



BIOCOMBUSTIBLES EN LA AGRICULTURA: CARÁCTER RENOVABLE Y ANÁLISIS DE EMISIONES

Cid P., Zapata A.

Tutora: Barreiro P.

Dpto. de Ingeniería Rural. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.

E-mail: pablo.cquintas@alumnos.upm.es; alozapata85@gmail.com

RESUMEN

El uso de biocombustibles parece ser un factor importante de cara a retrasar el agotamiento de combustibles fósiles. En este trabajo se realiza una revisión de estudios de investigación muy recientes relacionados con el carácter renovable de la producción de biocombustibles (bioetanol y biodiesel), así como del comportamiento de los motores con estos nuevos carburantes y sus mezclas (etanol al 10%, biodiesel 100%, isobutileno+etanol también denominado bioETBE) desde el punto de vista de las emisiones de gases.

INTRODUCCIÓN

El bioetanol y el biodiesel tienen la oportunidad de contribuir a la sustitución de los combustibles tradicionales de origen fósil, no solo en el sector de la automoción, sino en importantes sectores como la agricultura, la aeronáutica...

El proceso de análisis del ciclo de vida (Life Cycle Assessment, LCA) de un combustible no es sencillo, ya que surgen problemas a la hora de acotar el gasto energético en producción, y de valorar energéticamente los subproductos generados en el proceso de obtención del biocombustible. La tendencia actual plantea el término *allocation* (asignación) que establece una relación entre subproducto y producto partiendo de otras magnitudes más fácilmente cuantificables: masa, precio de mercado o capacidad de sustitución para posteriormente transponerla en términos energéticos. Uno de los LCA más recientes (Malça y Freire, 2006) en esta materia, compara el potencial del bioetanol y bioETBE (producto obtenido a partir del bioetanol y del isobutileno, éste último de origen fósil) como sustitutos de la gasolina desde el punto de vista energético.

Otro aspecto importante es la evaluación del comportamiento de los motores en función del tipo de combustible empleado (diesel convencional -D2-, bioetanol, y biodiesel) que es hoy en día un aspecto de máxima actualidad como lo corroboran el número de artículos científicos publicados, entre los que se han elegido dos publicados en 2008 (Lapuerta y cols., 2008 y Kegl, B., 2008) que abordan desde la necesidad de reajustar los parámetros del motor, hasta el análisis de consumos y emisiones de gases en una amplia variedad de puntos de funcionamiento de motor (carga y régimen).

MATERIAL Y MÉTODOS

El método LCA aplicado por Malça y Freire (2006) a la evaluación de la producción de bioetanol a partir de la remolacha o del trigo, aborda todo el conjunto de operaciones implicadas en la producción y/o procesado, considerándolas como una secuencia de subsistemas. Para llevar a cabo el estudio se siguen los siguientes pasos: (i) definición de una unidad funcional, por ejemplo en términos energéticos el MJ; (ii) empleo de un método de asignación (*allocation*) en los casos en que no es viable utilizar la misma unidad funcional en todo el proceso (hay subproductos que no se pueden quemar para saber cual es su contenido en energía), cuantificando en su caso los créditos de energía; (iii) elaboración de un inventario (Life Cycle Inventory; LCI) que acote los límites del sistema y cuyo resultado es una tabla que recoge todos los flujos de masa y de energía que tienen lugar para producir el equivalente a 1 MJ de bioetanol; (iii) estimación del



contenido energético del biocombustible, magnitud empleada para comparar objetivamente distintos combustibles (incluidos los fósiles), comparada con el poder calorífico inferior del mismo (MJ/kg); uno de los aspectos más delicados es la necesidad de adoptar un número no desdeñable de supuestos (consumo energético en la extracción de los combustibles fósiles, consumo energético en el abonado/protección de los cultivos y transporte asociado –km- al producto producido...) en el cómputo del LCI.

Para cuantificar la eficiencia energética, estos autores proponen la introducción del concepto denominado energía primaria, que es aquella que está retenida en los recursos naturales como el carbón, el petróleo, el uranio y la biomasa, determinando la eficiencia energética tal y como se indica en la ecuación nº 1. Este parámetro es denominado en el estudio eficiencia de renovación de la energía (*energy renewability efficiency*, ERenEf)

$$\text{ERenEf} = (\text{FEC} - E_{\text{in, fossil, prim}}) / \text{FEC} \quad \text{Ec.1}$$

Donde: FEC (poder calorífico real del biocombustible, MJ/kg), $E_{\text{in, fossil, prim}}$ (consumo energético específico en energía fósil primaria para el ciclo de vida del biocombustible, MJ/kg).

Por otra parte para evaluar el efecto del tipo de combustible sobre el funcionamiento del motor, en este estudio se han revisado dos trabajos de investigación muy recientes (Lapuerta y cols., 2008; Kegl. B, 2008) relativos al análisis de motores de 4 tiempos de muy distintas características: 2,2 L, turbo-intercooler e inyección directa con control electrónico de la inyección con una relación de compresión 18:1, *versus* otro de 11,4 L, atmosférico con inyección directa tipo M con una relación de compresión 17,5:1, evaluando entre 13 y 17 puntos de funcionamiento. Los combustibles empleados fueron diesel convencional (en ambos motores), el bioetanol al 10% (E10, en el motor 2,2L), biodiesel al 100% (B100, en el motor de 11L). En los ensayos se emplearon sendos frenos dinamométricos (Schenck Dynas LI 250, y Zöllner A350 AC 300kW) que permite medir y controlar la velocidad del motor (rev / min), posición del acelerador y el par (N m). Así mismo se emplearon un conjunto de transductores de calidad aire (CO₂, CO, NO_x, tamaño de partículas, opacidad del humo de escape), consumo de aire (a partir de la velocidad m/s en el colector de admisión), presión barométrica (bar) en la cámara de combustión, y consumo horario (g/h) y específico de combustible (g/kW h). Antes de cada prueba se procedió a la limpieza de los conductos de admisión y escape, así como del depósito de combustible, con el objetivo de eliminar restos de las anteriores pruebas que pudiesen falsear los resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 refiere los cuatro procedimientos de asignación empleados (en masa, energía, valor de mercado, capacidad de sustitución) en la evaluación del proceso de obtención de bioetanol a partir de remolacha (producto completo –A-, melazas –B- y combinación de ambas -50A50B-), o de trigo (C), comparándolos con el cómputo directo sin evaluación de subproductos (primera fila).

Tabla 2. Evaluación del proceso de obtención de bioetanol según Malça y Freire (2006)

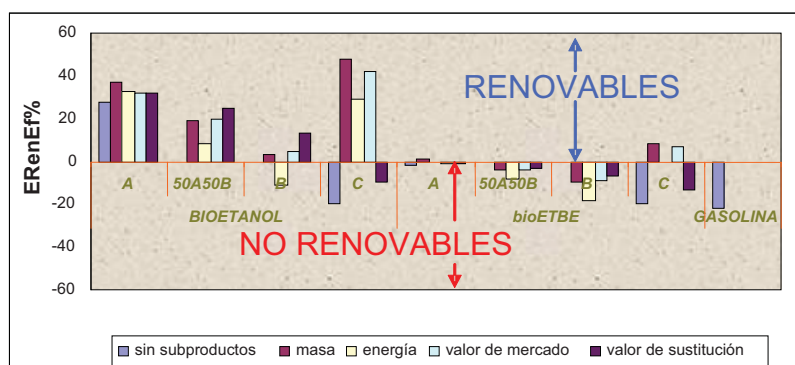
Procedimiento de asignación	Etanol (remolacha azucarera)			Etanol (trigo)
	A	50A50B	B	C
<i>Allocation</i>				
Sin subproductos	0,702 (100%)	1,860 (100%)	3,041 (100%)	1,210 (100%)
Según masa	0,630 (89,7%)	0,783 (42,1%)	0,977 (32,1%)	0,517 (42,7%)
Según energía	0,652 (92,9%)	0,875 (47,0%)	1,116 (36,7%)	0,691 (57,1%)
Según valor de mercado	0,671 (95,6%)	0,770 (41,4%)	0,947 (31,1%)	0,540 (44,6%)
Según capacidad de sustitución	0,671 (95,6%)	0,721 (38,8%)	0,848 (27,9%)	1,104 (91,2%)



El porcentaje de créditos de energía que acumula en etanol en todo el proceso, se aproxima al 100% (situación ideal) en aquellos casos en los que el porte de los subproductos es prácticamente nulo. El aspecto más destacable es la elevada influencia del método de asignación en el caso del trigo (del 91,2% al 42,7% según el caso) debido a que los créditos de energía necesarios para reemplazar (capacidad de sustitución) los subproductos en el trigo (como la paja) son poco relevantes.

La Figura 1 muestra el efecto del procedimiento de asignación sobre el valor estimado de la eficiencia de renovación de la energía (ERenEf) para el bioetanol y bioETBE, este último de amplia difusión en Europa y USA. Centrándonos en el bioETBE la eficiencia de renovación de la energía (ERenEf) obtenida es claramente negativa (no renovable) para dos de los procesos (B, 50A50B), con elevadas discordancias (de renovable a no renovable según el caso) según el procedimiento de asignación para los otros dos procesos de obtención (A, C). A pesar de todo, el BioETBE permite ahorrar reservas de combustibles fósiles, uno de los objetivos perseguidos.

Figura 1. Efecto del procedimiento de asignación sobre el valor estimado de la eficiencia de renovación de la energía (Malça y Freire, 2006)



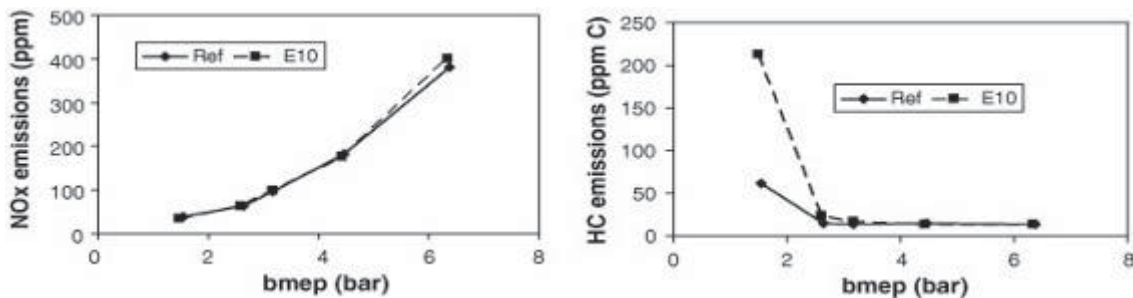
En relación con el análisis del funcionamiento de los motores destaca para el de 11L evaluado en el uso de B100, la diferencia significativa en el poder de penetración del combustible pulverizado en el cilindro (mayor para el B100) debido a una peor atomización (mayor tensión superficial y viscosidad de B100 respecto a D2) y vaporización, así como a una mayor presión de inyección, imprescindible para la operación con B100 en motores diseñados para combustible D2. En este motor, a plena carga, el par máximo y la potencia efectiva se redujeron en un 5% en el empleo de B100 respecto a D2, incrementándose el consumo específico (g/kw h) en un 10% para todo el rango de funcionamiento del motor (menor poder calorífico del B100 respecto a D2). En el análisis de las emisiones de gases de escape en el motor 11L B100 respecto a 11L D2, destaca la necesidad de modificar el adelanto de la inyección en 23° respecto al PMS* (D2) a 19° (B100) para conseguir mínimas emisiones en un mayor rango de funcionamiento del motor, destacando asimismo una disminución en la emisión de CO, HC NOx y partículas de humo en B100 respecto a D2.

En el análisis del motor de 4 tiempos 2,2 L, no se retoca el ángulo de inyección (entorno a 10° respecto al PMS) a pesar de las diferencias en el índice de cetano de ambos combustibles, aunque sí se observa experimentalmente un ligero retraso entorno a 2° para el E10 respecto al D2 en el comienzo de la combustión (repentino incremento de presión en la cámara de combustión), que se ve compensado por una mayor velocidad



de combustión en el E10 respecto al D2 debido a su mayor volatilidad (menor temperatura de destilación). Al igual que en el caso anterior, el consumo de E10 respecto a D2 se ve incrementado (de 400g/kWh a 430 g/kW h) debido al menor poder calorífico del combustible (40,44 MJ/kg del E10 respecto a 42,84 MJ/kg del D2). En este estudio no se observan diferencias significativas en las emisiones de NOx (Figura 2) empleando E10 respecto a D2 (400 ppm a 6 bar en ambos casos), sin embargo la emisión de HC (combustible no quemado) es especialmente relevante a baja carga de motor con E10 respecto a D2 (200 ppm respecto a 50 ppm a 1,8 bar), debido a la absorción de calor por parte del etanol durante la vaporización que redundaría en un enfriamiento local de la mezcla que puede derivar incluso en la extinción de la llama cuando la temperatura de la cámara de combustión es relativamente baja.

Figura 2 Emisiones de NOx (Lapuerta y cols , 2008)



CONCLUSIONES

De acuerdo con el LCA, el caso más favorable es la obtención de bioetanol puro a partir de trigo que permite ahorrar hasta el 69,1% de energía fósil, aun así, como hemos mencionado anteriormente, utilizando otros métodos de asignación (*allocation*) los resultados no son tan halagüeños. Si a esto sumamos que lo que se emplea habitualmente es el bioETBE, en lugar del bioetanol puro encontramos una situación no renovable según dos de los cuatro métodos de asignación, podemos concluir por tanto que a los biocombustibles les queda mucho camino por recorrer para ser sustitutos del petróleo, pero si pueden ser útiles en retardar su agotamiento.

En cuanto a los motores ensayados, el consumo siempre aumenta en los biocombustibles respecto a los fósiles debido al menor poder calorífico. La tasa de emisiones se ve mejorada sólo cuando se reajustan adecuadamente los parámetros del motor como por ejemplo el ángulo de cigüeñal en el punto de inyección del combustible. En el caso del bioetanol se ha de prestar especial atención a vaporización y en este caso las emisiones no presentan mejoría sino incluso un leve retroceso, lo cual indica que existe una necesidad de seguir avanzando en la adaptación de los motores a estos nuevos carburantes.

AGRADECIMIENTOS

A nuestra tutora Pilar Barreiro por su imprescindible colaboración.

REFERENCIAS

Malça, J. y Freire, F.; 2006. Renewability and life-cycle energy efficiency of bioethanol and bio-ethyl tertiary butyl ether (bioETBE): Assessing the implications of allocation. •Lapuerta, M; Armas, O; Herreros, JM; 2008. Emissions from a diesel-bioethanol blend in an automotive diesel. •Kegl, B; 2008. Effects of biodiesel on emissions of a bus diesel engine.



EVALUACIÓN DE TRES AISLAMIENTOS DE *Trichoderma harzianum* SOBRE *Sclerotium cepivorum*, PROVENIENTES DE LA LOCALIDAD DE AGUA NEGRA, MUNICIPIO JIMENEZ, EDO. LARA.

Vásquez M. F.

Tutor: Jiménez M. A.

Dpto. de Ciencias Biológicas. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" (UCLA). Decanato de Agronomía.

E-mail: mafevama@hotmail.com

RESUMEN

La pudrición blanca del ajo, es la principal enfermedad de este cultivo en Venezuela. Para el manejo de la enfermedad se presenta como alternativa el uso de biocontroladores como *Trichoderma* sp. y a través de pruebas de antagonismo, puede determinarse su capacidad. Por ello, se seleccionaron 150 muestras de raíces, bulbos y rizósfera a partir de plantas de ajo, afectadas por la pudrición blanca, provenientes de Agua Negra, Municipio Jiménez, estado Lara. Se aislaron y purificaron cepas de *Trichoderma* sp y se evaluó su potencial antagonístico contra, *Sclerotium cepivorum* a través de la velocidad de crecimiento en cultivos duales. Se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ya que el crecimiento micelial del patógeno muestra variabilidad por la confrontación con los antagonistas. Se observó que los aislamientos, T1 y T2, presentaron mayor capacidad antagonística y exhibieron durante el enfrentamiento mayor crecimiento micelial logrando inhibir al patógeno, no así, el aislamiento T3, que no logró alcanzar mayor crecimiento que el patógeno durante el enfrentamiento y mostró antagonismo débil. El aislamiento T2 resultó ser el más eficiente mostrando la mayor tasa de crecimiento micelial y retrasando efectivamente el crecimiento del micelio del patógeno.

Palabras clave: antagonista, patógeno, control biológico.

INTRODUCCIÓN

La pudrición blanca del ajo, cuyo agente causal es el hongo *Sclerotium cepivorum*, Berk, es la principal enfermedad de este cultivo en Venezuela representando un factor limitante en la expansión del cultivo. El manejo de la enfermedad ha sido difícil y las estrategias utilizadas actualmente son poco efectivas, como la rotación de cultivos, no se cuenta con variedades resistentes; las altas dosis de productos químicos ha provocado la presencia de residuos sobre las partes comestibles y contaminación ambiental (Coley Smith 1990, Sánchez-Pale 2001). El uso de antagonistas, es una alternativa no química para el control de hongos que forman esclerocios (Papavizas, 1992). Las especies del género *Trichoderma* son los antagonistas más utilizados para el control de enfermedades de plantas producidas por hongos, debido a su facilidad para ser aisladas y cultivadas, a su crecimiento rápido en un gran número de sustratos y a que no atacan a plantas superiores (Papavizas *et al*, 1985; Papavizas, 1992). Ambos hongos se encuentran dentro de la microflora de suelos cultivados con Alliaceae, por ello, el presente estudio estuvo dirigido a la obtención de aislamientos promisorios de *Trichoderma* spp. para el control *S. cepivorum*, agente causal de la Pudrición blanca del ajo, y evaluar bajo enfrentamientos *in vitro* la capacidad antagonística de dichos aislamientos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo la zona productora de Agua Negra, Municipio Jiménez, estado Lara, un área ubicada sobre un piso altitudinal de 1.500 m.s.n.m. Se seleccionaron 150 muestras de raíces, bulbos y rizósfera de plantas de ajo. La colecta del material vegetal fue realizada a 135 días posterior a la formación del bulbo, con la