoso bajo prácticas conservadoras del suelo; prácticas que se definen en la <i>Encuesta de Superficies y Rendimientos de Cultivos de España (ESYRCE)</i>³ de la forma siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> Laboreo tradicional: alterar y remover, mediante implementos mecánicos, el perfil del suelo en una profundidad igual o superior a 20 cm. Laboreo mínimo: laboreo superficial mediante la utilización de cultivadores, gradas y arado de cincel, cuya profundidad es menor de 20 cm. Cubiertas vegetales espontáneas: el suelo no recibe labor mecánica alguna, está protegido por una cubierta vegetal espontánea, cuyo crecimiento se controla ya sea de manera mecánica (siega), química (herbicidas) o pastoreo. Cubiertas vegetales sembradas: el suelo no recibe labor mecánica alguna, está protegido por una cubierta vegetal sembrada de gramíneas (cebada, ballico, bromo, etc.) o leguminosas (vezas, altramuces, etc.), cuyo crecimiento se controla ya sea de manera mecánica (siega), química (herbicidas) o pastoreo. Cubiertas inertes: el suelo está cubierto de restos de podas, piedras u otros compuestos inertes. Sin mantenimiento: el terreno no ha recibido en la última campaña ninguna labor de mantenimiento ni de control de vegetación, ya sea mecánica, química o pastoreo. No laboreo: en cultivos leñosos, la calle de las plantaciones no recibe labor mecánica alguna, no se mantiene en ningún momento cubierta vegetal y suelen aparecer problemas de compactación.

² Para más información puede consultarse la ficha metodológica "[Cambio en las existencias de carbono orgánico del suelo en suelos minerales en las tierras en transición](#)".

³ <http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/>

Fuentes de información sobre la variable de actividad

Superficie de cultivo leñoso bajo prácticas conservadoras del suelo	
Periodo	Fuente
1990-2005	Interpolación lineal de las emisiones/absorciones desde el año 2006 al comienzo del periodo ⁽¹⁾ .
2006-2022	Encuesta de Superficies y Rendimientos de Cultivos de España (ESYRCE) de la Subdirección General de Análisis, Coordinación y Estadística del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA).

OBSERVACIONES:
⁽¹⁾ Se consideran como cero las absorciones en el año 1990, ya que no existían estas prácticas de conservación en dicha fecha (ver la ficha de juicio de experto de referencia INV-ESP-JE/AGR/2014-001 incluida en el anexo 8 del Inventario Nacional).

Fuente de los factores de emisión/absorción

Contaminante	Periodo	Tipo	Fuente	Descripción
CO ₂	1990-2022	D	IPCC 2006. Volumen 4. Capítulo 5. Apartado 5.2.3	Para la estimación del cambio en las existencias de SOC en cultivos leñosos se utilizan los factores por defecto de cambio de las existencias del cuadro 5.5 de la Guía IPCC 2006, factores de uso de la tierra (F _{UT}), de gestión (F _{MG}) y de aporte (F _i). La conversión de C en CO ₂ se basa en la relación de pesos moleculares.

OBSERVACIONES: D: por defecto (del inglés "Default"); CS: específico del país (del inglés "Country Specific"); OTH: otros (del inglés "Other"); M: modelo (del inglés "Model").

Incertidumbres

La incertidumbre de esta actividad se calcula a nivel de CRF (4B1) y se recoge en la siguiente tabla:

Contaminante	Inc. VA (%)	Inc. FE (%)	Descripción
CO ₂	8	200	<u>Variable de actividad</u> : incertidumbre asignada a la cartografía sobre usos y cambios de usos de la tierra (8 %). <u>Factor de emisión</u> ⁽¹⁾ : incertidumbre asignada de forma cualitativa al CSC en la categoría 4B1 (200 %).

OBSERVACIONES:
⁽¹⁾ La incertidumbre de los factores de emisión/absorción en el sector LULUCF se asigna, por lo general, de forma cualitativa siguiendo la escala de clasificación establecida en la tabla 3.2 "Rating definitions" del capítulo 5 "Uncertainties" de la parte A "General Guidance Chapters" de la Guía EMEP/EEA 2013, que varía entre la letra A (10 a 30 %) y la letra E (mayor incertidumbre, sin valor asignado). Se ha asumido que los factores de emisión/absorción del sector LULUCF tienen como referencia general una incertidumbre del 100 %, que se corresponde con el límite inferior del rango de incertidumbre asociado a la letra D (100 a 300 %).
 Un valor superior frecuente es una incertidumbre de 200 %, que corresponde a la media del rango de la clase D, asignado a las absorciones de CO₂ de la categoría 4B1 (CL → CL), que proceden, en su mayor parte, de las prácticas de conservación de suelos.

Coherencia temporal de la serie

La serie temporal se considera temporalmente homogénea dado que se utiliza la misma metodología de estimación de cambio de existencias de C en toda la serie temporal. Además, la fuente de la variable de actividad es la misma para el periodo con información nacional disponible, 2006-2022; se emplea de una técnica de empalme, la interpolación, prevista en la Guía IPCC 2006 (apartado 5.3.3.3, capítulo 5, volumen 1) para conseguir la completitud de la serie inventariada.

Además, la serie temporal se considera temporalmente homogénea dado que se utilizan los mismos valores de SOC por uso y provincia para todo el periodo inventariado (1990-2022).

Observaciones

No procede.

Criterio para la distribución espacial de las emisiones/absorciones

Los datos de la variable de actividad se encuentran a nivel provincial. Además, el cambio de existencias de C estimado y, por tanto, las emisiones/absorciones asociadas, se distribuyen de acuerdo con los usos de la tierra y los cambios de uso de la tierra en los que tienen lugar, a nivel provincial.

Juicio de experto asociado

El juicio de experto INV-ESP-JE/AGR/2014-001⁴ permite considerar como cero las absorciones en el año 1990, al señalar que las prácticas de gestión del suelo consideradas como más conservadoras del carbono orgánico eran prácticamente inexistentes en los cultivos leñosos españoles en el año 1990.

Fecha de actualización

Junio 2024.

Ficha Técnica

⁴ Para más información puede consultarse el [Juicio experto "Prácticas de gestión de suelos en los cultivos leñosos en España en el año 1990"](#).

ANEXO I

Datos de la variable de actividad

Dado que no se dispone de información que permita determinar si las superficies mantienen las prácticas conservadoras de los suelos de cultivos leñosos aplicadas en el tiempo, se ha optado por un criterio conservador. Para cada año, práctica y provincia, se consideran exclusivamente las absorciones de CO₂ ligadas a la mínima superficie que ha permanecido bajo cada práctica hasta ese momento.

En la tabla siguiente se incluye una síntesis de la serie temporal disponible de las superficies mínimas de cultivos leñosos bajo prácticas conservadoras del suelo utilizadas en la estimación.

Superficies mínimas de las prácticas conservadoras de suelos de los cultivos leñosos (cifras en hectáreas)									
Tipo de práctica	Año	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
Laboreo tradicional				ND		484.397	629.101	741.577	821.479
Laboreo mínimo				ND		1.796.213	1.938.381	2.114.481	2.179.938
Cubierta vegetal espontánea				ND		347.377	408.882	457.212	468.579
Cubierta vegetal sembrada				ND		327.642	362.215	392.349	419.001
Cubierta inerte				ND		47.757	66.808	92.607	95.074
Sin mantenimiento				ND		937.926	1.090.592	1.153.155	1.336.713
No Laboreo				ND		10.168	12.561	16.508	26.444
Total				ND		3.951.481	4.508.539	4.967.891	5.347.228
OBSERVACIONES: ND: Variable de actividad no disponible.									

ANEXO II

Datos de factores de emisión/absorción

Las ternas de factores de uso de la tierra (F_{UT}), de gestión (F_{MG}) y de aporte (F_i) adoptadas para las prácticas agrícolas se muestran en la tabla siguiente.

Factores de cambios de existencias de SOC para prácticas de gestión en cultivos leñosos			
Tipo de práctica	F_{UT}	F_{MG}	F_i
Laboreo tradicional	Cultivo de perennes/árboles	Total	Bajo
Laboreo mínimo	Cultivo de perennes/árboles	Reducido	Bajo
Cubierta vegetal espontánea	Cultivo de perennes/árboles	Sin laboreo	Medio
Cubierta vegetal sembrada	Cultivo de perennes/árboles	Sin laboreo	Alto
Cubierta inerte	Cultivo de perennes/árboles	Sin laboreo	Medio
Sin mantenimiento	Cultivo de perennes/árboles	Sin laboreo	Bajo
No laboreo	Cultivo de perennes/árboles	Sin laboreo	Bajo

Los valores de referencia de los factores citados proceden del cuadro 5.5 de la Guía IPCC 2006 (capítulo 5, volumen 4). Para el caso concreto de la región climática templada seca, por ejemplo, los factores adoptan los siguientes valores por defecto.

Factores de cambio de existencias de SOC para prácticas de gestión en cultivos leñosos. Caso concreto: región climática templada seca.			
Tipo de práctica	F_{UT}	F_{MG}	F_i
Laboreo tradicional	1,00	1,00	0,95
Laboreo mínimo	1,00	1,02	0,95
Cubierta vegetal espontánea	1,00	1,10	1,00
Cubierta vegetal sembrada	1,00	1,10	1,04
Cubierta inerte	1,00	1,10	1,00
Sin mantenimiento	1,00	1,10	0,95
No laboreo	1,00	1,10	0,95

Para poder utilizar los valores por defecto de los factores de cambio de existencias de SOC de la Guía IPCC 2006 y las superficies provinciales de las prácticas de conservación de suelos de la ESYRCE, se ha realizado una clasificación de la superficie nacional por zonas climáticas a partir del mapa de zonas climáticas (basado en la clasificación de la Guía IPCC 2006) elaborado en el año 2010 por el *Joint Research Centre* (JRC) como apoyo a la Directiva 2009/28/CE sobre Energías Renovables⁵.

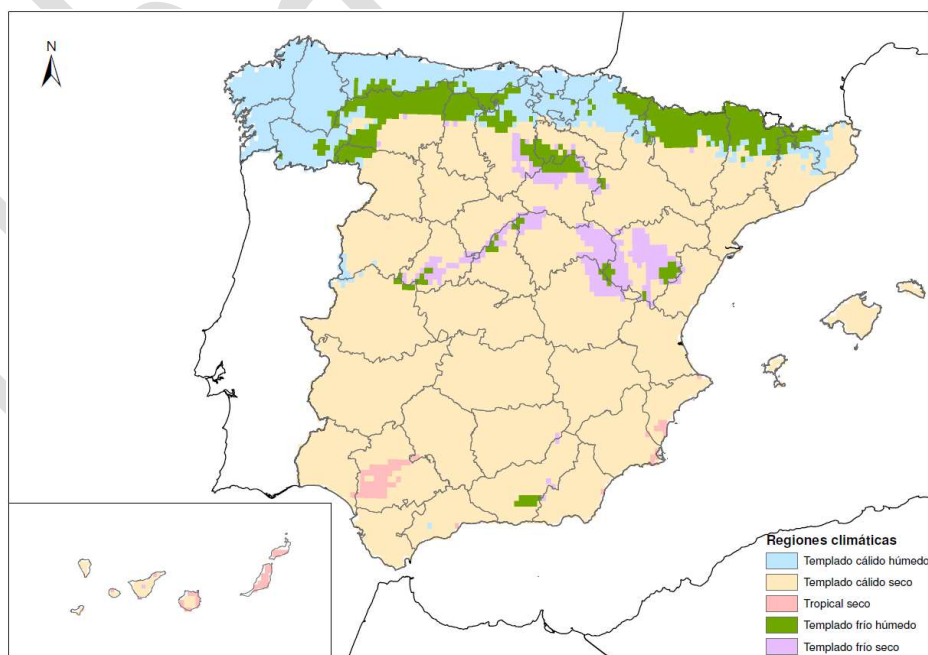


Figura 1. Mapa de regiones climáticas por provincias

⁵ <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/support-renewable-energy-directive#tabs-0-description=1>

La clasificación realizada de las superficies de las provincias por zonas climáticas se presenta en la tabla siguiente.

Superficies de las regiones climáticas por provincias (cifras en hectáreas)											
Provincias	Boreal		Templada fría		Templada cálida		Tropical			TOTAL	
	Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	Muy húmeda		
1	Álava	0	0	0	9.899	40.276	253.335	0	0	0	303.509
2	Albacete	0	0	0	0	1.491.729	0	0	0	0	1.491.729
3	Alicante	0	0	0	0	503.356	0	78.756	0	0	582.112
4	Almería	0	0	3.458	581	865.887	0	6.838	0	0	876.763
5	Ávila	0	0	183.689	49.849	571.338	0	0	0	0	804.876
6	Badajoz	0	0	0	0	2.179.021	0	0	0	0	2.179.021
7	Balears (Illes)	0	0	0	0	501.613	0	0	0	0	501.613
8	Barcelona	0	0	0	45.939	630.218	99.846	0	0	0	776.002
9	Burgos	0	0	159.409	272.231	705.947	289.515	0	0	0	1.427.102
10	Cáceres	0	0	258	20.813	1.954.309	13.519	0	0	0	1.988.899
11	Cádiz	0	0	0	0	745.635	0	0	0	0	745.635
12	Castellón	0	0	8.653	185	654.895	0	0	0	0	663.733
13	Ciudad Real	0	0	0	0	1.980.114	0	0	0	0	1.980.114
14	Córdoba	0	0	0	0	1.369.264	0	7.637	0	0	1.376.901
15	Coruña (A)	0	0	0	0	0	798.595	0	0	0	798.595
16	Cuenca	0	0	193.106	14.125	1.505.653	0	0	0	0	1.712.885
17	Girona	0	0	0	81.726	350.630	161.155	0	0	0	593.511
18	Granada	0	0	20.574	67.893	1.175.304	0	0	0	0	1.263.770
19	Guadalajara	0	0	364.625	35.766	819.896	0	0	0	0	1.220.288
20	Guipúzcoa	0	0	0	4.876	0	192.953	0	0	0	197.829
21	Huelva	0	0	0	0	1.002.188	0	12.510	0	0	1.014.698
22	Huesca	0	0	6.374	661.847	818.803	77.718	0	0	0	1.564.743
23	Jaén	0	0	9.986	0	1.338.640	0	0	0	0	1.348.626
24	León	0	0	14.030	753.023	698.404	93.661	0	0	0	1.559.118
25	Lleida	0	0	0	485.069	628.227	106.020	0	0	0	1.219.315
26	Rioja (La)	0	0	32.846	144.347	325.453	1.487	0	0	0	504.132
27	Lugo	0	0	0	50.153	0	937.852	0	0	0	988.005
28	Madrid	0	0	51.312	27.221	724.026	0	0	0	0	802.559
29	Málaga	0	0	0	0	705.882	6.886	17.917	0	0	730.686
30	Murcia	0	0	0	0	1.092.412	0	38.893	0	0	1.131.306
31	Navarra	0	0	0	166.082	362.243	510.256	0	0	0	1.038.581
32	Ourense	0	0	0	117.750	1.009	610.580	0	0	0	729.339
33	Asturias	0	0	0	219.266	0	841.817	0	0	0	1.061.082
34	Palencia	0	0	11.315	180.376	580.944	32.313	0	0	0	804.947
35	Palmas (Las)	0	0	0	0	72.770	0	333.811	0	0	406.581
36	Pontevedra	0	0	0	0	0	451.916	0	0	0	451.916
37	Salamanca	0	0	0	8.016	1.171.245	56.822	0	0	0	1.236.083
38	Santa Cruz de Tenerife	0	0	7.547	0	272.448	0	57.780	0	0	337.775
39	Cantabria	0	0	0	152.561	0	378.801	0	0	0	531.362
40	Segovia	0	0	89.753	15.897	587.186	0	0	0	0	692.836
41	Sevilla	0	0	0	0	1.096.635	0	307.821	0	0	1.404.456
42	Soria	0	0	243.725	113.063	673.160	0	0	0	0	1.029.949
43	Tarragona	0	0	0	0	631.675	0	0	0	0	631.675
44	Teruel	0	0	566.855	115.503	798.709	0	0	0	0	1.481.067
45	Toledo	0	0	0	0	1.536.008	0	0	0	0	1.536.008
46	Valencia	0	0	10.223	218	1.065.574	0	5.176	0	0	1.081.191
47	Valladolid	0	0	0	0	810.897	0	0	0	0	810.897
48	Vizcaya	0	0	0	3.999	0	216.828	0	0	0	220.827
49	Zamora	0	0	0	105.723	921.497	29.693	0	0	0	1.056.913
50	Zaragoza	0	0	29.993	41.580	1.584.847	70.846	0	0	0	1.727.267
51	Ceuta	0	0	0	0	1.980	0	0	0	0	1.980
52	Melilla	0	0	0	0	4	0	1.389	0	0	1.393
ESPAÑA		0	0	2.007.732	3.965.575	37.547.951	6.232.413	868.529	0	0	50.622.199

ANEXO III

Cálculo de emisiones/absorciones

El procedimiento de estimación de las emisiones/absorciones causadas por el cambio de existencias de C en los suelos minerales, debido a los cambios de gestión que repercuten en ellas, se basa en la ecuación 2.25 de la Guía IPCC 2006 (capítulo 2, volumen 4):

$$\Delta C_{Mineral} = \frac{(SOC_0 - SOC_{0-T})}{T}$$

$$SOC = \sum_{c,s,i} (SOC_{REF_{c,s,i}} \times F_{LU_{c,s,i}} \times F_{MG_{c,s,i}} \times F_{I_{c,s,i}} \times A_{c,s,i})$$

donde,

- $\Delta C_{Mineral}$ cambio anual en las existencias de C en los suelos minerales, en t C/año.
- SOC_0 existencias de carbono orgánico en el suelo en el último año de un periodo de inventario, en t C.
- SOC_{0-T} existencias de carbono orgánico en el suelo al comienzo de un periodo de inventario, en t C.
- T cantidad de años de un periodo de inventario dado, en años.
- SOC_{REF} existencias de carbono de referencia, en t C/ha.
- F_{LU} factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra o subsistemas de un uso de la tierra en particular, sin dimensión.
- F_{MG} factor de cambio de existencias para el régimen de gestión, sin dimensión.
- F_I factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica, sin dimensión.
- A superficie de tierra del estrato que se estima, en ha.
- "x" "c" representa las zonas climáticas, "s" los tipos de suelo, e "i" el conjunto de sistemas de gestión presentes en un país dado.

En la estimación se ha tomado como periodo de transición el valor por defecto de 20 años de la Guía IPCC 2006.

La aplicación de la citada ecuación 2.25 de la Guía IPCC 2006 con los valores y criterios descritos con anterioridad permiten estimar el cambio anual en las existencias de C en los suelos minerales, debido a las prácticas de gestión mencionadas ($\Delta C_{Mineral}$) en toneladas de C al año.

Por ejemplo, para el caso de los cultivos leñosos en una provincia concreta, con $SOC_{REF} = 29,04 \text{ t C/ha}$, de región climática templada seca, en la que 3.492 ha de cultivo leñoso pasasen de laboreo tradicional a laboreo mínimo, el cálculo sería el siguiente:

$$\begin{aligned} \Delta C_{Mineral} &= \frac{(SOC_0 - SOC_{0-T})}{T} = \frac{((29,04 \times 1,00 \times 1,02 \times 0,95 \times 3.492) - (29,04 \times 1,00 \times 1,00 \times 0,95 \times 3.492))}{20} \\ &= \frac{98.264,04 - 96.337,30}{20} = 96,34 \text{ t C/año} \end{aligned}$$

Esta cifra se convierte en emisión/absorción de CO₂ multiplicada por -44/12.

$$Emisiones \text{ CO}_2 \text{ (kt CO}_2\text{)} = 96,34 \text{ (t C)} \times \left(-\frac{44}{12}\right) = -353,24 \text{ t CO}_2$$

ANEXO IV

Emisiones/absorciones

Emisiones (+) y absorciones (-) de CO ₂ del carbono orgánico del suelo en suelos minerales debidas a las prácticas conservadoras del suelo que tienen lugar en los cultivos leñosos que permanecen como tales (cifras en kt CO ₂)								
Año	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
CL → CL	0	-326	-651	-977	-1.474	-1.691	-1.839	-2.041

Ficha Técnica

ANEXO V

Justificación de que el carbono orgánico del suelo de los cultivos herbáceos que se mantienen como tales no es una fuente de emisiones de gases de efecto invernadero

Se ha realizado una revisión bibliográfica sobre las prácticas de gestión de suelos en los cultivos herbáceos en España, de tal manera que los hechos que se exponen a continuación están basados en los artículos publicados en revistas científicas de prestigio internacional.

Se debe partir de la premisa de que los contenidos de materia orgánica en los suelos españoles son bajos, si bien, las prácticas de gestión convencional que se realizan en España no suponen en ningún caso una pérdida del contenido de carbono orgánico de los suelos españoles, tal y como queda demostrado en los datos que se presentan a continuación. Es más, queda demostrado que en aquellas superficies en las que se han utilizado prácticas de laboreo de conservación (mínimo laboreo o de no laboreo), los contenidos de carbono orgánico de los suelos se han visto incrementados.

Según Sombrero y Benito (2010) las prácticas de mínimo laboreo o de no laboreo aumentan el contenido de carbono de los suelos. En sus experimentos llevados a cabo durante 10 años en suelos cultivados en los que se comparaban distintas prácticas de gestión de los suelos se ha comprobado que el contenido de carbono de los suelos era muy superior cuando se realizaban prácticas de siembra directa (NT), o superior cuando se realizaba mínimo laboreo (MT), en comparación con la gestión convencional (CT) a lo largo del período de 10 años.

En la siguiente figura de Álvaro *et al.* (2009) queda probado que la gestión de suelos agrícolas en España no es fuente de emisiones, sea cual sea el tipo de manejo, si bien la siembra directa o el laboreo de conservación permiten aumentar el contenido de carbono orgánico de nuestros suelos.

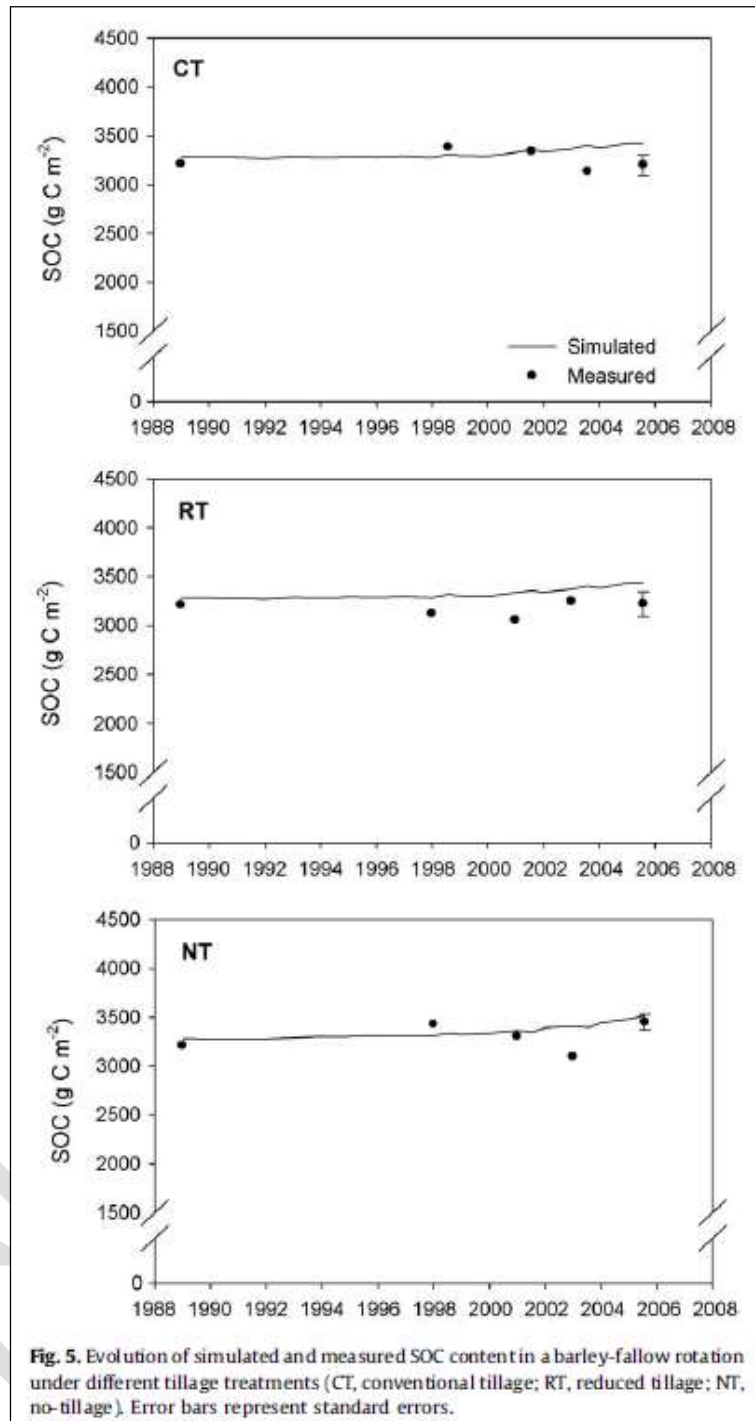


Figura 2. Evolución del contenido de SOC simulado y medido en una rotación de cebada-barbecho bajo diferentes tratamientos de laboreo (cifras en g C/m²) (Fuente: Álvaro-Fuentes *et al*, 2009)

La siguiente tabla de Hernanz *et al.* 2009, vuelve a aportar información sobre lo dicho anteriormente, pues en los experimentos llevados a cabo durante 20 años, el contenido de carbono orgánico del suelo (SOC) no disminuyó, aumentando en un 14 % en el caso de los suelos con siembra directa.

Table 2
Soil organic carbon concentrations (C_c) (g C kg⁻¹) in each tillage treatment compared at different depths from 1985 to 2005. "El Encín" Experimental Station.

Year	Depth (cm)	CT	MT	NT	Year	Depth (cm)	CT	MT	NT			
SOC (g C kg⁻¹)												
1991	0-10	6.2	b ^a A ^b	B ^c	7.0	bA	CD	8.8	aA	E		
	10-20	6.0	aA	B	6.1	aAB	ABC	5.6	aB	C		
	20-30	5.5	aAB	BC	5.1	aBC	AB	4.9	aB	C		
	30-40	4.6	aB	C	4.5	aC	AB	4.5	aB	A		
	Mean	5.6	a	CD	5.7	a	BC	6.0	a	B		
1996	0-10	7.6	bA	A	8.1	bA	BC	10.3	aA	D		
	10-20	7.3	aA	A	7.0	aAB	AB	7.1	aB	AB		
	20-30	7.0	aA	A	6.0	aB	A	6.6	aB	A		
	30-40	5.8	aB	AB	4.5	bC	AB	4.8	abC	A		
	Mean	6.9	ab	A	6.4	b	A	7.2	aA	A		
1998	0-10	7.5	cA	A	8.9	bA	AB	11.3	aA	CD		
	10-20	6.6	aAB	AB	6.5	aB	ABC	7.3	aB	A		
	20-30	6.2	aBC	AB	5.6	aB	A	6.2	aBC	AB		
	30-40	5.1	aC	ABC	3.9	aC	AB	5.0	aC	A		
	Mean	6.3	b	AB	6.2	b	AB	7.5	a	A		
2000	0-10	7.2	cA	AB	8.6	bA	AB	12.5	aA	BC		
	10-20	6.3	aA	AB	5.8	aB	C	5.7	aB	C		
	20-30	6.1	aAB	AB	5.4	aB	AB	5.1	abC	BC		
	30-40	5.0	aB	BC	5.1	aB	A	4.9	aB	A		
	Mean	6.2	b	BC	6.2	b	AB	7.1	a	A		
Mean tillage × depth (1996-2005)					Initial conditions							
	0-10	7.2	cA			8.9	bA		12.6	aA		
	10-20	6.6	aB			6.5	abB		6.1	bb		
	20-30	6.1	aB			5.2	bC		5.3	bc		
	30-40	5.2	aC			4.3	bD		4.6	bD		
Mean tillage (1996-2005)		6.3	b			6.2	b		7.2	a		
					1985	0-10	6.4	aA	AB	6.4	aA	F
						10-20	5.9	aAB	B	5.9	aAB	C
						20-30	4.8	aBC	C	4.8	aBC	C
						30-40	4.2	aC	C	4.2	aC	A
						Mean	5.3	a	D	5.3	a	C

CT, conventional tillage; MT, minimum tillage; NT, no-tillage.
^a Means in each row followed by the same lower case letter are not significantly different between tillage treatments at the same depth ($P < 0.01$).
^b Means in each column followed by the same upper case letter are not significantly different between depths for the same treatment and year ($P < 0.01$).
^c Means in each column followed by the same upper case letter are not significantly different between years at the same tillage treatment and depth ($P < 0.01$).

Figura 3. Concentraciones de SOC en cada tratamiento de laboreo a diferentes profundidades (cifras en g C/kg)
(Fuente: Hernanz *et al.*, 2009)

La siguiente figura muestra, de nuevo, que las prácticas que se vienen realizando no empeoran el contenido de carbono orgánico de los suelos con cultivos herbáceos.

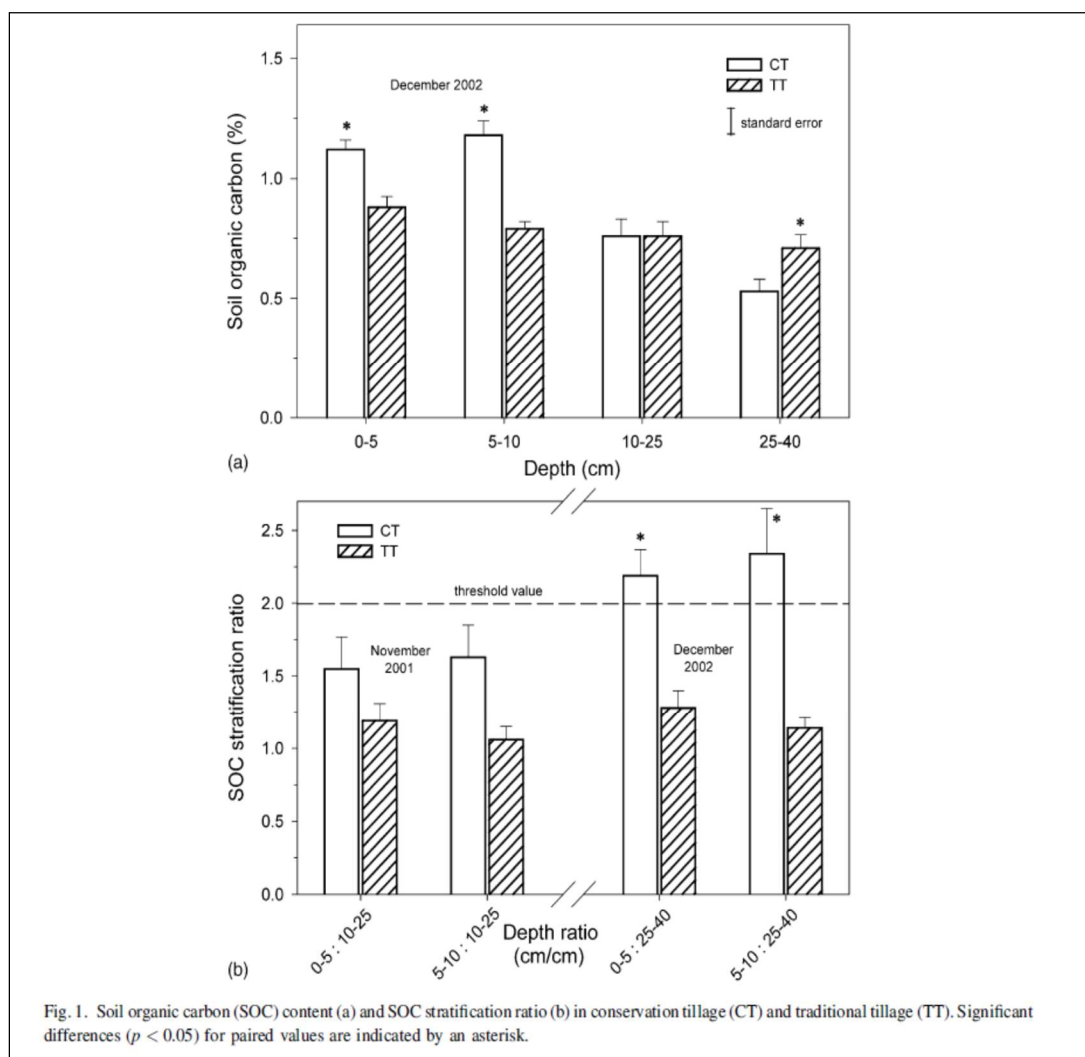


Figura 4. Contenido (%) y ratio de estratificación de SOC bajo diferentes tratamientos de laboreo (Fuente: Moreno *et al.*, 2006)

Se concluye, por tanto, que las prácticas de gestión de suelos en cultivos herbáceos en España no suponen emisiones (no son fuente) y que las prácticas de mínimo laboreo o de siembra directa contribuyen a aumentar el contenido de materia orgánica de los suelos.

A continuación, se incluye un listado de los artículos consultados:

- Alvaro-Fuentes *et al.*, 2009. *Tillage and cropping effects on soil organic carbon in Mediterranean semiarid agroecosystems: Testing the Century model*. Agriculture, Ecosystems and Environment 134 (2009) 211–217.
- Hernanz *et al.*, 2009. *Soil carbon sequestration and stratification in a cereal/leguminous crop rotation with three tillage systems in semiarid conditions*. Agriculture, Ecosystems and Environment 133 (2009) 114–122.
- Moreno *et al.*, 2006. *Long-term impact of conservation tillage on stratification ratio of soil organic carbon and loss of total and active CaCO₃*. Soil & Tillage Research 85 (2006) 86–93.
- Sombrero y Benito, 2010. *Carbon accumulation in soil. Ten-year study of conservation tillage and crop rotation in a semi-arid area of Castile-Leon, Spain*. Soil & Tillage Research 107 (2010) 64–70.
- Nieto, 2010. *Simulation of soil organic carbon stocks in a Mediterranean olive grove under different soil-management systems using the RothC model*. Soil Use and Management, June 2010, 26, 118–125.
- Alvaro Fuentes, 2011. *Potential soil carbon sequestration in a semiarid Mediterranean agroecosystem under climate change: Quantifying management and climate effects*. Plant Soil (2011) 338:261–272.
- Lopez-Bellido *et al.*, 2010. *Carbon Sequestration by Tillage, Rotation, and Nitrogen Fertilization in a Mediterranean Vertisol*. Agronomy Journal.