

29/03/10

INFORME

---

**INFORME DEL REINO DE ESPAÑA RELATIVO AL  
CUMPLIMIENTO DE LO DISPUESTO EN EL ARTÍCULO 19.2  
DE LA DIRECTIVA 2009/28/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO  
Y DEL CONSEJO, DE 23 DE ABRIL, RELATIVA AL FOMENTO  
DEL USO DE ENERGÍA PROCEDENTE DE FUENTES  
RENOVABLES Y POR LA QUE SE MODIFICAN Y DEROGAN  
LAS DIRECTIVAS 2001/77/CE Y 2003/30/CE**

---

## 1.- ANTECEDENTES

La Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE, establece en su artículo 19.2 que:

*“2. A más tardar el 31 de marzo de 2010, los Estados miembros presentarán a la Comisión un informe que incluya una lista de las zonas de su territorio clasificadas en el nivel 2 en la nomenclatura común de unidades territoriales estadísticas (denominada en lo sucesivo «NUTS»), o en un nivel NUTS más desagregado de conformidad con el Reglamento (CE) no 1059/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de mayo de 2003, por el que se establece una nomenclatura común de unidades territoriales estadísticas (NUTS), en las que cabe esperar que las emisiones típicas de gases de efecto invernadero procedentes del cultivo de materias primas agrícolas sean inferiores o equivalentes a las emisiones notificadas en el título «Valores por defecto desagregados para el cultivo» del anexo V, parte D, de la presente Directiva, acompañada de una descripción del método y de los datos utilizados para elaborar dicha lista. Dicho método tendrá en cuenta las características del suelo, el clima y el rendimiento previsto de las materias primas”.*

Con este informe se pretende cumplir con lo dispuesto en el párrafo anterior, en lo que respecta al Reino de España.

## 2.- METODOLOGÍA

Este informe recoge el balance de gases de efecto invernadero (GEI) de las etapas de cultivo correspondientes a la producción de biocarburantes en España a partir de

29/03/10

## INFORME

las materias primas más aptas para ello y teniendo en cuenta las condiciones agronómicas nacionales.

La evaluación de las emisiones de GEI de los biocarburantes toma como referencia (unidad funcional) el MJ de biocarburante producido. Los procesos de producción de biocarburantes que se han considerado son los siguientes:

- Producción de bioetanol usando como materia prima de trigo, cebada y sorgo azucarero.
- Producción de biodiésel usando como materia prima de aceite de girasol, colza y cardo.

La metodología a utilizar para la realización de los balances de GEI de los biocarburantes producidos en España ha tomado como referencia la metodología descrita en la Directiva 2009/28/CE relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables (D.O.U.E., 2009), basada en los métodos del Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Esta metodología establece una serie de hipótesis de trabajo que en algunos aspectos es objeto de controversia en la comunidad científica del ACV, como ocurre (para las etapas agrícolas) con:

- Cuáles son las emisiones de GEI consideradas y cuáles son sus factores de caracterización.
- Qué efectos sobre los cambios de uso del suelo han de ser considerados y cuál es el periodo de amortización considerado para esos cambios.

En todos estos aspectos, se respetarán las hipótesis de trabajo planteadas en la Directiva de forma que los resultados obtenidos en este estudio sean perfectamente compatibles con la metodología descrita en ella.

La citada Directiva establece unos valores típicos y por defecto para determinadas cadenas de producción de biocombustibles, basados en el estudio de JRC, Eucar y Concawe (JEC, 2007), por lo que la metodología seguida en dicho estudio ha sido metodología de referencia para el balance de gases de efecto invernadero realizado en el presente informe.

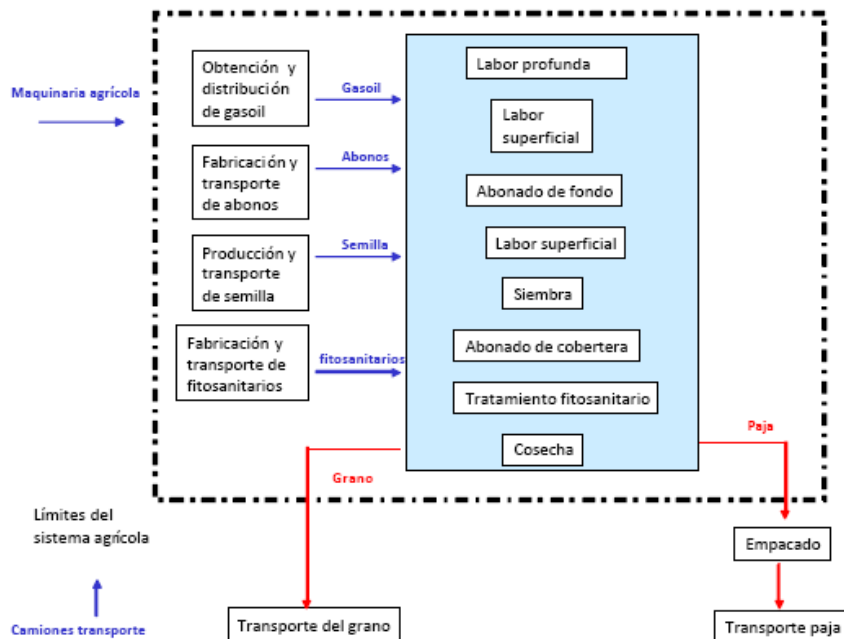
Por último, el balance de GEI de este estudio se ha realizado utilizando la herramienta informática SIMAPRO 7 y los datos empleados han sido obtenidos de distintas fuentes, aunque referidos, en la medida de lo posible, a situaciones reales que se producen en España.

### 3.- INVENTARIO DE LOS SISTEMAS AGRÍCOLAS

Las actividades incluidas en los sistemas agrícolas analizados se esquematizan en la siguiente figura.

29/03/10

## INFORME



### ETAPAS Y PROCESOS CONSIDERADOS

- Producción de semilla de siembra: incluye los consumos energéticos de los tratamientos de prelimpieza, limpieza, secado, tratamiento químico, y almacenaje. Se considerará que los procesos de cultivo son similares al cultivo convencional.
- Producción de fertilizantes: desde la obtención de las materias primas hasta la fabricación del producto final, así como su transporte hasta las parcelas de cultivo.
- Producción de fitosanitarios: incluye los procesos de producción de los fitosanitarios, desde la obtención de las materias primas hasta la fabricación del producto final, así como su transporte hasta las parcelas de cultivo.
- Producción del Diésel: incluye la extracción del crudo, los procesos de refinado del petróleo y el transporte del producto de la refinería hasta el usuario final.
- Consumos de agua para riego: se considerarán las cargas asociadas a la obtención de la energía necesaria para bombear el agua de riego.
- Etapas y procesos no considerados en el estudio: quedan fuera del sistema, los envases y embalajes de los agroquímicos aplicados en las operaciones de fertilización y sus ciclos de vida asociados, debido a la gran variedad de tipologías de envases detectadas y por considerar que su contribución relativa a las diferentes categorías de impacto es mínima en el sistema estudiado. Asimismo, quedan fuera

29/03/10

## INFORME

del sistema las actividades de empacado y transporte de la paja producida salvo en el caso del cultivo de sorgo y cardo en aprovechamiento total de la biomasa. En estos casos se recoge y transporta toda la biomasa cosechada. Asimismo, quedan fuera del sistema las actividades relacionadas con la fabricación de los aperos, la construcción de las infraestructuras agrarias, así como todas las infraestructuras de las instalaciones de fabricación de los distintos insumos agrícolas.

### **DATOS DE ENTRADA PARA LAS ETAPAS AGRÍCOLAS**

Estos datos han sido proporcionados por el Grupo de Agroenergética de la ETSI Agrónomos (UPM). Este grupo ha evaluado los recursos asociados a las operaciones agrícolas realizadas en la producción de los cultivos objeto de estudio: trigo (*Triticum aestivum* L.), cebada (*Hordeum vulgare*), sorgo azucarero (*Sorghum bicolor* L.), colza (*Brassica napus* L.), girasol (*Helianthus annuus*) y cardo (*Cynara cardunculus* L.). Los recursos (energía y materiales) considerados en el estudio se pueden agrupar en los siguientes apartados:

- a) Superficie.
- b) Producción de los cultivos.
- c) Abonos.
- d) Fitosanitarios.
- e) Agua y energía para riego.
- f) Maquinaria agrícola.
- g) Combustible.

La evaluación se ha realizado a nivel comarcal, teniendo en cuenta las características agronómicas de cada comarca agraria, para luego agregar los resultados a escala provincial o autonómica, según convenga. La evaluación de los recursos empleados en las labores agrícolas se realiza separadamente para cada cultivo y según una sistemática específica para cada apartado, que se detalla a continuación:

#### **a) Superficie**

La evaluación de energía y materiales de las operaciones agrícolas de producción de los cultivos objeto de estudio, se realiza en aquellas comarcas donde existe superficie de producción de dicho cultivo. Para ello se acude a la base de datos municipal sobre superficies agrícolas facilitada por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM), se introduce la base de datos en un entorno GIS y se agregan los datos de superficie por cultivo a nivel comarcal.

Para el trigo, cebada, colza y girasol se obtiene la superficie de producción en secano y regadío de cada término municipal en el año 2004, año más reciente en el que el MARM dispone de datos para toda España.

29/03/10

## INFORME

Para el caso del cardo y sorgo azucarero, la superficie considerada será aquella en la que se prevé una distribución potencial de los mismos. Para ello se establecen una serie de criterios agroclimáticos representativos de la agroecología del cultivo. A partir de datos tabulados procedentes del Sistema de Información Geográfico Agrario (SIGA) referentes a climatología de municipios españoles, y a partir de otras capas edafoclimáticas compatibles para entorno GIS, se estiman valores medios de las variables agroclimáticas consideradas para cada comarca.

En el caso del cardo, las variables agroclimáticas consideradas para el análisis de su distribución potencial son: precipitación anual, la pluviometría primaveral, esto es, de marzo a junio (AEMET), las temperaturas mínimas de abril (SIGA) y la profundidad del suelo (SGDBE -JRC).

En el caso del sorgo azucarero, la distribución potencial para este cultivo se reduce a Andalucía debido a su origen tropical. En aquellas comarcas donde se cumplan los criterios agroclimáticos establecidos, se considerará como superficie disponible para cardo y sorgo el 50% de la superficie de 'barbecho y otras tierras agrícolas no ocupadas' más el 10% de la superficie de cultivo destinada a los cultivos herbáceos. Para el cardo se considerará la superficie en secano y para el sorgo azucarero la superficie en regadío.

### **b) Producción de los cultivos**

#### Cereales

Para la estimación del rendimiento de los cereales se parte de una base de datos en la que se recopilan los rendimientos medios provinciales de los cereales en toda España para una serie de 10 años (1996-2006), obtenidos a partir de los Anuarios de Estadística Agroalimentaria (AEA) del MARM. Con el objetivo de obtener los rendimientos a escala comarcal, se acude al Índice de Regionalización Productiva (IRP) elaborado en los programas de la Política Agraria Común (PAC) representativos de las productividades de los cultivos a escala regional. Éste índice se recopila a partir de la información disponible en el Sistema de Información Geográfico Agrario (SIGA).

El rendimiento de cereales se estima, por tanto, a partir del índice de regionalización productiva (IRP) medio a nivel comarcal que se multiplica por un coeficiente específico (IPC) para cada provincia, que estima la producción potencial de grano de cereal por cada unidad de "índice de regionalización productiva" (media provincial ponderada). Para obtener la cantidad de biomasa agrícola residual, es decir paja de cereal, asociada a la producción del grano, se aplica un ratio "biomasa total /grano" (Rb/g) específico para cada cultivo.

Para la obtención del coeficiente IPC se tiene en cuenta la relación entre el rendimiento medio de cereales (grano) de la provincia y el índice de regionalización

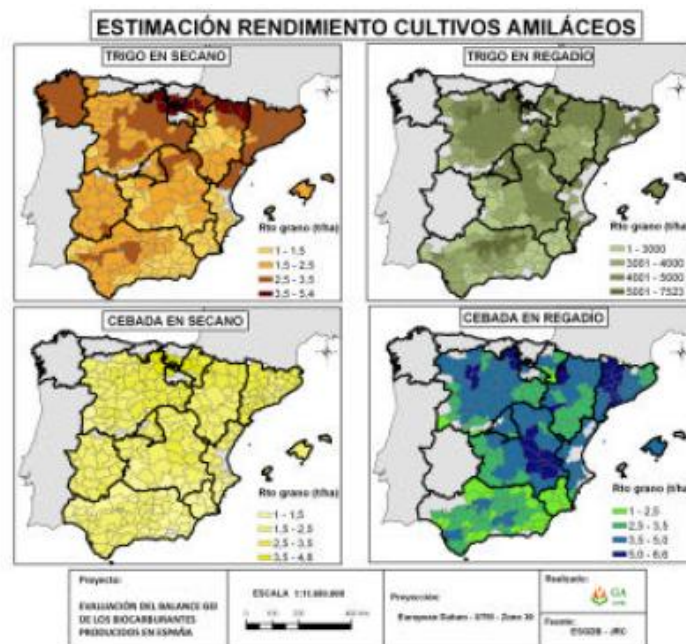
29/03/10

## INFORME

productiva medio ponderado de la provincia. Este índice se ha calculado a partir de una media ponderada de los IRP comarcales, en función de las superficies de cereales existentes en cada una de las comarcas agrarias. De esta forma este índice estará determinado exclusivamente en las áreas agrícolas que dispongan de cultivos cerealistas. El valor del coeficiente (IPC) representa el rendimiento medio teórico de la provincia en grano de cereal, por cada unidad de "índice de regionalización productiva". La fórmula aplicada para estimar el rendimiento en grano de cereal en cada comarca resulta:

$$\text{Rendimiento de cereal en grano (t m.s/ha)} = \text{IRP} * \text{IPC}$$

Así se obtienen los rendimientos del trigo y cebada, a escala comarcal, tanto en seco como en regadío.



### Colza y Girasol

En el caso del girasol, se utilizó el mismo procedimiento que en el caso de los cereales pero utilizando las productividades provinciales de ambos cultivos, normalizadas con sus superficies comarcales.

Para el caso de la colza, se acudió a la base de datos de la encuesta de superficies y rendimientos de cultivos (ESYRCE) que el MARM remite anualmente a la oficina de Eurostat de la Comisión Europea. Aquí se vuelven a matizar los rendimientos provinciales con los índices de IRP para obtener datos a escala comarcal. La razón para utilizar esta fuente de información es que la colza es un cultivo que ha resurgido en los últimos años en España, por lo que las estadísticas recogidas en los AEA



29/03/10

## INFORME

(hasta el 2006) no son muy representativas de las actuales cifras que rodean a este cultivo. Por el contrario, los datos recopilados en los ESYRCES en los años 2004-2008 se consideraron más representativos del rendimiento de este cultivo que los AEA en el periodo 1996-2006.

### Cardo

El rendimiento del cardo se ha obtenido a partir de una función de producción por la cual se pretende estimar o predecir el rendimiento del cultivo en base a una serie de variables agroclimáticas que más incidan en la productividad del cultivo. Básicamente se estima el rendimiento a nivel comarcal en base a la precipitación anual y al índice de potencialidad agrícola de Turc, el cual considera a su vez variables como la radiación, balances hídricos, temperaturas mínimas, etc.

La fórmula aplicada para estimar el rendimiento de biomasa de cardo en cada comarca resulta:

$$y' = 14,69 * \ln[(T+2P/3)] + 16.381$$

$y'$  = rendimiento teórico en t/ha de materia seca.

T = índice de Turc normalizado.

P = precipitación anual normalizada.

A partir de esta ecuación y conociendo los datos de Turc y precipitación anual a nivel municipal de toda España podremos estimar la producción potencial del cardo. Esta ecuación solo se aplica en las zonas donde existen tierras de labor de secano y donde existe una profundidad del suelo determinada, evitando así dar valores de rendimiento de cardo en zonas donde este cultivo sería inviable.

### Sorgo azucarero

Para la estimación del rendimiento del cultivo de sorgo azucarero se parte de una base de datos en la que se recopilan los rendimientos de una serie de ensayos de 11 variedades de sorgo en las provincias de Málaga, Córdoba y Sevilla, obtenidos de INIA, 1981 (Tabla 1).

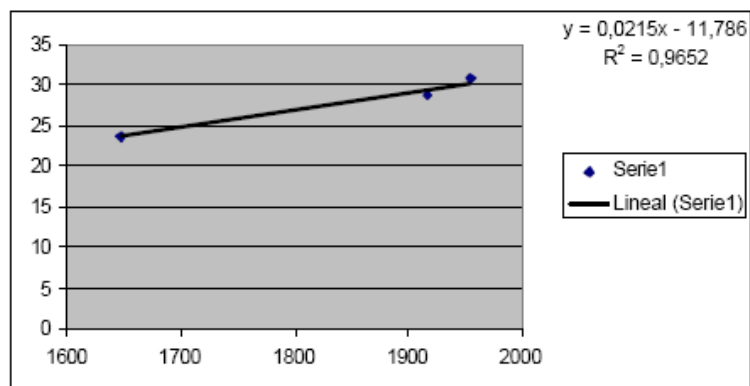
29/03/10

## INFORME

**Tabla 1:** Rendimiento en materia verde y materia seca (t/ha) de las distintas variedades de sorgo.

VARIEDAD	Producción de materia fresca (t/ha)			Producción de materia seca (t/ha)		
	Sevilla	Málaga	Córdoba	Sevilla	Málaga	Córdoba
Brandes	65,2	61,3	57,1	19,5	18,3	17,1
Dale	76,2	68,1	63,5	22,8	20,4	19,0
Honey	59,8	62,9	61,9	17,9	18,8	18,5
Keller	84,3	78	54,8	25,2	23,3	16,4
Río	83,6	63,3	103,1	25,0	18,9	30,9
Roma	59,1	42,1	26,9	17,7	12,6	8,1
Theis	80,1	48	69	24,0	14,4	20,6
Tracy	67,3	79,2	64,3	20,1	23,7	19,2
Wiley	78,9	47,4	42,1	23,6	14,2	12,6
Wray	95,8	70,2	56,3	28,7	21,0	16,8
Ramada	40,5	20,6	11,1	12,1	6,2	3,3

Para estimar el rendimiento del sorgo azucarero se procede a relacionar los rendimientos máximos con el número total de horas de sol de abril a octubre para ese año (Figura 11).



**Figura 11.** Gráfica que relaciona el número total de horas de sol de abril a octubre (h) y las máximas producciones de materia seca de sorgo (t/ha) para cada provincia

Así, la fórmula aplicada para estimar el rendimiento de biomasa de sorgo en cada comarca resulta:

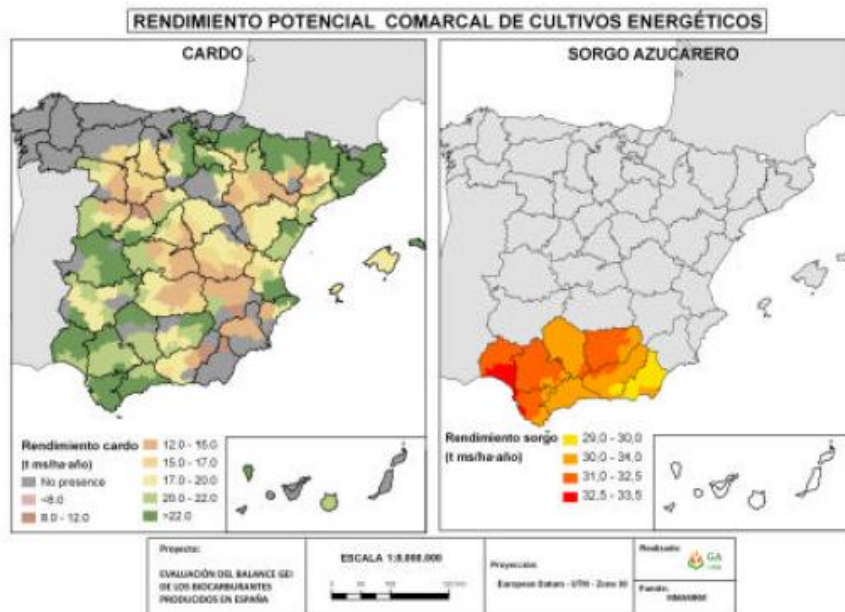
$$\text{Rendimiento de biomasa de sorgo (t m.s./ha)} = 0,0215 * \text{n}^\circ \text{ total de horas de sol de abril a octubre} - 11,786$$

El rendimiento de los cultivos energéticos resultante de la aplicación de las funciones de producción respectivas se muestra a continuación.



29/03/10

## INFORME



### c) Abonos

El empleo de los abonos se estima a partir del rendimiento de cada cultivo en las comarcas agrarias de España, puesto que el aporte necesario de nutrientes al suelo viene en función de la cantidad de elementos que se extraen en la cosecha. A partir de la base de datos de fertilización nitrogenada utilizada por el MARM en el balance de nitrógeno de las prácticas agronómicas españolas que se realiza a escala autonómica y que presenta la dosis de nitrógeno orgánico y mineral empleada por superficie, se estima, para cada autonomía, la dosis de fertilización nitrogenada por tonelada producida al relacionarla con el rendimiento de los cultivos a nivel autonómico ponderado por la superficie provincial.

Posteriormente, esta dosis de abonado nitrogenado por tonelada a nivel autonómico, se aplica sobre el rendimiento a escala comarcial para obtener la fertilización nitrogenada para los diferentes cultivos tradicionales en cada comarca agraria. A continuación según la proporción de los distintos tipos de abonos empleados en la producción de los cultivos estudiados se calcula la dosis del resto del abonado. Por tanto, a partir de los rendimientos medios para cada comarca y cultivo, y en función de las relaciones de las extracciones y necesidades de abono para una producción dada, se obtiene la fertilización necesaria en cada comarca para los diferentes cultivos.

Necesidades de fertilización en función del tipo de cultivo y de su producción.

29/03/10

**INFORME**

Cultivo	Producción (kg/ha)	Cantidad total NPK	
Trigo*	1.000	Kg N / ha	35
		Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / ha	25
		Kg K <sub>2</sub> O / ha	25
Cebada*	2.500	Kg N / ha	75
		Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / ha	75
		Kg K <sub>2</sub> O / ha	75
Colza** (secano)	1.000	Kg N / ha	44,8
		Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / ha	11,7
		Kg K <sub>2</sub> O / ha	19,5
		Kg KNO <sub>3</sub> / ha	17,11
		Kg (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	172,4
Colza** (regadío)	1.000	Kg N / ha	48,4
		Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / ha	12,6
		Kg K <sub>2</sub> O / ha	21,1
		Kg KNO <sub>3</sub> / ha	18,5
		Kg (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	186,2
Girasol * (regadío)	1.000	Kg N / ha	60
		Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / ha	23
		Kg K <sub>2</sub> O / ha	120
Cardo***	20.000	Kg N / ha	554
		Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / ha	257
		Kg K <sub>2</sub> O / ha	848
Sorgo****	7.000	Kg N / ha	200
		Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / ha	100
		Kg K <sub>2</sub> O / ha	150

\*FUENTE: Guerreo, A., 2003; Urbano, P., 1999, Box, M., 2005. MARM, 1999.

\*\*FUENTE: ITACyL, 2009.

\*\*\*FUENTE: Fernández, 2009.

\*\*\*\*FUENTE: Grupo de Agroenergética

El caso de la fertilización del girasol merece una mención particular en este apartado. A pesar de recomendarse en los diversos manuales de agronomía un abonado del girasol en función de las extracciones del suelo, la situación particular del sector agrario español, donde los rendimientos para este cultivo son muy bajos, principalmente en secano, y el precio de los abonos es tan elevado como fluctuante, genera que el agricultor español no realice en términos generales una fertilización de este cultivo. Así mismo, la raíz pivotante de este cultivo favorece el aprovechamiento de los fertilizantes que se hayan aplicado en el cultivo anterior y que se hayan perdido en profundidad. Esto se manifiesta claramente en la rotación de cultivos, en la que al

29/03/10

## INFORME

cultivo del girasol suele preceder el cultivo de un cereal. Estas prácticas agronómicas asociadas al cultivo del girasol se muestran en la Encuesta sobre utilización de medios de producción de la explotación Agraria (MARM, 1999).

Por ello los insumos de abonado para la superficie del cultivo de girasol en secano se han igualado a cero, mientras que para la superficie en regadío se ha seguido la metodología utilizada en el resto de los cultivos, puesto que al aumentar los rendimientos, se incrementan las extracciones de nutrientes del suelo que hay que reponer.

En el caso de la fertilización de la colza, las necesidades de abono en función de la producción del cultivo provienen de un certificado sobre la agronomía y manejo del cultivo de la colza del Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACyL). El abandono de este cultivo en la década de los 80 generó una fuerte disminución de la superficie cultivada y un cambio en las prácticas agronómicas no dirigidas a grandes cosechas, por lo que este instituto está desarrollando nuevos manuales de cultivo y campos experimentales que mejoren los rendimientos de nuevas variedades. Por ello se estimó más correcto considerar las necesidades de abono de esta fuente de información que las provenientes de una época en la que esta especie era un cultivo marginal. Así, la dosis de cultivo recomendada es de 300 kg/ha de NPK 8-15-15 y 450 kg/ha de sulfato amónico (21% N) para la colza de secano y de 450 kg/ha de NPK 8-15-15 y 450 kg/ha de sulfato amónico para la colza en regadío.

### d) Fitosanitarios

El estudio del uso de plaguicidas, fungicidas y herbicidas en la producción comarcal de los cultivos seleccionados se realiza a nivel provincial o autonómico, dependiendo de la escala a la cual se diferencie la información sobre plagas encontrada en las referencias bibliográficas.

A partir de la lista de fitosanitarios contemplados en la Base de Datos de Ecoinvent, con la cual se elabora posteriormente el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), se seleccionan el/los más adecuados para las plagas establecidas. Esta selección se realiza asimismo a partir de un sondeo de las prácticas culturales de cada provincia o autonomía. Debido a que no se dispone de suficiente información de las plagas y enfermedades por autonomías, se realiza un control fitosanitario en función de las plagas y enfermedades más habituales en España. Los productos y sus dosis han sido obtenidos del Agrovademecum.

Para un tratamiento general de todos los cultivos considerados en este estudio se han tenido en cuenta los siguientes productos fitosanitarios: Carbofurano, Deltametrín, Carbendazima, Maneb, Linurón, Pendimetalina, Trifluralina, Propizamida y Metazacloro.

29/03/10

## INFORME

A continuación se detallan distintos ejemplos de actuación de dichos fitosanitarios, ya sea en combinación o por separado, agrupados según sean plaguicidas, fungicidas o herbicidas:

- Tratamientos plaguicidas: Deltametrín: Pulgones y orugas en colza y girasol.
- Tratamientos fungicidas: Carbendazima 8% + Maneb 64%: Septoriosis, Roya, Mal de pié y Oidio en cebada y trigo.
- Tratamientos herbicidas:
  - Linurón 12% + Trifluralina 24%: Malas hierbas anuales en trigo y cebada.
  - Pendimetalina: Malas hierbas anuales en girasol.
  - Propizamida: Malas hierbas anuales en colza.
  - Metazacloro: gramíneas vivaces y anuales en colza.

### e) Agua y energía para riego

El cálculo de la cantidad de agua utilizada en las distintas zonas de regadío de toda la geografía española, se realiza en función del incremento del rendimiento de grano seco-regadío. Una vez obtenidos los rendimientos comarcales de los distintos cultivos, tanto en seco como en regadío, se estima la cantidad de agua utilizada por los cultivos en seco (se considera la precipitación media comarcal ponderada, obtenida de las capas ráster de la AEMET). Al dividirla por el rendimiento de grano de los cultivos en seco, se obtiene un factor Q, expresado en m<sup>3</sup> por kilogramo de materia seca, es decir, la eficiencia en el uso del agua. Posteriormente se calcula el incremento del rendimiento medio de grano entre los cultivos de seco y de regadío a nivel comarcal, que multiplicado por el factor Q descrito anteriormente, resulta en la cantidad de agua de riego necesaria a nivel comarcal en los cultivos de regadío. Las necesidades hídricas de los diferentes cultivos en función de la productividad se presentan a continuación:

Cultivo	Eficiencia uso del agua (m <sup>3</sup> /kg m.s.)	MEDIA (m <sup>3</sup> /kg m.s.)
Trigo	1 - 1,2	1,1
Cebada	1 - 1,2	1,1
Girasol	0,4 - 1,1	0,75
Colza	0,35 - 1,15	0,75
Sorgo	0,16 - 0,27	0,215

Para obtener la energía necesaria para el riego, se busca la procedencia de dicho agua a nivel comarcal, pudiendo ser de tres tipos: aguas superficiales, subterráneas y depuradas. Esta información se encuentra a nivel provincial y autonómico en las bases de datos del Instituto Nacional de Estadística (INE, 2009) sobre explotaciones agrícolas. Así pues, en función de la procedencia del agua de riego, el consumo eléctrico asociado varía según el tipo de riego y el consumo hídrico del cultivo. Así por ejemplo, para el riego por aspersión a partir de aguas subterráneas a una profundidad

29/03/10

## INFORME

del nivel freático de 60 metros, se considera un consumo asociado de  $0,265 \text{ kWh/m}^3$ , mientras que para la aspersión de aguas superficiales se considera un consumo eléctrico de  $0,1 \text{ kWh/m}^3$ .

### f) Maquinaria agrícola

Según las operaciones agrícolas específicas para la producción de cada cultivo, se establece la maquinaria necesaria en cada labor. En este apartado se contempla la 'maquinaria agrícola tipo' para cada cultivo, de manera que dicha maquinaria no varía según la comarca agraria, sino que será en la capacidad de trabajo (rendimiento) de la maquinaria (medido en h/ha) donde influirán las características agronómicas de cada comarca.

Las labores consideradas en las operaciones agrícolas se diferencian entre cultivos anuales y plurianuales:

- Cultivos anuales (cereales, girasol, colza): arar, pase de rulo, pase de cultivador, abonar, sembrar, tratamiento fitosanitario y cosechar.
- Cultivos plurianuales (cardo, sorgo azucarero):
  - Año de implantación: alzar, pase de cultivador, abonar, sembrar, tratamiento herbicida, pase de cultivador y tratamiento fitosanitario.
  - Año de producción: abonar, pase de cultivador, pase de rulo, tratamiento insecticida y cosechar.

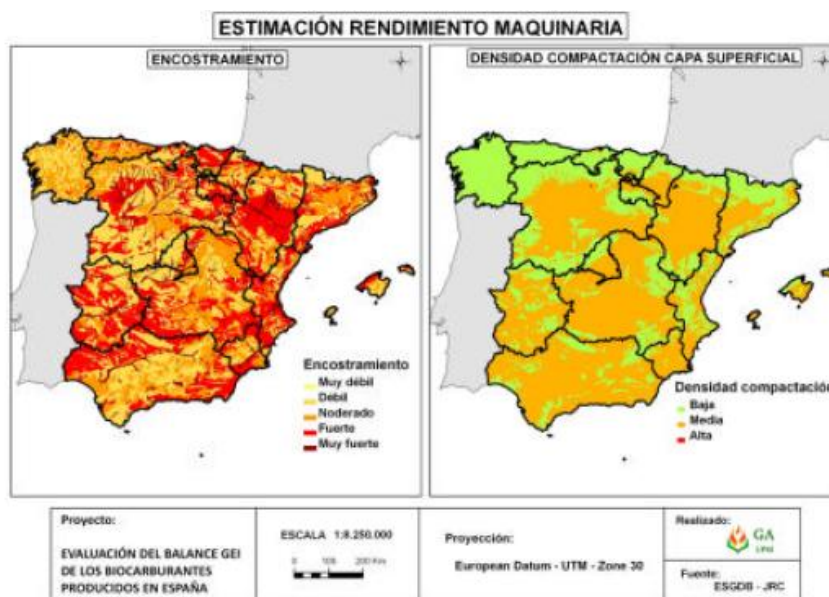
Los rendimientos de las labores se han recopilado del cálculo de los costes de utilización de aperos y máquinas agrícolas, de la plataforma del conocimiento para el medio rural y pesquero del MARM. Se considera un único tractor asociado a las labores realizadas con aperos arrastrados.

Para estimar el rendimiento de la maquinaria a nivel comarcal se acude a la base de datos del European Soil Database (SGDBE) del Joint Research Centre de la Comisión Europea. Esta base de datos cartografía las unidades tipológicas de suelos a escala 1:1.000.000 para todo el continente europeo. Para cada unidad de suelo, evalúa una serie de parámetros, algunos de los cuales son representativos de la dureza del suelo, como por ejemplo la clase textural superficial, clase de encostramiento, densidad de compactación, etc. Esta base de datos se facilita en formato compatible para su introducción en un GIS, de manera que se puede calcular el porcentaje de superficie que representa en cada comarca agraria las unidades de suelo presentes.

29/03/10

## INFORME

### VARIABLES EDAFOLÓGICAS INFLUYENTES EN EL RENDIMIENTO DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA



Paralelamente se relacionan los parámetros seleccionados de la SGDBE con un rendimiento de la maquinaria de manera que se obtiene un rendimiento (h/ha) para cada labor y comarca agraria. En las operaciones muy influenciadas por las características del suelo se utilizan los valores de encostramiento y densidad de compactación para obtener un rango de valores en las distintas comarcas agrarias.



29/03/10

## INFORME

### a) Operaciones muy influenciadas por las características del suelo.

APERO (Condiciones de referencia y consumos de combustible con un tractor de 120 CV).	Consumo		Capacidad (h/ha)	Peso (kg)
	l/h	l/ha		
Arado de vertedera	18,3	21,6	1,18	1000,00
Arado chisel	18,3	8,0	0,44	750,00
Subsolador (descompactador)	18,3	17,7	0,97	600,00
Grada de discos	13,3	4,0	0,31	1800,00
Cultivador de brazos flexibles	13,3	3,8	0,29	900,00
Rotocultivador	18,3	24,6	1,34	625,00
Grada accionada por la tdf	13,3	6,2	0,47	750,00

### b) Operaciones poco influenciadas por las características del suelo.

MÁQUINA (Condiciones de referencia y consumos de combustible con un tractor de 120 CV para máquinas del Grupo 2).	Capacidad efectiva (h/ha)	Consumo		Peso (kg)
		l/h	l/ha	
Abonadora centrífuga	0,08	8,8	0,74	700,00
Abonadora suspendida	0,18	8,8	1,6	
Abonadora arrastrada	0,12	8,8	1,1	
Sembradora chorrillo	0,6	13,2	7,9	810,00
Sembradora chorrillo SD	0,69	18,3	7,1	1380,00
Sembradora monograno	1,01	13,2	13,4	960,00
Plantadora patatas	0,8	13,2	10,6	960,00
Esparcidor estiércol	0,71	18,3	13,1	
Cisterna purín	0,51	18,3	9,3	3500,00
Pulverizador suspendido	0,17	13,24	2,21	400,00
Pulverizador arrastrado	0,11	8,8	1,0	

### c) Operaciones de recolección.

MÁQUINA (Condiciones de referencia y consumos de combustible con un tractor de 120 CV para máquinas del Grupo 3).	Capacidad efectiva (h/ha)	Consumo		Producción (t/ha)	Peso (kg)
		l/h	l/ha		
Segadora acondicionadora (discos y tambores)	0,69	13,24	9,19	-	1200,00
Rastrillo hilerador	0,2	8,8	1,75	-	2000,00
Empacadora convencional	0,8	18,26	14,61	4	2000,00
Roto-empacadora	0,67	18,3	12,2	4	2500,00
Macro-empacadora	0,37	18,3	13,1	4	9000,00
Remolque autocargador	0,48	18,3	8,7	-	2500,00
Picadora-cargadora	2,14	18,26	39,03	15	2500,00
Cosechadora tubérculos	1,79	18,3	32,6	-	3500,00
Picadora-cargadora de forraje autopropulsada	1,11	34,5	38,3	40	
Cosechadora de granos (trigo, cebada..)	0,39	39,5	15,4	3,5	13000,00
Cosechadora de granos (girasol)	0,39	39,5	15,4	3,5	13000,00
Cosechadora de granos (maíz)	0,65	39,6	25,71	10	13000,00

## g) Combustible

A partir de la metodología utilizada por el MARM en la plataforma de conocimiento para el medio rural y pesquero para el cálculo de los costes de utilización de aperos y máquinas agrícolas, se seleccionan los datos referidos al consumo de combustible por hora de cada tipo de maquinaria (l/h). Al cruzar estos datos con los resultados del rendimiento de la maquinaria (h/ha), se obtiene, a nivel comarcal, el consumo de combustible por labor agrícola y por unidad de superficie (l/ha).

29/03/10

## INFORME

### 4.- FACTORES DE EMISIÓN Y CONSUMOS ENERGÉTICOS

Los factores de emisión utilizados en este estudio se resumen en las tablas del Anexo. La mayoría de ellos han sido obtenidos de la base de datos Ecoinvent 2.1. (<http://www.pre.nl/ecoinvent>). En algunos casos se han usados datos procedentes de la literatura científica en este tema y en ocasiones factores proporcionados por los fabricantes de biocombustibles y procedentes de cálculos realizados por sus proveedores.

#### ***ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE ÓXIDO NITROSO EN ESTE INFORME***

Para la realización de este informe se han revisado las publicaciones sobre medidas en campo en España de emisiones de óxido nitroso, llegándose a la conclusión de que no existía una base de datos suficientemente amplia que permitiera su uso para estimar las emisiones de este compuesto al nivel de desagregación espacial requerido en este estudio.

Posteriormente se han evaluado los resultados de las simulaciones realizadas por el JRC de Ispra usando los modelos DNDC-CAPRI y el modelo de Stehfest y Bouwman (Leip, 2009 y 2010). Del análisis de los resultados de estas modelizaciones se ha concluido que existía una discrepancia importante entre estos modelos y nuestro estudio en los datos de partida de niveles de fertilización de los distintos cultivos. Estos modelos usan bases de datos internacionales (IFA, 2009, JRC/PBL, 2009) que proporcionan un solo valor para todas las regiones españolas. Así, por ejemplo, el valor de fertilización para un cultivo es el mismo para todas las regiones españolas, algo que se aleja mucho de la realidad y de las hipótesis contempladas en este estudio.

Asimismo, el nivel de fertilización del girasol y de la colza es exactamente el mismo en estos modelos, cuando la realidad es que el girasol es un cultivo que apenas se fertiliza en nuestras condiciones, y la colza es un cultivo bastante más intensivo en fertilización. Todas estas discrepancias hacen que los flujos de óxido nitroso simulados para las regiones españolas en estos modelos no sean de aplicación en este estudio. Por todo ello, en este estudio se ha decidido usar la metodología del IPCC Tier 1.

### 5.- RENDIMIENTOS DE LA TRANSFORMACIÓN Y FACTORES DE ASIGNACIÓN

Para realizar la estimación de las emisiones por MJ de biocombustible producido se han considerado unos rendimientos de los procesos de transformación y unos factores de asignación al biocombustible producido que se resumen a continuación.

29/03/10

## INFORME

Estos factores se han calculado en base a los datos de los procesos de la industria de transformación en España.

	MJ materia prima/ MJ biocombustible	% asignación al biocombustible
Etanol de trigo	1,79	60%
Etanol de cebada	2,07	55%
Etanol de sorgo	2,99	100%
Biodiésel de girasol	1,73	63%
Biodiésel de colza	1,85	60%
Biodiésel de cardo (aprovechamiento semilla)	1,52	63%
Biodiésel de cardo (biorrefinería pasta)	8,66	45%
Biodiésel de cardo (biorrefinería energía)	8,66	21%

## 6.- RESULTADOS Y VALORACIONES

La tabla siguiente muestra los resultados para cada Comunidad Autónoma de las emisiones de gases de efecto invernadero de la etapa de cultivo de las materias primas consideradas en este estudio. En rojo se muestran las regiones cuyas emisiones están por encima del valor por defecto de la etapa de cultivo, en verde las que tienen emisiones de GEI por debajo del valor por defecto y en gris, aquellas regiones en la que no se cultiva la materia prima en cuestión. En blanco se muestran los cultivos para los que no existe valor por defecto.

Emisiones de gases de efecto invernadero de las etapas agrícolas expresado en g CO2 equiv por MJ de biocombustible producido

Código NUTS2	CCAA	Trigo	Cebada	Girasol	Colza	Cardo	Cardo bior. pasta	Cardo bior. energía	Sorgo Andalucía
ES61	"Andalucía"	38	46	8	26	66	40	19	53
ES24	"Aragón"	38	28	16	29	66	40	19	
ES12	"Asturias"	29							
ES53	"Balears"	36	48	9		66	40	19	
	"Canarias"	27	36			66	40	18	
ES13	"Cantabria"	32	49	7					
ES41	"Castilla-León"	30	38	12	26	67	40	19	
	"Castilla-La Mancha"	39	37	15	26	67	40	19	
ES51	"Cataluña"	22	21	14	28	66	40	19	

29/03/10

## INFORME

ES63 y							
ES64	Ceuta y Melilla						
ES30	"Comunidad de Madrid"	33	36	14	52	40	19
ES52	"Comunidad Valenciana"	32	36	15	26	66	40
ES43	"Extremadura"	27	28	13	27	66	40
ES11	"Galicia"	25					
ES23	"LA Rioja"	25	31	8	66	40	19
ES62	"Murcia"	53	52	26	67	41	19
ES22	"Navarra"	27	31	10	26	66	40
ES21	"Pais Vasco"	29	32	6	26	66	40

### COMENTARIO FINAL

El presente estudio está basado en el informe *"EVALUACION DEL BALANCE DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y BALANCE ENERGÉTICO DE LOS BIOCARBURANTES PRODUCIDOS EN ESPAÑA"*, realizado por el Ciemat para el IDAE en el marco de la elaboración del Plan de Acción en materia de energía renovable (PANER) al que se refiere el artículo 4 de la Directiva 2009/28/CE, y que supone una revisión y actualización de los trabajos que el Ciemat realizó en 2005 y 2006 en este campo (Análisis de Ciclo de Vida de Combustibles alternativos para el Transporte; Lechón et al, 2005 y 2006).

Entre las conclusiones principales que ha permitido extraer el informe citado en el párrafo anterior, y que tienen que ver con las disposiciones de la Directiva 2009/28/CE, resalta la inadecuada consideración de los coproductos en la metodología de cálculo de gases de efecto invernadero recogida en el anexo V de la Directiva, que penaliza gravemente la producción de etanol con cereales al no tener en cuenta que subproductos agrícolas como la paja no pueden ser considerados nunca como residuos en las condiciones españolas, pues tienen siempre un uso, y por tanto una valorización económica. Urge, por ello, replantearse la consideración de este tipo de subproductos en la metodología de cálculo de GEI, al amparo de lo dispuesto en el artículo 19.7 de la Directiva 2009/28/CE.

29/03/10

**INFORME**

## ANEXO: FACTORES DE EMISIÓN

### Poderes caloríficos

	LHV (MJ/kg ms)
Trigo	17,00
Cebada	17,00
Girasol	26,40
Colza	26,40
Semilla cardo	23,30
Biomasa de cardo	15,88
Biomasa de sorgo	17,26
Aceite girasol colza y cardo	36,00
Biodiesel girasol colza y cardo	37,20
Glicerina	16,00
Harina girasol colza y cardo	15,00
Diesel	43,10
Etanol	26,80
DDGS trigo	17,97
DDGS cebada	16,92

### Factores de emisión de fertilizantes

		Energía GEI				
		Energía fosil	CO2	N2O	CH4	Total
Fertilizante	Proceso	MJ./kg	kg CO2 equiv/kg	kg CO2 equiv/kg	kg CO2 equiv/kg	kg CO2 equiv/kg
N		49,17	3,02	2,85	0,19	6,07
P2O5		15,47	0,99	0,0026	0,03	1,02
K2O		9,73	0,55	0,0004	0,04	0,58

Fuente: JEC, 2007

### Factores de emisión de fitosanitarios

29/03/10

INFORME

Fitosanitario	Proceso	Energía		GEI		Total
		Energía fósil	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	
		MU <sub>e</sub> /kg	kg CO <sub>2</sub> equiv/kg	kg CO <sub>2</sub> equiv/kg	kg CO <sub>2</sub> equiv/kg	kg CO <sub>2</sub> equiv/kg
CARBARIL	[thio]carbamate-compounds, at regional storehouse/RER U	185,39	6,53	0,05	0,38	6,96
MALATION 50% [EC] P/V	Organophosphorus-compounds, at regional storehouse/RER U	179,31	7,27	0,06	0,38	7,70
DIMETOATO	Organophosphorus-compounds, at regional storehouse/RER U	179,31	7,27	0,06	0,38	7,70
CARBOFURANO 5 % [GR] P/P	Carbofuran, at regional storehouse/RER U	358,64	13,33	0,10	0,58	14,01
DELTAMETRIN 0,5% [UL] P/V	Pyretroid-compounds, at regional storehouse/RER U	437,41	20,83	0,15	0,74	21,72
CLORMEFOS 5% [GR] P/P	Organophosphorus-compounds, at regional storehouse/RER U	179,31	7,27	0,06	0,38	7,70
CARBENDAZIMA [8%] + MANEB [64%]	[thio]carbamate-compounds, at regional storehouse/RER U	185,39	6,53	0,05	0,38	6,96
LINURÓN [48%]	Linuron, at regional storehouse/RER U	237,87	6,85	0,05	0,45	7,34
PENDIMETALINA [33%] [EC] P/V	Dinitroaniline-compounds, at regional storehouse/RER U	114,30	4,35	0,03	0,19	4,58
TRIFLURALINA [48%] [EC] P/V	Dinitroaniline-compounds, at regional storehouse/RER U	114,30	4,35	0,03	0,19	4,58
PROPIZAMIDA [40%] [SC] P/V	Acetamide-anillide-compounds, at regional storehouse/RER U	209,90	7,74	0,06	0,33	8,13
METAZACLORO [50%] [SL] P/V	Acetamide-anillide-compounds, at regional storehouse/RER U	209,90	7,74	0,06	0,33	8,13

Fuente: Ecoinvent 2.1. <http://www.ecoinvent.ch/>

Factores de emisión del gasoil empleado en la etapa agrícola

Combustible	Proceso	Energía		GEI		Total
		Energía fósil	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	
		MU <sub>e</sub> /kg	kg CO <sub>2</sub> equiv/kg	kg CO <sub>2</sub> equiv/kg	kg CO <sub>2</sub> equiv/kg	kg CO <sub>2</sub> equiv/kg
Diesel	Diesel, at regional storage RER	53,74	3,580	0,038	0,046	3,66

Fuente: Ecoinvent 2.1. <http://www.ecoinvent.ch/>

Factores de emisión de la electricidad usada en el riego



29/03/10

**INFORME**

	Proceso	Energía GEI				Total
		Energía fosil	CO2	N2O	CH4	
		g CO2equiv				
		MJ/kWh	g CO2equiv /kWh	/kWh	g CO2equiv /kWh	g CO2equiv /kWh
electricity mix	electricity, low voltage, production, ES	10,99	566,25	5,15	26,41	597,81
		MJf/MJ	g /MJ	g /MJ	g /MJ	g /MJ
		3,05	157,29	1,43	7,34	166,06