

Análisis del etanol y del biodiesel como sustitutos de combustibles fósiles para automoción en España

Ethanol and Biodiesel analysis to replace fossil fuels in the Spanish vehicle industry



Fernando Hernández-Sobrino
Carlos Rodríguez-Monroy

Ingeniero Industrial. MBA
Doctor Ingeniero Industrial
Licenciado en Ciencias Económicas y Empresariales
Licenciado en Derecho y Ciencias Políticas

Grupo Telefónica
Universidad Politécnica de Madrid

José Luis Hernández-Pérez

Doctor en Ciencias Químicas

Universidad de Salamanca

Recibido: 15/06/09 • Aceptado: 19/10/09

ABSTRACT

- For several years, UE has been trying to increase the use of biofuels to replace petrol or diesel in the transports with the aim of fulfilling a commitment about climate change, supplying environmentally friendly conditions, promoting renewable energy sources.

To achieve this, the 2003/30/EC Directive states that in all the European countries, before 31st December 2010, at least 5.75% of all petrol and diesel fuels used for transport are biofuels.

Analyzing biofuels as replacement of fossil fuels nowadays in Spain is the aim of this paper.

- Key words:** ethanol, bioethanol, biodiesel, biofuel, renewable energy, automotive.

RESUMEN

La Unión Europea busca fomentar desde hace ya algunos años el uso de biocarburantes como sustitutos de gasóleo o la gasolina a efectos de transporte, con los objetivos de cumplir los compromisos asumidos en materia de cambio climático, la seguridad de abastecimiento en condiciones ecológicamente racionales y la promoción de las fuentes de energía renovables. Para conseguir estos objetivos, la Directiva 2003/30/EC establece que antes del fin de 2010 se debe consumir un mínimo del 5,75% de biocarburantes en toda la gasolina y el gasóleo comercializado con fines de transporte. En este artículo se expone un análisis del estado del arte de los biocombustibles como sustitutos de los combustibles fósiles a día de hoy en España.

Palabras clave: etanol, bioetanol, biodiesel, biocombustible, energías renovables, automoción.

1. RAZONES PARA POTENCIAR EL USO DE BIOCOMBUSTIBLES: LOS BENEFICIOS POTENCIALES DE LOS MISMOS

El biodiesel y el etanol tienen ciertas características que hacen, en principio, que su uso sea ventajoso frente a los combustibles de origen fósil. Éstos se desarrollan con detalle a continuación.

1.1. FUENTE ADICIONAL DE INGRESOS PARA EL SECTOR PRIMARIO

Los precios de los productos agrícolas son, generalmente, bajos y están sujetos a eventos imprevisibles y su demanda es, además, inelástica.

Si se hiciese extensivo el uso de biocombustibles, el gran tamaño del mercado de la energía provocaría que la demanda de productos agrícolas se hiciese elástica. Esto llevaría consigo un aumento de la demanda de materia prima y del precio y, por consiguiente, un incremento de los ingresos de los productores. Existirían también otros beneficios, como la reducción de las

El importar petróleo de ciertos países podría resultar, en el futuro, problemático. El 34,26% del petróleo importado en 2007 proviene de Irán, Irak, Nigeria, Libia y Venezuela. Si a estos países añadimos Rusia y Arabia Saudita, el porcentaje alcanza el 68,69% del total

subvenciones a los agricultores (Shapouri et al, 1995) o que ciertas tierras que ahora no son productivas o cultivables pasasen a serlo (Van Dyne et al, 1996).

1.2. REDUCCIÓN DE LA DEPENDENCIA ENERGÉTICA EXTERNA

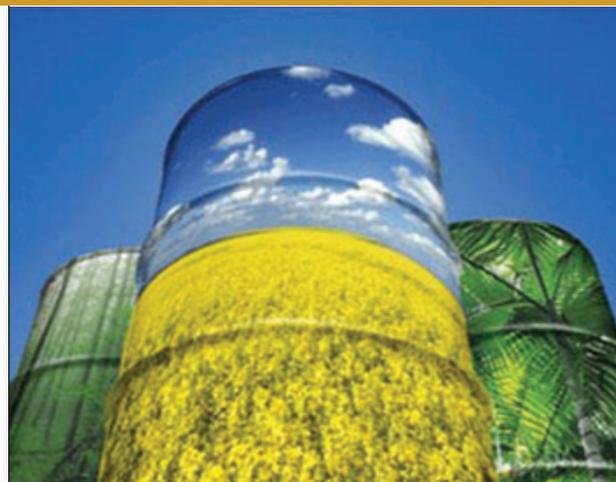
España es un país con una fuerte dependencia energética externa. El autoabastecimiento es del 22,49%, si se considera a la energía nuclear como de origen nacional (a pesar de que todo el uranio que se consume es de importación). Si la energía nuclear se considerase de importación, el autoabastecimiento sería del 12,74%. Esto demuestra la exposición al exterior desde el punto de vista energético. Por esta dependencia, la balanza de pagos de España es muy deficitaria, propio de países con esta característica (Gnansounou et al, 2005).

Por otra parte, el importar petróleo de ciertos países podría resultar, en el futuro, problemático. El 34,26% del petróleo importado en 2007 proviene de Irán, Irak, Nigeria, Libia y Venezuela. Si a estos países añadimos Rusia y Arabia Saudita, el porcentaje alcanza el 68,69% del total. Se trata de países que son, desde el punto de vista político, inestables.

El porcentaje energético de los biocombustibles sobre la totalidad de energía consumida por España es todavía muy pequeño (0,2% en 2004 y 0,3% en 2007 - INEa). En el futuro, si aumentase el consumo de biocombustibles por encima del aumento del consumo energético, el porcentaje de petróleo importado podría disminuir.

1.3. ESTABILIZACIÓN DE PRECIOS DE COMBUSTIBLES

Se espera que, en el futuro, el precio del petróleo sea volátil y además también se incremente con el tiempo. Además, en el mercado del petróleo han aparecido economías emergentes como China e India, que han aumentado sensiblemente su demanda debido al elevado crecimiento de sus economías. Esto ha hecho que el precio del petróleo suba (Ray Szulczyk, 2007).



La actual crisis económica ha provocado un fuerte descenso en el precio del petróleo entre julio de 2008 y febrero de 2009 (-58,1%). Al final de la misma, se espera que el precio suba de nuevo.

Los biocombustibles podrían ayudar a limitar el crecimiento del precio del petróleo, porque éstos son una tecnología de “apoyo”: si el precio del petróleo crece muy rápidamente, el mercado busca productos alternativos como los biocombustibles y si los precios de los biocombustibles, también creciesen con excesiva rapidez, entonces los productores aumentarían su producción haciendo que el precio baje (Ray Szulczyk, 2007).

1.4. REDUCCIÓN DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO Y DE OTRAS EMISIONES CONTAMINANTES

Los biocombustibles, en teoría, deberían ayudar a mitigar el calentamiento global, ya que la materia prima, a partir de la cual se obtienen fija dióxido de carbono presente en la atmósfera. Además, contienen muy poco azufre, por lo que las emisiones de óxido de azufre descienden drásticamente cuando son mezclados con gasolina y gasoil (Barnwal and Sharma, 2005). Los biocombustibles contienen oxígeno (35% el etanol y entre

un 10%-12% el biodiesel), lo que contrasta con los combustibles fósiles, que no tienen prácticamente nada. El oxígeno provoca que la combustión sea más completa, reduciendo las emisiones de hidrocarburos sin quemar, monóxido de carbono y partículas. La contrapartida es que provoca un aumento de las emisiones de NO_x (Ray Szulczyk, 2007).

2. EL FOMENTO DEL USO DE BIOCOMBUSTIBLES EN LA UNIÓN EUROPEA

En el 2003 la *Unión Europea* elaboró la directiva 2003/30/EC con el objetivo de fomentar el uso de biocarburantes como sustitutos del gasóleo o de la gasolina, para contribuir al cumplimiento de los compromisos asumidos en materia de cambio climático, la seguridad de abastecimiento en condiciones ecológicamente racionales y la promoción de las fuentes de energía renovables.

Con el fin de conseguir estos objetivos, se insta los países a consumir, antes del 31 Diciembre del 2010, un mínimo del 5,75% de biocarburantes en toda gasolina y gasóleo comercializado con fines de transporte.

Los gobiernos están incentivando medidas y acciones para cumplir con esta Directiva. Es importante destacar que estas acciones están encaminadas a conseguir cumplir con la obligación y no con los objetivos de la misma. La dependencia energética del exterior, el origen de su energía eléctrica o grado de industrialización varía mucho de un país a otro. En este contexto cabría preguntarse si las acciones planteadas por los diferentes gobiernos, orientadas a cumplir con la obligación de la directiva, están también alineadas con los objetivos marcados por la misma. En este contexto, los autores del presente artículo llevaron a cabo un estudio para el caso concreto del aprovechamiento del residuo de cítricos en L'Alcudia, Valencia (Hernández et al, 2009), demostrando que esta coherencia entre obligaciones y objetivos no siempre se consigue.

3. ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES Y DE LOS BIOCOMBUSTIBLES

Los biocombustibles contienen, tanto en términos de volumen como de masa, menos energía que sus combustibles de origen fósil equivalentes (Martín et al, 2004), de tal forma que:

- Un litro de gasolina de 95 octanos equivale a 1,514 litros de etanol y a 1,405 litros de E85.
- Un litro de gasoil equivale a 1,112 litros de biodiesel.

3.1. COMPARACIÓN DE PRECIOS

El precio de los diferentes combustibles por unidad de volumen en julio de 2008 y en febrero de 2009 se muestra en la tabla 1:

	Gasolina 95	E85	Gasoil	Biodiesel
Jul/08	1,140 €/L	0,850 €/L	1,143 €/L	1,043 €/L
Feb/09	0,880 €/L	0,869 €/L	0,860 €/L	1,029 €/L

Tabla 1: Precio de los combustibles por litro (jul/08 y feb/09) Fuente: Boletín petrolero UE y Platt.

Se calcula así los precios por unidad de energía, mostrándose en la tabla 2.

	Gasolina 95	E85	Gasoil	Biodiesel
Jul/08	35,390 €/GJ	37,081 €/GJ	30,953 €/GJ	31,419 €/GJ
Feb/09	27,319 €/GJ	37,910 €/GJ	23,289 €/GJ	30,997 €/GJ
Variación	-22,80%	2,24%	-24,76%	-1,34%

Tabla 2: Precio de los combustibles por unidad de energía (jul/08 y feb /09) Fuente: Autores.

Se deduce así que, entre ambas fechas:

- El E85 ha pasado de ser de un 4,78% a un 38,76% más caro que la gasolina 95.
- El biodiesel ha pasado de ser de un 1,50% a un 33,09% más caro que el gasoil.

Es necesario destacar que la fiscalidad de los combustibles fósiles y de los biocombustibles es diferente al soportar los primeros una carga impositiva muy superior a los segundos.

La dependencia energética del exterior, el origen de su energía eléctrica o grado de industrialización varía mucho de un país a otro. En este contexto cabría preguntarse si las acciones planteadas por los diferentes gobiernos, orientadas a cumplir con la obligación de la directiva 2003/30/EC, están también alineadas con los objetivos marcados por la misma

3.2. COMPARACIÓN DE LA FISCALIDAD

Los impuestos son una forma artificial de alterar el equilibrio natural entre la oferta y la demanda (Allen et al, 2004). Esto es así porque si la oferta fija un precio objetivo que la demanda es capaz de alcanzar, un impuesto hace que ese precio se vea aumentado de tal forma que la oferta vende menos de lo que podría vender y la demanda compra menos de lo que podría comprar.

En el caso de los combustibles fósiles, los impuestos suponen aproximadamente la mitad de su precio.

3.3. DESGLOSE DEL PRECIO DE LA GASOLINA 95

La tabla 3 muestra el desglose del precio de la gasolina 95 en julio de 2008 y en febrero de 2009:

Costes	Jul/08		Feb/09	
	€	%	€	%
C.I. - Cotización internacional	0,453 €	39,74%	0,240 €	27,27%
C.F. (Costes fijos de logística y comercialización + amortización + márgenes minoristas y mayoristas)	0,123 €	10,79%	0,111 €	12,61%
Total costes	0,576 €	50,53%	0,351 €	39,89 %
Impuestos				
IVA	0,155 €	13,60%	0,120 €	13,64%
I.V.M.D.H. - Impuesto Venta Minoristas Determinados Hidrocarburos (Estatual y promedio del tramo autonómico)	0,038 €	3,33%	0,038 €	4,32%
Impuestos especiales	0,371 €	32,54%	0,371 €	42,16%
Total Impuestos	0,564 €	49,47%	0,529 €	60,12%
Total Costes e impuestos	1,140 €	100,00%	0,880 €	100,00%

Tabla 3: Fiscalidad de la gasolina 95 (Precios por litro – jul/08 y feb/09). Fuente: Boletín petrolero UE y Platt.

3.4. DESGLOSE DEL PRECIO DEL GASOIL

El desglose del precio del gasoil en julio de 2008 y febrero de 2009 se muestra en la tabla 4:

Costes	Jul/08		Feb/09	
	€	%	€	%
C.I.	0,558 €	48,82%	0,300 €	34,88%
C.F.	0,116 €	10,15%	0,128 €	14,88%
Total costes	0,674 €	58,97%	0,428 €	49,76%
Impuestos				
IVA	0,156 €	13,65%	0,119 €	13,84%
I.V.M.D.H.	0,035 €	3,06%	0,035 €	4,07%
Impuestos especiales	0,278 €	24,32%	0,278 €	32,33%
Total Impuestos	0,469 €	41,03%	0,432 €	50,24%
Total Costes e impuestos	1,143 €	100,00%	0,860 €	100,00%

Tabla 4: Fiscalidad del gasoil (Precios por litro – jul/08 y feb/09). Fuente: Boletín petrolero UE y Platt.

3.5. DESGLOSE DEL PRECIO DE LOS BIOCOMBUSTIBLES

Suposiciones y datos de partida.

No se ha encontrado un desglose detallado de precios de los biocombustibles. Sin embargo sí que es posible, haciendo unas suposiciones lógicas, presentar un desglose del precio de los mismos. Estas premisas son:

- Los desgloses de precios de los biocombustibles (E85 y biodiesel) tienen las mismas partidas que los desgloses de precios de los combustibles fósiles (gasolina 95 y gasoil).
- El biodiesel y el etanol contenido en la mezcla E85 están exentos del impuesto de hidrocarburos por la ley 53/2002, donde se establece la exención total del impuesto de hidrocarburos para biocombustibles (etanol, metanol y aceites vegetales) hasta el año 2012. Esta exención se hace con el objetivo de “fomentar la utilización por las ventajas energéticas y medioambientales de los carburantes de origen agrícola, compensando el mayor coste de su producción”.

- Se considerará que el Impuesto Venta Minoristas Determinados Hidrocarburos (IVMDH) es de 0,038 €/L para el etanol y de 0,035 €/L para el biodiesel.

- Los costes fijos de logística y comercialización, las amortizaciones, los márgenes de minoristas y mayoristas así como el porcentaje que supone el IVA, se supondrán iguales a los combustibles fósiles equivalentes.

Desglose del precio de la mezcla E85.

El 15% de la mezcla E85 es, en términos de volumen, gasolina 95 cuyo precio en surtidor es 1,140 €/L en julio de 2009 y de 0,880 €/L en febrero de 2009 y el resto (85%) es etanol. Así, el el precio del etanol contenido en la mezcla es de 0,799 €/L en julio de 2008 y de 0,867 €/L en febrero de 2009.

Con estos datos y con las suposiciones sobre el precio de los biocombustibles es posible construir el esquema de

precios del etanol contenido en la mezcla E85, mostrado en la tabla 5.

Con los datos del etanol es posible elaborar la tabla completa de desglose del precio de la mezcla E85. Este desglose se muestra en la tabla 6 para julio de 2008 y la tabla 7 para febrero de 2009.

Desglose del precio del biodiesel.

De forma análoga se construye el esquema de precios del biodiesel, mostrándose éste en la tabla 8.

Costes	Jul/08		Feb/09	
	€	%	€	%
C.P. - Coste de producción	0,529 €	66,21%	0,600 €	69,20%
C.F.	0,123 €	15,40%	0,111 €	12,80%
Total costes	0,652 €	81,61%	0,711 €	82,00%
Impuestos				
IVA	0,109 €	13,64%	0,118 €	13,61%
I.V.M.D.H.	0,038 €	4,76%	0,038 €	4,38%
Impuestos especiales	0 €	0 %	0 €	0 %
Total Impuestos	0,147 €	18,40%	0,156 €	17,99%
Total Costes e impuestos	0,799 €	100,00%	0,867 €	100,00%

Tabla 5: Estimación de los costes por litro de etanol en la mezcla E85 (jul/08 y feb/09). Fuente: Autores.

Costes	Gasolina SP 95			Etanol			E85 €
	(%)	€/L	€/L E85 (15% vol.)	(%)	€/L	€/L E85 (85% vol.)	
C.I./C.P.	39,74	0,453	0,068	66,20	0,529	0,450	0,518
C.F.	10,79	0,123	0,018	15,40	0,123	0,105	0,123
Impuestos							
I.V.M.D.H.	3,33	0,038	0,006	4,76	0,038	0,032	0,038
Impuestos especiales	32,54	0,371	0,056	0	0	0	0,056
IVA	13,60	0,155	0,023	13,64	0,109	0,092	0,116
Total	100	1,140	0,171	100	0,799	0,679	0,850

Tabla 6: Desglose del precio por litro de la mezcla E85 (jul/08). Fuente: Autores.

Costes	Gasolina SP 95			Etanol			E85 €
	(%)	€/L	€/L E85 (15% vol.)	(%)	€/L	€/L E85 (85% vol.)	
C.I./C.P.	27,27	0,240	0,036	69,20	0,600	0,510	0,546
C.F.	12,61	0,111	0,017	12,80	0,111	0,094	0,111
Impuestos							
I.V.M.D.H.	4,32	0,038	0,006	4,38	0,038	0,032	0,038
Impuestos especiales	42,16	0,371	0,056	0,00	0	0	0,056
IVA	13,64	0,120	0,018	13,62	0,118	0,101	0,119
Total	100	0,880	0,132	100	0,867	0,737	0,869

Tabla 7: Desglose del precio por litro de la mezcla E85 (feb/09). Fuente: Autores.

Costes	Jul/08		Feb/09	
	€	%	€	%
C.P.	0,750 €	71,91%	0,724 €	70,36 %
C.F.	0,116 €	11,12%	0,128 €	12,44%
Total costes	0,866 €	83,03%	0,852 €	82,80%
Impuestos				
IVA	0,142 €	13,65%	0,142 €	13,80%
I.V.M.D.H.	0,035 €	3,35%	0,035 €	3,40%
Impuestos especiales	0 €	0 %	0 €	0 %
Total Impuestos	0,177 €	16,97%	0,177 €	17,20%
Total Costes e impuestos	1,043 €	100,00%	1,029 €	100,00%

Tabla 8: Estimación de los costes por litro del biodiesel (feb/09). Fuente: Autores.



3.6. COMPARACIÓN DE LOS COSTES DE PRODUCCIÓN

Con el desglose de precios de la gasolina 95 y de la mezcla E85 se puede calcular los costes de producción por unidad de energía de ambos combustibles. Estos costes se muestran en la tabla 9.

Costes	E85		Gasolina 95	
	Jul/08	Feb/09	Jul/08	Feb/09
C.I./C.P.	22,59 €	23,82 €	14,06 €	7,45 €
C.F.	5,37 €	4,84 €	3,82 €	3,45 €
Total costes	27,96 €	28,66 €	17,88 €	10,90 €
Variación (sólo costes de producción)		5,44%		-47,01%
Variación (total costes)		2,56%		-39,04%

Tabla 9: Costes de producción por unidad de energía (GJ) de combustibles para motores de ciclo Otto (julio/08 y feb/09).

Fuente: Autores.

Por otra parte, desglosando los costes de la mezcla E85 se tiene el coste de producción del etanol por unidad de energía. Esto se muestra en la tabla 10.

Costes	Jul/08	Feb/09
C.P.	24,86 €	28,19 €
C.F.	5,78 €	5,22 €
Total costes	30,64 €	33,41 €
Variación (sólo costes de producción)		13,40%
Variación (total costes)		9,04%

Tabla 10: Costes de producción por unidad de energía (GJ) del etanol (julio/08 y feb/09). Fuente: Autores.

De manera análoga se procede con el gasoil y el biodiesel, mostrándose sus costes de producción por unidad de energía en la tabla 11.

Costes	Biodiesel		Gasoil	
	Jul/08	Feb/09	Jul/08	Feb/09
C.I./C.P.	22,58 €	21,80 €	15,11 €	8,12 €
C.F.	3,49 €	3,85 €	3,14 €	3,47 €
Total costes	26,07 €	25,65 €	18,25 €	11,59 €
Variación (sólo costes de producción)		-3,45%		-46,26%
Variación (total costes)		-1,61%		-36,49%

Tabla 11: Costes de producción por unidad de energía (GJ) de combustibles para motores de ciclo Diesel (julio/08 y feb/09).

Fuente: Autores.

3.7. EVOLUCIÓN DEL PRECIO DEL PETRÓLEO

La tabla 12 muestra el precio del barril del petróleo en el mercado de Londres en julio de 2008 y en febrero de 2009 así como el tipo de cambio del euro con el dólar en esas fechas para calcular así el precio en euros.

Se observa que, en términos reales y despreciando el efecto de la inflación, que entre ambas fechas ha sido del -2% (INEb), el precio efectivo del petróleo ha dividido su precio por 2,39, es decir, ha descendido un 58,11%. El precio de la gasolina ha descendido un 22,80% y el del gasoil un 24,76%. El impuesto especial de hidrocarburos se ha mantenido constante entre ambas fechas tanto para la gasolina 95 como para el gasoil, por lo que el peso que supone en el precio de ambos ha aumentado (del 32,54% al 42,16% en el caso de la gasolina 95 y del 24,32% al 32,33% en el caso del gasoil).

Por lo tanto, un descenso del 58,11% en el precio del petróleo, a pesar del aumento del peso de los impuestos especiales, ha provocado que los biocombustibles sean mucho menos competitivos que los combustibles fósiles, ya que, en términos de unidad de energía medida sobre el

Costes	Jul/08	Feb/09
Precio del barril de petróleo	\$128,33	\$44,28
Tipo de cambio euro-dólar	0,64 €/€	0,78 €/€
Variación en dólares		-65,50%
Cotización real en euros	82,52 €	34,57 €
Variación en euros		-58,11%

Tabla 12: Precio del barril de petróleo en el mercado de Londres, tipo de cambio euro-dólar (Jul/08 y feb/09). Fuente: Whiting Petroleum Corporation y Oanda

poder calorífico inferior, la mezcla E85 ha pasado de ser de un 4,78% a un 38,76% más cara que la gasolina 95 y el biodiesel ha pasado de ser de un 1,50% a un 33,09% más caro que el gasoil.

3.8. ESTADO DEL ARTE DE LAS MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES

De los datos de la campaña agrícola 2007-2008 (Cantón A., 2008) se destaca:

- Que España es un importador neto de cereales salvo para el caso de la cebada.

- Que se emplea el 4,02% de la producción total de cereales (1.260.000 toneladas) en producir etanol y que a la vez, se importan 11.874.000 toneladas de trigo blando, maíz, cebada y sorgo, de las cuales, 8.774.000 provienen de países que no pertenecen a la Unión Europea.

Los autores del presente artículo estiman que debe considerarse siempre, para el caso de los biocombustibles, la naturaleza de la producción de la materia prima, ya que no es lo mismo plantar nuevos cultivos que utilizar excedentes de cultivos o utilizar residuos de cultivos a la hora de hacer el balance de masas y energía. En el primer caso debería tenerse en cuenta la absorción de CO₂ y no así en el segundo y tercer caso.

- Que se exportan 595.000 toneladas de cebada y se emplean 200.000 toneladas de este cereal para producir etanol. Éste es el único cereal que se emplea para producir etanol y que además se exporta.

En relación con la materia prima utilizada para la producción de biodiesel, los porcentajes y orígenes de los aceites en el proceso de transformación son variables. Una distribución representativa de la situación actual podría ser la siguiente: aceite de soja importada (40%), girasol de producción nacional (10%), palma importada (25%) y colza (25%): 5% de producción nacional y un 95% importada (Lechón et al, 2006)

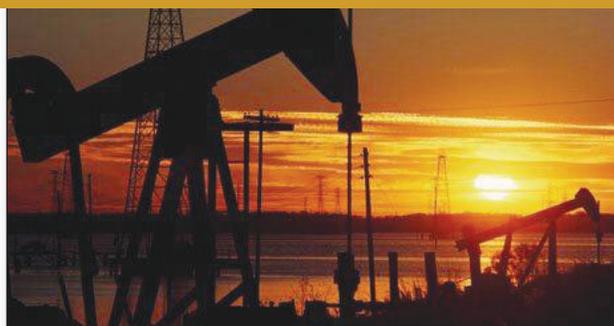
Se observa así que el aceite crudo para la producción de biocombustibles tiene una media del 22,5% (10% de girasol y el 5% del 25% de colza) de aceite obtenido con materia prima cultivada en España y un 77,5% de materia prima importada.

3.9. COMPARACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO₂.

Las emisiones de CO₂ deben evaluarse sobre la unidad de energía de su poder calorífico inferior. De esta forma la gasolina 95 emite 73,15 g/MJ y el E85 emite 71,74 g/MJ en la combustión. Por otra parte, el gasoil emite 74,31 g/MJ y el biodiesel emite 75,73 g/MJ.

Se observa así que las emisiones de CO₂, tanto para motores de ciclo Otto como de ciclo Diesel, son muy similares.

Esta comparación es parcial porque debe considerarse el ciclo de vida completo del combustible, desde la



formación de la materia prima hasta su combustión. Sobre este punto, existe controversia, ya que hay autores que mantienen que el balance energético es negativo (Pimentel, 1991) y otros que afirman que es positivo (Lechón et al, 2005). Los autores del presente artículo estiman que debe considerarse siempre, para el caso de los biocombustibles, la naturaleza de la producción de la materia prima, ya que no es lo mismo plantar nuevos cultivos que utilizar excedentes de cultivos o utilizar residuos de cultivos a la hora de hacer el balance de masas y energía. En el primer caso debería tenerse en cuenta la absorción de CO₂ y no así en el segundo y tercer caso.

4. RESULTADOS

A continuación se muestran las conclusiones de la comparación en términos de contenido energético, de precio y de costes de producción para combustibles fósiles y biocombustibles.

4.1. SOBRE LOS PRECIOS

Se observa que:

- Para motores de ciclo Otto, el E85 es, en julio de 2008 un 4,78% y en febrero de 2009 un 38,76% más caro que la gasolina 95.
- Para motores de ciclo diesel, el biodiesel es en julio de 2008 un 1,50% y en febrero de 2009 un 33,09% más caro que el precio del gasoil.

Estimación de los precios de los biocombustibles si, en términos energéticos, fuesen iguales a los de los combustibles fósiles.



- Si el precio por unidad de energía de la gasolina 95 y del E85 fuese el mismo, éste debería costar, en julio de 2008, 0,811 €/L frente al 0,85 €/L que en realidad costaba y en febrero de 2009 debería costar 0,626 €/L frente a los 0,869 €/L que en realidad costaba. Es decir, se ha pasado de una diferencia de precio de un 4,78% a un 38,76%.
- Para el caso de combustible para motores de ciclo Diesel, si el precio por unidad de energía del biodiesel y del gasoil fuese el mismo, en julio de 2008 un litro de biodiesel debería costar 1,028 €/L frente al 1,043 €/L que en realidad costaba y en febrero de 2009 debería costar 0,773 €/L frente a los 1,029 €/L. Es decir, se ha pasado de una diferencia de precio de un 1,50% a un 33,09%.

Estimación del precio de los biocombustibles, si no estuviesen exentos de pagar el impuesto especial de hidrocarburos.

- El 85% del E85 es etanol que no está gravado por el impuesto especial sobre combustibles, que en el caso de la gasolina supone el 32,54% de su precio en julio de 2008 y el 42,16% en febrero de 2009, por lo que se puede estimar que si en 2012 no se renueva la exención de este impuesto para los biocombustibles, un litro de E85 podría costar aproximadamente entre un 27,66% y un 35,84% más que el precio de la gasolina 95 en ese momento.
- Para el gasoil, éste soporta un impuesto que supone un 24,32% de su precio en julio de 2008 y un 32,33% en febrero de 2009. Si se aplicase el impuesto especial de hidrocarburos al biodiesel, su precio por litro se estima debería estar entre 1,297 €/L y 1,362 €/L aproximadamente.
- La tabla 13 muestra el precio por unidad de energía que se estima tendrían los biocombustibles frente a los combustibles fósiles, si se eliminase la exención impositiva.

	E85	Gasolina 95	Biodiesel	Gasoil
Jul/08	47,339 €/GJ	35,390 €/GJ	39,060 €/GJ	30,953 €/GJ
Feb/09	51,496 €/GJ	27,319 €/GJ	41,017 €/GJ	23,289 €/GJ
Variación	8,78%	-22,80%	5,01%	-24,76%

Tabla 13: Precio aproximado de la mezcla E85 por unidad de energía sobre el poder calorífico inferior sin las exenciones sobre el impuesto especial de hidrocarburos comparado con el de la gasolina 95. Fuente: Autores.

De los datos mostrados, se deduce que en 8 meses, el E85 se ha encarecido un 31,58% frente a la gasolina 95 y el biodiesel lo ha hecho en un 42,50% frente al gasoil.

- Con la tecnología actual, el precio de producción por unidad de energía de los biocombustibles frente a los combustibles fósiles equivalentes es sensiblemente

superior en ambas fechas y, además, ha aumentado esta diferencia. Esto se muestra en la tabla 14.

	Gasolina 95	E85	Gasoil	Biodiesel
Jul/08	14,06 €/GJ	22,59 €/GJ	15,11 €/GJ	22,58 €/GJ
Feb/09	7,45 €/GJ	23,82 €/GJ	8,12 €/GJ	21,80 €/GJ
Variación	-47,01%	5,44%	-46,26%	-3,45%

Tabla 14: Coste de los combustibles por unidad de energía (jul/08 y feb/09). Fuente: Autores.

- Si se desea que los biocombustibles compitan en el futuro en precio, se hace necesario que sus costes de producción se reduzcan sensiblemente, por lo que se pone en entredicho la consecución de los objetivos marcados por la Directiva.

4.2. SOBRE LOS COSTES DE PRODUCCIÓN

Para que los biocombustibles compitan en igualdad de condiciones con los combustibles fósiles, sus costes por unidad de energía sobre el poder calorífico inferior deberían ser iguales. Con los datos obtenidos se concluye que con la tecnología actual, los costes de producción por unidad de energía de los biocombustibles son muy superiores a los de los combustibles de origen fósil.

4.3. SOBRE LA MATERIA PRIMA QUE SE EMPLEAN PARA PRODUCIR BIOCMBUSTIBLES

Sobre los datos mostrados se destaca:

- Que para la producción de etanol se emplea una parte de la producción nacional de cereales y que a la vez se precisa, para cubrir la demanda global, importar de países externos a la Unión Europea una cantidad significativa de esos mismos cereales.
- Que para la producción de biodiesel se está importando el 77,5% de los aceites crudos que se emplean como materia prima.

Uno de los objetivos de la directiva europea 2003/30/EC es incentivar la producción de biocombustibles para minimizar la dependencia energética de países externos a la Unión. En España, la producción de etanol y de biodiesel hace que se reduzca parte de la dependencia del petróleo extranjero a cambio de un aumento de la dependencia de los cereales de países externos a la Unión Europea y de una dependencia exterior de la materia prima necesaria para la elaboración de biodiesel.

4.4. SOBRE LAS EMISIONES DE CO₂

Debido a la controversia existente, no es posible afirmar de forma taxativa que el balance de los biocombustibles sea

positivo en términos de emisiones de CO₂, ya que éstas son muy similares en el proceso de combustión a los combustibles fósiles.

4.5. CONCLUSIONES

A día de hoy, con la tecnología que se conoce y con el estado del arte de precios de las diferentes materias primas, se considera que forzar los estados a que se produzcan y consuman biocombustibles no es rentable.

Esto es así porque es muy difícil para los biocombustibles competir con los de origen fósil, ya que éstos últimos simplemente se extraen del subsuelo, se procesan y se entregan al consumidor, mientras que los biocombustibles exigen un proceso de producción complejo, caro desde el punto de vista económico y energético y de muy bajo rendimiento.

Desde el punto de vista de emisiones de CO₂, los combustibles de origen vegetal generan prácticamente el mismo que el que generan los de origen fósil cuando se queman. Además, el proceso de obtención de los combustibles de origen vegetal precisa energía (calor y electricidad) y la obtención de la misma genera a su vez CO₂. Es cierto que la materia prima de los combustibles de origen vegetal ha absorbido CO₂ antes de llegar a la planta de procesamiento, pero esta absorción no siempre debe considerarse en el balance de masas y energía.

Por último, se destaca que se está importando gran parte de la materia prima necesaria para la elaboración del etanol y el biodiesel, lo que pone en entredicho el objetivo de la directiva europea 2003/30/EC para la disminución energética exterior de la Unión, ya que se pasa a depender del petróleo a depender de la materia prima para la elaboración de biocombustibles.

5. BIBLIOGRAFÍA

- 2003/30/EC Directive of the European Parliament and the Council – 8th may 2003. on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport
- Allen F, Myers S, Brealey R. *Principios de finanzas corporativas* 8ª edición (McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U.) ISBN: 9701072839
- Gnansounou E, A. Dauriat, and CE Wyman. June 2005. "Refining Sweet Sorghum to Ethanol and Sugar: Economic Trade-Offs in the Context of North China." *Bioresource Technology* 96(9):985-1002.
- Hernández F, Rodríguez (2008) Análisis crítico sobre la directiva europea que regula el uso de los biocombustibles en los países miembros - 2nd International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management - Burgos, 3-5 de Septiembre de 2008

- INEa - <http://www.ine.es/jaxi/tabla.do?path=/t04/a082/a1998/10/&file=e03001.px&type=pcaxis&L=0> - Última consulta: 28-4-09
- INEb - <http://www.ine.es/varipc/verVariaciones.do?jsessionid=684EED3596BF60F0BB22D86E245A4FCB.varipc02?mesini=Julio&anyoini=2008&mesfin=Febrero&anyofin=2009&tipoindice=General+Nacional&enviar=Calcular> - Última consulta: 1-5-09
- Lechon Y, Cabal Helena et al. (2005) "Análisis de Ciclo de Vida de Combustibles Alternativos para el Transporte. Fase I. Análisis de Ciclo de Vida comparativo del etanol de cereales y de la gasolina." *Ciemat - Centro de publicaciones - Ministerio del medio ambiente* - <http://publicaciones.administracion.es> (Último acceso: 5-mayo-09)
- Lechon Y, Cabal Helena et al. (2006) "Análisis de Ciclo de Vida de Combustibles Alternativos para el Transporte. Fase II. Análisis de Ciclo de Vida Comparativo de Biodiésel y Diésel" *Ciemat - Centro de publicaciones - Ministerio del medio ambiente* - <http://publicaciones.administracion.es> (Último acceso 5-mayo-09)
- Martín F, Sala V. (2004) - "Estudio comparativo entre los combustibles tradicionales y las nuevas tecnologías energéticas para la propulsión de vehículos destinados al transporte" - Universitat Politècnica de Catalunya. Departament de Màquines i Motors Tèrmics
- OANDA <http://www.oanda.com/convert/classic> - Última consulta: 3-5-09
- Pimentel D. 1991. "Ethanol fuels: Energy Security, Economics, and the Environment." *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 4:1-13.
- Szulczyk K. "Market penetration of Biodiesel and ethanol", Texas A&M University (2007)
- Shapouri, Hosein, James A. Duffield, and Michael S. Graboski. July 1995. "Estimating the Net Energy Balance of Corn Ethanol". *Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, Agricultural Economic Report* No. 721.
- Van Dyne DL, Weber JA, and Braschler CH. April 1996. "Macroeconomic Effects of a Community-Based Biodiesel Production System." *Bioresource Technology* 56(1):1-6.
- Whiting Petroleum Corporation - <http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=147759&p=irol-stockLoo kup> - Última consulta: 3-5-09