

## 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 tales<sup>1</sup> 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 CO<sub>2</sub> a/desde la atmósfera.

### Contaminantes inventariados

#### Gases de efecto invernadero

| CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O | HFCs | PFCs | SF <sub>6</sub> |
|-----------------|-----------------|------------------|------|------|-----------------|
| ✓               | 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                       | NMVO | SO <sub>2</sub> | NH <sub>3</sub> | PM <sub>2.5</sub>    | PM <sub>10</sub> | 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  |

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<br>/4D2/4E2/4F2<br>LB     | -             | Cambio en las existencias de C de la biomasa viva en las tierras en transición                        |
| -                                       | 4A2/4B2/4C2<br>/4D2/4E2/4F2<br>DW | -             | Cambio en las existencias de C de la madera muerta en las tierras en transición                       |

<sup>1</sup> 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<br>/4D2/4E2/4F2<br>LT  | -             | Cambio en las existencias de C del detritus en las tierras en transición                                                                                                  |
| -                                       | 4A2/4B2/4C2<br>/4D2/4E2/4F2<br>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 quemas controladas                                                                                                                                            |

## Descripción metodológica general

| Contaminante    | Tier | Fuente                                                                   | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------|------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CO <sub>2</sub> | T2   | IPCC 2006.<br>Volumen 4.<br>Capítulos 2 y 5.<br>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</i>, CSC, 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”<sup>2</sup>; 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<sub>UT</sub>), de gestión (F<sub>MG</sub>) y de aporte (F<sub>I</sub>) 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 CO<sub>2</sub> 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<sup>(1)</sup>.</p> |

### OBSERVACIONES:

<sup>(1)</sup> 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</i> (ESYRCE)<sup>3</sup> de la forma siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>i) Laboreo tradicional: alterar y remover, mediante implementos mecánicos, el perfil del suelo en una profundidad igual o superior a 20 cm.</li> <li>ii) Laboreo mínimo: laboreo superficial mediante la utilización de cultivadores, gradas y arado de cincel, cuya profundidad es menor de 20 cm.</li> <li>iii) 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.</li> <li>iv) 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.</li> <li>v) Cubiertas inertes: el suelo está cubierto de restos de podas, piedras u otros compuestos inertes.</li> <li>vi) 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.</li> <li>vii) 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.</li> </ul> |

<sup>2</sup> 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](#)”.

<sup>3</sup> <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 <sup>(1)</sup> .                                                                                         |
| 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:                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                      |
| <sup>(1)</sup> 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 <sub>2</sub>                                                                                                                                                                 | 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 <sub>UT</sub> ), de gestión (F <sub>MG</sub> ) y de aporte (F <sub>A</sub> ). La conversión de C en CO <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 8           | 200         | <u>Variable de actividad</u> : incertidumbre asignada a la cartografía sobre usos y cambios de usos de la tierra (8 %).<br><u>Factor de emisión</u> <sup>(1)</sup> : incertidumbre asignada de forma cualitativa al CSC en la categoría 4B1 (200 %). |
| OBSERVACIONES:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |             |             |                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <sup>(1)</sup> 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 %).<br>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 CO <sub>2</sub> 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/2014-001<sup>4</sup> 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.

---

<sup>4</sup> 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 CO<sub>2</sub> 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           |
| <b>Total</b>                                                                                               |     |      | <b>ND</b> |      |      | <b>3.951.481</b> | <b>4.508.539</b> | <b>4.967.891</b> | <b>5.347.228</b> |
| 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.<br>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 Renovables<sup>5</sup>.

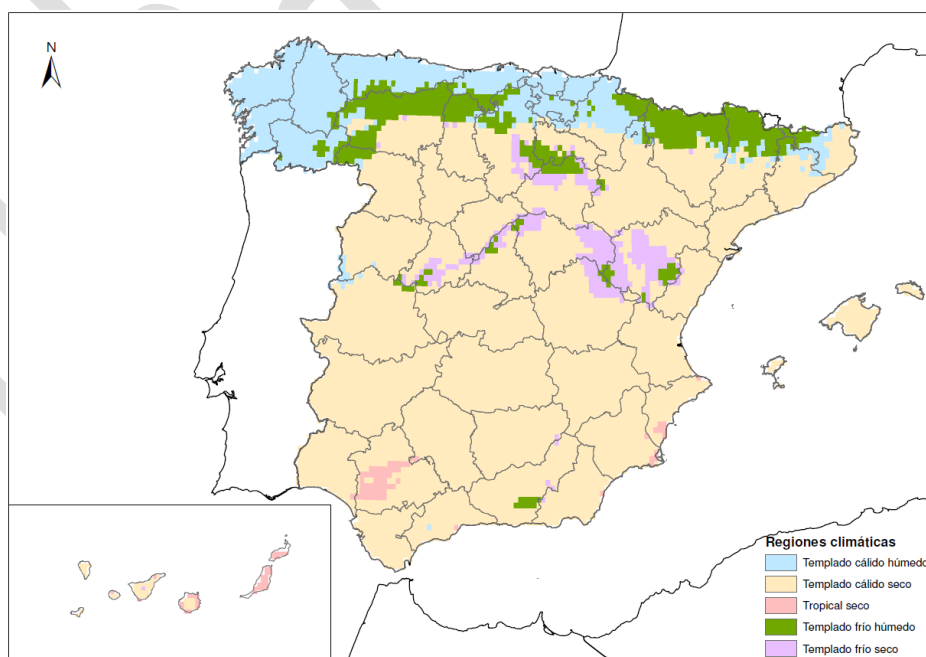


Figura 1. Mapa de regiones climáticas por provincias

<sup>5</sup> <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                                                                           | Baleares (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 CO<sub>2</sub> multiplicada por -44/12.

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



## ANEXO IV

### Emisiones/absorciones

| Emisiones (+) y absorciones (-) de CO <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> ) |      |      |      |      |        |        |        |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|--------|--------|--------|--------|
| Año                                                                                                                                                                                                                                                      | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010   | 2015   | 2020   | 2022   |
| CL → CL                                                                                                                                                                                                                                                  | 0    | -326 | -651 | -977 | -1.474 | -1.691 | -1.839 | -2.041 |

## 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.

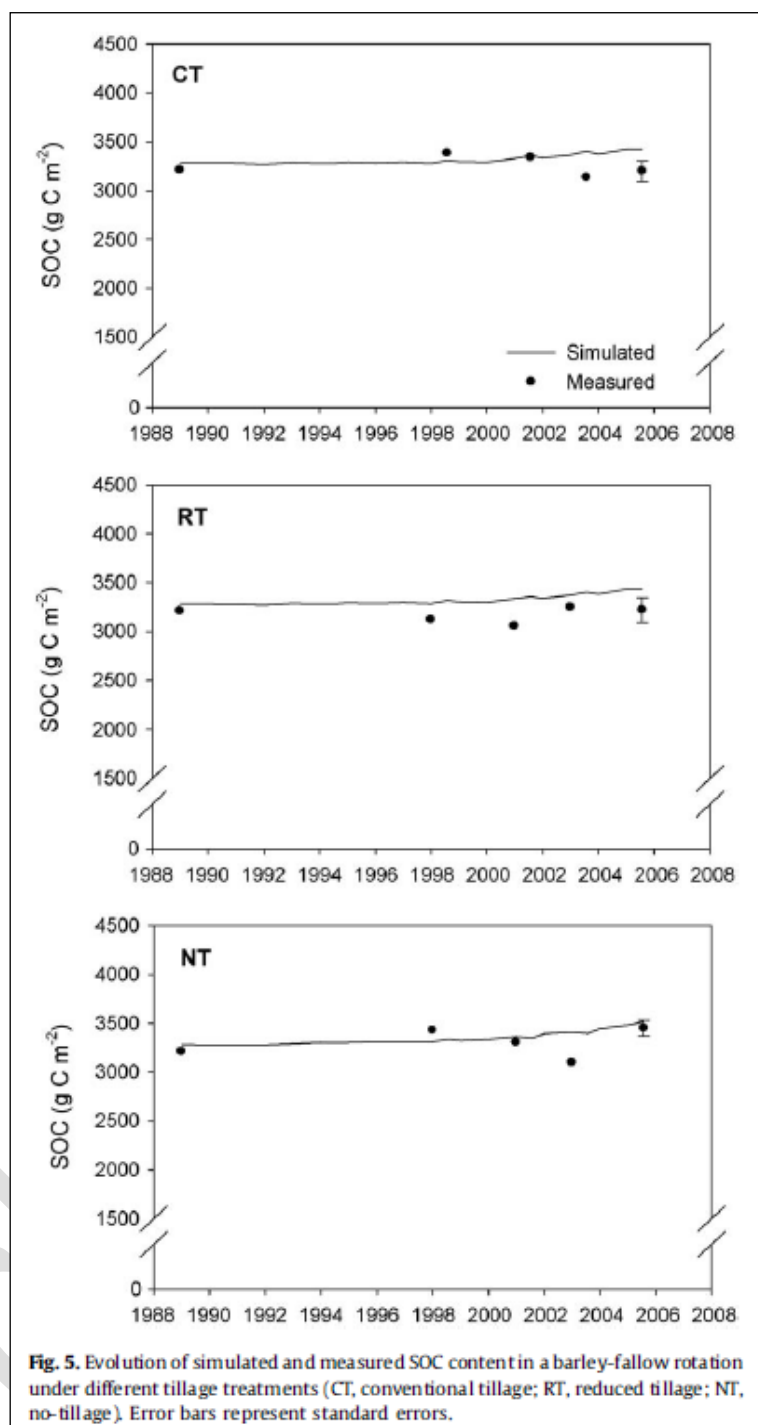


Figura 2. Evolución del contenido de SOC simulado y medido en una rotación de cebada-barbecho bajo diferentes tratamientos de laboreo (cifras en g C/m<sup>2</sup>)  
(Fuente: Álvaro-Fuentes *et al*, 2009)

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<sub>c</sub>) (g C kg<sup>-1</sup>) 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 <sup>-1</sup> )      |            |     |                               |                |                    |            |     |     |     |
| 1991                             | 0-10       | 6.2 | b <sup>a</sup> A <sup>b</sup> | B <sup>c</sup> | 2002               | 0-10       | 7.1 | cA  | AB  |
|                                  | 10-20      | 6.0 | aA                            | B              |                    | 10-20      | 6.5 | abA | AB  |
|                                  | 20-30      | 5.5 | aAB                           | BC             |                    | 20-30      | 6.3 | aA  | AB  |
|                                  | 30-40      | 4.6 | aB                            | C              |                    | 30-40      | 6.2 | aA  | A   |
|                                  | Mean       | 5.6 | a                             | CD             |                    | Mean       | 6.6 | ab  | AB  |
| 1996                             | 0-10       | 7.6 | bA                            | A              | 2003               | 0-10       | 6.9 | cA  | AB  |
|                                  | 10-20      | 7.3 | aA                            | A              |                    | 10-20      | 6.1 | aAB | B   |
|                                  | 20-30      | 7.0 | aA                            | A              |                    | 20-30      | 6.0 | aAB | ABC |
|                                  | 30-40      | 5.8 | aB                            | AB             |                    | 30-40      | 4.9 | aB  | BC  |
|                                  | Mean       | 6.9 | ab                            | A              |                    | Mean       | 6.0 | b   | BC  |
| 1998                             | 0-10       | 7.5 | cA                            | A              | 2004               | 0-10       | 7.2 | cA  | AB  |
|                                  | 10-20      | 6.6 | aAB                           | AB             |                    | 10-20      | 7.0 | aA  | AB  |
|                                  | 20-30      | 6.2 | aBC                           | AB             |                    | 20-30      | 5.5 | aB  | BC  |
|                                  | 30-40      | 5.1 | aC                            | ABC            |                    | 30-40      | 4.9 | aB  | BC  |
|                                  | Mean       | 6.3 | b                             | AB             |                    | Mean       | 6.2 | b   | BC  |
| 2000                             | 0-10       | 7.2 | cA                            | AB             | 2005               | 0-10       | 7.2 | cA  | AB  |
|                                  | 10-20      | 6.3 | aA                            | AB             |                    | 10-20      | 6.5 | aA  | AB  |
|                                  | 20-30      | 6.1 | aAB                           | AB             |                    | 20-30      | 6.0 | aA  | ABC |
|                                  | 30-40      | 5.0 | aB                            | BC             |                    | 30-40      | 4.7 | aB  | BC  |
|                                  | Mean       | 6.2 | b                             | BC             |                    | Mean       | 6.1 | b   | BC  |
| Mean tillage × depth (1996-2005) |            |     |                               |                | Initial conditions |            |     |     |     |
|                                  | 0-10       | 7.2 | cA                            | 8.9            | 1985               | 0-10       | 6.4 | aA  | AB  |
|                                  | 10-20      | 6.6 | aB                            | 6.5            |                    | 10-20      | 5.9 | aAB | B   |
|                                  | 20-30      | 6.1 | aB                            | 5.2            |                    | 20-30      | 4.8 | aBC | C   |
|                                  | 30-40      | 5.2 | aC                            | 4.3            |                    | 30-40      | 4.2 | aC  | C   |
| Mean tillage (1996-2005)         |            |     |                               |                | Mean               |            |     |     |     |
|                                  |            | 6.3 | b                             | 6.2            |                    |            | 5.3 | a   | D   |

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

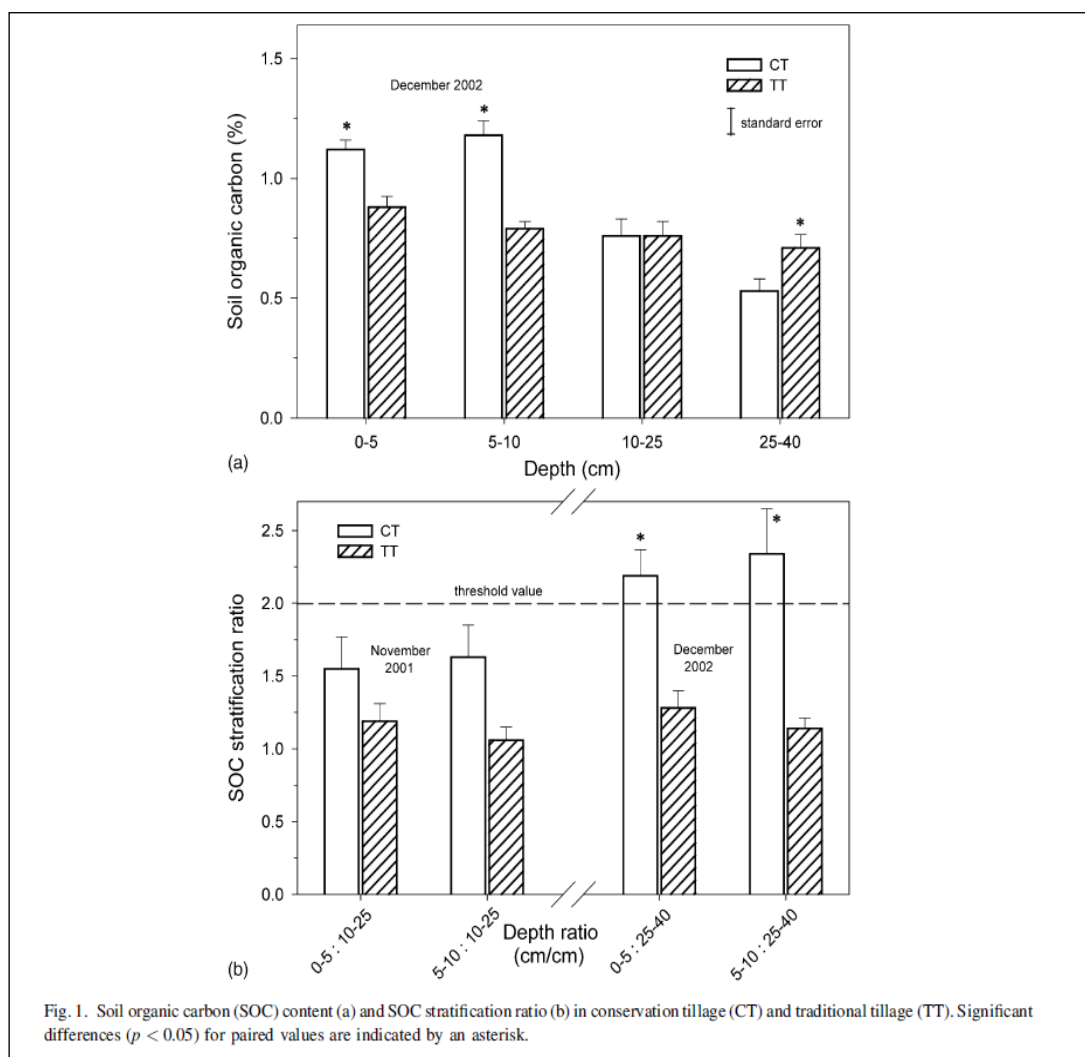


Figura 4. Contenido (%) y ratio de estratificación de SOC bajo diferentes tratamientos de laboreo  
(Fuente: Moreno *et al.*, 2006)

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  $\text{CaCO}_3$* . 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.