

# Análisis del ciclo de vida del bioetanol obtenido a partir de vaina de algarroba

S. Sánchez- Segado, D. Juan, L.J. Lozano, A. P. de los Ríos, F.J. Hernández-Fernández, A. Larrosa-Guerrero, A. Ginestá, E. García-Bernal, C. Godínez  
 Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. Universidad Politécnica de Cartagena  
 C/ Dr. Fleming sn 30202 Cartagena (Murcia)  
 Teléfono: 968 326408 Fax: 968 326561  
 E-mail: ssegado@upct.es

**Resumen.** *En este trabajo, se ha llevado a cabo un análisis del ciclo de vida del bioetanol producido a partir de la vaina de algarroba. Los resultados obtenidos muestran un consumo de energía fósil de 14,36 MJ/kg de etanol y una tasa de emisiones de gases de efecto invernadero netas de 0,72 kg-eq de CO<sub>2</sub>/kg de etanol producido.*

## 1 Introducción

El deterioro medioambiental que está padeciendo la tierra, está obligando a la sociedad a desarrollar tecnologías más respetuosas con el medioambiente. De entre dichos problemas medioambientales, las emisiones de gases de efecto invernadero, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> en gran medida debidas al sector del transporte, junto a los elevados precios de los combustibles fósiles, han fomentado el desarrollo de los biocombustibles como sustitutos de los carburantes tradicionales[1].

Sin embargo, la efectividad de los biocombustibles en cuanto a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, depende de cómo son producidos.

El análisis de ciclo de vida, definido en la norma ISO 14040, ha sido reconocido como una de las mejores herramientas para evaluar el impacto ambiental, así como los ahorros energéticos derivados de la producción de biocombustibles, a pesar de que el cálculo de la energía fósil utilizada y de las emisiones de gases de efecto invernadero, resulte difícil de evaluar debido a la presencia de incertidumbres y a cuestiones metodológicas a la hora de definir el sistema a evaluar [2].

El objetivo de este trabajo, ha sido realizar una estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero originadas en la producción de bioetanol a partir de la vaina de algarroba siguiendo la metodología indicada en ISO 14040 para el análisis de ciclo de vida.

## 2 Metodología de ciclo de vida.

### 2.1. Definición y límites del sistema

El sistema estudiado, abarca desde las operaciones necesarias para el cultivo del algarrobo, incluyendo las labores agrícolas y la producción de fertilizantes, el transporte de la vaina hasta la planta de producción y el posterior transformación de los azúcares

contenidos en la vaina en bioetanol. Sin tener en cuenta las operaciones asociadas a la producción de la maquinaria agrícola.

Como unidad funcional se ha seleccionado 1 kg de etanol producido.

### 2.2 Fuentes de datos y suposiciones clave.

Los datos y consumos necesarios para las operaciones agrícolas y producción de fertilizantes, fueron obtenidos de [3-4]. Del cultivo del algarrobo, se obtiene a parte de la vaina, unas semillas con alto valor en la industria alimentaria en una proporción vaina/semilla de 90/10% w/w. Dicha proporción se tuvo en cuenta a la hora de asignar las cargas ambientales en la fase de cultivo.

Además se consideró una producción media de 2750 kg vaina/ha, una distancia media de 150 km para el transporte de los fertilizantes y que un 1% del nitrógeno aportado al suelo es liberado en forma de N<sub>2</sub>O.

Para la producción de etanol, los consumos se obtuvieron de [5]. También se consideró que el CO<sub>2</sub> producido en la fermentación no supone una fuente de emisión ya que este es fijado por las plantas en su crecimiento. Los DDG's y la energía eléctrica generada en el proceso sustituyen a una cantidad equivalente de maíz (utilizado para alimentación animal) y de energía eléctrica generada según el mix eléctrico español [6].

Las emisiones de gases de efecto invernadero, se estimaron según las directrices indicadas por [7]. Para los consumos energéticos en el transporte, se consultó la base de datos Buwal 20 de Simapro 7.1.

## 3 Resultados y discusión.

### 3.1. Análisis Energético.

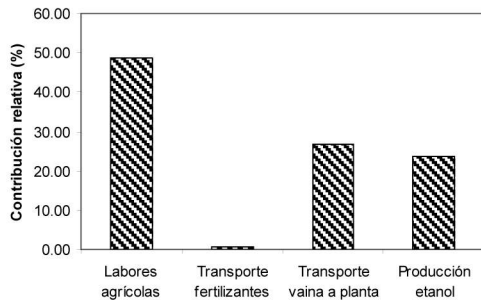


Figura 1. Contribución energética relativa por kg de etanol producido de cada una de las etapas consideradas en el ciclo de vida.

### 3.2. Análisis de Emisiones.

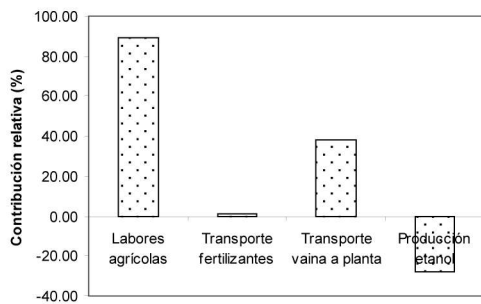


Figura 2. Contribución relativa de las emisiones de gases de efecto invernadero por kg de etanol producido de cada una de las etapas consideradas en el ciclo de vida.

Tanto de la Fig. 1 como de la Fig. 2, se puede observar que las labores agrícolas es el proceso que contribuye mayoritariamente al consumo energético y a las emisiones de gases de efecto invernadero. Por otra parte la producción de etanol tiene un balance de emisiones negativo, debido a que el CO<sub>2</sub>, producido en la fermentación no se considera como una emisión neta y a que la combinación de los escenarios de referencia considerados para la generación de energía eléctrica y para la producción de DDG's son desde el punto de vista de emisiones de gases de efecto invernadero, más contaminantes que el proceso de producción de bioetanol.

### 4 Conclusiones.

En vista de los resultados expuestos en el apartado anterior, se puede afirmar que las labores agrícolas son el proceso del ciclo que más contribuye al consumo energético y a la emisión de gases de efecto invernadero. Por lo tanto es necesario optimizar dichas operaciones así como la cantidad de fertilizantes necesarios para esta etapa, ya que su producción supone el 28,5% de la energía necesaria y el 55% de las emisiones generadas en la fase de cultivo.

Otro aspecto a tener en cuenta es la optimización de la distancia existente entre la planta de producción de

bioetanol y el sitio de origen de la materia prima, ya que como se puede observar en las Fig. 1 y 2 tiene una influencia significativa en el ciclo de vida del producto.

Finalmente el consumo energético global del ciclo es de 14,36 MJ/kg etanol y las emisiones netas de gases de efecto invernadero son de 0,72 kg-eq de CO<sub>2</sub>/kg de etanol producido. Estos resultados son acordes con los presentados por [8], para otras materias primas que tradicionalmente se utilizan en la producción de bioetanol en Europa.

### Agradecimientos

Los autores quieren expresar su agradecimiento a Javier Bayo Bernal y a María Dolores Gómez López por sus consejos y ayuda para la realización de este trabajo, así como a la obra social de la CAM por la financiación recibida a través de su programa de becas predoctorales.

### Referencias

- [1] P. Börjesson, L.M. Tufvesson. "Agricultural crop-based biofuels: resource, efficiency and environmental performance including direct land use changes". Journal of Cleaner Production, pp 108-120, vol. 19. (2011).
- [2] ISO 14040. "Environmental management- life cycle assessment- principles and framework" (2006).
- [3] IDAE. Instituto para Diversificación y Ahorro de la Energía. "Consumos Energéticos en las operaciones agrícolas en España". (2005).
- [4] IFA. International Fertilizer Industry Association. "Fertilizers, Climate Change and Enhancing Agricultural Productivity Sustainably". (2009).
- [5] S. Sánchez, L.J. Lozano, C. Godínez, D. Juan, A. Pérez, F.J. Hernández. "Carob pod as a feedstock for the production of bioethanol in Mediterranean areas". Applied Energy, pp. 3417-3424, vol. 87, (2010).
- [6] Y. Lechón, H. Cabal, C. Lago, C. de la Rúa, R.M. Sáez. "Energy and greenhouse gas emission savings of biofuels in Spain's transport fuel. The adoption of EU policy on biofuels". Biomass and bioenergy, pp. 920-932, vol.33, (2009).
- [7] IPPCC. "Guidelines for national greenhouse gas inventories" vol. 2,3 y 4. (2006).
- [8] G. Brown. "Report on life cycle greenhouse gas impacts of ethanol supply chains at BEST sites". (2009).