

Análisis crítico sobre la directiva europea que regula el uso de los biocombustibles en los países miembros.

Fernando Hernández Sobrino, Carlos Rodríguez Monroy.

Departamento de Ingeniería de Organización, Administración de Empresas y Estadística de la Universidad Politécnica de Madrid. sobrinof@gmail.com, crmonroy@etsii.upm.es

Resumen

La directiva europea 2003/30/CE busca fomentar el uso de biocarburantes como sustitutos del 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 establece que antes del fin de 2010 se debe consumir un mínimo del 5,75% de biocarburantes en toda gasolina y gasóleo comercializado con fines de transporte. En este trabajo se realiza un análisis crítico sobre el contenido de esta directiva, examinando sus objetivos y las consecuencias que la obligación impuesta acarrea en los estados miembros.

Palabras clave: etanol, bioetanol, biocombustible, residuos, cítricos, comparativa.

1. Introducción.

La directiva europea 2003/30/CE obliga a que antes del 31 de diciembre de 2010 se consuma un mínimo del 5,75% de biocarburantes en toda gasolina y gasóleo comercializado con fines de transporte. Esta obligación tiene el objetivo de “fomentar el uso de biocarburantes como sustitutos del gasóleo o la gasolina para contribuir a objetivos como el 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”.

Las preguntas a la que tratará de dar respuesta este artículo es: ¿Es coherente la obligación que se impone en la Directiva con los objetivos de la misma? ¿Es mejorable la Directiva?

2. Comparativa de los combustibles de origen vegetal frente a los de origen fósil.

Se procede a comparar el precio y las emisiones de CO₂ de la gasolina de 95 octanos con un potencial sustituto de origen vegetal: el e85²⁴. La tabla 1 muestra estos datos.

²⁴ La composición del e85 es 15% gasolina 95 y 85% etanol

Tabla 1. Comparación de precio y de emisiones de CO₂ de la gasolina 95 y del e85. Fuente: elaboración propia.

	Gasolina 95	e85
Precio en estación de servicio ²⁵	1,11 €/litro	0,85 €/litro
CO ₂ emitidos en la combustión	2.420 g/litro	1.291 g/litro

Se deduce que el precio por litro de la gasolina 95 es 30,59% mayor que el del e85 y que la gasolina 95 emite 1,87 veces más de CO₂ por litro que el e85. Estas cifras llevan a engaño, puesto que lo lógico es medir el precio del combustible y las emisiones de CO₂ por unidad de energía. La tabla 2 muestra los precios y las emisiones de CO₂ por unidad de energía.

Tabla 2. Precios y emisiones de CO₂ de los combustibles por unidad de energía. Fuente: elaboración propia.

Gasolina 95	e85
29,80 €/MJ	27,21 €/MJ
73,15 g/MJ	56,17 g/MJ

De la tabla 2 se deduce que el e85 es, por unidad de energía, un 9,5% más caro que la gasolina 95 debido a que, en términos energéticos, un litro de e85 equivale²⁶ a 0,696 litros de gasolina 95. Para que el e85 tuviese el mismo precio que la gasolina 95 en términos energéticos, su precio debería ser de 0,776 €/litro.

Adicionalmente se debe considerar que en el precio del e85, la parte de etanol no está gravada con el impuesto especial de los hidrocarburos (que es de 0,363 € por litro), por lo que si la carga impositiva fuese igual para ambos combustibles, la diferencia de precio sería aún más favorable para la gasolina 95.

Referente a las emisiones de CO₂, se deduce que la gasolina 95 emite un 0,27% más de CO₂ por unidad de energía que el e85, es decir, apenas hay diferencia.

- La tabla 3 muestra la aplicación del esquema de precios²⁷ de la gasolina 95 al e85.

Tabla 3. Aplicación del mismo esquema de precios de la gasolina 95 al e85. Fuente: elaboración propia.

	%	Gasolina 95	e85
Precio	100%	1.11 €/litro	0,85 €/litro
Precio sin impuestos	50,31%	0,56 €/litro	0,43 €/litro
Impuestos	49,69%	0,55 €/litro	0,42 €/litro

- El precio del e85 antes de impuestos, bajo este esquema, debería ser de 0,43 €/litro (el de la gasolina 95 es de 0,56 €/litro). Por lo tanto se tiene que si el precio del 15% de la gasolina que contiene el e85 sin impuestos cuesta 0,56 €/litro, el precio del etanol antes de impuestos debería ser de 0,40 €/litro. Actualmente, el precio del etanol en el mercado sin IVA y sin el impuesto especial de hidrocarburos es de 0,78 €/litro, es decir, casi del doble.

²⁵ Precios de diciembre de 2007

²⁶ Sobre el poder calorífico inferior, es decir, un litro de e85 equivale a 0,699 litros de gasolina 95

²⁷ Se propone un ejercicio en el que el etanol presente en el e85 se grave con los mismos impuestos que la gasolina 95

- A la hora de evaluar las emisiones de CO₂ y el balance energético del etanol existe cierta polémica porque hay autores que argumentan que el etanol requiere más energía en su producción que la energía que realmente contiene así como que el balance de CO₂ global, dependiendo del origen del etanol, hace que la gasolina emita menos CO₂ que el etanol y que por consiguiente el e85 sea, en términos globales, más emisor de CO₂ que la gasolina 95.
- Al margen de esta polémica, los países están realizando acciones para cumplir con la directiva europea 2003/30/CE. Entre las mismas están las que se está llevando a cabo en la Comunidad Valenciana, en L'Alcudia, donde se está construyendo una planta de producción de etanol tomando como materia prima los residuos de cítricos.
- Llegado este punto cabe preguntarse si estas acciones, obligadas por la Directiva, son las óptimas para conseguir los objetivos señalados en la misma. Se obliga a que se empleen los biocombustibles con fines de transporte pero, ¿por qué no emplear las materias primas en la generación de energía eléctrica? ¿Se pueden conseguir mejor, igual o peor los objetivos de la directiva si se emplea la materia prima en generar electricidad? Se debe así, en primer lugar, conocer el estado del arte de la generación de energía eléctrica en España (área peninsular).

3. Estado del arte de la generación de electricidad en España (área peninsular).

Los datos de generación de energía eléctrica anual para la zona peninsular de España correspondientes al ejercicio 2007 se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Generación eléctrica anual en España (zona península) en el año 2007. Fuente: Red Eléctrica Española.

Origen	Energía anual	%
Hidráulica	26.381 GWh	9,43%
Nuclear	55.046 GWh	19,68%
Carbón	71.846 GWh	25,69%
Gas/fuel	2.384 GWh	0,85%
Ciclo Combinado	68.304 GWh	24,42%
Eólica	26.668 GWh	9,53%
Resto régimen especial	29.086 GWh	10,40%

El 0,85% de la electricidad generada en la península (2.384 GWh) proviene de fuentes de materias primas extranjeras (fuel y gas natural) que además generan CO₂.

Este dato permite pensar que, en lo referente a la generación de energía eléctrica, aún queda recorrido para buscar alternativas que consigan los objetivos marcados en la Directiva: El cumplimiento de los compromisos asumidos en materia de cambio climático (ambas materias primas emiten CO₂), la seguridad de abastecimiento en condiciones ecológicamente racionales (ambas materias primas deben importarse) y la promoción de las fuentes de energía renovables (ninguna de las dos procede de una fuente renovable).

A continuación se realizará una comparación técnica y económica de dos aplicaciones de los residuos de cítricos: producción de etanol y producción de energía eléctrica .

4. Residuos cítricos: producir etanol vs. producir electricidad.

Se procede a realizar un estudio técnico y económico que comparará dos usos de los residuos de cítricos: la construcción y explotación de una planta de producción de etanol y la construcción y explotación de dos centrales térmicas eléctricas. El estudio se realizará con las siguientes premisas:

- El etanol fabricado en la planta sustituirá a una cantidad de gasolina 95 equivalente en términos energéticos y se empleará como combustible de automoción.
- La electricidad generada por las centrales térmicas es equivalente a la que se dejaría de producir en centrales de gas y fuel oil de la península.
- La energía consumida y las diferentes emisiones de gases hasta obtener el residuo cítrico (cultivo de cítricos, gastos en maquinaria, etc.)²⁸ no se tendrá en cuenta salvo lo referente al transporte del residuo hasta la planta de producción de etanol o las centrales térmicas.

Datos de partida de la planta de producción de etanol.

Los datos de partida para la planta de etanol se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Datos de partida para la planta de etanol. Fuente: Ciemat y elaboración propia

Dato	Valor
Rendimiento de los residuos	80 litros de etanol por Tm de residuo
Distancia media de los residuos a la planta	110 Km
Inversión inicial en la planta ²⁹	40.000.000 €
Riesgo ³⁰ (a efectos del VAN)	5%
Tiempo construcción planta	2 años
Gastos operativos	80% de los ingresos de venta del etanol

Datos de partida de las centrales térmicas de producción de electricidad.

Los datos de partida para las centrales térmicas eléctricas se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Datos de partida para las centrales térmicas. Fuente: Serled Consultores y elaboración propia.

Dato	Valor
Número de centrales	2
Potencia nominal unitaria de las centrales	50 MW
Inversión inicial en cada planta	50.000.000 €

²⁸ El coste y las emisiones del traslado del residuo es diferente en ambas soluciones ya que, al existir dos centrales eléctricas y una sola planta de procesamiento de etanol, las distancias medias de transporte son diferentes.

²⁹ Una planta con capacidad de 100 millones de litros al año requiere una inversión de 100 millones de euros. Se estima que una planta de 37 millones de litros al año se requiere una inversión de 40 millones de euros.

³⁰ Se trabajará suponiendo que el riesgo es el mismo para ambos proyectos, aunque en realidad el riesgo de la planta de etanol es mayor que el de las centrales térmicas ya que su riesgo de obsolescencia es mayor.

Riesgo (a efectos del VAN)	5%
Tiempo de construcción centrales eléctricas	2 años
Distancia media de los residuos a las centrales térmicas	70 Km

Comparación de ambas soluciones.

La tabla 7 muestra la comparación técnica de ambas soluciones:

Tabla 7. Comparación técnica de ambas soluciones

	Planta etanol	Centrales térmicas
Producción anual	37.000.000 litros	677 GWh en bornes
Energía eléctrica anual requerida	13,38 GWh/año ³¹	0 GWh/año
Calor demandado por el proceso	19,00 GWh/año	0 GWh/año
Ahorro energético anual equivalente	18,43 millones de Ktep ³²	233,74 millones de Ktep ³³

Comparación económica.

La tabla 8 muestra la comparación económica de ambas soluciones.

Tabla 8. Comparación económica de ambas soluciones.

	Planta etanol	Centrales térmicas
VAN	25 millones de €	135 millones de €
IR	64%	68%
TIR	11%	11%
Año retorno inversión	11°	10°

Se debe tener en cuenta que 37 millones de litros de etanol hacen que no se consuman 13,74 millones de litros de gasolina. El etanol no está gravado con el impuesto especial de hidrocarburos, por lo que se dejan de recaudar 9,81 millones de euros anuales. La tabla 9 muestra los VAN de ambos proyectos teniendo en cuenta la minoración de impuestos.

Tabla 9. Comparación económica teniendo en cuenta la minoración de recaudación de impuestos.

	Planta etanol	Centrales térmicas
VAN	-162,6 millones de €	135 millones de €

Balance de masas y energía.

La tabla 10 muestra el balance de masas y de energía de la planta de procesamiento de etanol.

Tabla 10. Balances anuales de masa y energía de la planta de procesamiento de etanol.

Balance de masas			
Entrada		Salida	
Residuos cítricos	462.500 Tm	Etanol	29.378 Tm

³¹ Estos datos se han obtenido por la extrapolación de los balances de masa y energía del banano para la producción de etanol. Son procesos muy similares y no afectan a la rigurosidad del artículo.

³² Ahorro de gasolina 95, es decir, el etanol evita consumir esta cantidad de gasolina 95

³³ Ahorro de energía equivalente en una central eléctrica

NaOH, H2SO4, Enzimas, Agua, Antiespumante, K2HPO4	2.692 Tm	CO2	29.075 Tm
		Biomasa	406.739 Tm

Balance de energía			
Entrada		Salida	
Energía eléctrica	13,37 GWh	Energía eléctrica	0 GWh
Energía calorífica	19,00 GWh	Energía calorífica	0 GWh
		Etanol (P.C.I.)	219 GWh

La tabla 11 muestra el balance de masas y de energía de las centrales eléctricas.

Tabla 11. Balances anuales de masa y energía de las centrales térmicas.

Balance de masas			
Entrada		Salida	
Residuos cítricos	462.500 Tm	CO2	752.950 Tm
O2	569.800 Tm	H2O	258.065 Tm
		N2O	21.275 Tm

Balance de energía			
Entrada		Salida	
Energía eléctrica	0 GWh	Energía eléctrica	667 GWh
Energía calorífica (P.C.I.)	2.148 GWh	Energía calorífica	1.481 GWh

Balance de CO₂.

En la realización de los cálculos de los balances de CO₂ para ambas soluciones se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- El balance parte de los residuos cítricos en origen, en el lugar donde se producen³⁴.
- Se tendrá en cuenta el CO₂ que se ahorra por el ahorro de gasolina y de gas-fuel oil en cada caso.
- Se establece a su vez dos escenarios, uno optimista y otro pesimista que son función de las soluciones técnicas que se tomen para ambos casos.
- La tabla 12 muestra el balance de CO₂ para la planta de procesamiento de etanol.

Tabla 12. Balance de CO₂ para la planta de procesamiento de etanol. Datos en Tm anuales.

	Escenarios	
	Optimista	Pesimista
Emisiones de CO2		
CO2 emitido por el transporte del residuo	2.280	
CO2 emitido en el proceso de producción del etanol		
Por el calor requerido		
- Calor de origen eléctrico		65.292

³⁴ Los árboles frutales no se plantan para obtener residuos cítricos con los que producir etanol sino para obtener los cítricos. Por producir etanol con los residuos no se fija más CO₂.

	Escenarios	
	Optimista	Pesimista
- Calor de origen fuel oil	5.799	
Por la electricidad requerida	11.129	
CO2 emitido en el proceso químico	29.684	
CO2 emitido por la combustión del etanol	40.395	
CO2 emitido por el transporte del etanol hasta la refinería	422	
Total emisiones de CO2	78.597	138.072

Ahorro de emisiones de CO2		
Gasolina 95 no quemada	57.590	
Por el ahorro del transporte de petróleo hasta la refinería	864	
Total ahorro de CO2	58.454	

Balance de la planta de etanol	20.126	79.619
Aumento (%) de emisión frente al uso de gasolina 95	36%	140%

Se observa que el uso de etanol como sustituto de gasolina 95 no sólo no disminuye las emisiones de CO₂ a la atmósfera sino que las aumenta entre un 36% y un 140%.

La tabla 13 muestra el balance de las centrales de generación de energía eléctrica. Se muestran dos posibles casos en el ahorro de CO₂, el caso optimista (la energía eléctrica producida por las centrales térmicas es equivalente a la que no se genera en centrales de gasoil), y el pesimista (la energía eléctrica generada en estas dos centrales es la que no se produciría en la media de generación de energía eléctrica en la península).

Tabla 13. Balance de CO₂ para las centrales térmicas de producción de electricidad. Datos en Tm anuales.

	Escenarios	
	Optimista	Pesimista
Emisiones de CO2		
CO2 emitido por el transporte del residuo	1.330	
CO2 emitido por la combustión del residuo	752.950	
Total emisiones de CO2	754.280	

Ahorro de emisiones de CO2		
Caso Optimista		337.706
Caso Pesimista	589.907	
Por el ahorro del transporte del gasoil hasta la planta térmica	20.647	11.820
Total ahorro emisiones de CO2	610.554	349.526

Balance de las centrales eléctricas	143.726	404.754
Aumento de porcentaje de emisión de CO2	19%	54%

Resultados del ejercicio de comparación.

La tabla 14 muestra una comparativa del cumplimiento de los objetivos marcados por la directiva europea por parte de ambas soluciones.

Tabla 14. Comparativa cumplimiento de objetivos de la normativa para ambas aplicaciones

Objetivos de la Normativa	Planta de producción de etanol	Centrales térmicas
Cumplimiento de compromisos asumidos en materia de cambio climático	No, el etanol emite más CO ₂ que si se quemase la gasolina 95 equivalente	No, generar electricidad emite más CO ₂ que hacerlo con gasoil o con la media que se emite en el sistema eléctrico peninsular
Seguridad de abastecimiento en condiciones ecológicamente racionales	Sí, asegura el abastecimiento de 37 millones de litros de etanol al año que evita importar petróleo para obtener 13,74 millones de litros de gasolina 95 (18,44 millones de Ktep)	Sí, asegura el abastecimiento de 667 GWh al año que evita importar petróleo para obtener 215,64 millones de litros de gasoil (233,75 millones de Ktep)
Promoción de las fuentes de energía renovables	Sí, pero requiere también aporte de energía eléctrica y calor para el procesamiento del etanol ³⁵	Sí, y no requiere aporte externo de energía eléctrica ni de calor

Para valorar ambas soluciones, al margen de lo mostrado en la tabla 14 se precisan otros indicadores que se muestran en la tabla 15.

Tabla 15. Otros aspectos a comparar de ambas aplicaciones

	Planta etanol	Centrales térmicas
VAN de la inversión sin tener en cuenta el impuesto especial de hidrocarburos	25 millones de €	135 millones de €
VAN de la inversión teniendo en cuenta el impuesto especial de hidrocarburos ³⁶	-162 millones de €	
Ahorro equivalente anual de petróleo importado	18,44 millones de Ktep	233,75 millones de Ktep
Emisiones de CO ₂ a la atmósfera (Tm anuales)	Entre 20.126 y 79.619	Entre 143.726 y 404.754
Emisiones de CO ₂ comparadas con las que emiten los que sustituyen	Entre un 36% y un 140%	Entre un 19% y un 54%
Energía de los residuos (P.C.I.)	2.148 GWh	

³⁵ El balance de energía muestra que la energía que contiene el etanol es mayor que la energía que se requiere para su procesamiento en planta y para el transporte de los residuos de cítricos, pero se debe tener en cuenta que no se ha considerado la energía que se ha empleado antes: Energía empleada en la obtención de fertilizantes, combustible gastado en la preparación de la tierra de cultivo, etc.

³⁶ Este es el VAN a comparar ya que no se debe aislar la producción de etanol de los perjuicios que conlleva en la recaudación de impuestos.

	Planta etanol	Centrales térmicas
Aprovechamiento energético de la materia prima (sobre el P.C.I.)	8,68%	31,5%
Productos externos anuales requeridos	185 Tm de H ₂ SO ₄ , 42 Tm de NaOH, 268 Tm de K ₂ HSO ₄ , 4,6 Tm de enzimas, 55,5 Tm de antiespumantes	569.800 Tm de O ₂ obtenidos del aire
Subproductos generados al año	29.075 Tm de CO ₂ , y 406.739 Tm de biomasa de alto contenido en carbono ³⁷	258.075 Tm de H ₂ O 752.950 Tm de CO ₂ 21.275 Tm de NO ₂

Adicionalmente se hace la reflexión de una variante sobre la planta térmica: desalinizar agua de mar mediante un sistema MED³⁸. De esta manera se podría desalinizar más de 1.500 m³ cada hora de agua de mar con una disminución anual de la energía eléctrica producida en la central inferior al 10%.

La alternativa MED tiene la ventaja frente a otros sistemas de desalinización como la ósmosis inversa de que su coste energético es muy bajo pues aprovecha un calor que debe eliminarse a través del foco frío de la central. Un segundo estadio de la comparación propuesta debería tener en cuenta el ahorro energético y de emisiones de este sistema de desalinización frente al empleo de la ósmosis inversa, que es la solución que se está adoptando en la costa levantina para hacer frente a la creciente demanda de agua en la zona.

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 a los estados a que se produzcan y consuman combustibles de origen vegetal no es económicamente rentable ni para el estado ni para los usuarios.

Esto es porque, desde el punto de vista económico, es muy difícil para los combustibles de origen vegetal 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 combustibles de origen vegetal exigen un proceso de producción complejo, caro desde el punto de vista económico y energético y de muy bajo rendimiento. Se ha cuantificado que para que el etanol compita en precio con la gasolina, el precio sin impuestos debería ser 0,40€ por litro y actualmente el precio por litro sin IVA es de 0,78 €. Si se mantuviese constante el precio del etanol, el e85 podría empezar a competir con la gasolina cuando ésta alcanzase un precio de 2,2 euros por litro aproximadamente³⁹.

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

³⁷ Se parte de la base de que este residuo no se quema, ya que si se hiciese, el balance de CO₂ sería sensiblemente diferente ya que prácticamente todo el carbono de este residuo se convertirá en dióxido de carbono.

³⁸ Este sistema se basa en desalinizar aprovechando el calor que debe eliminarse a través del foco frío de la central. Esto se consigue aumentando la presión de condensado desde los 0,08 bares hasta los 0,3 bares

³⁹ El precio del etanol y el de la gasolina 95 están correlados. Esta estimación se ha realizado suponiendo que no lo están, por lo que debería ser aún mayor el precio que debería tener la gasolina para competir con el e85.

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, en el caso de los residuos cítricos, no se tiene en cuenta porque no se ha cultivado con el fin de producir etanol.

Con el ejemplo de este artículo se quería mostrar que la obligación marcada por la Normativa no es coherente con los objetivos de la misma, ya que se ha visto que uno de los mismos (la emisión de CO₂) no se cumple. Los autores del presente trabajo proponen varias maneras de conseguir los objetivos de la Normativa sin la obligación que impone la misma. Para todas ellas se parte de que la energía más limpia es la que no se consume, así que cabrían las siguientes alternativas:

- Reducir la velocidad máxima en las carreteras. Es una medida impopular pero muy efectiva. Tendría como efecto colateral la disminución de la recaudación de los diferentes impuestos de la gasolina y el gasoil.
- Aumentar el precio del combustible aumentando los impuestos indirectos. Se conseguiría, entre otras cosas, bajar la velocidad de circulación y se fomentaría el uso del transporte público frente al privado. Sería una medida impopular, podría provocar un aumento de la inflación y podría también afectar al desarrollo económico.
- Fomentar el uso de tecnologías existentes en el mercado para disminuir el consumo. En el mercado hay ya automóviles híbridos que logran sensibles disminuciones en el consumo de combustible frente a los tradicionales. Esta tecnología es cara y, como en el resto de las propuestas, provoca una disminución de la recaudación de impuestos.
- Finalmente, los objetivos de la Normativa no tienen por qué conseguirse únicamente actuando sobre el mercado de la automoción. Existen otros sectores donde es posible conseguir también los objetivos como el eléctrico. En España, por cada KWh de electricidad generado en bornes de planta se emiten de media 400 gramos de CO₂ a la atmósfera mientras que en Francia se emiten sólo 90 gramos. Esto es debido a que el sistema francés emplea fundamentalmente energía nuclear. Tanto en España como en Europa hay materia prima para las centrales nucleares y se dispone de la tecnología y de instalaciones para su procesamiento por lo que se logran los tres objetivos dispuestos en la Normativa con una ventaja enorme: es económicamente viable. Fomentar este tipo de energía tiene otros inconvenientes como la generación de residuos radiactivos y la impopularidad de esta fuente de energía.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a Serled Consultores y en especial a Luis Esteban Díez su ayuda para la realización de este artículo.

Referencias

Blanco, M^aI.; Azqueta, D. (2007). “Can the environmental benefits of biomass support agriculture?—The case of cereals for electricity and bioethanol production in Northern Spain”. *Energy Policy*, 36(1).

Cortez, L.; Griffin, M.W.; Scaramucci, J.A.; Scandiffio, M. (2003). « Considerations on the worldwide use of bioethanol as a contribution for susta...”. *Management of Environmental Quality*, 14(4).

Directiva 2003/30/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 8 de mayo de 2003 relativa al fomento del uso de biocarburantes u otros combustibles renovables en el transporte

Doornbosch, R.; Steenblik, R. (2007). *Biofuels: Is the cure worse than the disease?* Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris.

Pimentel, D. (2003). “Ethanol Fuels: Energy Balance, Economics, and Environmental Impacts are Negative”. *Natural Resources Research*, 12(2), June.

Red Eléctrica de España – *El sistema eléctrico español, avance año 2007*.

