

# POTENCIALIDAD AGRONÓMICA DE CULTIVOS ENERGÉTICOS DESTINADOS A LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES EN LA PROVINCIA DE ALBACETE

Por

Maria Pilar MAÑAS RAMÍREZ \*

Elena CASTRO BARRILERO \*

Jorge DE LAS HERAS IBÁÑEZ \*

Recibido: 30-junio-2008

Aprobado: 02-diciembre-2010

---

\* Centro Regional de Estudios del Agua. UCLM. Universidad de Castilla La Mancha  
Ctra. de las Peñas, km 3,2 2049- Albacete

Dirección para correspondencia: [mariap.manas@uclm.es](mailto:mariap.manas@uclm.es)



## RESUMEN

En este trabajo se hace un estudio de la posible utilización de algunos cultivos comunes en la provincia de Albacete (trigo blando, cebada, maíz, girasol y colza) en la producción de biocombustibles, concretamente bioetanol y biodiésel. Se ha calculado la equivalencia de su rendimiento en términos energéticos tep (toneladas equivalentes de petróleo) y se ha visto que agrónomicamente es posible la utilización de estos cultivos para alcanzar los objetivos fijados en el PER (Plan de Energías Renovables) en Castilla-La Mancha.

**Palabras clave:** cultivos energéticos, biocombustibles, tep, Albacete.

## ABSTRACT

This study examines the possibility of using some common crops within the province of Albacete (wheat, barley, corn, sunflower and rape) for biofuel production, in the forms of bioethanol and biodiesel. Equivalent tons of petroleum (tep) is used as the energy values from these crops and results show that those crops can be used in order to reach PRE (Plan for Renewable Energy) objectives for Castilla-La Mancha.

**Keywords:** energetic crops, biofuel, tep, Albacete.

## 0. INTRODUCCIÓN

### 0.1 ¿Qué es un biocombustible?

Existe actualmente una creciente preocupación por las consecuencias ambientales, sociales y económicas del cambio climático, que tienen su reflejo en los compromisos derivados del protocolo de Kyoto, asumidos por España. La producción y consumo de energía son los principales responsables de las emisiones de gases efecto invernadero, lo que sitúa al sector energético como sector clave para alcanzar los compromisos adquiridos y a las energías renovables como unos de sus principales instrumentos.

El desarrollo de las fuentes renovables de energía es uno de los aspectos claves de la política energética nacional porque contribuye eficientemente a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, en particular del CO<sub>2</sub> y disminuye la dependencia de los productos petrolíferos además de promover el uso de recursos autóctonos.

Hasta hace poco la política española de este tipo de energía estaba contenida en el Plan de Energías Renovables en España (PER) 2005-2010, que

constituía la revisión del Plan de Fomento de las Energías Renovables de España (2000-2010) hasta entonces vigente. Con esta revisión se trataba de mantener el compromiso de cubrir con fuentes renovables al menos el 12% del consumo total de energía en 2010, así como incorporar los otros dos objetivos indicativos: 24% de generación eléctrica con renovables (CE, 2001) y 5,75% de biocarburantes en transporte para ese año (CE, 2003 y RD, 2003), que fueron adoptados con posterioridad al anterior plan.

Actualmente, la Directiva 28/2009/CE del Parlamento europeo y del Consejo, de 23 de abril, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, establece que cada Estado miembro elaborará un Plan de Acción Nacional en materia de Energías Renovables (PANER) para conseguir los objetivos nacionales fijados en la propia Directiva. Para España, estos objetivos se concretan en que las energías renovables representen un 20% del consumo bruto final de energía, con un porcentaje en el transporte del 10%, en el año 2020.

Etimológicamente un biocombustible es un combustible de origen biológico. No obstante, más exactamente los biocombustibles son aquellos combustibles obtenidos de una fuente biológica, de manera renovable a partir de restos orgánicos (Ballesteros, 2006).

Los biocarburantes, son biocombustibles susceptibles de ser empleados en un motor de combustión interna (motores Diesel y Otto). Dado que en buena medida estos motores se instalan en los vehículos, los biocarburantes se identifican como los biocombustibles para el transporte. Los biocarburantes en uso proceden de materias primas vegetales, a través de transformaciones biológicas y físico-químicas. Algunas fuentes renovables ya son económicamente competitivas con las energías convencionales en estos momentos y la gran mayoría lo serán también a corto o medio plazo.

Los biocarburantes más conocidos son:

- Bioetanol: Es un alcohol etílico deshidratado producido a partir de la fermentación de elementos de la biomasa que sean ricos en componentes azucarados, amiláceos y, últimamente, lignocelulósicos. Entre los cultivos agrarios empleados en la producción de bioetanol se encuentran la caña de azúcar, la remolacha, el maíz, el sorgo, el trigo, la cebada, así como tallos de maíz, paja de cereal y otros residuos vegetales. El bioetanol se utiliza como sustitutivo de la gasolina, o en mezcla con ésta, en los motores de explosión (Otto), incluso en altos porcentajes de mezcla en los llamados vehículos FFV (Flexible Fuel Vehicles).
- Biodiésel: Es un éster metílico de ácidos grasos que se obtiene principalmente a partir de aceites vegetales, entre ellos los aceites de colza, girasol, palma, soja, aunque también se pueden utilizar los aceites de

fritura usados y las grasas animales. Los aceites extraídos de las plantas oleaginosas se transforman en biodiésel mediante un proceso denominado transesterificación. Este biocarburante se utiliza como sustituto del gasóleo en los motores de compresión (Diesel), aunque también puede ser empleado para la combustión en calderas de calefacción. Sus propiedades son parecidas a las del gasóleo de automoción en cuanto a densidad y al número de cetanos. Además su punto de inflamación es superior al del gasóleo, lo que implica una mayor seguridad en su utilización.

El artículo 2.2 de la Directiva 30/2003/CE recoge los supuestos más evidentes de biocarburantes. De los diferentes tipos de biocarburantes y otros combustibles renovables que recoge la Directiva, los dos más importantes desde el punto de vista económico son el biodiésel y el bioetanol.

La utilización de estos biocarburantes presenta grandes ventajas medioambientales, como es la reducción entre un 40% y un 80% de emisiones de dióxido de carbono con respecto a los combustibles convencionales, a lo que se suma el hecho de que no emiten dióxido de azufre ni partículas, favoreciendo la disminución de la concentración de partículas en suspensión emitidas, de metales pesados, de monóxido de carbono, de hidrocarburos aromáticos policíclicos y de compuestos orgánicos volátiles (Carlstein, 2007).

Comunidad Autónoma	Situación 2004 (tep)	Objetivos totales acumulados	
		Objetivo PFER 2010 (tep)	Objetivos PER 2010 (tep)
Andalucía	0	100.000	88.000
Aragón	0	50.000	88.000
Asturias	3.600	0	44.000
Baleares	0	0	44.000
Canarias	0	0	0
Cantabria	0	0	220.000
Castilla León	0	100.000	330.000
<b>Castilla-La Mancha</b>	<b>36.000</b>	<b>50.000</b>	<b>176.000</b>
Cataluña	50.400	50.000	330.000
Extremadura	0	50.000	176.000
Galicia	64.500	50.000	220.000
Madrid	4.500	0	22.000
Murcia	51.200	50.000	220.000
Navarra	0	0	154.000
La Rioja	0	0	0
Comunidad Valenciana	0	0	0
País Vasco	18.000	0	88.000
<b>Total</b>	<b>228.200</b>	<b>500.000</b>	<b>2.200.000</b>

**Tabla 1:** Objetivos energéticos 2005-2010 en términos de energía primaria: distribución por Comunidades Autónomas.

Castilla-La Mancha es puntera en la producción de energías renovables en España, al ser la segunda región en potencia instalada de energía eólica y la cuarta comunidad autónoma que mas energía renovables produce (12,3% del total nacional).

## 0.2 ¿Qué son los cultivos energéticos?

Los cultivos energéticos son unos cultivos de plantas de crecimiento rápido destinadas únicamente a la obtención de energía o como materia prima para la obtención de otras sustancias combustibles. Se trata de una alternativa energética muy reciente, centrada principalmente en el estudio e investigación del aumento de su rentabilidad energética y económica (Fernández, 2006). El desarrollo de estos cultivos energéticos suele ir acompañado del desarrollo paralelo de la correspondiente industria de transformación de la biomasa en combustible (Fernández, 2007).

Entre los cultivos energéticos destinados a la producción de biomasa se suelen distinguir:

- Cultivos productores de biomasa lignocelulósica, apropiados para producir calor mediante combustión directa en calderas, lo que permite utilizarlos en producción de calor y en generación de vapor. En el área mediterránea son los de especies leñosas cultivadas en turnos de rotación cortos, o los cultivos de especies herbáceas, entre los que destaca el cardo.
- Cultivos de semillas oleaginosas (colza, soja y palma) para la obtención de biodiesel y de tipo amiláceo, destinadas a la producción de bioetanol (caña de azúcar).

## 1. BREVE DESCRIPCIÓN DE CULTIVOS SUSCEPTIBLES DE USO ENERGÉTICO EN ALBACETE

### 1.1 Cultivos energéticos tradicionales para la producción de Biodiesel.

#### 1.1.1 Colza (*Brassica napus* L.)

La colza (*Brassica napus* L.) es una planta herbácea perteneciente a la familia de las Brassicáceas (Crucíferas) que alcanza hasta 2 m de altura y produce una semilla pequeña y redonda, de color negro, marrón o amarillo, de alto contenido de aceite (40-45 % de aceite) (Figura 1). Su fruto es una siliqua de unos 5 a 10 cm de largo. Su cultivo, gracias a la gran diversidad de variedades, es posible hoy en día en la totalidad de la Península Ibérica. El aceite de

colza con bajo contenido de ácido erúxico se utiliza como aceite comestible para ensaladas y para cocinar, así como para hacer margarinas. Los aceites de alto contenido de ácido erúxico se utilizan como lubricantes y para la síntesis de plásticos. La harina resultado de la extracción posee un alto contenido en proteína (36-37 %) de alto valor nutricional, utilizándose como suplemento proteico. Otro uso del aceite de colza es la producción de biodiésel, el cual es conocido como RME (rapeseed methyl ester). Puede estimarse que el rendimiento de la colza puede ser de 1.100 litros de biodiésel por hectárea.



**Figura 1.** Cultivo de colza

### **1.1.2 Girasol (*Helianthus annuus* L.)**

El girasol (*Helianthus annuus* L.) es una planta herbácea de la familia de las Asteráceas (Figura 2), cultivada como oleaginosa y procedente del oeste de América del Norte. Se adapta fácilmente a diferentes ambientes por lo que actualmente se cultiva en los 5 continentes. Se utiliza especialmente para la producción de aceite y en menor medida como ornamentales, confiteros y para la alimentación de aves. Se trata de una planta anual, con un desarrollo vigoroso en todos sus órganos. El fruto es un aquenio de tamaño comprendido entre 3 y 20 mm. de largo; y entre 2 y 13 mm. de ancho. El girasol contiene hasta un 58% de aceite en su fruto. El aceite de girasol se utiliza para cocinar, y también sirve para producir biodiésel. La harina que queda luego de realizada la extracción del aceite se utiliza como alimento para el ganado. Puede estimarse que el rendimiento del girasol se sitúa en torno a los 890 litros de biodiésel por hectárea.



**Figura 2:** Cultivo de girasol

## **1.2. Cultivos energéticos tradicionales para la producción de Bioetanol.**

### **1.2.1 Cebada (*Hordeum vulgare* L.)**

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es una planta monocotiledónea anual perteneciente a la familia de las poáceas (gramíneas), a su vez, es un cereal de gran importancia en la alimentación tanto para animales como para humanos y actualmente el quinto cereal más cultivado en el mundo. La cebada se cultiva principalmente en climas fríos como cosecha de primavera y generalmente su distribución es similar a la del trigo. Su espiga es la inflorescencia de la planta, considerada una prolongación del tallo y es similar a la de las demás plantas gramíneas (Figura 3). El grano de cebada es de forma ahusada, más grueso en el centro y disminuyendo hacia los extremos.

La cebada está representada principalmente por dos especies cultivadas: *Hordeum distichon* L., que se emplea para la elaboración de la cerveza, y *Hordeum hexastichon* L., que se usa como forraje para alimentación animal; ambas especies se pueden agrupar bajo el nombre de *Hordeum vulgare* L. ssp. *vulgare*. Puede estimarse que el rendimiento de la cebada para producción etanol es de 2.200 kg de etanol por hectárea.





**Figura 3:** Cultivo de cebada

### 1.2.2 Trigo (*Triticum aestivum* L.)

Trigo (*Triticum* spp) es el término que designa al conjunto de cereales, tanto cultivados como silvestres, que pertenecen al género *Triticum*; son plantas anuales de la familia de las gramíneas, ampliamente cultivadas en todo el mundo. La palabra trigo designa tanto a la planta como a sus semillas comestibles, tal y como ocurre con los nombres de otros cereales. La inflorescencia es una espiga compuesta por un raquis (eje escalonado) o tallo central de entrenudos cortos, sobre el cual van dispuestas 20 a 30 espiguillas en forma alterna y los granos son carióspsides que presentan forma ovalada con sus extremos redondeados. El trigo es uno de los tres granos más ampliamente producidos globalmente, junto al maíz y el arroz, y el más ampliamente consumido por el hombre en la civilización occidental desde la antigüedad. El grano del trigo es utilizado para hacer harina, harina integral, sémola, cerveza y una gran variedad de productos alimenticios.

La producción de bioetanol a partir de trigo se estima en 2.100 kg de etanol por hectárea.

### 1.2.3 Maíz (*Zea mays* L.)

El maíz (*Zea mays* L.), es una gramínea anual originaria de las Américas introducida en Europa en el siglo XVI. Actualmente, es el cereal con mayor volumen de producción en el mundo, superando al trigo y el arroz. La planta del maíz es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual. Es una

planta monoica; sus inflorescencias masculinas y femeninas se encuentran en la misma planta. Si bien la planta es anual, su rápido crecimiento le permite alcanzar hasta los 2,5 m de altura, con un tallo erguido, rígido y sólido. Destaca fundamentalmente por su inflorescencia femenina llamada mazorca, en donde se encuentran las semillas (granos de maíz) agrupadas a lo largo de un eje. El grueso recubrimiento de brácteas de la mazorca, la forma en que los granos se encuentran dispuestos y que están sólidamente sujetos, impedirían que la planta pueda hacer germinar sus granos (Figura 4).

El uso principal del maíz es alimentario. Puede cocinarse entero, desgranado (como ingrediente de ensaladas, sopas y otras comidas). La harina de maíz (polenta) puede cocinarse sola o emplearse como ingrediente de otras recetas. El aceite de maíz es uno de los más económicos y es muy usado para freír alimentos. La producción de bioetanol a partir de maíz puede estimarse en 4.400 kg de bioetanol por hectárea.



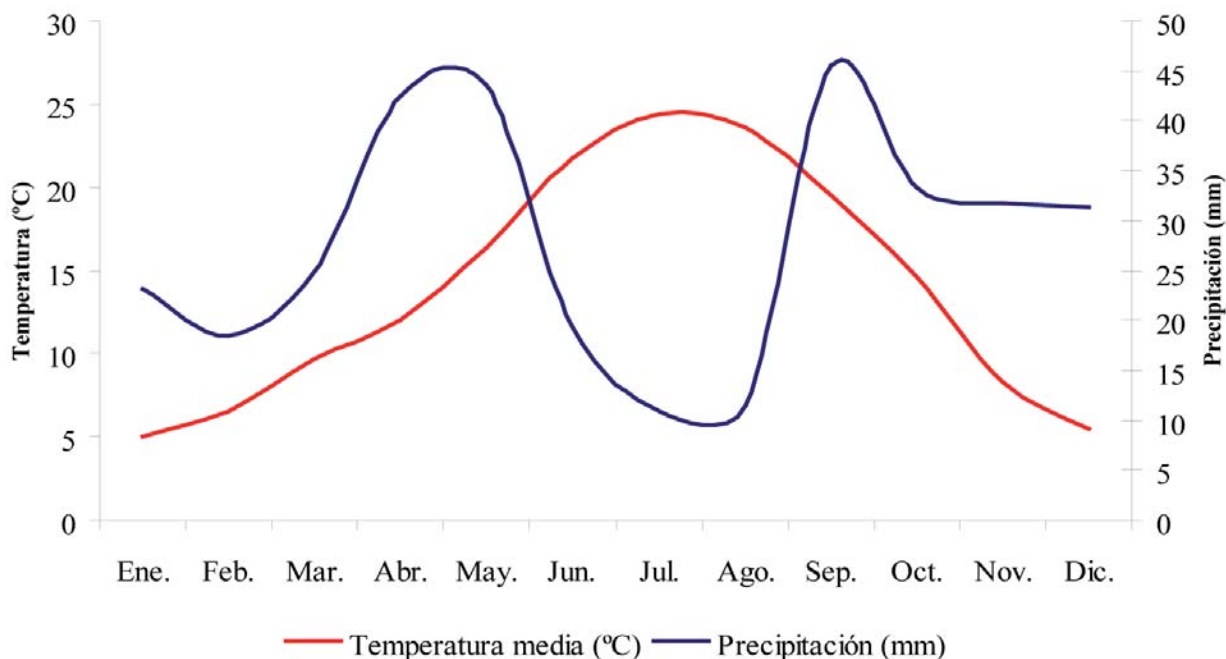
**Figura 4:** Mazorca de maíz

## 1. AREA DE ESTUDIO

Albacete es una provincia española situada en el sureste de la Meseta Central, en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha. Limita al norte con Cuenca, al este con Valencia y Alicante, al sur con Murcia y Granada, y al oeste con Ciudad Real y Jaén. La población en enero de 2008 era de 397.493 habitantes (INE, 2008). Tiene una superficie de 14.926 km<sup>2</sup> (INE, 2008) y una densidad de población de 26,63 habitantes por km<sup>2</sup> (INE, 2008). Su capital y municipio más poblado es la ciudad de Albacete.

Presenta una llanura en el norte situada a unos 700 msnm. En el sur se encuentra las zonas más montañosas con sierras que superan los 2.000 metros (Sierra de Las Cabras en Nerpio). Las principales sierras son: Sierra de Alcaraz, Calar del Río Mundo, del Taibilla y, en el este, la Cordillera de Montearagón. Es una provincia fronteriza entre las vertientes atlántica y mediterránea, si bien sus ríos principales pertenecen a esta última: el Júcar y el Segura, el Cabriel (afluente del Júcar) y el Mundo (tributario del Segura) que nace en la localidad albaceteña de Riópar, en pleno Calar del Río Mundo, en la Cueva de los Chorros. De la vertiente atlántica sólo destaca el río Córcoles como afluente del Záncara, así como las Lagunas de Ruidera, todos dichos elementos de la cuenca del Guadiana. La otra cuenca de la vertiente atlántica que aparece en la provincia, es la del Guadalquivir, donde destacan el río Guadalimar y el río Guadalmena como dos de los principales afluentes de este río. Al encontrarnos en una zona llana del interior peninsular, existen numerosas cuencas endorreicas, sobre todo en la zona de Los Llanos de Albacete. Allí va a morir el río Lezuza, que nace en los páramos situados entre El Bonillo y Lezuza, a 1000 msnm.

El clima es mediterráneo seco, con cierto grado de continentalidad, que presenta grandes extremos: inviernos muy fríos (se han llegado hasta los -25°C, la temperatura más baja registrada en una capital de provincia) y veranos muy calurosos (superando los 42°C) (Figura 5). Además, el clima es en general bastante seco, excepto en la zona sur de la provincia, que es montañosa y presenta una pluviosidad mayor.



**Figura 5.** Evolución del valor medio de la temperatura media mensual (°C) y la precipitación media mensual (mm) durante el periodo 1995-2007.

Fuente: JCCM. Observatorio de Los Llanos y R.I.A.

## 2. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS CULTIVOS ENERGÉTICOS EN ALBACETE

Según cifras recogidas por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha cuya fuente ha sido el Anuario de Estadística Agraria, MARM y secciones provinciales de estudios, (<http://www.jccm.es/agricul/paginas/agricultura-ganaderia/cifras>), la provincia de Albacete tiene una superficie total de 1.485.800 de hectáreas de las cuales 794.000 ha se dedican a tierras de cultivo divididas en cultivos herbáceos, cultivos leñosos y barbecho (Tabla 2).

El resto de la superficie se divide en prados y pastizales (157.500 ha), terreno forestal (313.400 ha), y otras superficies (221.000 ha) donde se incluyen eriales, espartizales, terreno improductivo, superficie no agrícola y ríos y lagos.

<b>TIPO DE SUPERFICIE</b>	<b>(000 has)</b>
<b>TOTAL Superficie provincia</b>	<b>1485,8</b>
Cultivos Herbáceos	370,6
Barbechos	243,8
Cultivos leñosos	179,6
<b>TOTAL tierras cultivo</b>	<b>794,0</b>
Praderas naturales	1,2
Pastizales	156,2
<b>TOTAL prados y pastizales</b>	<b>157,5</b>
Monte maderable	141,9
Monte abierto	80,8
Monte leñoso	90,6
<b>TOTAL terreno forestal</b>	<b>313,4</b>
Erial a pastos	62,2
Espartizal	90,1
Terreno improductivo	12,3
Superficie no agrícola	48,0
Ríos y lagos	8,3
<b>TOTAL otras superficies</b>	<b>221,0</b>
<b>REGADIO</b>	<b>146,1</b>

**Tabla 2:** Cifras medias de la distribución general de la tierra en Albacete (000 has) durante el periodo 1997-2007.

Fuente: Cifras provisionales recogidas por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha cuya fuente ha sido el Anuario de Estadística Agraria, MAPA y secciones provinciales de estudios.

De todo el conjunto anterior de superficies la que puede resultar más interesante a nivel de estudio de potencialidad de cultivo energético es la superficie agrícola destinada al cultivo herbáceo que según cifras medias correspondientes al periodo 1997-2007 fue de 370.600 ha en Albacete.

En las tablas siguientes (Tablas 3, 4, 5, 6 y 7) se muestran la superficie (ha), producción (t) y rendimiento (kg/ha) de los cultivos más destacados en Albacete susceptibles de ser utilizados con uso energético. Estos son valores medios para el periodo de los últimos diez años. Además, puede compararse la situación de estos parámetros en el conjunto castellano manchego, a nivel nacional y puede verse qué porcentaje representan la superficie y la producción en Albacete respecto a Castilla-La Mancha.

<i>TRIGO BLANDO</i>		Media 96-07	Máximo 96-07	Mínimo 96-07
Albacete	Superficie (has)	50.450	67.800	37.050
	Producción (t)	130.944	197.849	80.300
	Rendimiento (kg/ha)	2.594	3.234	1.790
C. La Mancha	Superficie (has)	244.620	335.833	185.959
	Producción (t)	575.686	961.046	268.320
	Rendimiento (kg/ha)	2.368	3.110	1.210
España	Superficie (has)	1.371.553	1.604.500	1.226.321
	Producción (t)	4.177.294	5.416.300	3.092.171
	Rendimiento (kg/ha)	3.051	3.836	2.268
% AB/CLM.	Superficie (has)	21	27	17
	Producción (t)	23	37	17

**Tabla 3:** Valores medios máximos y mínimos de superficie (ha), producción (t) y rendimiento (kg/ha) en la provincia de Albacete en el cultivo de trigo blando durante el periodo 1996-2007.

<i>CEBADA</i>		Media 96-07	Máximo 96-07	Mínimo 96-07
Albacete	Superficie (has)	185.861	220.500	161.299
	Producción (t)	450.452	651.195	186.017
	Rendimiento (kg/ha)	2.421	3.468	1.085
C. La Mancha	Superficie (has)	891.136	970.100	809.513
	Producción (t)	2.307.395	3.591.897	858.389
	Rendimiento (kg/ha)	2.581	3.912	963
España	Superficie (has)	3.264.538	3.706.500	2.992.088
	Producción (t)	8.934.454	11.597.800	4.626.059
	Rendimiento (kg/ha)	2.729	3.602	1.466
% AB/CLM.	Superficie (has)	21	23	18
	Producción (t)	20	24	16

**Tabla 4:** Valores medios máximos y mínimos de superficie (ha), producción (t) y rendimiento (kg/ha) en la provincia de Albacete en el cultivo de cebada durante el periodo 1996-2007.

<i>MAÍZ</i>		<b>Media 96-07</b>	<b>Máximo 96-07</b>	<b>Mínimo 96-07</b>
<b>Albacete</b>	<b>Superficie (has)</b>	21.722	29.000	11.034
	<b>Producción (t)</b>	262.119	333.500	133.998
	<b>Rendimiento (kg/ha)</b>	12.105	12.993	11.094
<b>C. La Mancha</b>	<b>Superficie (has)</b>	47.281	54.500	31.121
	<b>Producción (t)</b>	542.743	615.970	413.478
	<b>Rendimiento (kg/ha)</b>	11.562	13.286	10.702
<b>España</b>	<b>Superficie (has)</b>	437.571	512.497	344.400
	<b>Producción (t)</b>	4.129.793	4.981.901	3.355.722
	<b>Rendimiento (kg/ha)</b>	9.448	10.069	8.531
<b>% AB/CLM.</b>	<b>Superficie (has)</b>	46	55	35
	<b>Producción (t)</b>	48	59	32

**Tabla 5:** Valores medios máximos y mínimos de superficie (ha), producción (t) y rendimiento (kg/ha) en la provincia de Albacete en el cultivo de maíz durante el periodo 1996-2007.

<i>COLZA</i>		<b>Media 97-07</b>	<b>Máximo 97-07</b>	<b>Mínimo 97-07</b>
<b>Albacete</b>	<b>Superficie (has)</b>	2.257	9.371	44
	<b>Producción (t)</b>	4.010	15.093	79
	<b>Rendimiento (kg/ha)</b>	1.896	2.868	1.524
<b>C. La Mancha</b>	<b>Superficie (has)</b>	5.981	21.178	196
	<b>Producción (t)</b>	10.417	31.150	309
	<b>Rendimiento (kg/ha)</b>	1.824	2.416	1.336
<b>España</b>	<b>Superficie (has)</b>	21.581	52.900	3.401
	<b>Producción (t)</b>	31.865	74.800	4.113
	<b>Rendimiento (kg/ha)</b>	1.477	1.935	1.209
<b>% AB/CLM.</b>	<b>Superficie (has)</b>	32	47	22
	<b>Producción (t)</b>	35	63	21

**Tabla 6:** Valores medios máximos y mínimos de superficie (ha), producción (t) y rendimiento (kg/ha) en la provincia de Albacete en el cultivo de colza durante el periodo 1996-2007.

<i>GIRASOL</i>		Media 97-07	Máximo 97-07	Mínimo 97-07
Albacete	Superficie (has)	10.929	22.060	3.104
	Producción (t)	11.355	28.776	3.254
	Rendimiento (kg/ha)	1.038	1.304	539
C. La Mancha	Superficie (has)	207.997	271.827	165.820
	Producción (t)	148.780	271.479	98.290
	Rendimiento (kg/ha)	705	1.001	548
España	Superficie (has)	783.283	1.030.500	516.160
	Producción (t)	812.751	1.373.200	381.275
	Rendimiento (kg/ha)	1.025	1.369	682
% AB/CLM.	Superficie (has)	5	8	2
	Producción (t)	7	12	2

**Tabla 7:** Valores medios máximos y mínimos de superficie (ha), producción (t) y rendimiento (kg/ha) en la provincia de Albacete en el cultivo de girasol durante el periodo 1996-2007.

#### 4. POTENCIAL ENERGÉTICO DE PRODUCCIÓN DE BIOCARBURANTES EN ALBACETE A PARTIR DE CULTIVOS ENERGÉTICOS

Con los datos mostrados en el apartado anterior, se pretende calcular el volumen hipotético de tep/año a partir de los cultivos definidos con anterioridad. Para ello se ha tenido en cuenta que:

1 tonelada de biodiésel = 0,90 tep

1 tonelada de bioetanol = 0,70 tep

Esto se deduce ya que, una tonelada de petróleo libera energía por valor de 41.868 megajoules y una tonelada de biodiesel libera 37.841 megajoules. Así, es posible calcular las toneladas equivalentes de petróleo (tep) que tiene 1 tonelada de biodiésel, es decir,  $37.841/41.868$  son aproximadamente 0,90 tep.

Del mismo modo, y sabiendo que una tonelada de etanol libera 29.494 megajoules se deduce que una tonelada de bioetanol ( $29.494/41.868$ ) son aproximadamente 0,70 tep.

Partiendo de esta base se ha calculado la **hipotética producción** de bioetanol y biodiésel que podría obtenerse en Albacete si todos los cultivos susceptibles de uso energético fuesen destinados a este fin (situación que no es real). Para ello se han tenido en cuenta los rendimientos medios (kg/ha) de cada cultivo en el periodo estudiado en cada caso, así como la superficie media anual (ha). De forma resumida estos datos aparecen en la Tabla 8:



<b>CULTIVO</b>	<b>Rto. y Sup.</b>	<b>ALBACETE</b>	<b>Castilla La Mancha</b>
<b>Trigo blando</b>	kg/ha	2.594	<b>2.368</b>
	ha	50.450	<b>244.620</b>
<b>Cebada</b>	kg/ha	2.421	<b>2.581</b>
	ha	185.861	<b>891.136</b>
<b>Maíz</b>	kg/ha	12.105	<b>11.562</b>
	ha	21.722	<b>47.281</b>
<b>Colza</b>	kg/ha	1.896	<b>1.824</b>
	ha	2.257	<b>5.981</b>
<b>Girasol</b>	kg/ha	1.038	<b>705</b>
	ha	10.929	<b>207.997</b>

**Tabla 8:** Rendimiento medio (kg/ha) y superficie media (ha) de distintos cultivos durante el periodo 1996-2007 en Albacete.

Además, se ha considerado que:

- Para producir **1 kg de biodiésel** (densidad= 0,88 kg/l) son necesarios:

2,8 kg de girasol ó  
2,4 kg de colza

- Para **1 l de bioetanol** (densidad = 0,79 kg/l) son necesarios:

2,8 kg de grano de cebada/trigo/avena ó  
2,4 kg de maíz

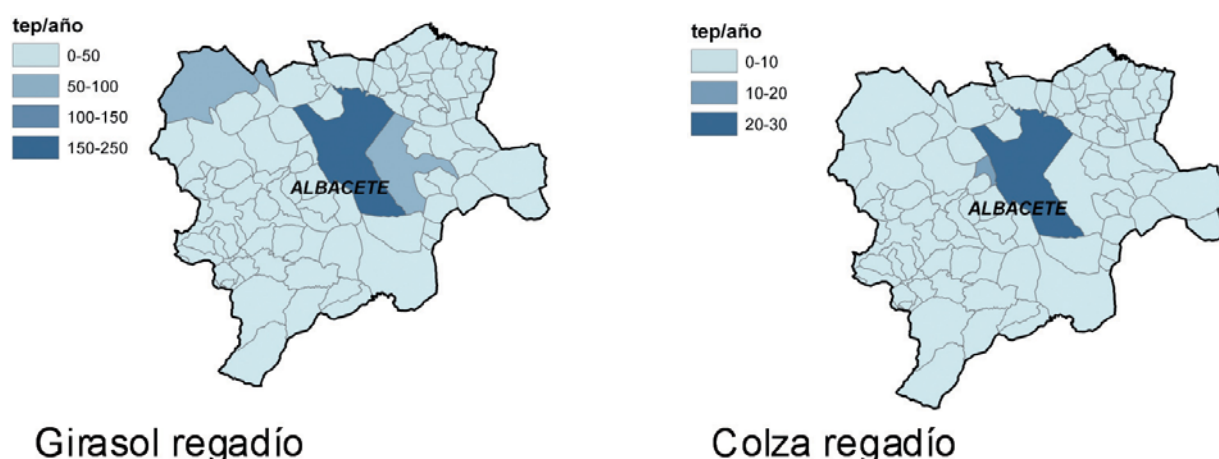
Con todo lo anterior se ha determinado el rendimiento medio en (kg/ha) de biocombustible (tanto bioetanol como biodiésel) para Albacete según el tipo de cultivo (Tabla 9).

Para determinar la cantidad de tep anual de cada cultivo ha sido necesario el cálculo previo del rendimiento (kg de biocombustible/ha). Para determinar el rendimiento de producción de biodiésel (kg/ha) en Albacete basta con dividir el rendimiento medio (kg/ha), que figura en la Tabla 8 para Albacete, entre los kg de producto agrícola necesarios para obtener 1 kg de biodiésel.

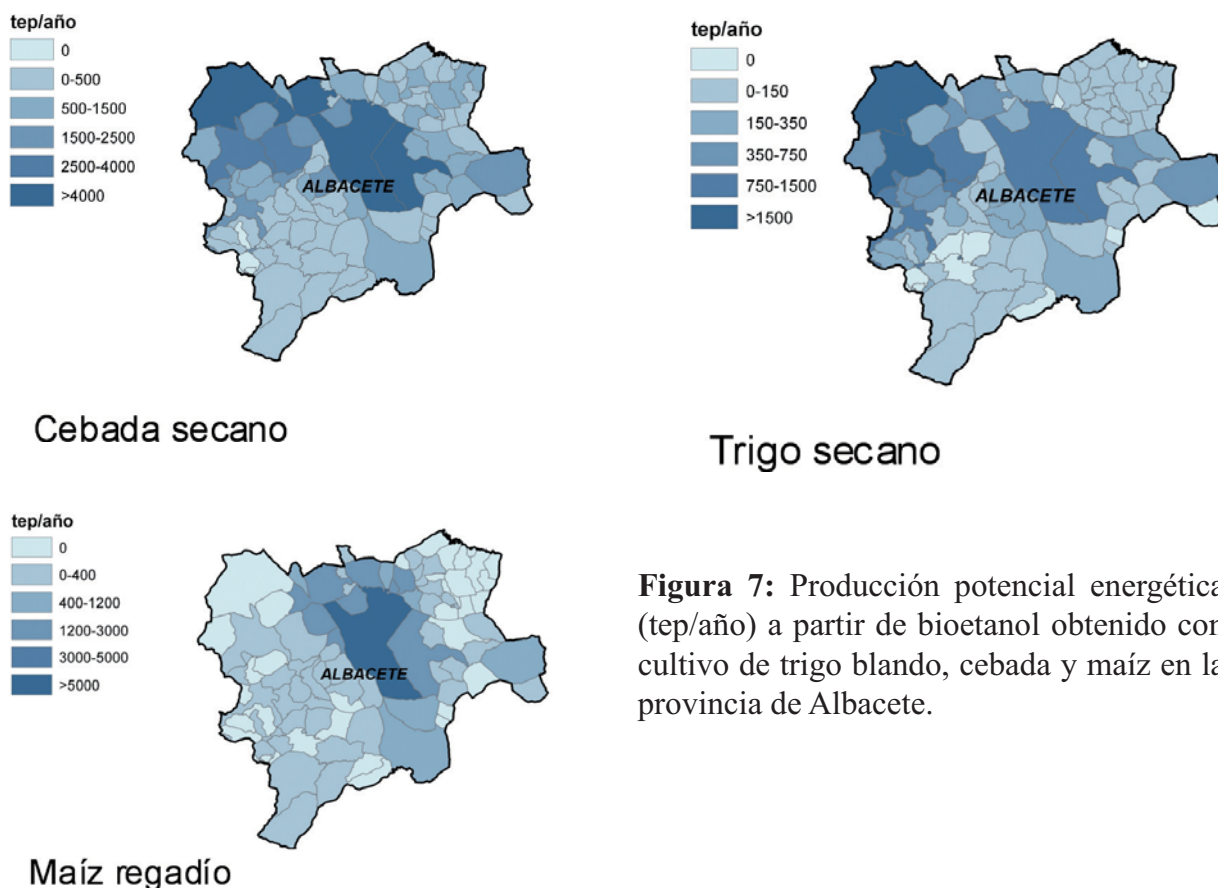
Por otra parte, para la determinación del rendimiento de producción de bioetanol (kg/ha) en Albacete es imprescindible tener en cuenta la densidad de este biocombustible (0,79 kg/l) por lo que, además de cómo en el biodiésel, dividir el rendimiento medio (kg/ha) que figura en la Tabla 8 para Albacete entre los kg de producto agrícola necesarios para obtener 1 l de bioetanol, hay que multiplicar este valor resultante por la densidad del bioetanol.

BIOETANOL				
CULTIVO	Superficie media anual (ha)	Kg de bioetanol/ha	Producción anual de bioetanol (t)	tep/año
Trigo blando	50.450	732	36.923	25.846
Cebada	185.861	683	126.956	88.869
Maíz	21.722	3.985	86.553	60.587
<b>TOTAL</b>			<b>250.432</b>	<b>175.302</b>
BIODIESEL				
CULTIVO	Superficie media anual (ha)	Kg de biodiesel/ha	Producción anual de biodiesel (t)	tep/año
Colza	2.257	790	1.783	1.605
Girasol	10.929	371	4.052	3.646
<b>TOTAL</b>			<b>5.835</b>	<b>5.251</b>
<b>TOTAL BIODIESEL + BIOETANOL</b>				<b>180.553</b>

**Tabla 9:** Producción potencial (expresadas en toneladas de biocombustible al año y tep/año) de distintos cultivos energéticos en Albacete.



**Figura 6:** Producción potencial energética (tep/año) a partir de biodiesel obtenido con cultivo de girasol y colza en la provincia de Albacete.



**Figura 7:** Producción potencial energética (tep/año) a partir de bioetanol obtenido con cultivo de trigo blando, cebada y maíz en la provincia de Albacete.

Los objetivos energéticos 2005-2010 en términos de energía primaria para España estaban fijados en 2.200.000 tep (Tabla 1). Según la Tabla 9 el total biodiésel más bioetanol suma 180.553 tep/año y teniendo en cuenta que las necesidades energéticas para 2010 estaban fijadas para Castilla-La Mancha en 176.000 tep/año (Tabla 1) sólo con los cultivos estudiados en la provincia de Albacete podrían cumplirse con las expectativas fijadas por el PER en el caso de que los cultivos actuales fueran destinados exclusivamente a uso energético (Figura 6 y 7).

De todos modos, esta propuesta en principio no resulta viable puesto que la mayor parte de los cultivos son de uso alimentario. Esto obliga a buscar alternativas que permitan conseguir el mismo grado de satisfacción de los objetivos energéticos finales sin interferir en estos mercados.

## 5. CONCLUSIONES

Hablando siempre desde un punto de vista hipotético, en Albacete sería posible conseguir 175.302 tep/año a partir de trigo blando, cebada y maíz (produciendo bioetanol) y 5.251 tep/año a partir de colza y girasol (produciendo

biodiésel). De hecho, si todos los cultivos estudiados (trigo blando, cebada, maíz, colza y girasol) se dedicaran a cultivo energético en la provincia de Albacete, hubiera sido posible cubrir el total de los objetivos energéticos fijados en Castilla-La Mancha por el Plan de Energías Renovables para 2010.

De todos modos, este planteamiento no es real ni nada fácil llevarlo a la práctica ya que el destino de estos cultivos en la actualidad es alimentario. Resultaría muy compleja su puesta en marcha y aunque el aprovechamiento de los cultivos energéticos en Albacete sería agronómicamente viable, la situación económica y de mercados actualmente lo desaconseja. No obstante, no deja de ser interesante considerar esta posibilidad para un futuro, no ya para llegar al extremo del resultado de este estudio sino para por lo menos dedicar una parte de estos cultivos a la producción energética siempre que se proporcionaran las condiciones socio-económicas, medioambientales y de infraestructuras adecuadas para ello.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGECAM, 2002. La biomasa en Castilla La Mancha (Encuentros Tecnológicos AGECAM. Jornada Técnica sobre Biomasa: “El principal problema de la biomasa: la logística de aprovisionamiento”)
- Ballesteros, M., 2006. *Biocarburantes: Estado actual y perspectivas. Aplicaciones al transporte (producción de biocarburantes)*. Universidad Pontificia de Comillas. Cátedra Rafael Mariño de Nuevas Tecnologías Energéticas.
- Carlstein, R., 2007. *El biodiesel como solución energética*. <http://www.zoetecnocampo.com>
- CE, 2001. Directiva 77/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de septiembre de 2001 relativa a la promoción de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables en el mercado interior de la electricidad.
- CE, 2003. Directiva 30/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo de 8 de mayo de 2003 relativa al fomento del uso de biocarburantes u otros combustibles renovables en el transporte.
- CE, 2009. Directiva 28/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.
- Fernández, J., 2006. El desarrollo de los cultivos energéticos, garantía de futuro sostenible de la Agroenergética. *Vida rural*, 1 de julio. pp: 42-44.
- Fernández, J., 2007. Cultivos energéticos y cultivos alimentarios: dos actividades agrícolas complementarias. ECAS (Energy Crops in the Atlantic

- Space). *Seminario sobre cultivos energéticos, biomasa y biocombustibles*. 6 y 7 de diciembre de 2007. Evora.
- <http://www.jccm.es/agricul/paginas/agricultura-ganaderia/cifras/>
- INE, 2008. Revisión del Padrón Municipal a 1-1-2008 e Instituto Geográfico Nacional
- MARM, 2006. *Anuario de Estadística Agraria*, <http://www.marm.es>
- PER: *Plan de Energías Renovables en España 2005-2010*. IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- RD, 2003. Real Decreto 1700/2003, de 15 de diciembre, por el que se fijan las especificaciones de gasolinas, gasóleos, fuelóleos y gases licuados del petróleo, y el uso de biocarburantes.
- Páginas consultadas:
- [www.agroinformacion.com](http://www.agroinformacion.com).
- [www.biodieselspain.com](http://www.biodieselspain.com)
- [www.mapa.es](http://www.mapa.es)