

CULTIVOS ENERGÉTICOS

ENERGY CROPS

Francisco J. Nava-García*, Xoán R. Doldán-García

Universidad de Santiago de Compostela. Departamento de Economía Aplicada. Avenida Burgo de las Naciones s/n Campus Norte 15782. Santiago de Compostela (franciscojavier.nava@rai.usc.es) (fnavag@uaemex.mx) (xoan.doldan@usc.es)

RESUMEN

En el presente estudio se resalta la importancia de los cultivos energéticos como fuente de reactivación del desarrollo económico de las zonas rurales. Se mencionan algunos cultivos no convencionales que se podrían implementar en tierras abandonadas de otras regiones para valorar su impacto económico en la generación de empleo. Primero se propone una definición y clasificación del concepto de cultivos energéticos, enfatizando los siguientes aspectos: superficie de cultivo, tipo de cultivo, regiones donde se desarrollan, y características de los nuevos cultivos. Después, se analiza la situación de los cultivos energéticos y sus perspectivas en España, examinando su impacto socioeconómico, con énfasis en la generación de empleo y el aprovechamiento de tierras agrícolas abandonadas.

Palabras clave: biocombustibles, biomasa, empleo agrícola, tierras agrícolas abandonadas.

INTRODUCCIÓN

Debido al desproporcionado consumo de petróleo en los últimos años, es necesario buscar fuentes alternativas de energía. Los cultivos energéticos o agroenergéticos son una opción que también beneficiaría a los agricultores, lo cual es una oportunidad potencial para el sector agrario, industrial y de servicios. Además, motivan la inversión y ayudan a mejorar los servicios públicos en las zonas rurales, por lo cual revaloriza las tierras, contribuyendo al desarrollo rural de zonas marginadas, evitando la emigración rural y el abandono de la tierra. Se reduce la dependencia del petróleo, aumenta la entrada de divisas y se solucionan problemas de excedentes agrícolas y abandono de tierras de cultivo (Bailey, 2008; Camps y Marcos, 2008; Zuurbier y Vooren, 2008).

* Autor responsable ✦ Author for correspondence.

Recibido: marzo, 2013. Aprobado: enero, 2014.

Publicado como ARTÍCULO en ASyD 11: 25-34. 2014.

ABSTRACT

This study highlights the importance of energy crops as a source for the reactivation of economic development in rural areas. Some unconventional crops are mentioned, which could be implemented in lands abandoned from other regions to evaluate their economic impact such as job generation. First, definition and classification of the concept of energy crops are suggested, emphasizing the following aspects: cultivation surface, type of crop, regions where they develop, and characteristics of new crops. Then, the situation of energy crops and their perspectives in Spain are analyzed, examining their socioeconomic impact, with an emphasis in job generation and use of abandoned agricultural lands.

Key words: biofuels, biomass, agricultural employment, abandoned agricultural lands.

INTRODUCTION

Due to the disproportionate consumption of petroleum in recent years, it is necessary to seek alternative sources of energy. Energy crops or agro-energetics are an option that would also benefit farmers, which is a potential opportunity for the agrarian, industrial and service sectors. In addition, they motivate investment and help to improve public services in rural areas, thus pushing the value of lands, contributing to the rural development of marginal zones, and preventing rural emigration and land abandonment. The dependency on petroleum is reduced, the entry of currency increases and problems with agricultural excess and cultivation land abandonment are solved (Bailey, 2008; Camps and Marcos, 2008; Zuurbier and Vooren, 2008).

Spain has a great potential for the introduction of energy crops, because of the availability of agricultural surface and abandoned lands. In Spain,

España tiene un gran potencial para la implantación de cultivos energéticos, debido a la disponibilidad de superficie agrícola y de tierras abandonadas. En España se puede disponer de suficiente espacio para cultivos energéticos sin afectar los cultivos tradicionales y cubrir las necesidades de biocombustibles, de acuerdo con los objetivos fijados por la Unión Europea (UE) (MITyC-SGE, 2008; San Miguel, 2008).

El objetivo del presente trabajo fue analizar la importancia de los cultivos energéticos bajo la hipótesis de que son una opción para reactivar el desarrollo económico de las zonas rurales.

CAPÍTULO DESCRIPTIVO Y METODOLÓGICO

Existen diferentes tipos de investigación que, dependiendo de las características del proyecto, estas se pueden ubicar dentro de uno o varios tipos. De acuerdo con Hernández *et al.* (2006), las investigaciones exploratorias se realizan cuando se desea indagar sobre temas o áreas desde nuevas perspectivas, y sirven para obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa respecto de un contexto particular, identificar conceptos o variables promisorias, o sugerir afirmaciones y postulados. A su vez, las investigaciones descriptivas miden, evalúan o recolectan datos sobre diversos conceptos, aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar. En este tipo de investigaciones se selecciona una serie de cuestiones y se mide o recolecta información sobre cada una de ellas, para así describir lo que se investiga.

El presente trabajo consiste básicamente en la revisión de bibliografía, obtención y análisis de datos; para ello se extrae información de varias fuentes, con la cual se realizan distintas estimaciones. Se hace uso de la estadística mediante el análisis cualitativo y cuantitativo de los datos; se identifican variables, como superficie, empleo, producción y rendimiento, las cuales se utilizan para hacer cálculos e inferencias. Esto con la finalidad de poder evaluar la viabilidad socioeconómica de la expansión de los cultivos energéticos, por medio de la generación de empleo y el reaprovechamiento de las tierras agrícolas abandonadas de España.

También se propone una definición más amplia del término Cultivos Energéticos, que incluye excedentes de cosechas y cultivos acuáticos e industriales, la cual se sustenta con otras definiciones de varios

there is enough space available for energy crops without affecting traditional crops and to cover the needs for biofuels, according to the objectives set by the European Union (EU) (MITyC-SGE, 2008; San Miguel, 2008).

The objective of this study was to analyze the importance of energy crops under the hypothesis that they are an option to reactivate the economic development of rural zones.

DESCRIPTIVE AND METHODOLOGICAL CHAPTER

There are different types of research that, and a study can be placed into one or several types, depending on the characteristics of the research project. According to Hernández *et al.* (2006), exploratory research is performed when there is a desire to enquire about themes or areas from new perspectives, and these serve to obtain information about the possibility of performing a more complete investigation with regards to a specific context, identifying promising concepts or variables, or suggesting statements and postulates. In their turn, descriptive investigations measure, evaluate and collect data about various concepts, aspects, dimensions or components of the phenomenon being studied. In this type of studies a series of questions are selected and information is measured or collected regarding each one, in order to describe what is being investigated.

This study consists basically of literature revision, obtaining and analyzing data; to this end, information is extracted from several sources, with which different estimations are carried out. Statistics is used through the qualitative and quantitative analysis of data; variables are identified, such as surface, employment, production and yield, which are used to make calculations and inferences. This is done with the goal of evaluating the socioeconomic viability of the expansion of energy crops, through job generation and re-use of abandoned agricultural lands in Spain.

A broader definition is also proposed for the term Energy Crops, which includes harvest excess and aquatic and industrial crops, sustaining it with other definitions by several authors, at the same time that a particular classification is made of the energy crops in agriculture, forestry and aquatic production, emphasizing each one of them. In addition, there

autores, a la vez que se hace una particular clasificación de los cultivos energéticos en agrícolas, forestales y acuáticos, haciendo énfasis en cada una de ellas. Además, se hace referencia a las características de los cultivos no convencionales que se están implantando actualmente, algunos todavía de forma experimental.

La superficie destinada a cultivos energéticos se calculó tomando en cuenta la producción de biocombustibles (biodiésel y bioetanol) de cada país y los rendimientos de los cultivos de las principales materias primas que se emplean en cada región. En algunos casos se obtuvo la media aritmética, obteniendo así los valores medios tanto para la producción como para los rendimientos, para posteriormente dividir la producción (litros) entre el rendimiento (litros por hectárea), resultando la superficie en hectáreas.

En lo que ha generación de empleo se refiere, se hace una breve sinopsis de la creciente evolución del empleo en la industria brasileña del bioetanol, mencionando algunas de las estimaciones que se han hecho al respecto, ya que actualmente esta actividad es una de las más importantes en la generación de empleo agrícola de ese país.

De la misma manera se proporcionan datos de diferentes fuentes sobre las estimaciones de superficies abandonadas, esto para fundamentar la existencia de tierras agrícolas abandonadas, particularmente de España.

Conceptualización

Hay varias definiciones de cultivos energéticos (Castro y Sánchez, 1997; Crespo, 1999; De Juana y Fernández, 2002). También suelen ser nombrados como cultivos agroenergéticos (Domínguez, 1991), para usar un solo concepto que incluya los excedentes de cosechas y los cultivos acuáticos e industriales. Se propone la siguiente definición: cultivo energético es aquel cultivo agrícola, forestal o acuático, cuya producción parcial o total se utiliza como materia prima para generar energía aprovechable.

En los cultivos específicamente energéticos, teóricamente se aprovecharía el total de su producción, incluidos sus residuos. Sin embargo, en cultivos con excedentes, como los agrícolas alimentarios, solamente dicho excedente se destinaría para uso energético. De los cultivos industriales también se puede usar toda o parte de su producción, sea o no excedente, dependiendo de las decisiones de los productores agrícolas o de las condiciones del mercado.

is reference to the characteristics of unconventional crops that are being currently planted, some of them in a manner that is still experimental.

The surface destined to energy crops was calculated by taking into account the production of biofuels (biodiesel and bioethanol) from each country and the yields of crops from the principal raw materials used in each region. In some cases the arithmetic mean was obtained, thus obtaining the mean values both for production and for yields, in order to later divide the production (liters) by the yield (liters per hectare), resulting in the hectare surface.

In terms of job generation, a brief synopsis is made of the growing evolution of employment in the Brazilian bioethanol industry, mentioning some of the estimations made in this regard, since this activity is currently one of the most important in agricultural job generation in that country.

Likewise, data from different sources are presented regarding estimations of abandoned surfaces, in order to support the notion of the existence of abandoned agricultural lands, particularly in Spain.

Conceptualization

There are several definitions of energy crops (Castro and Sánchez, 1997; Crespo, 1999; De Juana and Fernández, 2002), which are also often called agro-energetic crops (Domínguez, 1991); to use a single concept that includes harvest excess and aquatic and industrial crops, the following definition is suggested: energy crop is an agricultural, forestry or aquatic crop whose partial or total production is used as raw material to generate usable energy.

In specifically energetic crops, in theory the total of its production would be used, including residues. However, in crops with excess, such as agricultural foods, only the surplus would be destined for energetic use. Of the industrial crops, all or part of the production can be used, whether surplus or not, depending on decisions by agricultural producers or market conditions.

CLASSIFICATION OF ENERGY CROPS

Energy crops can be classified as traditional, not frequent, aquatic and for the production of liquid biofuels (Castro and Sánchez, 1997), based on its final use in oil products to obtain biodiesel,

CLASIFICACIÓN DE LOS CULTIVOS ENERGÉTICOS

Los cultivos energéticos se pueden clasificar como tradicionales, poco frecuentes, acuáticos, y para la producción de biocombustibles líquidos (Castro y Sánchez, 1997), de acuerdo con su aprovechamiento final en oleaginosos para la obtención de biodiesel, alcoholígenos para producir bioetanol y lignocelulósicos para la generación de biomasa sólida (MITyC-IDAE, 2007).

Para este estudio se propone una clasificación diferente de cultivos energéticos, de acuerdo con el entorno donde se desarrollan: 1) agrícolas: oleaginosos y fermentables, que a su vez pueden ser herbáceos o leñosos; 2) forestales: especies forestales, en particular las tradicionalmente utilizadas para madera; y 3) acuáticos: son los menos desarrollados y se trabaja con algas, pero hay otras opciones viables.

Cultivos agrícolas

Las regiones con más superficie destinada a cultivos energéticos agrícolas son Estados Unidos (EE. UU.), Unión Europea (UE) y Brasil. En EE. UU. existen poco más de 10 millones de ha, principalmente de maíz (*Zea mays*) y soja (*Glycine max*). La UE cuenta con alrededor de 6 millones de hectáreas, más de 90 % con colza (*Brassica napus*) y una pequeña parte de remolacha azucarera (*Beta vulgaris altissima*). En Brasil son cerca de 4 millones de hectáreas, alrededor de 90 % con caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y 10 % de soja; China tiene poco más de 1 millón de hectáreas, Canadá, India, Indonesia y Malasia no superan el millón de hectáreas (Figura 1).

En América Latina el mayor cultivo de soja se realiza en Argentina, Brasil, Bolivia y Paraguay; la palma aceitera (*Elaeis guineensis*) se cultiva principalmente en Colombia, aunque se ha extendido a Ecuador y Centroamérica. En Asia destacan Indonesia y Malasia en la producción y exportación de aceite de palma; e India y China en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). En el área mediterránea los cultivos más productivos para el biodiesel son colza, cardo y girasol, y para bioetanol son remolacha, sorgo dulce, maíz, trigo y cebada (San Miguel, 2008), pero hay más de 300 especies capaces de producir biodiesel en cantidades industriales (Camps y Marcos, 2008). El bioetanol se puede obtener de cualquier planta, fruto, semilla, residuo forestal, etcétera,

alcohol products to produce bioethanol, and lignin/cellulose products for the generation of solid biomass (MITyC-IDAE, 2007).

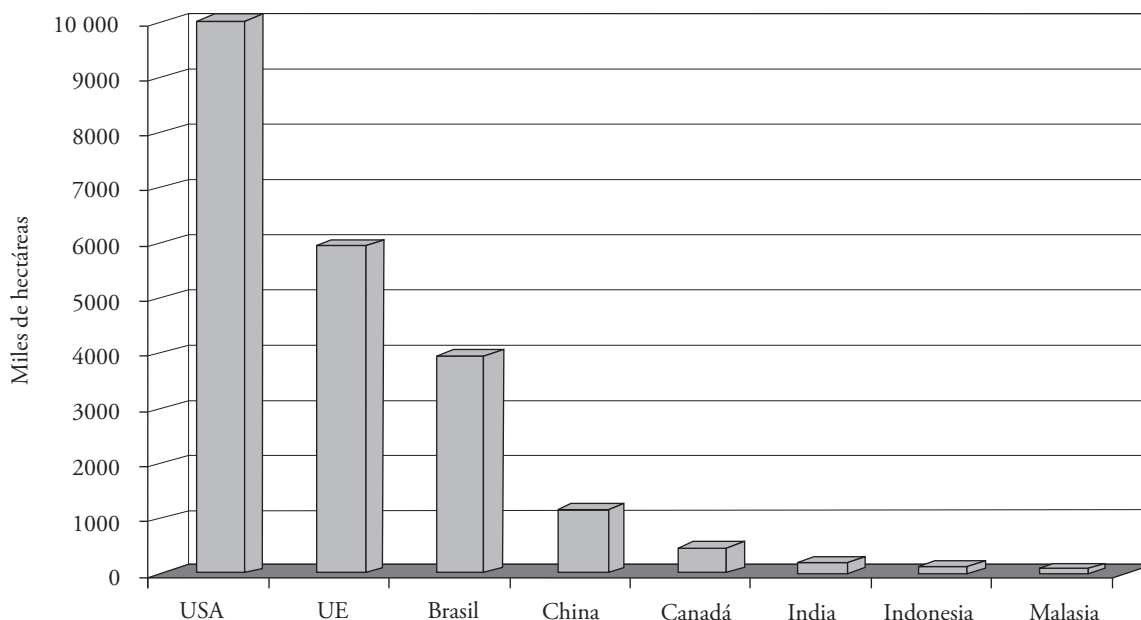
For this study, a different classification of energy crops is proposed, based on the environment where they develop: 1) agricultural: oil and fermentable products, which in their turn can be herbs or woody; 2) forestry: forest species, particularly those traditionally used for wood; and 3) aquatic: they are the least developed and there is work with algae, although there are other viable options.

Agricultural crops

The regions with most surfaces destined to agricultural energy crops are the United States (USA), European Union (EU) and Brazil. In the USA there are slightly below 10 million ha, mainly of maize (*Zea mays*) and soy (*Glycine max*). The EU has around 6 million hectares, more than 90 % sown with colza (*Brassica napus*) and a small part with sugar beet (*Beta vulgaris altissima*). In Brazil there are close to 4 million hectares, around 90 % with sugar cane (*Saccharum officinarum*) and 10 % with soy; China has slightly over 1 million hectares, while Canada, India, Indonesia and Malaysia have less than a million hectares (Figure 1).

In Latin America the largest soy crop is cultivated in Argentina, Brazil, Bolivia and Paraguay; oil palm (*Elaeis guineensis*) is cultivated primarily in Colombia, although it has extended to Ecuador and Central America. In Asia, Indonesia and Malaysia stand out in the production and export of palm oil; and India and China in the cultivation of sugar cane (*Saccharum officinarum*). In the Mediterranean zone the most productive crops for biodiesel are colza, thistle and sunflower, and for bioethanol beets, sweet sorghum, maize, wheat and barley (San Miguel, 2008), although there are more than 300 species capable of producing biodiesel in industrial amounts (Camps and Marcos, 2008). Bioethanol can be obtained from any plant, fruit, seed, forest residue, etc., that contains sucrose, starch, cellulose or a mixture of these, although solid biofuel can also come from forestry or woody crops.

In addition, unconventional energy crops are also being planted, such as jatropha, thistle, sweet sorghum, Jerusalem artichoke and Ethiopian colza (Bravo, 2007; Fraga *et al.*, 2007; Camps and Marcos, 2008); and forest species, such as willow, eucalyptus,



Fuente: cálculo propio, considerando la producción total de cada país y los rendimientos de los cultivos de las principales materias primas utilizadas (Ugolini, 2000; López, 2002; FAO, 2008). ♦ Source: authors' calculation, considering the total production in each country and the yields from crops of the primary raw materials used (Ugolini, 2000; López, 2002; FAO, 2008).

Figura 1. Superficie destinada a cultivos energéticos.
Figure 1. Surface destined to energy crops.

que contenga sacarosa, almidón, celulosa o una mezcla de ambas, pero el biocombustible sólido también puede provenir de cultivos forestales o leñosos.

Además se están implantando cultivos energéticos no convencionales, como jatrofa, cardo, sorgo dulce, patata y colza etíope (Bravo, 2007; Fraga *et al.*, 2007; Camps y Marcos, 2008); y especies forestales, como sauces, eucaliptos, chopos, etcétera, (MITyC-IDAE, 2007; Facciotto, 2008; FAO, 2008) y acuáticos a base de algas, principalmente (BFS, 2007; Martín, 2008; Ramírez, 2008). A continuación se mencionan algunas características de estos cultivos.

La jatrofa (*Jatropha curcas*) es una planta originaria de América Latina (Centroamérica); alcanza una altura de hasta tres metros, tolera la sequía y crece en tierras marginales, por lo que no compite con los cultivos alimentarios, requiere de dos a tres años para producir una semilla, con 30 a 40 % de aceite en proporción al peso del grano, y su productividad anual es 1590 L ha⁻¹. Hay tres variedades: nicaragüense, mexicana y la de Cabo Verde (Bailey, 2008; Trojek, 2009; Vargas, 2009).

El cardo (*Cynara cardunculus*) es una especie herbácea perenne, adaptada al clima mediterráneo, que se puede sembrar en otoño y primavera. En Grecia,

black poplar, etc. (MITyC-IDAE, 2007; Facciotto, 2008; FAO, 2008), and aquatic, based mainly on algae (BFS, 2007; Martín, 2008; Ramírez, 2008). Next, some characteristics of these crops are presented.

Jatropha (*Jatropha curcas*) is a plant originally from Latin America (Central America); it reaches a height of up to three meters, tolerates drought and grows in marginal lands, so that it does not compete with food crops; it requires two to three years to produce a seed, with 30 to 40 % of oil in proportion to grain weight, and its annual productivity is 1590 L ha⁻¹. There are three varieties: Nicaraguan, Mexican and from Cape Verde (Bailey, 2008; Trojek, 2009; Vargas, 2009).

Thistle (*Cynara cardunculus*) is a perennial herb species, adapted to the Mediterranean climate, which can be sown in fall and spring. In Greece, its annual yield can be more than 30 t ha⁻¹ of dry matter (DM), yet its mean production is approximately 18 t ha⁻¹ of DM and 2 t ha⁻¹ of oil seeds. The costs of establishment and annual operation are 517 and 359 € ha⁻¹, respectively (De Juana and Fernández, 2002; MITyC-IDAE, 2007; Camps and Marcos, 2008).

An advantage of sweet sorghum (*Sorghum bicolor*) is the production of high amounts of sugar and straw,

su rendimiento anual puede ser de más de 30 t ha⁻¹ de materia seca (MS), pero su producción media es de aproximadamente 18 t ha⁻¹ de MS y 2 t ha⁻¹ de semilla oleaginosa. Los costos de implantación y de operación anual son 517 y 359 € ha⁻¹ respectivamente (De Juana y Fernández, 2002; MITyC-IDAE, 2007; Camps y Marcos, 2008).

Una ventaja del sorgo dulce (*Sorghum bicolor*) es la producción de elevadas cantidades de azúcar y paja, ambas aprovechables como biocombustible. La producción de azúcar puede ser 9 t ha⁻¹ y 30 t MS. Dependiendo de las zonas, se pueden obtener de 3 a 6 mil L ha⁻¹ de bioetanol (De Juana y Fernández, 2002; Camps y Marcos, 2008; San Miguel, 2008).

La patata (*Helianthus tuberosus*) es un cultivo muy rústico, resistente a plagas y enfermedades. El rendimiento puede ser 60 a 80 t ha⁻¹ de tubérculos y 8 a 10 t MS; de los tubérculos se puede obtener 5 a 6 mil L bioetanol. El costo de producción de patata para bioetanol es de 0.55 € L⁻¹ (Matías, 2012).

La colza etíope (*Brassica carinata*) no se cultiva como oleaginosa por la toxicidad de su semilla; se adapta bien a los secanos y produce alrededor de 5 t MS ha⁻¹. Su costo de producción, incluida la recolección y transporte a fábrica está entre 50 y 70 € t⁻¹ (Lafarga *et al.*, 2008; MITyC-IDAE, 2007).

Cultivos forestales

Los eucaliptos tienen la ventaja de ser un cultivo muy conocido en España y no precisar de riego; generalmente se cultivan en zonas de escasa altitud y sin inviernos fríos. Se pueden adaptar en zonas agrícolas marginales o deforestadas. Actualmente se aprovechan principalmente para la producción de papel. En Europa se cultiva a gran escala en España, Portugal e Italia (MITyC-IDAE, 2007; Facciotto, 2008; FAO, 2008).

Los chopos se cultivan principalmente para la producción de celulosa, alcanzan producciones elevadas en periodos de tiempo cortos, se pueden regar con aguas contaminadas y tienen una gran capacidad para enraizar. La plantación de chopo para fines energéticos se realiza con densidades altas para disminuir los costos (MITyC-IDAE, 2007; Facciotto, 2008; FAO, 2008).

Los robles son eficaces en la producción de leña y el costo de mantenimiento es bajo, debido a su longevidad. Se adaptan a las zonas de secano, por lo que se pueden cultivar sobre suelos agrícolas marginales (MITyC-IDAE, 2007; Facciotto, 2008; FAO, 2008).

both usable as biofuels. Sugar production can be 9 t ha⁻¹ and 30 t DM. Depending on the zones, 3 to 6 thousand L ha⁻¹ of bioethanol can be obtained (De Juana and Fernández, 2002; Camps and Marcos, 2008; San Miguel, 2008).

Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) is a very rustic crop, resistant to plagues and diseases. Its yield can be 60 to 80 t ha⁻¹ of tubers and 8 to 10 t DM; of the tubers, 5 to 6 thousand L of bioethanol can be obtained. The cost of production for Jerusalem artichoke for bioethanol is 0.55 € L⁻¹ (Matías, 2012).

Ethiopian colza (*Brassica carinata*) is not cultivated as an oil product because of the toxicity of its seed; it adapts well to rainfed lands and produces around 5 t MS ha⁻¹. Its production cost, including harvesting and transport to the factory is between 50 and 70 € t⁻¹ (Lafarga *et al.*, 2008; MITyC-IDAE, 2007).

Forestry crops

Eucalyptus has the advantage of being a very well-known crop in Spain and of not requiring irrigation; generally it is cultivated in areas of low altitude and without cold winters. It can adapt to marginal agricultural or deforested lands. Currently, it is used mainly for paper production. In Europe it is cultivated at a large scale in Spain, Portugal and Italy (MITyC-IDAE, 2007; Facciotto, 2008; FAO, 2008).

Black poplars are cultivated primarily for the production of cellulose, reach high production in short periods of time, can be irrigated with contaminated waters, and have a high capacity for taking root. Black poplar planting for energetic uses is carried out with high densities to decrease costs (MITyC-IDAE, 2007; Facciotto, 2008; FAO, 2008).

Oaks are effective in firewood production and the cost for maintenance is low, due to their longevity. They adapt to rainfed zones, so that they can be cultivated on marginal agricultural soils (MITyC-IDAE, 2007; Facciotto, 2008; FAO, 2008).

Aquatic crops

An advantage of these crops is that they do not compete with agricultural ones, in addition to the potential of the surface susceptible to cultivation (coasts, lakes and rivers). The Spanish company Bio Fuel Systems (BFS) is experimenting with algae,

Cultivos acuáticos

Una ventaja de estos cultivos es que no compiten con los agrícolas, además del potencial de la superficie cultivable (costas, lagos y ríos). La empresa española Bio Fuel Systems (BFS) experimenta con algas, de las cuales obtiene biodiesel. El proceso consiste en seleccionar las especies de microalgas que sean más aptas para aplicaciones a gran escala, teniendo en cuenta su productividad, rendimiento fotosintético, capacidad de generación de aceite e intervalo de supervivencia en términos de temperatura (BFS, 2007).

Biofields, empresa mexicana, trabaja en un proyecto para obtener biocombustible con algas verdeazuladas que producen bioetanol de manera natural en condiciones idóneas. Éstas tienen la capacidad de acumular azúcar, duplicar su población en horas y cultivarse en agua dulce o salada (www.biofields.com consultado: marzo, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cultivos energéticos en España

En España, la superficie de cultivos energéticos ha aumentado considerablemente; de 6400 ha en 2004, a 26 116 ha en 2005 y a 211 500 ha en 2006 (Miralles, 2007; Martín, 2008), un incremento de más de 200 mil ha. Los cultivos energéticos agrícolas más viables en España son: colza y girasol para biodiesel; y trigo y cebada para bioetanol; chopos y eucaliptos dentro de los forestales; y se experimenta con cardo, sorgo dulce, patata y colza etíope (Camps y Marcos, 2008; Cereijo *et al.*, 2008; Facciotto, 2008). Las comunidades de Castilla y León, Castilla-La Mancha y Andalucía, son las que tienen mayor potencial para la producción de biomasa de cardo (Camps y Marcos, 2008).

Impacto socioeconómico

La implementación de cultivos energéticos es, para los agricultores, una opción más de cultivo y de mercado que eleva sus ingresos y, por tanto, su nivel de vida. Además, motiva la inversión y ayuda a mejorar los servicios públicos en las zonas rurales, por lo cual revaloriza las tierras, contribuyendo así al desarrollo rural de zonas marginadas, evitando la emigración rural y el abandono de la tierra; se reduce la dependencia del petróleo, aumenta la entrada

from which it obtains biodiesel. The process consists of selecting the microalgae species that are fittest for application at a large scale, taking into account their productivity, photosynthetic yield, capacity for oil generation and survival interval in terms of temperature (BFS, 2007).

Biofields, a Mexican company, works in a project to obtain biofuel from green-blue algae that produce bioethanol in a natural way under ideal conditions. These have the capacity to accumulate sugar, duplicate their population in hours and be grown in fresh or salt water (www.biofields.com consult: March, 2009).

RESULTS AND DISCUSSION

Energy crops in Spain

In Spain, the surface occupied by energy crops increased considerably from 6400 ha in 2004, to 26 116 ha in 2005 and to 211 500 ha in 2006 (Miralles, 2007; Martín, 2008), an increase of more than 200 thousand ha. The most viable agricultural energy crops in Spain are colza and sunflower, for biodiesel, and wheat and barley for bioethanol; black poplars and eucalyptus within forestry species; and there are experiments with thistle, sweet sorghum, Jerusalem artichoke and Ethiopian colza (Camps and Marcos, 2008; Cereijo *et al.*, 2008; Facciotto, 2008). The communities of Castilla y León, Castilla-La Mancha and Andalucía are the ones with greatest potential for biomass thistle production (Camps and Marcos, 2008).

Socioeconomic impact

The implementation of energy crops for farmers is an additional option for cultivation and market that increases their income and, therefore, their living standards. In addition, it motivates investment and helps to improve public services in rural zones, so that it pushes the value of lands, thus contributing to the rural development of marginal zones, preventing rural emigration and land abandonment; it reduces dependency on petroleum, increases currency entry and solves the problems of agricultural excess and abandonment of cultivation lands. These are some of the socioeconomic impacts caused by energy crops in some regions of Brazil, USA and Germany, to mention some. However, job generation is the most important activity in terms of impact.

de divisas y se solucionan problemas de excedentes agrícolas y abandono de tierras de cultivo. Éstos son algunos de los impactos socioeconómicos causados por los cultivos energéticos en algunas regiones de Brasil, EE. UU. y Alemania, por mencionar algunas. Sin embargo, la generación de empleo es la actividad más importante para dicho impacto.

Generación de empleo

En Brasil, la industria del bioetanol de caña de azúcar generó, de 1970 hasta 1986, más de 600 mil empleos directos en zonas rurales y un millón de empleos indirectos (Ortiz y Miguez, 1995). En 2001, el sector brasileño de biocombustibles aportó alrededor de un millón de puestos de trabajo en las zonas rurales en su mayoría de mano de obra no especializada y unos 300 mil indirectos (FAO, 2008). La producción de bioetanol en Brasil genera entre 500 mil y un millón de empleos directos y alrededor de 6 millones de indirectos (Zuurbier y Vooren, 2008). Actualmente esta actividad es una de las más importantes en la generación de empleo agrícola en ese país.

El incremento en el uso de la biomasa en la UE generó entre 250 y 300 mil empleos directos, principalmente en zonas rurales, bajo el supuesto de que alrededor de 80 % de la biomasa se produjera en la Unión Europea (COM, 2005). Para la Asociación Europea pro Biomasa (AEBIOM), en la UE los biocarburantes son 75 veces más generadores de empleo directo que las alternativas fósiles, la electricidad (de biomasa), 15 veces más y la calefacción (de biomasa), 30 veces más. Sin embargo, las estimaciones de empleo varían considerablemente entre diferentes autores (COM, 2005; López, 2006; Fischer, 2007), por lo que la cifra en la UE pudo ser de alrededor de 300 mil empleos en 2010. La coincidencia ocurre en que la mayoría de esos empleos se generarían en zonas rurales.

Tierras agrícolas abandonadas

La recuperación o aprovechamiento de terrenos abandonados es un detonante para la reactivación económica de las zonas rurales. Se calcula que hay alrededor de 450 millones de hectáreas de tierras de cultivo abandonadas en el mundo (Anderson *et al.*, 2008). Con la reorientación de la Política Agraria Común (PAC), en 1988 se abandonaron entre 6 y 12 millones ha de tierras

Job generation

In Brazil, the bioethanol industry based on sugar cane has generated more than 600 thousand direct jobs from 1970 to 1986, in rural zones, and a million indirect jobs (Ortiz and Miguez, 1995). In 2001, the Brazilian biofuel sector contributed around one million jobs in rural zones, mostly for unspecialized labor, and around 300 thousand indirect ones (FAO, 2008). Bioethanol production in Brazil generates between 500 thousand and one million direct jobs and around 6 million indirect ones (Zuurbier and Vooren, 2008). Today, this activity is one of the most important in agricultural job generation in this country.

The increase in biomass use in the EU generated between 250 and 300 thousand direct jobs, mainly in rural zones, under the assumption that around 80 % of the biomass was produced in the European Union (COM, 2005). For the Pro-Biomass European Association (AEBIOM), biofuels in the EU generate 75 times more direct jobs than the fossil fuel alternatives, electricity (from biomass) 15 times more, and heating (from biomass) 30 times more. However, estimations for employment vary considerably between different authors (COM, 2005; López, 2006; Fischer, 2007), so that the figure in the EU could be around 300 thousand jobs in 2010. The coincidence is found in that most of these jobs would be generated in rural zones.

Abandoned agricultural lands

The recovery or use of abandoned lands is a trigger for economic reactivation in rural zones. It is calculated that there are around 450 million hectares of cultivation lands abandoned in the world (Anderson *et al.*, 2008). With the redirection of the Common Agrarian Policy (*Política Agraria Común*, PAC) in 1988, between 6 and 12 million ha of cultivation lands were abandoned in the EU, due to the excess problem (Naredo, 2004) and around 10 million in 1995 (Ortiz and Miguez, 1995). The support from Brussels to community cereal farmers implied the withdrawal of cultivation from 4 million ha and in Spain the mandatory abandonment of around 700 thousand ha (Martín, 2008); in addition, according to Nodal (2006), in Spain more than 2 million hectares of rainfed lands have been abandoned. Currently, the

de cultivo en la UE, debido al problema de los excedentes (Naredo, 2004) y alrededor de 10 millones en 1995 (Ortiz y Miguez, 1995). El apoyo de Bruselas a los agricultores cerealistas comunitarios, implicó el retiro del cultivo de 4 millones ha y en España el abandono obligatorio de unas 700 mil ha (Martín, 2008); además, según Nodal (2006), en España se han abandonado más de 2 millonera de hectáreas de secano. Actualmente, el Plan de Energías Renovables 2011-2020 promueve el desarrollo de cultivos energéticos agrícolas en terrenos con bajos índices de productividad, abandonados o en proceso de retirada, considerando que en 2010 se retiraron cerca de 2 millones de hectáreas, tanto de secano como de regadío (MITyC-IDAE, 2011).

Es difícil precisar la cantidad de superficie abandonada, sin embargo, una parte importante de ésta se podría aprovechar con cultivos energéticos por los beneficios que proporcionan.

CONCLUSIONES

En la clasificación de los cultivos energéticos en agrícolas, forestales y acuáticos, se encontró que los agrícolas son los más explotados y se centran básicamente en maíz, remolacha azucarera y caña de azúcar, para la producción de bioetanol, así como soja y colza para biodiesel. Algunos de los nuevos cultivos agrícolas promovidos son: jatrofa, cardo, sorgo dulce, patata y colza etíope; dentro de los forestales se tienen eucaliptos, chopos y robles y, además, algas marinas. Los productos generados por los cultivos mencionados no compiten con los productos alimenticios y, si se establecen en tierras abandonadas, exceptuando los acuáticos, no compiten con los cultivos tradicionales.

Los cultivos energéticos contribuyen al desarrollo y en algunos países han reducido su dependencia del petróleo, motivado la inversión extranjera, aumentado el ingreso de divisas, y ayudado a solucionar problemas agrarios como el desempleo; a disminuir la emigración rural y el abandono de las tierras, a diversificar la agricultura, y a lograr ser rentables sin subsidios, así como aprovechar mejor los excedentes agrícolas.

LITERATURA CITADA

Anderson, T., H. Paul, y G. Rodríguez. 2008. Los agrocombustibles y el mito de las tierras marginales. *Revista Polis* 21: 3-12.

Renewable Energies Plan 2011-2020 promotes the development of agricultural energy crops in lands with low productivity indexes, abandoned or in the process of withdrawal, considering that in 2010 close to 2 million hectares were withdrawn, both in rainfed and irrigation lands (MITyC-IDAE, 2011).

It is difficult to specify the amount of surface abandoned, and yet, an important part of it could be used with energy crops for the benefits they provide.

CONCLUSIONS

With the classification of energy crops into agricultural, forestry and aquatic, it was found that those most frequently used are centered basically on maize, sugar beet and sugar cane, for the production of bioethanol, as well as soy and colza for biodiesel. Some of the new agricultural crops promoted are: jatropha, thistle, sweet sorghum, Jerusalem artichoke, and Ethiopian colza; within forestry species, there are eucalyptus, black poplars and oaks; and, in addition, marine algae. The products generated by the crops mentioned do not compete with food products and, if they are established on abandoned lands, except the aquatic ones, they do not compete with traditional crops.

Energy crops contribute to development and in some countries they have helped to reduce their dependency on petroleum, fostering foreign investment, increasing currency income, and helping to solve agrarian problems such as unemployment; to decrease rural emigration and land abandonment, to diversify agriculture, and to attain being profitable without subsidies, as well as taking better advantage of agricultural excess.

- *En of the English version* -

-
- Bailey, R. 2008. Otra verdad incómoda: cómo las políticas de biocombustibles agravan la pobreza y aceleran el cambio climático. Informe de Oxfam International. www.oxfam.org (Consultado: abril, 2009).
- BFS (Bio Fuel System, S. L.) 2007. Energía del futuro. Dossier. Sevilla, España. www.biopetroleo.com/pdf/dossier.pdf (Consultado: marzo, 2009).
- Bravo, E. 2007. Biocombustibles, cultivos energéticos y soberanía alimentaria en América Latina. Encendiendo el Debate sobre Biocombustibles. Buenos Aires, Argentina: Capital Intelectual. 135 p.
- Camps, M., y F. Marcos. 2008. Los biocombustibles. Madrid, España: Mundi-Prensa. 382 p.

- Castro, G. M., y C. Sánchez. 1997. Biocombustibles. Monografías técnicas de energías renovables. Sevilla, España: Progen-sa. 44 p.
- Cereijo, D., J. Domínguez, A. Prada, M. Soliño, y M. Vázquez. 2008. Análisis del potencial de producción de biocarburantes en Galicia. Galicia, España: Fundación Caixa Galicia. 76 p.
- COM (Comisión de las Comunidades Europeas). 2005. Plan de acción sobre la biomasa. Bruselas, Bélgica: Comunicado SEC (2005) 1573. 46 p.
- Crespo, M. 1999. Pirólisis rápida y biocombustibles. Tesis de Doctorado, Departamento de Ingeniería Química, USC. Santiago de Compostela, España. 281 p.
- De Juana, J., y J. Fernández. 2002. Energías renovables para el desarrollo. Madrid, España: Thomson Paraninfo. 311 p.
- Domínguez, U. 1991. Energía y energías renovables. España: Universidad de Salamanca. 248 p.
- Facciotto, G. 2008. Cultivos leñosos de corta rotación. Congreso Internacional de Biocarburantes de Segunda Generación, enero. Pamplona, España: Instituto Técnico y de Gestión Agrícola de Navarra. www.biofuel2g.com/Ponencias/Gianni_Facciotto.pdf (Consultada: octubre, 2008).
- Fischer, M. 2007. Cultivos energéticos. Revista Energía y Empresa 18: 44-45.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2008. El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación. Biocombustibles: Perspectivas, Riesgos y Oportunidades. Roma, Italia: FAO, Subdivisión de Políticas y Apoyo en Materia de Publicación Electrónica. 146 p.
- Fraga, F., J. Martínez, y J. Proupín. 2007. Energías Renovables: ¿La Energía del Futuro? Lugo, España: Universidad de Santiago de Compostela. 134 p.
- Hernández, R., C. Fernández, y P. Baptista. 2006. Metodología de la Investigación. México: McGraw-Hill. 850 p.
- Lafarga, A., J. Goñi, A. Armesto, y V. Eslava. 2008. Producción de biomasa con cultivos herbáceos. Congreso Internacional de Biocarburantes de Segunda Generación. Pamplona, España: Instituto Técnico y de Gestión Agrícola de Navarra. www.biofuel2g.com/Ponencias/Alberto_Lafarga.pdf (Consultada: octubre, 2008).
- López, L. 2002. Cultivos Industriales. Madrid, España: Mundi-Prensa. 1071 p.
- López, J. 2006. Biocarburantes. Revista Energías Renovables 51: 51-52. www.energias-renovables.com (Consultado: noviembre, 2008).
- Martín, R. 2008. La Verde energía de la biomasa. Navarra, España: Thomson Civitas. 223 p.
- Matías, J. 2012. Estudio del cultivo de la patata (*Helianthus tuberosus* L.) y de su conversión en bioetanol para la obtención de un biocarburante con criterios de sostenibilidad. Tesis de Doctorado, Universidad de Extremadura. España. 269 p.
- MITyC-IDAE (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio - Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). 2007. Biomasa: Cultivos Energéticos. Madrid, España. 51 p.
- MITyC-IDAE (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio - Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). 2011. Plan de Energías Renovables 2011-2020. Madrid, España. 775 p.
- MITyC-SGE (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Secretaría General de Energía). 2008. La Energía en España 2007. Madrid, España. 229 p.
- Miralles, R. 2007. Cultivos energéticos. Revista Energía y Empresa 18: 41-43.
- Naredo, J. 2004. La Evolución de la agricultura en España. Granada, España: Universidad de Granada. 549 p.
- Nodal, L. 2006. Biomasa. Revista Energías Renovables 51:40-50. www.energias-renovables.com (Consultado: noviembre, 2008).
- Ortiz, L., y J. Miguez (coords). 1995. Energías Renovables y Medio Ambiente. Vigo, España: Concello, Patrimonio Histórico e Medio Ambiente. 248 p.
- Ramírez, S. 2008. Biocombustibles de tercera generación. Revista Energética 21: 82-48. www.energetica21.com/digital/digital.html (Consultado: marzo, 2009).
- San Miguel, P. 2008. Demanda y producción de agrocombustibles en España y en la Unión Europea. Revista Tierra 13: 29-37.
- Trojek, S. 2009. Jatropha: Energy plant of the future. The Magazine for Renewable Energies, Sun & Wind Energy 5: 226-231.
- Ugolini, J. 2000. Biodiésel: Estudio para determinar la factibilidad técnica y económica del desarrollo del biodiésel. Argentina: Vicegobernación de la Provincia de Santa Fe. 27 p.
- Vargas, M. (coord). 2009. Agrocombustibles ¿Otro negocio es posible? Barcelona, España: Icaria. 130 p.
- Zuurbier, P., and J. Vooren. (eds). 2008. Sugarcane Ethanol: Contributions to Climate Change Mitigation and the Environment. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers. 255 p.